

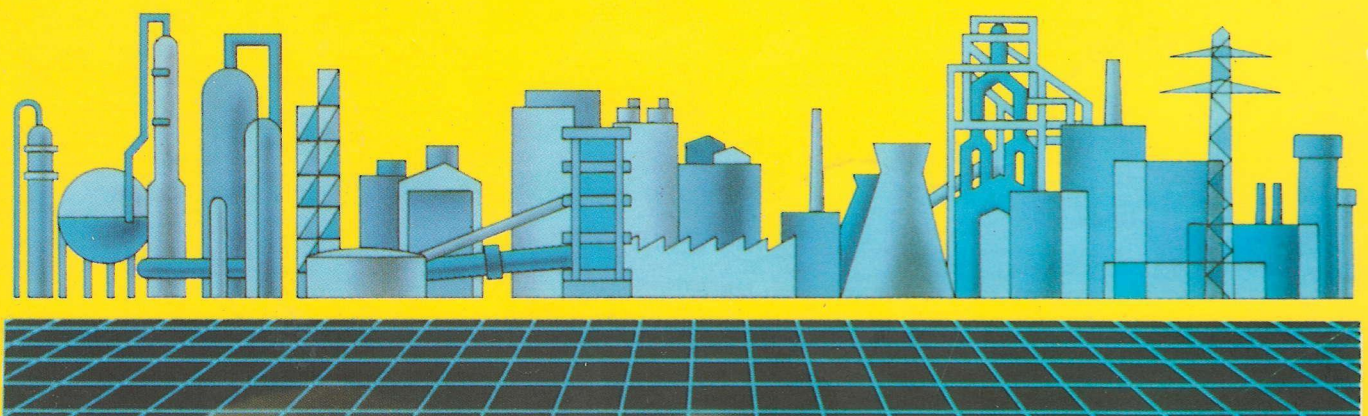
ISBN 5-7763-2106-9
ISBN 5-7763-2107-7

ІТЕ ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЩОКВАРТАЛЬНИЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ



4 ' 2003



Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Ульев Л.М., Нагорный Э.Р.

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ PINCH 2.02 ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

В условиях рыночной экономики и растущих цен на энергоносители актуальными становятся задачи реконструкции старых, и создания новых проектов предприятий согласуясь с современными методами энергосбережения и эффективного энергопотребления.

Одной из многих задач, стоящих перед сотрудниками предприятия АО «Содружество-Т», является задача облегчения условий работы инженерам-технологам, приступающим к разработке новых, или реконструкции старых проектов химико-технологических схем предприятий. С этой целью в течение 2001-2003 годов ведется разработка целого пакета программного обеспечения, применяемого для анализа ХТС методами «Пинч-анализа» [6]. Пакет носит название «PINCH 2.02» и успешно применяется технологами АО «Содружество-Т» наряду с западными аналогами при реконструкции и создании новых ХТС.

Пакет «PINCH 2.02» имеет целый ряд существенных преимуществ перед аналогичными разработками, а именно: современный и удобный интерфейс, совместимый с целым рядом наиболее распространенных Windows совместимых приложений, таких как MS Office, CorelDraw и многими другими; оригинальный метод расчета, сводящий к минимуму погрешности в вычислениях; гибкость пакета – разработчики имеют возможность быстро, без излишних затрат приспособить пакет к решению новых, оригинальных задач; особо необходимо отметить невысокую цену и доступность пакета отечественным технологам и проектировщикам.

В качестве примера использования возможностей пакета PINCH 2.02 рассмотрим анализ потенциала энергосбережения в процессе дистилляции каменноугольной смолы [1]. Первичными продуктами коксования являются твердый остаток – кокс и летучие вещества – коксовый газ, который затем при конденсации разделяется на каменноугольную смолу и сырой бензол. Каменноугольная смола имеет богатый состав и является ценнейшим сырьем для химической промышленности. С целью дальнейшего использования каменноугольную смолу разделяют фракции. Для этого практически на всех коксохимических заводах существует отделение дистилляции.

