

УДК 662.6

Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Ульев Л.М., ¹Болдырев С.А.**СОЗДАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕПЛООБМЕННОЙ СИСТЕМЫ В ПРОЦЕССЕ ДИСТИЛЛЯЦИИ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ***НТУ “ХПИ”, Харьков; ¹АО “Содружество – Т”, Харьков;***Введение**

В работе [1] авторами с помощью аппарата составных кривых [2] определен потенциал энергосбережения для процессов дистилляции каменноугольной смолы и переработки нафталиновой фракции на одноколонном аппарате ОАО «Авдеевский КХЗ». В указанной работе достаточно подробно приведено технологическое описание процессов, их технологическая схема и данные технологических потоков процессов. В работе было показано, что в существующем сейчас процессе отсутствует тепловая интеграция, а это означает, что проект реконструкции теплообменной системы процесса можно создавать, как корневой МЭР проект [2] для оптимального значения ΔT_{\min} . В работе [1] определены ΔT_{\min} для всего набора энергетических тарифов, существующих в настоящее время на предприятии и показано, что можно выбрать из диапазона, определенных значений ΔT_{\min} , такое значение, что созданная для него система рекуперации будет работать в оптимальном режиме с точки зрения приведенной стоимости проекта реконструкции, т.е. проект реконструкции будет достаточно гибким к возможному изменению тарифной политики предприятия и государства.

В данной работе мы построим оптимальную сеточную диаграмму [2] для проекта реконструкции процесса дистилляции и определим, как изменятся основные его энергетические параметры и параметры, используемого теплообменного оборудования.

Определение энергопотребления для существующей системы теплообмена в процессе дистилляции

На основании данных, опубликованных в [1] построим сеточную диаграмму процессов в цехе перегонки каменноугольной смолы, т.е. непосредственно процесса дистилляции каменноугольной смолы и отделения переработки нафталиновой фракции с существующей в настоящее время системой теплообмена (рис. 1). Сеточная диаграмма рассматриваемых процессов характерна для производств с отсутствием тепловой интеграции [2]. В [1] с помощью построения составных кривых существующего, неинтегрированного процесса мы определили величину горячих утилит, потребляемых процессом $Q_H = 3923.6$ кВт и величину необходимых холодных утилит $Q_C = 2064.1$ кВт.

Утилитной системой для цеха перегонки служит трубчатая печь, где сжигается обратный коксовый газ и паровые магистрали завода.

В процессе дистилляции пар из паровых магистралей не используется, а вся тепловая энергия, необходимая для разделения смеси приобретает в трубчатой печи. Пар из магистралей используется в процессе переработки нафталиновой фракции для обогрева пресса и плавильников, потоки 11 и 12 (рис. 1). Мощность, потребляемая из паровых магистралей технологическими потоками, включенными в интеграцию равна 291 кВт (рис. 1), т.е. тепловая мощность, потребляемая процессом дистилляции в печи равна ~ 3633 кВт.

Синтез сети теплообменных аппаратов для СПЦ Авдеевского КХЗ

Для того чтобы синтезировать интегрированную систему теплообмена рассматриваемых процессов построим сеточную диаграмму технологических потоков с указанием локализации пинча и без обозначения утилит на потоках (рис. 2).

