УДК 658.28:665.63:338.44

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОЦЕССА СТАБИЛИЗАЦИИ НЕФТИ С ПОМОЩЬЮ ПИНЧ-АНАЛИЗА

В данной работе рассматривается технологический процесс стабилизации нефти на одноколонной установке. Актуальность темы обусловлена тем, что рост цен на энергию побуждает экономнее использовать энергоресурсы с тем, чтобы уменьшить общие расходы. При помощи пинч-метода можно снизить потребление энергии на 37 МВт.

Ключевые слова: стабилизация нефти, пинч-метод, энергосбережение, составные кривые.

Введение. Потребление электроэнергии (брутто) в Украине за 11 месяцев 2011 г. по сравнению с аналогичным периодом 2010 г. увеличилось на 4 млрд 516,4 млн кВт.ч (2,7%) – до 169,9 млрд кВт.ч. Это произошло, преимущественно, за счет увеличения объема потребления электрической энергии химической и нефтехимической (на 19,4%), машиностроительной (на 9,3%) промышленностью и транспортом (на 6,1%). Нефтепереработка и нефтехимия являются энергоемкими производствами, и уровень энергозатрат в значительной степени влияет на стоимость готовой продукции [1].

Энергосбережение – важнейшее направление в достижении снижения углеродных выбросов путем разработки экологически чистых технологий в соответствии с Киотским протоколом.

В области, перерабатывающей углеводороды, основные источники потери энергии связаны с теплоэнергетикой. Печи, паровые котлы, газовые турбины и дизельные двигатели производят бросовые побочные продукты сгорания. Если нефтеперерабатывающей промышленности нужно печь или котел для теплоснабжения, то любое чрезмерное использование автоматических приводит к образованию дополнительных отходов и, следовательно, к очень большим выбросам в атмосферу.

© Л.М. Ульев, М.А. Кержакова. 2013

Поэтому энергосбережение является единственным способом не только экономии денег и природных ресурсов, но и защиты окружающей среды через сокращение выбросов в атмосферу, связанных с энергопотреблением.

Главной концепцией методов оптимизации энергетической эффективности является концепция «интеграции тепла» с целью улучшения рекуперации отработанного энергии в процессах нефтепереработки. Для оценки возможности улучшения рекуперации тепла в процессе используется метод пинч-анализа [2].

Выбор данных для интеграции. Используя результаты изучения технологической схемы, регламент, материальный баланс установки, составляется таблица потоковых данных, которые необходимы для определения тепловой мощности, которую потребляет установка стабилизации нефти на данный момент.

Таблица. Система потоков для анализа энергопотребления установки стабилизации нефти

№ потока	Название потока	Тип	T_S, °C	T_T, °C	CP, кВт/°C	ΔH, кВт	α, кВт/(м^2·К)	C_p, кДж/(кг К)	G, т/ч
1.	Отбор с низа колонны	гор.	140	15	656,28	-82035	0,1	2	1181
2.	Газ1 ступени	гор.	101	53	12,88	-618,30	0,06	2,4	19,321
3.	Газ 2 ступени	гор.	110	53	23,75	-1354	0,06	2,4	35,63
4.	Газ 3 ступени	гор.	144	53	19,09	-1737,2	0,06	2,4	28,64
5.	Сырье стаб. колонны	хол.	33	143	360,65	39671,5	0,15	2,2	590,15

В целом, в распоряжении есть 4 горячих технологических потоков и 1 холодный поток с определенными потоковыми данными.

Составные кривые существующего процесса. Используя данные из табл. 1 строим на ентальпийно-температурной диаграмме горячую и холодную составляющие кривые выбранной системы технологических потоков (рис.1) [3]. Это типичные составные кривые для неинтегрированного процесса. Кривые не перекрываются и вся мощность, которую необходимо отвести от горячих потоков, передается холодным утилитам и безвозвратно уходит с установок. Аналогично вся мощность, необхо-

димая для повышения температуры холодных потоков, потребляется исключительно от горячих утилит.