Рассмотрим типичную для Украины технологическую схему отделения дистилляции (рис. 1). Смола из расходного хранилища с температурой 343-348 К подается в конвекционную ступень трубчатой печи (рис. 1), где она нагревается до температуры ~ 393 К и поступает в испаритель № 4 (рис. 1) для обезвоживания. Пары испарителя охлаждаются и поступают в сепараторы (рис. 1). Обезвоженная смола прокачивается через радианную секцию трубчатой печи, где она нагревается для однократного испарения в пековой колонне № 7 (рис. 1). Пек из нижней части колонны по пекопроводу подается в напорные баки склада пека или на пекоподготовку пекокссового отделения цеха. Из пековой колонны отбираются первая и вторая антраценовые фракции, охлаждаются в погружных теплообменниках и поступают в соответствующие сборники

(рис. 1). Пары несконденсировавшихся фракций поступают на фракционную колонну № 8 (рис. 1). Донным продуктом этой колонны является поглотительная фракция, которая охлаждается и поступает в рефлюксный бак № 20. Часть этой фракции подается для орошения на пековую колонну. Из фракционной колонны отбираются нафталиновая и фенольная фракция, охлаждаются в погружных теплообменниках и направляются в сборники. Пары легкого масла и воды из верхней части фракционной колонны через конденсатор-холодильник поступают в сепаратор (рис. 1). С целью регулирования качества донных продуктов колонн – пека и поглотительной фракции через борбатыеры в колонны № 7 и № 8 вводится перегретый пар. Для его получения в конвекционной камере трубчатой печи № 3 установлен змеевик пароперегревателя, в который из цехового паропровода подается пар среднего давления.