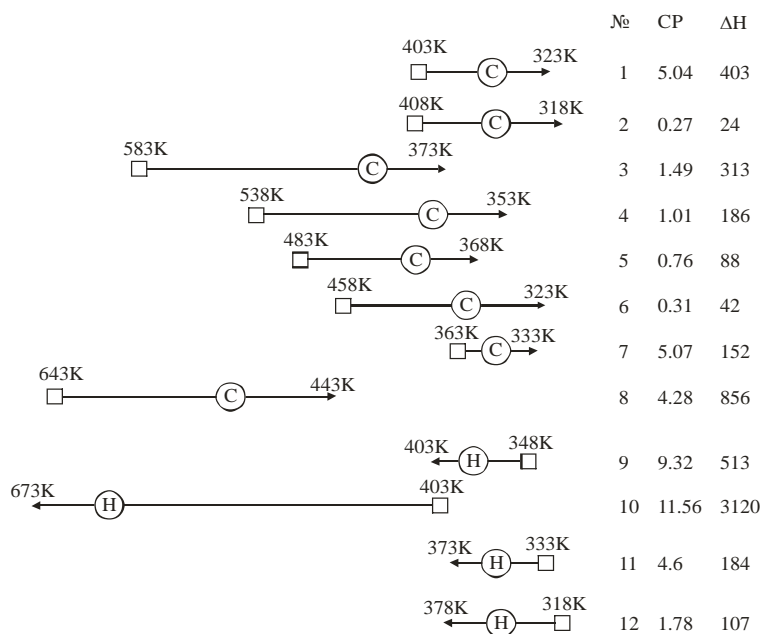


Рисунок 1 – Сеточная диаграмма существующей теплообменной системы процессов дистилляции каменноугольной смолы и переработки нафталиновой фракции. Потоки, направленные направо – горячие потоки, налево – холодные; С – охлаждение, Н – нагрев

МЫ видим, что значительное количество потоков пересекает линию пинча. В то же время известно, что область пинча делит систему технологических потоков рассматриваемого процесса на две термодинамически независимые подсистемы, каждая из которых находится в тепловом равновесии со своими утилитами [2], т.е. в тепловой сети с максимальной рекуперацией энергии для данного ΔT_{min} и максимальным потреблением внешней энергии мы должны запретить передачу тепловой энергии через пинч. Для этого, используя правила и методы пинч-анализа выполняем отдельно проекты тепловых се-

тей выше пинча и ниже пинча, и сшиваем их на температурах пинча.

Сеточная диаграмма для теплообменной системы, построенной с разделением на пинче, показана на рис. 3. При построении этой сеточной диаграммы учитывалось, что поток №1 состоит из трёх температурных сегментов [1], в каждом из которых должны осуществляться свои условия теплообмена отличные от условий других сегментов. Первый температурный сегмент этого потока находится в интервале температуры 403-373 К. В этом интервале охлаждаются пары первой ступени испарителя. Их потоковая теплоёмкость равна $\sim 0,3$ кВт/К. Охлаждение паров происходит до температуры конденсации, которая равна температуре пинча горячих потоков. Следовательно, изменение потоковой энтальпии первого потока выше пинча составит величину ~ 9 кВт. Ниже верхней температуры пинча на первом потоке происходит конденсация, для чего используются теплообменные аппараты T_9 и T_{10} , а затем охлаждение конденсата (рис. 3) в рекуперативном теплообменнике T_{12} и дальнейшее охлаждение в утилитном теплообменнике С.

Аналогичный теплообмен происходит при охлаждении горячего потока № 2. До температуры пинча охлаждаются пары лёгкого масла, а затем происходит их конденсация и охлаждение конденсата.

Поток исходной каменноугольной смолы ниже пинча может быть приведен к его пинч-температуре за счет теплообмена с конденсирующимися парами первой ступени испарителя теплообменный аппарат T_8 (рис. 3). Выше пинча этот поток можно привести к его целевой температуре с помощью теплообмена с продуктами ректификации, но