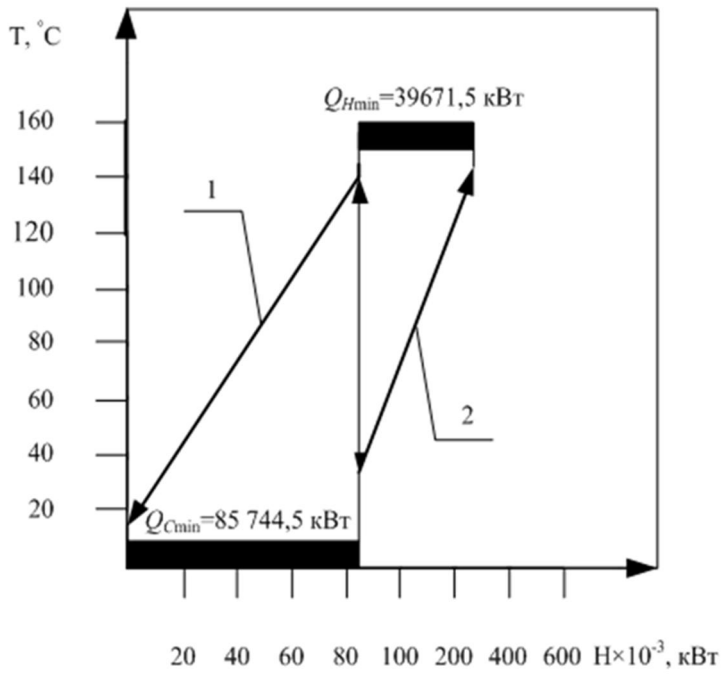

Рис. 1. Составные кривые существующего процесса стабилизации нефти:
1 – горячая составляющая кривая, 2 – холодная составляющая кривая; $Q_{H\min}$ – горячие утилиты; $Q_{C\min}$ – холодные утилиты

Мощность потребляемая процессами от горячих утилит равна $Q_{H\min}$=39671 кВт, а мощность, равная $Q_{C\min}$= 85744 кВт отводится от процесса холодными утилитами.

Определение $\Delta T_{\min}$. Для определения оптимального значения минимальной разницы температур применяем аппарат составляющих кривых и определяем необходимую площадь поверхности теплообмена. По выполненным измерениям проведена оценка коэффициентов теплоотдачи для каждого технологического процесса (табл. 1). Для того, чтобы экономически оптимально интегрировать процесс, нам необходимо выяснить наиболее важные экономически значение, существенно влияющих на приведенную стоимость проекта, который выполняется.

Стоимость горячих утилит, используемых в процессе, возьмем равной 258 долл. США за 1 кВт в год, с учетом того, что в году 8000 рабочих часов. Стоимость холодных утилит возьмем на порядок меньше, т.е. 0,1 стоимости горячих утилит, даст значение 25,8 долл. США за 1 кВт в год. Используя цены на теплообменное оборудование, полученные от его

производителей, можем еще до выполнения проекта реконструкции оценить необходимые кап.вложения и срок их окупаемости. Так капитальную стоимость одного теплообменного аппарата можно определить выражением

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

где: $\mathrm{A_T}$ – стоимость установки одного теплообменного аппарата, для пластинчатых теплообменных аппаратов $\mathrm{A_T}$ = 5000. США; $\mathrm{B_T}$ – коэффициент, эквивалентный стоимости 1 м^2 площади поверхности теплообмена, для кожухотрубчатых теплообменных аппаратов $\mathrm{B_T}$= 500, для пластинчатых $\mathrm{B_T}$ = 800; S – площадь поверхности теплообмена теплообменного аппарата; с – коэффициент, отражающий нелинейную зависимость стоимости теплообменника от величины его поверхности теплообмена. Для кожухотрубчатые теплообменников, как правило, с = 0.87.

Будем считать, что для выполнения проекта предприятие берет в банке кредит сроком на 5 лет с 10% кредитной ставкой. Данные значения с помощью составных кривых позволяют построить диаграммы для определения величин $\Delta T_{\min}$, величину инвестиций в дополнительную к существующей площади поверхности и экономию после реконструкции, как это показано на рис. 2 ($\Delta T_{\min} \approx 6$ ° С).