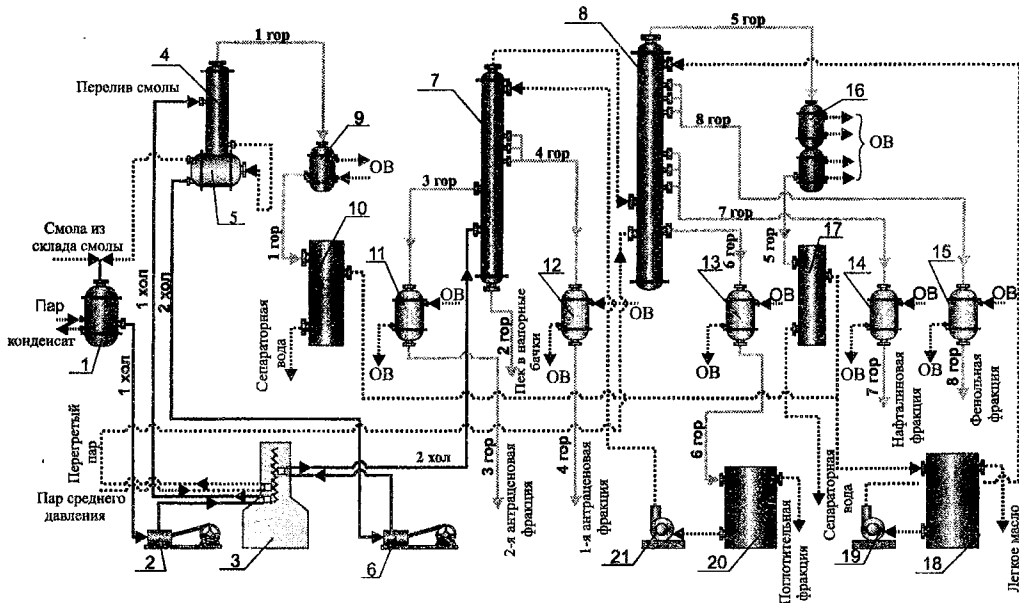


Рисунок 1 – Типичная технологическая схема процесса дистилляции каменноугольной смолы: 1 – промежуточный сборник каменноугольной смолы; 2,6 – трехплунжерный насос 1 и 2 ст.; 3 – трубчатая печь; 4 – испаритель 1 ст.; 5 – сборник обезвоженной смолы; 7 – пековая колонна; 8 – фракционная колонна; 9, 16 – конденсатор-холодильник паров 1 ст. и фракционной колонны; 10, 17 – сепаратор легкого масла 1 ст. и 2 ст.; 11-15 – погружной холодильник; 18, 20 – рефлюксный бачок легкого масла и поглотительной фракции; 19, 21 – рефлюксный насос фракционной и пековой колонны; ОВ – техническая вода на охлаждение конденсаторов-холодильников и погружных холодильников

Изучение технологической схемы процесса и регламента работы пекового цеха позволяет выделить холодные и горячие потоки процесса дистилляции каменноугольной смолы и определить их теплотехнические характеристики, необходимые для выполнения тепловой интеграции (таблица 1).

С помощью программного обеспечения, входящего в состав пакета **PINCH 2.02** (Pinch.exe), которое базируется на основных принципах и правилах пинч-анализа [6], построим составные кривые для технологических потоков, представленных в табл. 1. После полной загрузки приложения, которая длится несколько секунд, **PINCH 2.02** создает новый пустой набор данных для построения составных и стоимостных кривых и отображает основное окно приложения. Окно приложения, заполненное потоковыми данными существующей установки дистилляции, имеет вид, представленный на рис. 2.

Составные кривые существующей установки дистилляции каменноугольной смолы, построенные в пакете **PINCH 2.02**, отображены на рис. 3.

Таблица 1 – Поточковые данные существующей установки дистилляции

№	Название потока	Тип потока	T _S , К	T _T , К	C, Дж/кг·К	W, кг/с	CP, кВт/К	ΔH, кВт
1	Исходная смола	Хол.	345	393	1800	4.6	8.280	397.440
2	Обезвоженная смола	Хол.	387	660	1700	4.28	7.276	1986.348
3	Пары воды 1-й ступени	Гор.	387	313	1108	0.576	6.380	472.100
4	Пек	Гор.	640	553	2000	2.461	4.92	428.200
5	2-я антраценовая фракция	Гор.	605	370	2250	0.3358	0.756	177.554
6	1 ^я антраценовая фракция	Гор.	580	380	2250	0.7268	1.64	327.060
7	Конденсат фракционной колонны	Гор.	390	310	3545	0.044	0.156	12.630
8	Поглотительная фракция	Гор.	500	340	2250	0.437	0.983	157.320
9	Нафталиновая фракция	Гор.	480	390	2250	0.4508	1.01	91.287
10	Фенольная фракция	Гор.	450	350	2400	0.138	0.331	33.120
11	Перегрев пара	Хол.	413	623	2000	0.11	0.220	46.200