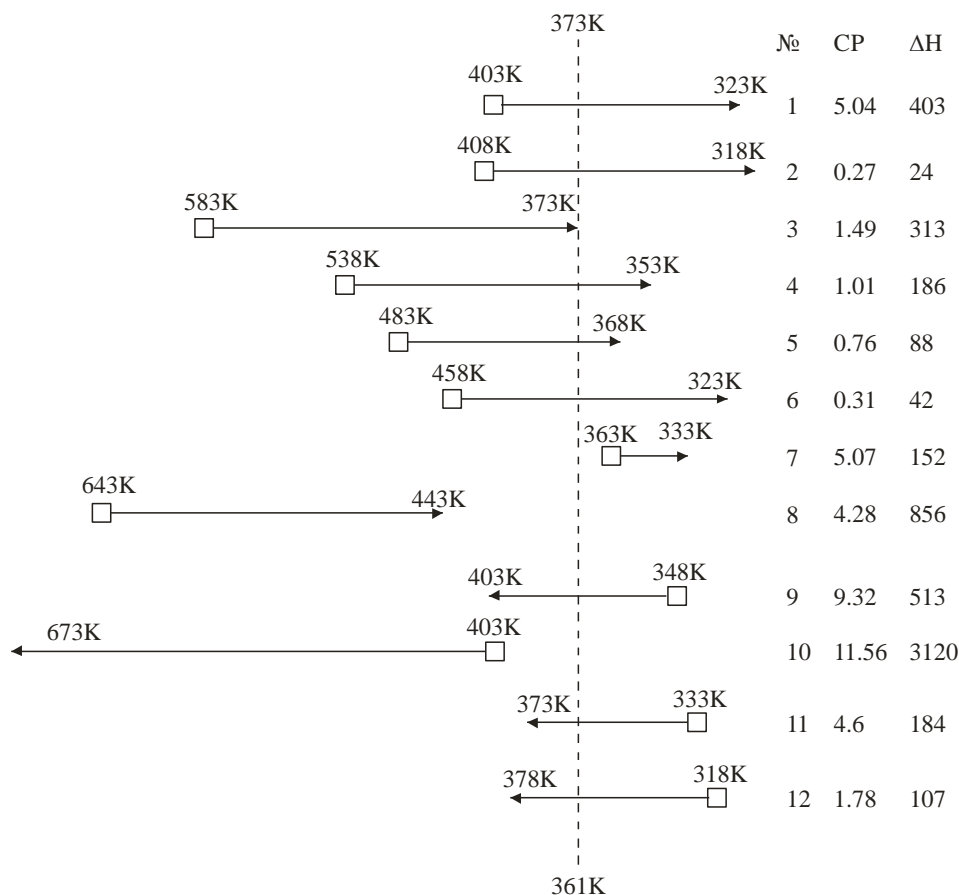


Рисунок 2 – Полная система технологических потоков СПЦ, участвующих в интеграции. Пунктирная линия – разделение на пинче. Горячие потоки направлены направо, холодные – налево. № – номер потока по таблице 1; CP – потоковая теплоемкость, кВт/К; ΔH – изменение потоковой энтальпии, кВт

для этого необходимо расщеплять этот поток на четыре параллельных подпотока, что потребует установки коллектора и установки на ветвях потока теплообменников T_3 , T_4 , T_5 и T_6 (рис 4.2). Установка указанных рекуперативных теплообменников исключает необходимость нагрева сырой каменноугольной смолы в трубчатой печи перед подачей её в испаритель первой ступени для обезвоживания (рис. 3).

Поток обезвоженной смолы № 10 также должен быть расщеплен на две параллельные ветви, одна из которых связывается теплообменником с горячим потоком пека № 8, а другая с горячим потоком второй антрациновой фракции № 3. За счет теплообмена обезвоженная смола нагревается от температуры 403 К до температуры 494 К. При этом рекуперируется тепловая мощность равная 1,054 МВт.

Холодный поток № 11 – нагрев и плавление нафталина в прессе может быть доведен до пинч-температуры в проекте ниже пинча с помощью охлаждения конденсата паров из испарителя 1^й ступени. На сеточной диаграмме взаимодействие между указанными потоками показано размещением T_9 .

После того, как мы удовлетворим температурные требования холодных потоков № 9 и № 10 выше пинча у нас остались неудовлетворёнными горячие потоки № 1 и № 2, но изменения их потокового теплосодержания здесь незначительны. Можно организовать теплообменные связи между потоками 1 и 12, 2 и 11, как показано на рис. 3.

