

ПИНЧ-ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ВЫДЕЛЕНИЯ БЕНЗОЛ-ТОЛУОЛ-КСИЛОЛЬНОЙ ФРАКЦИИ И ГИДРОДЕАЛКИЛАТА В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕНЗОЛА

Ульев Л.М., д-р техн. наук, проф., Ильченко М.В., аспирантка
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

Целью статьи является описание процесса создания сети теплообменных аппаратов с максимальной рекуперацией тепла, руководствуясь заранее заданным значением минимальной разности температур и с применением пинч-технологий. В работе выполнена пинч-интеграция процессов выделения бензол-толуол-ксилольной фракции и гидродеалкилата в производстве бензола. С помощью методов пинч-проектирования построена сеточная диаграмма предложенного проекта рекуперации тепловой энергии. На основе сеточной диаграммы системы рекуперации предложена энерготехнологическая схема процессов выделения бензол-толуол-ксилольной фракции и гидродеалкилата, в которой значительно увеличена мощность рекуперации. Согласно принятой методологии доказана экономическая целесообразность внедрения предлагаемого проекта.

The aim of this paper is the description of the process of creating a heat exchanger network with maximum energy recovery, guided by a predetermined value of the minimum temperature difference and using pinch technologies. In this work, the pinch-integration of benzene-toluene-xylene fractions and hydrodealkylate extraction processes on benzene production unit was made. Using the methods of pinch-design, the grid diagram of the proposed heat recovery project was built. On the basis of the grid diagram for the recuperation system, which power recovery was greatly increased, the power consumption and technology flowsheet of the benzene-toluene-xylene fractions and hydrodealkylate extraction processes was offered. According to the adopted methodology, the economic feasibility of the proposed implementing project was proved.

Ключевые слова: пинч-интеграция, рекуперация, теплообмен, пинч-анализ, сеточная диаграмма.

Введение. Процессы нефтепереработки являются одними из ключевых составляющих в современной промышленности, но в тоже время и наиболее энергоемкими. Основная часть технологических установок в странах СНГ была введена в эксплуатацию в 50-70-х годах прошлого века, более 80 % оборудования и технологических схем стали энергонезэффективными. Это привело к тому, что средняя глубина переработки нефти на заводах составляет около 70 %. Например, в США этот показатель равен 90 %. Дальнейшее развитие отрасли требует ее модернизации и технологического перевооружения [1].

