

3. Веников, В. А. Моделирование энергетических систем [Текст] / В. А. Веников // Электричество. — 1971. — № 1. — С. 5–13.
4. Сосюкин, А. И. К вопросу об оплате (надбавках) за реактивную электроэнергию [Текст] / А. И. Сосюкин // Промышленная энергетика. — 2001. — № 9. — С. 53.
5. ДСТУ 2843-94. Державний стандарт України. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення [Текст]. — Київ: Держстандарт України, 2005. — 66 с.
6. Денисович, К. Б. О рынке системных (вспомогательных) услуг [Текст] / К. Б. Денисович // Энергетика та електрифікація. — 2007. — № 2. — С. 10–14.
7. Методика обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між енергопостачальною організацією та її споживачами [Текст] // Офіційний вісник України. — 2002. — № 6.
8. Дорошенко, О. І. Необхідність упровадження в електроенергетиці системного підходу [Текст] / О. І. Дорошенко, О. М. Івко // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. — 2012. — № 1(17). — С. 82–86.
9. Дорошенко, О. І. Про економічний еквівалент реактивної потужності систем електропостачання [Текст] / О. І. Дорошенко // Технологічний аудит та резерви виробництва. — № 6/5(20). — С. 26–30. doi:10.15587/2312-8372.2014.29965
10. Дорошенко, О. І. Про економічний еквівалент реактивної потужності систем електропостачання [Текст] / О. І. Дорошенко, С. О. Борисенко // Технологічний аудит та резерви виробництва. — № 2/1(22). — С. 27–32. doi:10.15587/2312-8372.2015.41407
11. СОУ-Н МПЕ 40.1.20.510:2006. Методика визначення економічно доцільних обсягів компенсації реактивної енергії, яка перетікає між електричними мережами електропостачальної організації та споживача (основного споживача та субспоживача) [Текст]. — Київ, 2006. — 48 с.
12. Ландау, Л. Д. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика [Текст] / Л. Д. Ландау, А. И. Ахиезер, Е. М. Лифшиц. — М.: Наука; Главная редакция физико-математической литературы, 1969. — 399 с.
13. Дорошенко, О. І. Щодо питання сутності реактивної електроенергії [Текст] / О. І. Дорошенко // Энергетика та електрифікація. — 2007. — № 6. — С. 65–68.
14. Методика визначення нераціонального (неефективного) використання паливно-енергетичних ресурсів [Текст] / Національне агентство України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів. — Київ, 2009. — 117 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЗОВОЙ (ОПТОВОЙ) ЦЕНЫ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Опираясь на физику нормального режима работы электропередачи в статье предлагается новый научно обоснованный подход к определению базовой (оптовой) цены на электроэнергию для промышленных и приравненных к ним потребителей.

**Ключевые слова:** электроэнергия, электроснабжение, активная мощность, реактивная мощность, полная мощность, оптовая цена на электроэнергию.

*Дорошенко Олександр Іванович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра електропостачання та енергоменеджменту, Одеський національний політехнічний університет, Україна, e-mail: dai1938@yandex.ua.*

*Романюк Олена Вікторівна, кафедра електропостачання та енергоменеджменту, Одеський національний політехнічний університет, Україна, e-mail: romanjukhelen@mail.ru.*

*Песков Сергій Анатолійович, технічний директор, ПАТ «Енергопостачальна компанія Одесаобленерго», Одеса, Україна, e-mail: s.peskov@oblenergo.odessa.ua.*

*Борисенко Світлана Олександрівна, керівник проектної групи, ПАТ «Енергопостачальна компанія Одесаобленерго», Одеса, Україна, e-mail: sab1975@list.ru.*

*Дорошенко Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент, кафедра электроснабжения и энергоменеджмента, Одесский национальный политехнический университет, Украина.*

*Романюк Елена Викторовна, кафедра электроснабжения и энергоменеджмента, Одесский национальный политехнический университет, Украина.*

*Песков Сергей Анатольевич, технический директор, ПАО «Энергоснабжающая компания Одесаобленерго», Одесса, Украина.*

*Борисенко Светлана Александровна, руководитель проектной группы, ПАО «Энергоснабжающая компания Одесаобленерго», Одесса, Украина.*

*Doroshenko Oleksandr, Odessa National Polytechnic University, Ukraine, e-mail: dai1938@yandex.ua.*

*Romanjuk Elena, Odessa National Polytechnic University, Ukraine, e-mail: romanjukhelen@mail.ru.*

*Peskov Sergey, PJSC «Power Supply Company Odessaoblenergo», Odessa, Ukraine, e-mail: s.peskov@oblenergo.odessa.ua.*

*Borisenko Svitlana, PJSC «Power Supply Company Odessaoblenergo», Odessa, Ukraine, e-mail: sab1975@list.ru.*

УДК 665.63

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.52018

Кривда В. І.