Мы видим, что на сеточной диаграмме, изображённой на рис. 4, при сшивании проектов теплосетей, выполненных выше и ниже пинча появился цикл, образованный

теплообменниками T_1 и T_9 , а также существует утилитный путь между утилитами, расположенными на потоках № 1 и № 12. Это даёт возможность несколько упростить структуру проекта теплообменной сети, разрывая цикл и затем убирая утилитный теп-

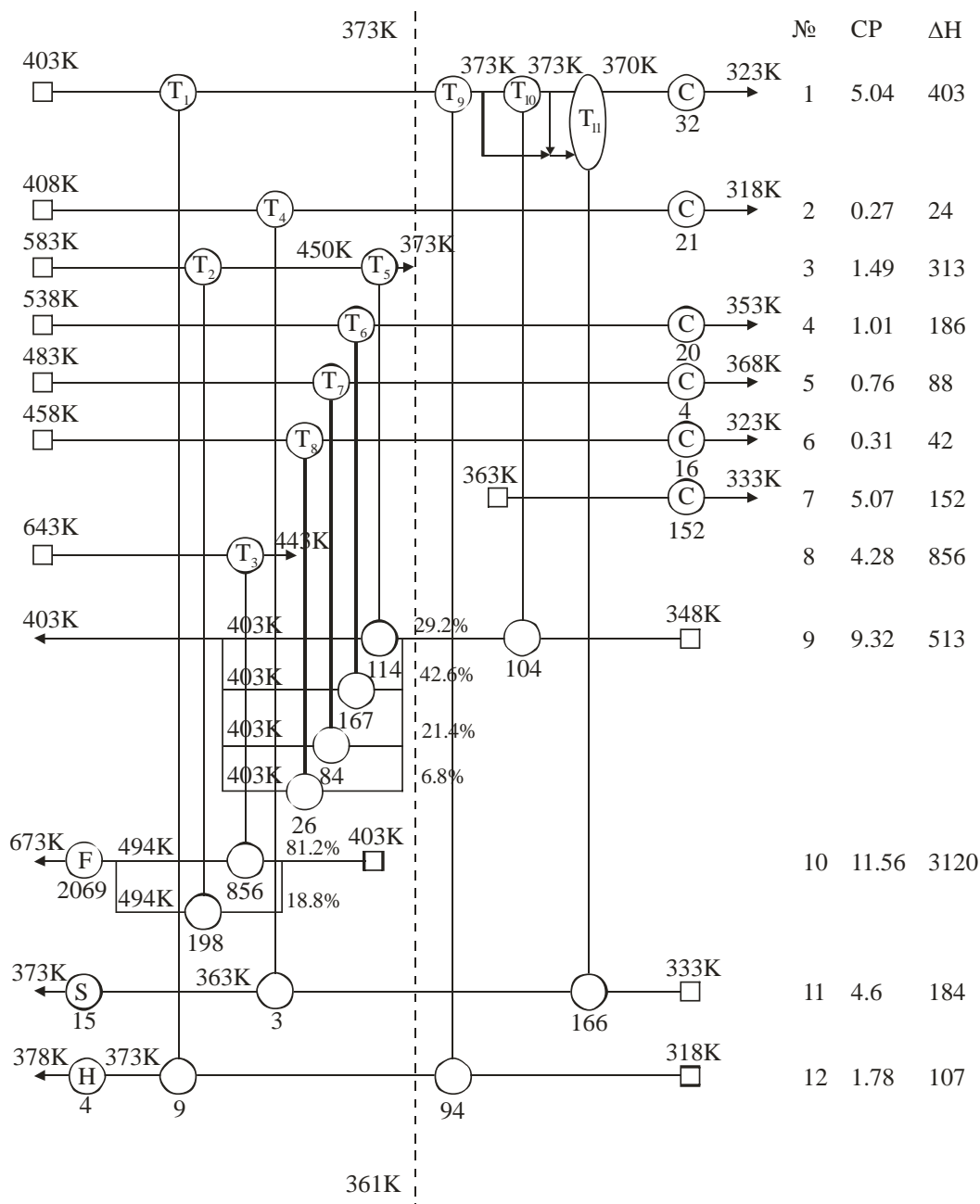


Рисунок 3 – Сеточная диаграмма проекта реконструкции теплообменной сети СПЦ с разделением на пинч, построенная для $\Delta T_{\min} = 12\text{K}$. T_1 - T_{11} – рекуперативные теплообменные аппараты; С – утилитные теплообменные аппараты; F – трубчатая печь; S – нагрев парами среднего давления; CP – потоковая теплоемкость, кВт; № – номер потока из таблицы 1. Под обозначение теплообменных аппаратов показаны их тепловые нагрузки, кВт; на расщеплениях потоков показаны проценты от общего массового расхода потока. На штриховой линии, разделяющей полную систему на тепловой сток и тепловой источник показаны пинч-температуры

лообменник на потоке 12 с помощью увеличения тепловой нагрузки на оставшемся от цикла теплообменнике.

Мощность тепловой нагрузки теплообменного аппарата T_4 равна ~ 3 кВт, и, поэтому экономически его невыгодно устанавливать, и мы его исключим из тепловой сети. В итоге после сшивания проектов, выполненных выше и ниже пинча, получаем се-