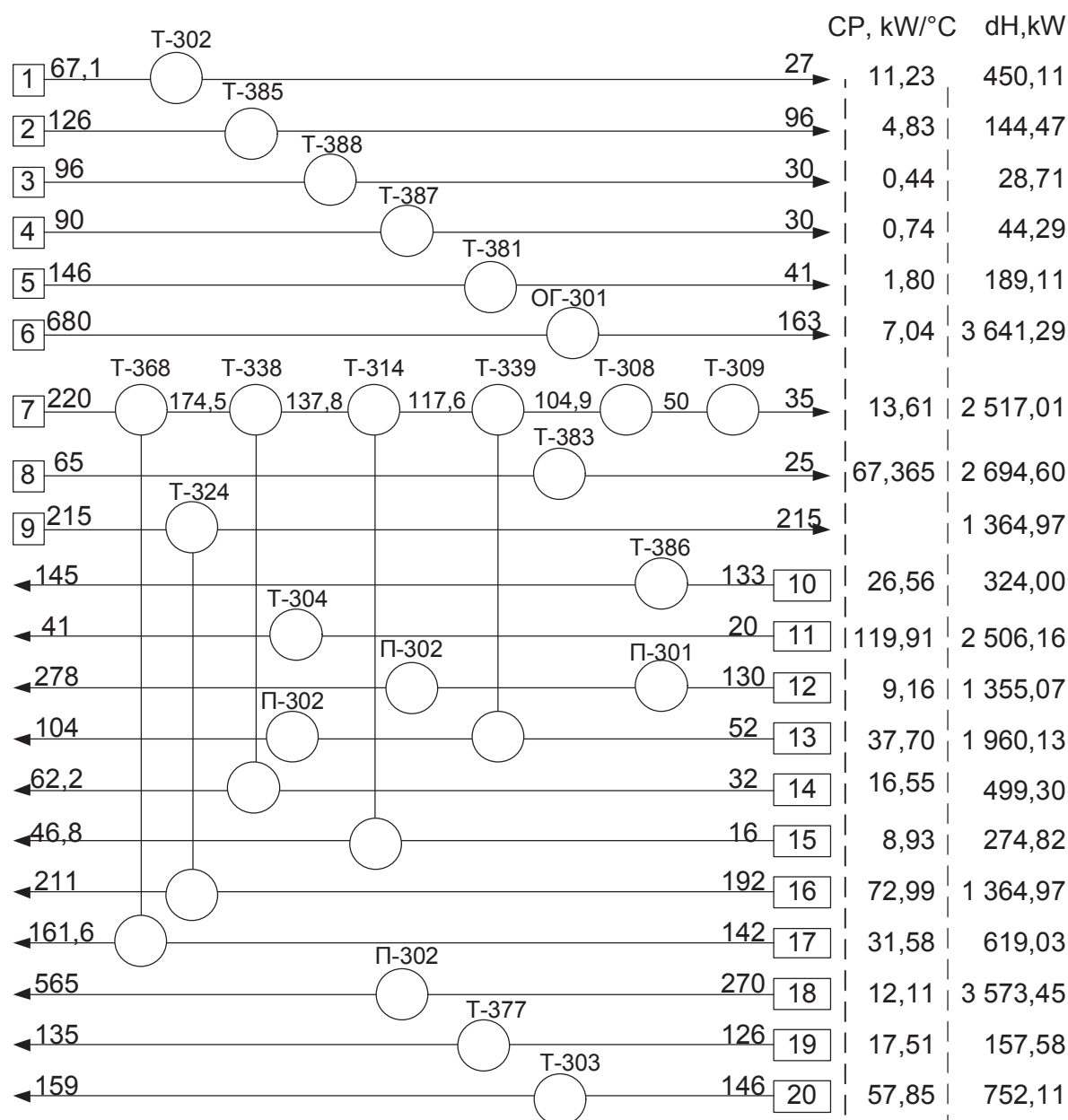
Для обеспечения приемлемой глубины переработки нефти с помощью известных технологий требуются большие капиталовложения, высокие процентные нормы эксплуатационных затрат и оборотных средств. Использование методов пинч-анализа позволяет снизить издержки производства путём улучшения использования тепловой энергии [2].

При модернизации существующих производств методы пинч-технологии позволяют максимально использовать уже установленное оборудование, что снижает инвестиции в реконструкцию, а также создавать проекты новых рабочих сетей. Более того, методами пинч-анализа можно определить стоимостной компромисс между всеми названными целями и капитальными вложениями при заданном сроке окупаемости, которому должен удовлетворять окончательный проект.

Целью работы является создание сети теплообменников с максимальной рекуперацией энергии для заданного значения ΔT_{min} с помощью пинч-технологий [3].

Теплоэнергетическая интеграция. Ранее в работах [4, 5] было начато решение проблемы по энергосбережению процессов выделения бензол-толуол-ксилольной фракции и гидродеалкилата в производстве бензола. На основании исследования существующей технологической схемы, которая также была рассмотрена ранее [4, 5], была построена сеточная диаграмма существующего процесса (рис. 1).

Для того, чтобы синтезировать интегрированную систему теплообмена рассматриваемых процессов, построим сеточную диаграмму технологических потоков с указанием локализации пинча, а затем, пользуясь методами пинч-проектирования, разместим на ней теплообменные аппараты. На рисунке 2 представлена сеточная диаграмма для проекта реконструкции теплообменной сети. Тепловая интеграция выполняется за счёт создания двух независимых подсистем выше и ниже пинча.



T – теплообменные аппараты; *П* – печи; *ОГ* – охладитель газов;
CP – потоковая теп лоемкость, кВт/К; ΔH – изменения потоковой энтальпии, кВт

Рис. 1 - Сеточная диаграмма существующего процесса

Пинч локализуется на температуре 36 °С для горячих потоков и 20 °С для холодных потоков. Горячие утилиты составили $Q_{Hmin}=3\ 139,39$ кВт, что на 69,97 % меньше, чем процесс получает от утилитной системы в настоящее время. Значение холодных утилит составляет $Q_{Cmin}=827,06$ кВт, что на 89,84 % меньше, чем мощность, сейчас отдаваемая процессу утилитной системой.

Мощность рекуперации тепловой энергии в интегрированной системе при достижении минимально допустимой разности температур, которая равна $\Delta T_{min}=16$ °С, достигает значения $Q_{Rec}=10\ 247,37$ кВт. Таким образом, с помощью внедрения теплоэнергетической интеграции в процесс выделения бензолтолуол-ксилольной фракции и гидродеалкилата в производстве бензола, можно уменьшить энергопотребление на 7 316,47 кВт.