## ОЦІНКА СТАНУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА УСТАНОВКАХ ПЕРВИННОЇ ПЕРЕРОБКИ НАФТИ

Визначено ряд відомих методів аналізу, що можуть бути застосовані до установки первинної переробки нафти з метою пошуку оптимальної схеми з мінімальними первинними витратами енергоресурсів. Виділено основні недоліки, які існують на сучасних вітчизняних установках та впливають на виробничий процес в цілому. Розраховано економічний ефект від застосування рекуперативного теплообміну.

**Ключові слова:** установка первинної переробки нафти, економічний ефект, рекуперативний теплообмін.

### 1. Вступ

Енергетичні установки займають важливе місце в економіці будь-якої держави, в тому числі і України. Енер-

гетична незалежність — це мета, якої намагається досягти кожна країна. Особливістю сьогодення є виразна динаміка в зміні ціни на первинні енергоресурси, які є сировиною для установок первинної переробки нафти.

Нафта відома з давніх часів і завжди використовувалася людиною для власних потреб. З часів створення перших установок первинної переробки нафти вони неодноразово реконструювалися і удосконалювалися. Питомі витрати первинних енергоресурсів на вітчизняних нафтопереробних заводах в два-три рази перевищують аналогічні за кордоном. Але чи досяг розвиток цих установок свого максимуму? Чи дозволяють вони максимально ефективно використати енергію первинних енергоресурсів?

Оцінка стану енергозбереження на виробництві в будь-який час є актуальною, особливо в періоди економічних криз. Аналіз ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, виявлення місць та причин нерационального їх використання є кроком на шляху визначення можливого потенціалу економії первинних енергоресурсів.

## 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

В [1] пропонується досягти значної фінансової економії на нафтопереробному заводі за рахунок модернізації процесу гідроочищення сировини та стабілізації каталізатору на установці каталітичного реформінгу. А удосконалення устаткування водородних систем очищення нафтопереробних заводів дозволить зменшити експлуатаційні витрати та інвестиції в первинні енергоресурси [2]. Розробка теплової схеми контролю [3] дозволяє спостерігати за параметрами під час високих зовнішніх навантажень та високих температур гарячих потоків та наднизьких температур холодних потоків в установці. Швидке кисневе відновлення в технологічному циклі переробки нафти досліджується під час динамічної поведінки системи паливних елементів [4]. Дослідження ефекту вологовмісту проводилось експериментально за допомогою газової хроматографії [5] з подальшим спостереженням за дослідними зразками. Зниження впливу від високотемпературних газів в навколишнє середовище є також одним з пріоритетних напрямів досліджень сучасних науковців [6]. Отже, вирішення окремих питань на різних рівнях технологічної схеми установки первинної переробки нафти дозволить комплексно розглядати процес енергозбереження на виробничому підприємстві.

## 3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єкт дослідження — енергетична установка для первинної переробки нафти.

Проведені дослідження ставили за мету дослідити положення установки первинної переробки нафти з точки зору енергозбереження.

Для досягнення поставленої мети вирішувались такі задачі:

- порівняння відомих методів аналізу енергетичних установок, які можуть бути використані для дослідження установки первинної переробки нафти;
- застосування прийнятого методу аналізу для дослідження установки;
- визначення економічного ефекту в процесі експлуатації установки первинної переробки нафти.

## 4. Дослідження стану енергетичних установок первинної переробки нафти

**4.1. Загальна характеристика процесу первинної переробки нафти.** У енергетичній установці первинної переробки нафти вуглеводи в рідинному стані є одночасно як паливом, так і енергоносієм, що нагрівається, в процесі розділення на фракції.