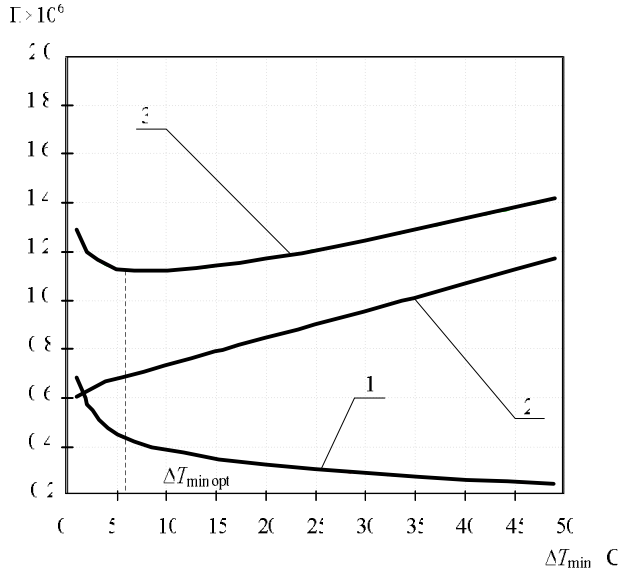

Рис. 2. Зависимость приведенной стоимости от $\Delta T_{\min}$: 1 – инвестиции в оборудование, 2 – энергия 3 – общая стоимость

Надо заметить, что интервал изменения $\Delta T_{\min}$ было определено при выбранной стоимости энергии. Современные тенденции рынка энерго-

носителей говорят, что их стоимость в несколько близких десятилетий будет расти. Поэтому рассмотрим зависимость $\Delta T_{\min}$ оптимального в системе рекуперации тепловой энергии процесса от стоимости энергии.

Анализ зависимости $\Delta T_{\min}$ стоимости энергии (рис. 3) проведем при изменении стоимости горячих утилит в пределах от 100 долл. США за 1 кВт в год до 400 долл. США за 1 кВт в год. Изменение стоимости холодных утилит рассматривается в пределах 0,1 от изменения стоимости горячих утилит, т.е. от 10 и до 40 долл. США за 1 кВт в год.

Составные кривые для интегрированного процесса при $\Delta T_{\min}$ = 6 ° С. Используя полученные данные, можно построить составные кривые существующего процесса стабилизации нефти (рис. 4).

Составные кривые содержат большой объем информации о системе технологических потоков, утилитной системе и эффективности использования тепловой энергии в процессе.

Проекция горячей составляющей кривой на энтальпийную ось (абсцисс) показывает значение тепловой мощности, которую можно отвести от системы горячих потоков и использовать для подогрева холодных технологических потоков. Эта величина составляет значение 3,2 МВт.

Аналогично, проекция холодной составленной кривой на энтальпийную ось показывает значение мощности, которую необходимо подвести к холодным потокам для выполнения процесса стабилизации нефти, она составляет 49,2 МВт.

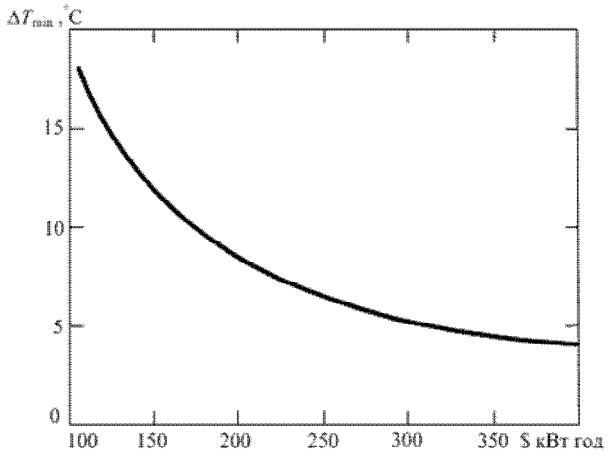

Рис. 3. Зависимость $\Delta T_{\min}$. opt от удельной стоимости энергии

Величину рекуперации энергии показывает зона перекрытия кривых. Это значение на диаграмме кривых равно примерно 37 МВт. Наименьшее расстояние между кривыми на оси ординат (температурная ось) называется областью пинча выбранной системы технологических потоков [4 –7].