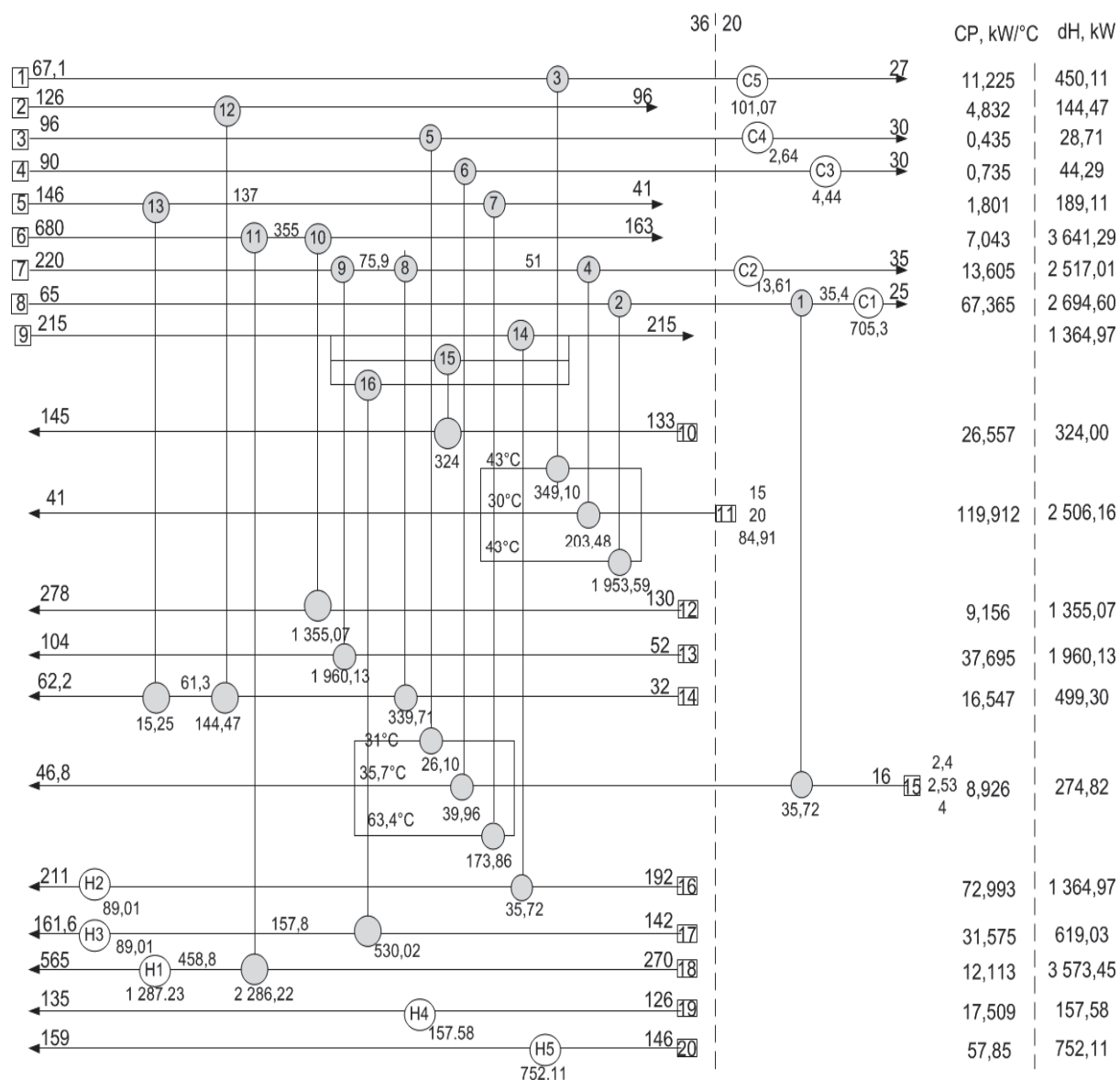


Рис. 2 - Сеточная диаграмма интегрированного процесса

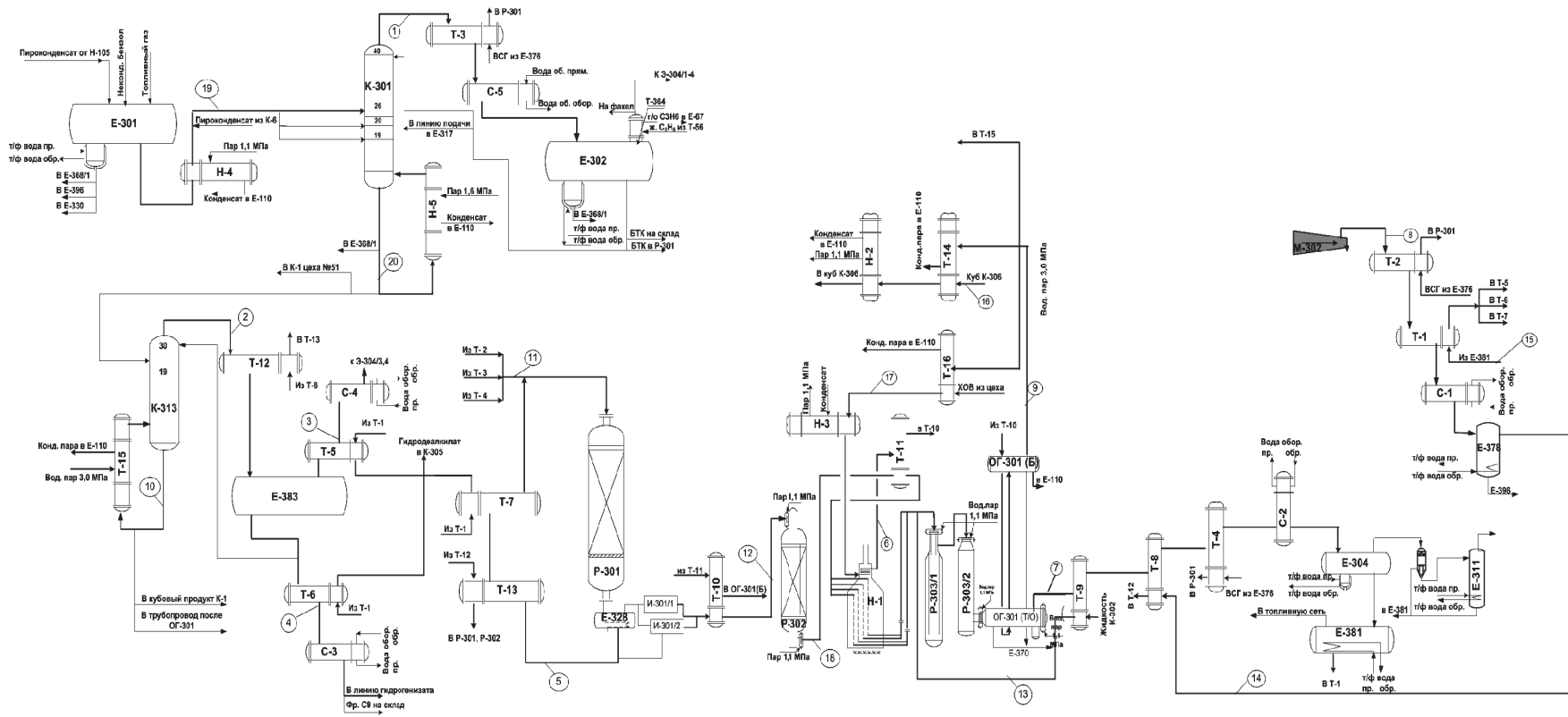
Благодаря пинч-проектированию создан проект реконструкции процессов выделения бензол-толуол-ксилольной фракции и гидродеалкилата в производстве бензола (рис. 3).

Наглядно рассмотреть энергопотенциал интегрируемой схемы и возможную экономию энергии позволяет таблицы 1.

Таблица 1 – Энергопотребление и рекуперация системы теплообмена

| Проект | Горячие утилиты, кВт | Холодные утилиты, кВт | Рекуперация, кВт | Цена энергии за год, грн. |
|-----------------|----------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|
| Существующий | 10 455,72 | 8 143,66 | 2 930,90 | 39 724 530,00 |
| Интегрированный | 3 139,39 | 827,06 | 10 247,37 | 11 357 167,04 |
| Экономия | 7 316,33 | 7 316,6 | | 28 367 362,96 |

Проведя анализ полученных данных, можно заключить, что подобный проект является экономически целесообразным, поскольку рассчитанный согласно принятой методологии срок окупаемости составляет около полугода.