Вміст солей в нафтах, що поступають на нафтопереробний завод, зазвичай складає 500 мг/л, а води — в межах 1 %. На переробку допускаються нафти, в яких вміст солей не перевищує 20 мг/л і води 0,1 %, тому наявність на нафтопереробних заводах установки електрознесення (ЕЛОУ) є необхідною умовою функціонування всього циклу виробництва та переробки первинної сировини. Вимоги до обмеження вмісту солей і води в нафтах постійно зростають, оскільки тільки зниження вмісту солей з 20 до 5 мг/л дає значну економію в таких показниках: приблизно удвічі збільшується міжремонтний пробіг атмосферно-вакуумних установок (АВТ), скорочується витрата палива, зменшується корозія апаратури, знижуються витрати каталізаторів, покращується якість різних видів палив, коксу та бітумів.

Залежно від технологічного процесу переробки нафти установки розподіляються на установки для отримання палива і комбіновані установки для отримання палива та масел. Процеси, які відбуваються на установці електрознесення ЕЛОУ викликані гравітаційними масообмінними фізичними процесами, а на установках АВТ — ректифікаціями.

ЕЛОУ-АВТ призначена для підготовки і первинної перегонки нафти з метою отримання: зрідженого вуглеводневого газу, бензинової фракції, газової фракції, дизельної фракції, вакуумного газойля і гудрону. Вуглеводневий газ, який в основному складається з пропану і бутану, використовується як сировина для газофракційних установок, в яких відбувається виділення окремих вуглеводів. Бензинова фракція використовується в якості сировини для вторинної перегонки бензину. Газова фракція після додаткового очищення використовується як реактивне паливо, а також як складова дизельного палива. Дизельна фракція після доочищення також використовується як дизельне паливо. Вакуумний газойль використовується в основному як сировина для установки каталітичного реформінгу. Мазут може використовуватися як паливо, або в якості сировини для отримання гудрону. Гудрон, що є залишковим продуктом вакуумної перегонки мазуту, використовується для отримання коксу або бітуму.

В якості прототипу прийнята енергетична установка переробки нафти ЕЛОУ-АВТ Одеського нафтопереробного заводу, спрощена принципова схема якої приведена на рис. 1.

**4.2. Недоліки сучасних теплових енергоустановок первинної переробки нафти.** Незважаючи на високу продуктивність, надійність і ефективність існуючих ЕЛОУ-АВТ, виявлено, що їм все ж таки властиві певні недоліки: відведення тепла в процесі конденсації легких фракцій, після відбензинувальної і атмосферної колон; витрата значної кількості вуглеводневого палива (зазвичай мазуту) для нагріву нафти в трубчастих печах; існуюча структура теплообмінного обладнання призводить до перевитрати палива в розрахунку питомих показників, які перевищують кращі зарубіжні аналоги.

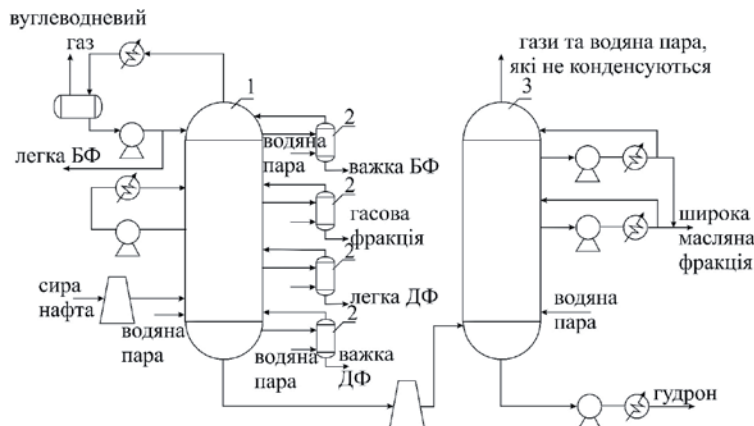


Рис. 1. Спрощена принципова схема установки первинної переробки нафти: 1 — атмосферна колона; 2 — відпарна колона; 3 — вакуумна колона

Усі існуючі недоліки є певним двигуном прогресу на шляху підвищення ефективності під час оптимізації технологічного режиму роботи установки первинної переробки нафти, а також досконалішого режиму роботи з мінімально можливими вкладеннями первинних енергоресурсів для отримання найбільш економічного результату. Вдосконалення структури установки при первинній переробці нафти можна здійснити, знаючи шлях ліквідації виявлених недоліків, які можна усунути після проведення аналізу цієї установки. Аналіз стану установки первинної переробки нафти дозволить виявити теплообмінне устаткування, в якому здійснюється нераціональне використання енергоресурсів.