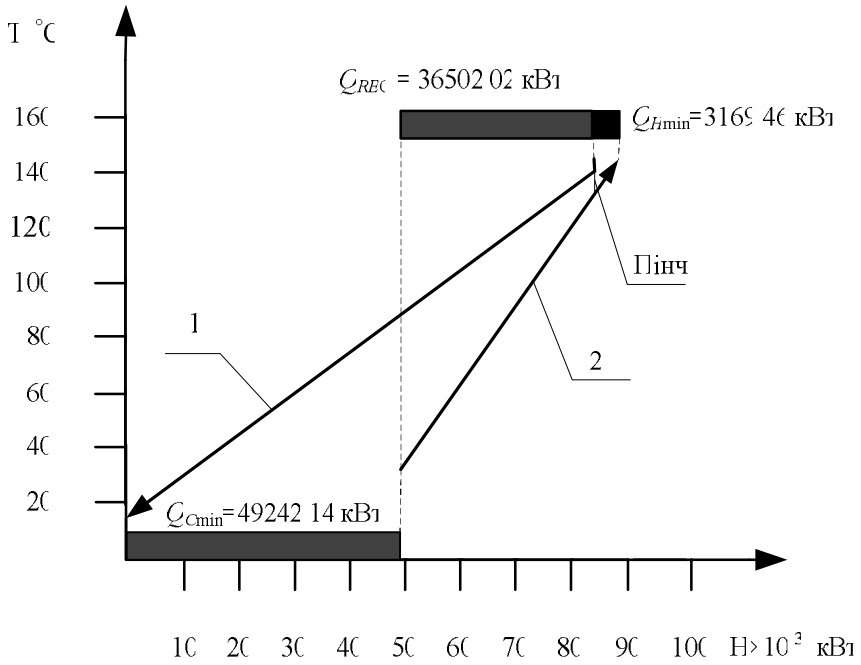

Рис. 4. Составные кривые для интегрированного процесса при $\Delta T_{\min} = 6$ ° С: 1 – горячая составляющая кривая, 2 – холодная составляющая кривая; $Q_{H\min}$ – горячие утилиты; $Q_{C\min}$ – холодные утилиты; Q_{REC} – мощность рекуперации

В нашем случае пинч локализуется на температурах: $T_{гор}$ = 140°С и $T_{хол}$ = 134°С. Разница температур в области пинча равна 6°С.

Вывод. При помощи аппарата составных кривых определили оптимальное значение минимальной разницы температур равное 6°С.

В результате построения составных кривых было показано, что возможно снизить удельное энергопотреблениегорячих и холодных утилит на 37 МВт, что составляет 93% от уровня потребления в настоящее время, а холодные утилиты можно уменьшить на 53% от существующего уровня потребления холодных утилит.

Список литературы: **1.** *Эрих В.Н.* Химия и технология нефти и газа / *В.Н. Эрих, М.Г. Расина, М.Г. Рудин.* – Л.: Химия, 1985. – 378 с. **2.** *Нурелдин М.Б.* Снижение выбросов парниковых газов и преимущества улавливания CO_2 / *М.Б. Нурелдин, А.С. Азери, С. Аль-Хашими* // Нефтегазовые технологии. 2008 – № 4 – С.106–108. **3.** *Dhole V.R.* Computer Application for Energy – Efficient System / *V.R. Dhole, R. Smith, B. Linnhoff* // Paper in Encyclopedia of Energy Technology and the Environment. / Volume. Set.: New York. John Wiley and Sons. Inc., 1995. P. 935 – 960. **4.** *Товажнянский Л.Л.* Теплоэнергетическая интеграция установки первичной переработки нефти АВТ А12/2 при работе в летнее время / *Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, С.А. Болдырев, М.В. Тарновский* // Інтегровані технології та енергозбереження. 2006. – № 2. – с. 12–20. **5.** *Товажнянский Л.Л.* Проблемы энергосбережения и пинч-анализ как метод их

решения / *Л.Л. Товажнянский, Л.М. Ульев* // Оборудование и инструмент для профессионалов. 2006. – № 2. – с. 82–88. **6.** *Товажнянский Л.Л.* Интеграция переработки нефти на АВТ А12/2 при работе в летнем режиме / *Л.Л. Товажнянский, Л.М. Ульев* // Сучасні технології в машинобудуванні: Зб. наук. праць. – Х. 2008. – Вип. 1. – с. 123–135. **7.** *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.

Поступила в редколлегию 21.09.2013

УДК 658.28:665.63:338.44

Определение энергетического потенциала процесса стабилизации нефти с помощью пинч-анализа / Ульев Л.М., Кержакова М.А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 55 (1028). – С. 86–92. Бібліогр. 7 назв.

У даній роботі розглядається технологічний процес стабілізації нафти на одноколонній установці. Актуальність теми зумовлена тим, що зростання цін на енергію спонукає ощадливіше використовувати енергоресурси з тим, щоб зменшити загальні витрати. За допомогою пінч-методу можна знизити споживання енергії на 37 МВт.

Ключові слова: стабілізація нафти, пінч-метод, енергозбереження, складові криві.

In this paper the process of stabilization of oil on single-line installation. Relevance of the topic because the rise in energy prices encourage more economical use of energy resources in order to reduce overall costs. With the pinch method can reduce energy consumption by 37 MW.

Keywords: stabilization of oil, pinch method, energy conservation, composite curves.