*П-301, П-302 – печи; К-301, К-313, К-306 – ректификационные колонны; И-301/1,2 – смесители;
 Р-301, Р-302 – реакторы гидрирования I и II ступени; Р-303/1,2 – реактор гидродеалкилирования и гидрокрекинга;
 М-302 – компрессор; Т – кожух трубчатые теплообменники; ОГ – охладитель газов; Е – емкости;*

Рис. 3 – Схема проекта реконструкции процессов выделения бензол-толуол-ксилольной фракции и гидродеалкилата в производстве бензола

Выводы. В результате применения пинч-методов была синтезирована новая экономически выгодная энерготехнологическая схема. Получена сравнительная характеристика существующего и интегрированного процесса выделения бензол-толуол-ксилольной фракции и гидродеалкилата в производстве бензола. Показано, что экономический потенциал энергосбережения, доступный интеграции процессов, равен 28 367 362,96 грн. Срок окупаемости проекта составит 6 месяцев.

Литература

1. Степанов А.В. Рациональное использование сырьевых и энергетических ресурсов при переработке углеводородов / А.В. Степанов, Н.И. Сульжик, В.С. Горюнов – Киев: Техника, 1989. – 160 с.
2. Kemp I.C. Pinch analysis and process integration. Second Edition: A User Guide on Process Integration for Efficient Use of Energy / I.C. Kemp. – The Netherlands, Amsterdam: Elsevier, 2007. – 415 с.
3. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Тобажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев – Харьков: ХГПУ, 2000. – 457 с.
4. Ульев Л.М. Экстракция данных для пинч-анализа процессов выделения бензол-толуол-ксилольной фракции и гидродеалкилата в производстве бензола / Л.М. Ульев, О.А. Яценко, М.В. Ильченко // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса: 2014. – Вип. 45. – Том 3. – с.125-130.
5. Ульев Л.М. Энергосберігаючий потенціал процесів виділення бензол-толуол-ксилольної фракції та гідродеквалітата в процесі виробництва бензолу / Л.М. Ульєв, О.О. Яценко, М.В. Ільченко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2014. – №49 (1091). – с. 116-124.

УДК 541.12.013

РОЗЧИНЕННЯ ТВЕРДИХ ТІЛ У ТРИФАЗНІЙ СИСТЕМІ, УТВОРЕНІЙ ВАКУУМУВАННЯМ

Гумницький Я.М., д-р техн. наук, професор, Симак Д.М., канд. техн. наук,
Нагурський О.А., д-р. техн. наук, професор
Національний університет «Львівська політехніка», м.Львів

Розглянуто розчинення твердих частинок кулястої форми в умовах вакуумування системи, що створює умови кипіння рідини. Визначено коефіцієнти масовіддачі. Результати досліджень узагальнено критеріальною залежністю, яка описує процеси хімічної взаємодії, що супроводжуються газоутворенням.

Ключові слова: розчинення, кінетика, коефіцієнти масовіддачі, вакуумування системи

Постановка проблеми. Процеси фізичного розчинення твердих тіл широко використовуються у хімічній, харчовій, гідрометалургійній, фармацевтичній та інших галузях промисловості. Вони виступають, як правило, першою стадією технологічних процесів. Зважаючи на значні обсяги виробництва (наприклад виробництво калійних мінеральних добрив), апарати для їх проведення є доволі громіздкими, а процес розчинення вимагає значних капітальних та енергетичних затрат. Зменшення затрат пов'язане з інтенсифікацією процесу розчинення. Існує безліч шляхів інтенсифікації даного процесу: механічне та пневматичне перемішування, створення псевдозрідженого шару, пульсаційний рух рідини, кавітація та ультразвук, іскрові розряди [1]. Більшість із методів інтенсифікації характеризується високими енергозатратами, тому нами досліджено метод інтенсифікації за рахунок вакуумування системи. Цей метод супроводжується кипінням рідини та пароутворенням.

Як відомо, зародження і ріст парових (газових) бульбашок протікає значно інтенсивніше у випадку гетерогенного зародкоутворення, тобто він проходить на поверхні твердої частинки і на стінках апарату [2].

Метою роботи було дослідження розчинення твердих частинок кулястої форми під час вакуумування системи, визначення коефіцієнта масовіддачі, представлення результатів дослідження в узагальнених перемінних та порівняння різних методів у інтерпретації експериментальних досліджень.

Теоретичні передбачення ролі вакуумування системи та впливу на масообмін можна окреслити наступним чином:

інтенсивне перемішування рідини паровою фазою, що генерується вакуумуванням системи;