**4.3. Методи аналізу установок первинної переробки нафти.** Основними методами аналізу для оцінки стану енергозбереження установок первинної переробки нафти вважаються метод пінч-аналізу, ексергетичний метод, метод ексергії-нетто і енергія-нетто, а також різні техніко-економічні і термо-економічні методи.

При використанні методу пінч-аналізу оптимізація полягає в мінімізації терміну окупності капіталовкладень. Це досягається шляхом зменшення температурного напору, що призводить до зменшення підведеної кількості енергії. Величина цієї енергії відбивається на економії палива, яке використовується в технологічних печах установки. Одночасно збільшується кількість енергії, яка рекуперується усередині установки первинної переробки нафти під час передачі енергії від гарячих до холодних потоків. Для реалізації цього потрібні додаткові площі теплообміну, які збільшуються також завдяки зменшенню температурного напору.

Головним завданням ексергетичного аналізу є визначення та кількісна оцінка впливу явищ, що знижують термодинамічну рівновагу незворотних процесів. Відомо, що будь-яка тепла або енергетична установка має свій коефіцієнт корисної дії, проте не прийнято враховувати втрати первинних енергоресурсів при їх добувці, доставці і перетворенні до кінцевого споживача. Тобто, якщо прийняти за 100 % ексергію нафти в надрах землі, то для витягання і доставки її на поверхню, а далі до нафтопереробного заводу, необхідно витратити енергію. Частина такої витраченої енергії є зовнішніми втратами, а частина внутрішніми втратами ексергії. Остання пов'язана тільки із зростанням ентропії в гарячих потоках і передачею енергії від гарячих теплових потоків холодним. Повна кількість отриманої

енергії за вирахуванням її витрат на створення об'єкту і його обслуговування буде вважатися енергією-нетто. Тому, для того, щоб врахувати усі потоки ексергії, необхідно враховувати усі витрати енергії об'єкту, що досліджується.

Оцінка термодинамічної ефективності можливо виконувати з урахуванням кількості енергії, що отримується від установки за методом енергії-нетто або ексергії-нетто. В останньому методі ефективність установки визначається з урахуванням сумарних витрат ексергії як на експлуатацію, так і на створення установки. Такий метод особливо цінний для багатоцільових енергоустановок, що виробляють як енергетичну, так і неенергетичну продукцію.

Техніко-економічне зіставлення різних варіантів схем розташування теплообмінного обладнання установки первинної переробки нафти при різній кількості і розташуванні теплообмінних апаратів, відбувається з урахуванням сумарних капіталовкладень у певний варіант та річні експлуатаційні витрати. Такий аналіз за величиною приведених витрат передбачає зіставлення схем установок, які мають однаковий корисний ефект. Для порівняння двох технологічних установок, що виробляють одночасно теплову і електричну енергію, визначаються відмінності в енергетичній продукції під час виробництва.

Метою термoeкономічної оптимізації технічної системи певного призначення є зведення до мінімуму приведених витрат, віднесених на одиницю приведеної продуктивності, тобто питомих приведених витрат в заданих зовнішніх умовах.

Отже, оцінку стану енергозбереження технологічної установки заводу по переробці нафти можна виконувати різними методами.

## 5. Результати розрахунків економічного ефекту після проведення аналізу установки первинної переробки нафти

Для виявлення ефективного режиму роботи установки первинної переробки нафти, який буде забезпечувати економічно доцільну витрату первинних енергоресурсів, в якості основного прийнято метод пінч-аналізу [1, 7].

В межах цього методу для різних значень мінімального температурного напору в інтервалі від 10 до 40 °С було визначено цільові енергетичні значення для гарячих і холодних утиліт, а також вартість споживання енергоносіїв за рік (табл. 1). Для цих же умов визначена необхідна площа теплообміну і загальна приведена вартість проекту.

З табл. 1 виявлено, що оптимальним температурним напором є значення 22 °С, в той час як реальний складає близько 50 °С. При цьому зміна величини температурного напору досить суттєво впливає на загальну вартість установки, в деяких випадках збільшення спостерігається більше ніж у два рази.

Ще одним з напрямів енергозбереження на установках первинної переробки нафти є використання рекуперативної теплоти в замкнутому технологічному циклі за рахунок використання компресорів [8].