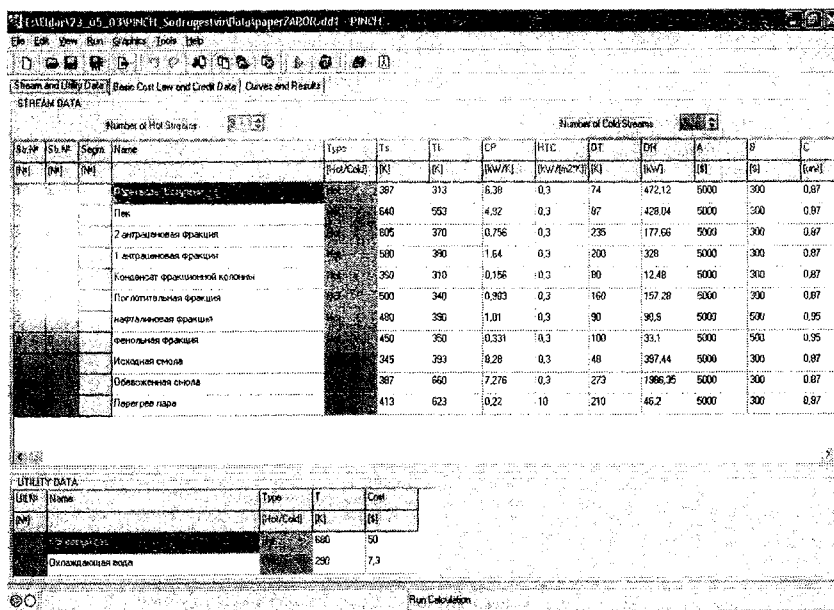


Рисунок 2 – Поточковые данные установки дистилляции в PINCH 2.02

Это типичные составные кривые для неинтегрированного процесса. Мы видим, что мощность, потребляемая процессом, составляет ~ 2,43 МВт, мощность, потребляемая от холодных утилит, равна ~ 1,7 МВт, и тепловая мощность, доступная в настоящее время для рекуперации, составляет ~ 1,7 МВт.

Дальнейший анализ технологической схемы процесса позволяет включить в рекуперативный процесс поток пека, идущего на склад [1]. При этом общая стоимость проекта увеличивается на стоимость теплоизоляции пекопровода – $c_{ins} \sim 2000$ \$. Поток № 11 на данной стадии создания проекта по технологическим причинам должен быть исключен из тепловой интеграции.

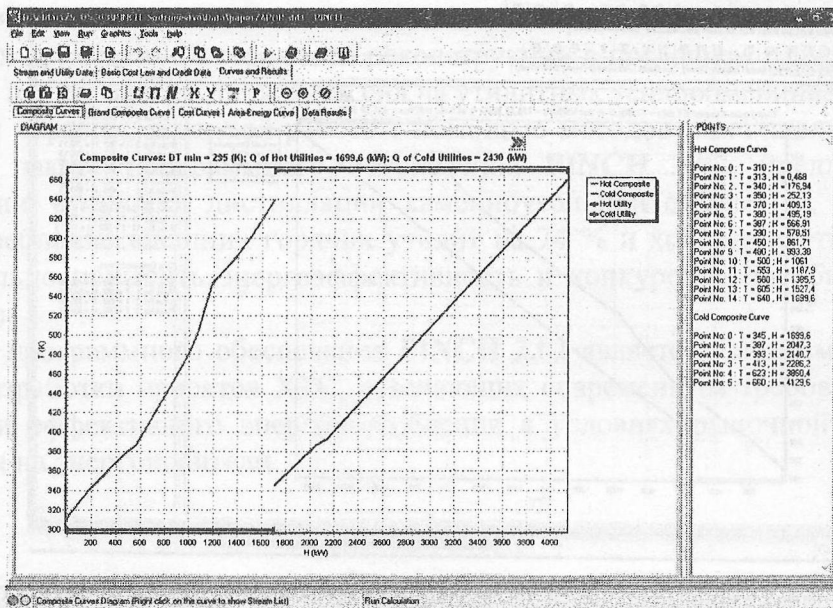


Рисунок 3 – Составные кривые для существующего неинтегрированного процесса

При анализе энергосберегающего потенциала будем использовать следующие стоимостные данные:

стоимость коксового газа используемого в печи равна ~ 50 \$ US/кВт в год;

стоимость охлаждающей воды равна 7.3 \$ US/кВт в год;

стоимость теплообменных аппаратов принималась равной:

для коррозионных потоков № 9, 10
 – $5000 + 500$ (поверхность ТО)^{0,95};

для остальных потоков
 – $5000 + 300$ (поверхность ТО)^{0,87}.

Приводимые капитальные затраты будем определять для условия пятилетнего кредита с фиксированной кредитной ставкой в 10%.

Составные кривые процесса с учетом рекуперации тепловой энергии, построенные в PINCH 2.02, имеют вид, представленный на рис. 4.