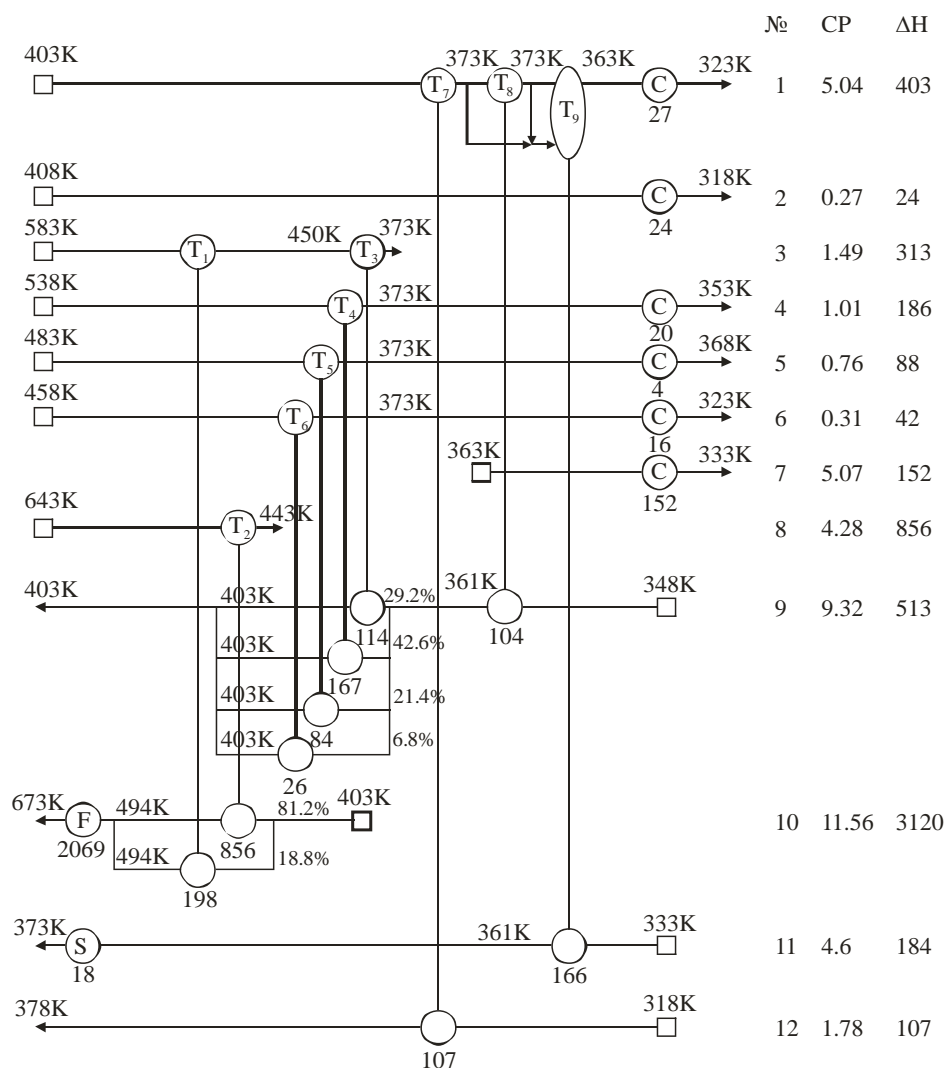


Рисунок 4 – Сеточная диаграмма оптимизированного проекта реконструкции теплообменной сети СПЦ. Обозначения аналогичны обозначениям на рисунке 3

точную диаграмму проекта реконструкции теплообменной сети процессов дистилляции каменноугольной смолы и переработки нафталиновой фракции (рис. 4).

Общая мощность тепловой энергии, потребляемой от горячих утилит, указанными процессами с помощью предлагаемой системы теплообмена равна $Q_{Hmin} = 2087$ кВт, что на 1837 кВт меньше, чем в действующей сейчас системе теплообмена. Это означает, что потребление энергии можно сократить на $\sim 47\%$ от существующего в настоящее время уровня.

Потребление холодных утилит в предлагаемом проекте теплообменной сети СПЦ может быть снижено до величины 243 кВт, т.е. на 88 % от существующего ныне уровня.

При стоимости горячих утилит 30 USD за 1 кВт·год и холодных – 7.3 USD за 1 кВт·год уменьшение энергопотребления процессами приведёт к экономии равной

~68400 USD в год. Оценка стоимости предлагаемой реконструкции показала, что срок ее окупаемости не превысит 1.2 года.

Заключение

Применение методов пинч-анализа к интеграции тепловых процессов смолопегонного цеха Авдеевского КХЗ позволит экономить ~ 50 % обратного коксового газа от уровня потребления в настоящее время и уменьшить потребление технической воды, используемой для охлаждения технологических потоков на 88 %.

Прибыль от внедрения данного проекта составит величину ~ 68500 USD, а срок окупаемости проекта близок к 1 году.