Таблиця 1

Вплив мінімального температурного напору на загальну вартість установки

| $\Delta t_{\min},$<br>°C | $Q_{\text{гар}},$<br>МВт | $Q_{\text{хол}},$<br>МВт | $F,$<br>м <sup>2</sup> | Капітальні<br>витрати,<br>у. о. | Вартість спожи-<br>вання енерго-<br>носіїв, у. о. | Загальна<br>вартість,<br>у. о. |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------------|---|--------------------------------|
| 40                       | 61,0                     | 9,6                      | 4691,7                 | 956500                          | 761350  | 1717850                        |
| 34                       | 60,1                     | 8,8                      | 4646,2                 | 950502                          | 621137  | 1571638                        |
| 30                       | 58,3                     | 8,3                      | 4265,3                 | 900261                          | 520160  | 1420420                        |
| 26                       | 59,4                     | 8,0                      | 4152,3                 | 885355                          | 426536  | 1311891                        |
| 24                       | 59,0                     | 7,7                      | 3838,9                 | 844021                          | 375445  | 1219466                        |
| 22                       | 58,6                     | 7,2                      | 3646,1                 | 818585                          | 327223  | 1145808                        |
| 20                       | 58,1                     | 6,9                      | 4946,5                 | 990110                          | 403721  | 1393830                        |
| 16                       | 57,6                     | 6,4                      | 9167,2                 | 1546812                         | 579723  | 2126535                        |
| 12                       | 57,2                     | 5,2                      | 14507,9                | 2251251                         | 740799  | 2992049                        |
| 10                       | 57,0                     | 5,6                      | 20017,8                | 2978013                         | 830425  | 3808438                        |

Економічний ефект від прийнятих рішень відносно реальної структури установки первинної переробки нафти [9] приведено в табл. 2.

Таблиця 2

Порівняння економічного ефекту  $E_{\text{еф}}$  після проведення аналізу установки первинної переробки нафти

| Метод аналізу                     | $\Delta t_{\min},$<br>°C | $Q_{\text{гар}},$<br>МВт | $Q_{\text{хол}},$<br>МВт | $Q_{\text{рек}},$<br>МВт | Загальна вар-<br>тість, $10^3$ у. о. | $E_{\text{еф}},$<br>% |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| До проведення<br>пінч-аналізу     | 52                       | 66,1                     | 9,59                     | 32,3                     | 6,37                                 | —                     |
| Після пінч-аналізу                | 30                       | 61,0                     | 4,4                      | 41,2                     | 5,84                                 | 8,32                  |
| Після застосування<br>компресорів | 22                       | 61,7                     | 9,34                     | 48,1                     | 5,46                                 | 14,29                 |

## 6. Обговорення можливостей енергозбереження на установці первинної переробки нафти

На установках первинної переробки нафти відбувається регенерація теплоти за рахунок використання рекуперативного теплообміну в технологічному циклі. Основний рекуперативний нагрів [10] здійснюється в теплообмінних апаратах блоку електрознолювання, в яких відбувається підігрівання сирої нафти за рахунок теплоти потоків, заздалегідь нагрітих у блоках попереднього випаровування, атмосферної перегонки і стабілізації бензину. Якщо допустити, що в перерахованих установках буде відсутня регенерація, то крім того, що необхідно буде подавати на установку додаткову кількість первинних енергоресурсів у вигляді палива і енергії, то також буде спостерігатись значна втрата енергії, яка на перший погляд недостатня для використання в подальшому циклі нафтопереробки, але при детальному розгляді може складати до 40–60 % від первинної. Тому, використання рекуперативного тепло-

обміну в циклі регенерації теплоти на таких установках є технологічно і економічно доцільним.

Більшість вітчизняних діючих нафтопереробних заводів, побудованих на початку минулого століття, вже морально і фізично застаріли. У багатьох з них недостатня глибина переробки, що вимагає нових технологічних шляхів рішення із застосуванням модернізації існуючих схем.

В подальшому передбачається розглянути варіанти технологічної схеми установки первинної переробки нафти з можливістю використання компресорів в інших точках приєднання для досягнення вищих значень економічного ефекту.