Составные кривые для данного приближения построены при оптимальном значении $\Delta T_{min} = 32$ K, определенном при анализе стоимостных кривых [1]. Составные кривые показывают локализацию пинча на 387 K горячих потоков. Рассчитанное целевое значение для горячих утилит в этом случае равно

$$Q_{Hmin} \approx 538.8 \text{ кВт} + \Delta H_{11},$$

где $\Delta H_{11} \approx 46,2$ кВт – изменение потоковой энтальпии 11 потока, т.е. $Q_{Hmin} \approx 585$ кВт, что составляет ≈ 21 % мощности, потребляемой от горячих утилит в настоящее время. Целевое значение для холодных утилит будет равно $Q_{Cmin} \approx 495$ кВт, что составляет ≈ 29 % холодных утилит, потребляемых процессом в настоящее время.

Для более точного определения движущих сил теплообмена, площади поверхности теплообмена и ΔT_{min} необходимо учесть фазовый переход на потоках № 3 и № 8 (рис. 5), что позволяет более точно определить значение ΔT_{min} и целевые значения потребления горячих и холодных утилит.

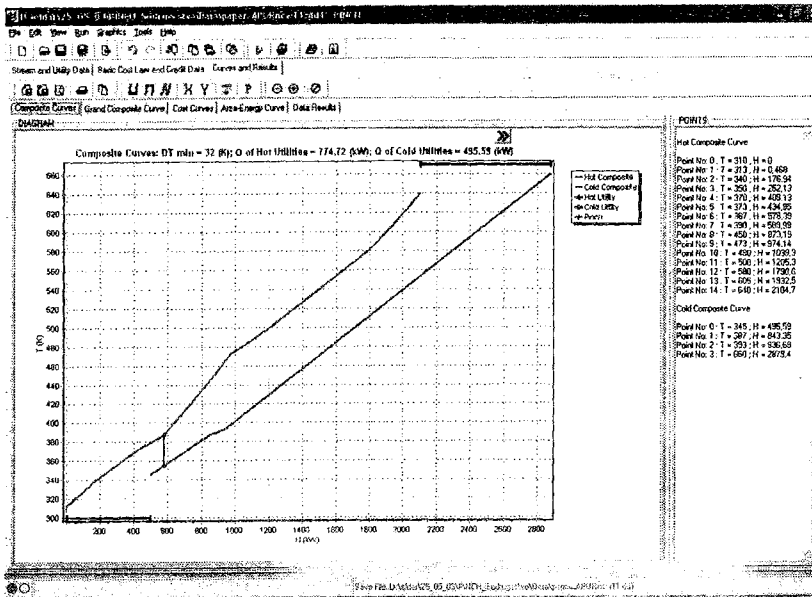


Рисунок 4 – Составные кривые процесса дистилляции каменноугольной смолы, без учета изменения фазового состояния потоков № 3 и 8

Построение стоимостных кривых [1] с учетом фазового изменения в потоках 3 и 8 показывает оптимальное значение $\Delta T_{min} = 26$ К (рис. 5), а общую целевую приведенную стоимость равной 64300 \$ US, что на 730 \$ US меньше, чем при расчете без фазового изменения. Составные кривые, построенные в этом случае для $\Delta T_{min} = 26$ К, показывают локализацию пинча на 373 К горячих потоков.