Обозначения: Q_{Cmin} – целевые значения для холодных утилит; Q_{Hmin} – целевые значения для горячих утилит; ΔH – изменение потоковой энтальпии; ΔT_{min} – минимальная разность температур между теплоносителями в теплообменных аппаратах.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Европейской Комиссии (Проект INCO-COPERNICUS-2 N° ICA2-CT-2001-10005, проект Tempus N° CD_JEP-21242-00/UKR)

Литература

1. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., КАПУСТЕНКО П.А., УЛЬЕВ Л.М., БОЛДЫРЕВ С.А., БУХКАЛО С.И., КАУФМАН С.И.. Определение потенциала энергосбережения процесса дистилляции каменноугольной смолы и процесса переработки нафталиновой фракции на Авдеевском КХЗ // Інтегровані технології та енергозбереження. 2003, № 2. С. 23-30
2. Смит Р., Клемеш Й., ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., КАПУСТЕНКО П.А., УЛЬЕВ Л.М. Основы интеграции тепловых процессов. Харьков. НТУ “ХПИ”. 2000. С. 456.

УДК 662.6

ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., КАПУСТЕНКО П.О., УЛЬЕВ Л.М., БОЛДИРЕВ С.О.

СТВОРЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕПЛОБМІННОЇ СИСТЕМИ У ПРОЦЕСІ ДИСТИЛЯЦІЇ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОЇ СМОЛИ

У даній роботі методи пінч-аналізу застосовано до створення оптимальної системи теплообміну у процесі дистилляції кам'яновугільної смоли на одноколонному агрегаті, який включає також обладнання для переробки нафталинової фракції.

Доведено що за допомогою створеної системи теплообмінників можливо знизити питоме вживання гарячих утиліт на 47 %, а холодних – на 89 % від рівня існуючого у теперішній час.