## 7. Висновки

У результаті проведених досліджень:

- визначено, що для дослідження установки первинної переробки нафти можуть бути використані різноманітні відомі методи аналізу, кожному з яких властиві свої переваги та недоліки;
- прийнято метод пінч-аналізу в якості основного для дослідження установки первинної переробки нафти;
- економічний ефект після проведення аналізу структуру установки первинної переробки нафти склав 8,32 %, а його збільшення до 14,29 % стало можливим за рахунок зміни структури теплообмінного устаткування із застосуванням компресорів.

## Література

1. Ульєв, Л. М. Пінч-інтеграція блоків гідроочистки сировини і дезанізації та стабілізації каталізата на установці Л-35-11/600 [Текст] / Л. М. Ульєв, Д. Д. Нечипоренко // Інтегровані технології та енергозбереження. — 2014. — № 4. — С. 14–19.
2. Smith, R. Hydrogen integration in petroleum refining [Text] / R. Smith, N. Zhang, J. Zhao // Chemical Engineering Transactions. — 2012. — Vol. 29. — P. 1099–1104. doi:10.3303/CET1229184
3. Hwang, J.-J. Thermal control and performance assessment of a proton exchanger membrane fuel cell generator [Text] / J.-J. Hwang // Applied Energy. — 2013. — Vol. 108. — P. 184–193. doi:10.1016/j.apenergy.2013.03.025
4. Özbek, M. Modeling and control of a PEM fuel cell system: A practical study based on experimental defined component behavior [Text] / M. Özbek, S. Wang, M. Marx, D. Söffker // Journal of Process Control. — 2013. — Vol. 23, № 3. — P. 282–293. doi:10.1016/j.jprocont.2012.11.009
5. Zhao, H. Experimental study on the self-heating characteristics of Indonesian lignite during low temperature oxidation [Text] / H. Zhao, J. Yu, J. Liu, A. Tahmasebi // Fuel. — 2015. — Vol. 150. — P. 55–63. doi:10.1016/j.fuel.2015.01.108
6. Olsson, L. Assessing the climate impact of district heating systems with combined heat and power production and industrial excess heat [Text] / L. Olsson, E. Wetterlund, M. Söderström // Resources, Conservation and Recycling. — 2015. — Vol. 96. — P. 31–39. doi:10.1016/j.resconrec.2015.01.006
7. Ульєв, Л. М. Пінч-інтеграція процесів переробки продуктів коксовання на коксохімічному заводі [Текст] / Л. М. Ульєв, М. А. Васильєв // Інтегровані технології та енергозбереження. — 2014. — № 4. — С. 3–9.

8. Установка атмосферной вакуумной трубчатки для подготовки та первинної переробки нафти [Текст]: пат. 107027 Україна, МПК С10 G7/00 / Максимов М. В., Кривда В. І.; заявник та патентовласник Максимов М. В., Кривда В. І. — № а201303011; заяв. 11.03.2013; опубл. 10.11.2014, Бюл. № 21. — 5 с.
9. Максимов, М. В. Определение минимального температурного напора между холодными и горячими потоками для рекуперативных теплообменников ЭЛОУ-АВТ [Текст] / М. В. Максимов, В. И. Кривда // Холодильна техніка та технологія. — 2011. — № 3(131). — С. 56–62.
10. Liu, Y. Thermodynamic optimization of the recuperative heat exchanger for Joule-Thomson cryocoolers using response surface methodology [Text] / Y. Liu, L. Liu, L. Liang, X. Liu, J. Li // International Journal of Refrigeration. — 2015. — Vol. 60. — P. 155–165. doi:10.1016/j.ijrefrig.2015.07.034

#### ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА УСТАНОВКАХ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

Определен ряд известных методов анализа, которые могут быть применены к установке первичной переработки нефти

с целью поиска оптимальной схемы с минимальными первичными затратами энергоресурсов. Выделены основные недостатки, существующие на современных отечественных установках и влияющие на производственный процесс в целом. Рассчитан экономический эффект от применения рекуперативного теплообмена.

**Ключевые слова:** установка первичной переработки нефти, экономический эффект, рекуперативный теплообмен.

---

*Кривда Вікторія Ігорівна, кандидат технічних наук, кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту, Одеський національний політехнічний університет, Україна,  
e-mail: kryvda\_v\_i@ua.fm.*

---

*Кривда Вікторія Ігорівна, кандидат технічних наук, кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту, Одеський національний політехнічний університет, Україна.*

---

*Kryvda Viktoria, Odessa National Polytechnic University, Ukraine,  
e-mail: kryvda\_v\_i@ua.fm*