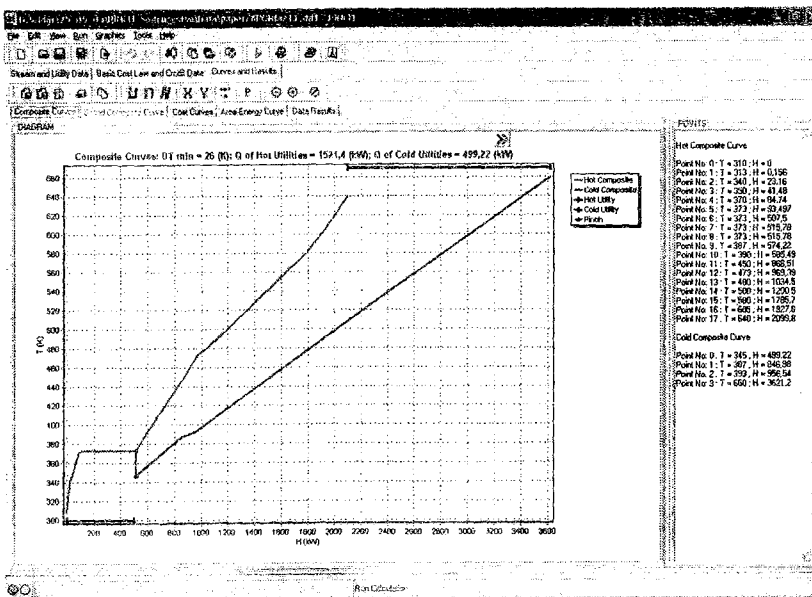


Рисунок 5 – Составные кривые процесса с учетом изменения фазового состояния потоков № 3 и 8

Целевое значение для горячих утилит равно $Q_{Hmin} = 547.1 + 46.2 = 593.3$ кВт, а для холодных $-Q_{Cmin} = 504$ кВт, что соответственно составит 24,4% и 29,7% от значений потребляемых в настоящее время утилит. Общая площадь целевой поверхности теплообмена в этом случае равна $A_{tot} \approx 348$ м², а площадь поверхности теплообмена, необходимая для размещения на холодильных утилитах, равна 4.7 м², т.е. уменьшение целевого значения площади общей поверхности теплообмена и, соответственно, целевого значения приведенной стоимости реконструкции в последнем расчете произошло за счет более полного учета движущих сил на утилитных теплообменниках.

Таким образом, в данной работе с помощью методов пинч-анализа [6], реализованных в пакете программного обеспечения **PINCH 2.02**, предложен проект реконструкции установки дистилляции каменноугольной смолы [1], позволяющий снизить потребление внешних горячих утилит на 74 % и холодных утилит на 65 %, чем значительно повысить энергоэффективность и конкурентоспособность данного производства.

Пакет программного обеспечения **PINCH 2.02** является удобным и доступным средством разработки проектов ХТС, отвечающих современным требованиям энергосбережения и эффективного энергопотребления в условиях рыночной экономики и растущих цен на энергоносители.

Литература

1. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., КАПУСТЕНКО П.А., УЛЬЕВ Л.М., ПЕРЕВЕРТАЙЛЕНКО А.Ю., БОЛДЫРЕВ С.А., РУБЧЕВСКИЙ В.Н., ВОЛОХ В.М. Анализ потенциала энергосбережения в процессе дистилляции каменноугольной смолы // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2001. – № 2. – С. 16–22.
2. Stork W.J. Energy cost hit earnings hard. Chemical and Engineering News. 2001, 5 February, 5.
3. Stork W.J. Chemical Industry is more energy efficient. Ibidem, 19.
4. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., КАПУСТЕНКО П.А., УЛЬЕВ Л.М. Определение энергосберегающего потенциала промышленных предприятий с помощью построения составных кривых технологических потоков // Інтегровані технології та енергозбереження. – 1999. – № 1. – С. 14–27.
5. Smith R. Chemical Process Design. McGraw-Hill. 1995. P. 460.
6. 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; 681.3.06

ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., КАПУСТЕНКО П.О., УЛЬЕВ Л.М., НАГОРНИЙ Е.Р.

ВИКОРИСТАННЯ ПАКЕТУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ PINCH 2.02 ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОСБЕРЕЖЕННЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ХІМІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ

У даній статті на прикладі проекту реконструкції цеху дистилляції кам'яновугільної смоли на одноколонному агрегаті продемонстровані можливості пакету програмного забезпечення PINCH 2.02. Побудовані складені криві потоків процесу, та визначені можливості рекуперації процесу. За допомогою методів пінч-аналізу можливо знизити питоме вживання гарячих утиліт на 74 %, а холодних – на 65 % від існуючого рівня.