

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНЫХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТА ГАЗА

При синтезе газотранспортных систем связанном с проектными изменениями и увеличением числа единиц оборудования, необходимо учитывать много факторов. Критерием оптимальности могут служить общие минимальные затраты в год, включая капитальные затраты и расходы по эксплуатации и техническому обслуживанию. В статье представлены результаты использования для синтеза газотранспортных сетей комбинации пинч - метода совместно с эксергетическим анализом

Г. А. Статюха

Доктор технических наук, профессор*

Контактный тел.: (38 044) 241-76-12

E-mail: Gen.Statyukha@mail.ru

Ю. А. Безносик

Кандидат технических наук, доцент*

Контактный тел.: (38 044) 241-76-12

e-mail: yu_beznosyk@ukr.net

С. В. Плашихин

Аспирант*

Контактный тел.: (38 044) 241-76-12

e-mail: plashihin@rambler.ru

Риахи Реза

Аспирант*

Контактный тел.: (38 044) 241-76-12

e-mail: r4530877@yahoo.com

*Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
Национальный технический университет Украины "Киевский

политехнический институт"

03056, Киев-56, проспект Перемоги 37

1. Введение

В систему транспорта газа входят источники газа, контуры, состоящие из сегментов трубопровода, компрессорных станций и мест передачи. Проектирование или расширение системы транспорта газа включает капитальные расходы и расходы по эксплуатации и техническому обслуживанию. При синтезе газотранспортных систем, связанном, чаще всего, с проектными изменениями и увеличением числа единиц оборудования, необходимо учитывать много факторов, таких как оптимальное число компрессорных станций и оптимальное расположение этих компрессорных станций, диаметр труб для каждого контура сети, текущие перепады давления газа в компрессорах и трубопроводе в целом, процессы теплообмена. Критерием оптимальности могут служить общие минимальные затраты в год, включая капитальные затраты и расходы по эксплуатации и техническому обслуживанию. В работе представлены результаты использования для

синтеза газотранспортных сетей комбинации пинч - метода совместно с эксергетическим анализом [1 - 2].

2. Метод исследования

Комбинация пинч - анализа совместно с эксергетическим анализом позволяет более детальное и углубленное понимание эксергетического качества, количества и направленности потока газа на пинч - диаграмме. Обычно такими эффектами при проектировании пренебрегают, принимая незначительное понижение эксергии в процессе. Однако, иногда, анализ энергии должен быть применен к части процесса, вовлекающего большие изменения давления, например расширитель, соединенный непосредственно с компрессором. В таком случае, изменения теплосодержания не указывают ни на качество, ни на направление потока энергии между потоками, обменивающимися энергиею. Пинч - техника метод для анализа и синтеза

процессов, где теплообмен между процессом и полезными потоками играет важную роль. Если поток газа сжимается, то изменяется эксергия газа, и это может быть отражено на пинч – диаграмме [2 - 4].

Давление – важный параметр процесса транспорта газа. Об активных для давления единицах процесса подобно компрессорам или расширителям было объяснено на пинч - диаграмме. Существует, по крайней мере, три причины представить большие изменения давления на диаграмме:

1. Как температура, так и давление сильно влияют на термодинамический анализ процесса.
 2. Изменения теплосодержания не говорят достаточно о качестве, количестве и направлении потока энергии между двумя потоками процесса.
 3. Истинная стоимость энергии для процесса зависит как от количества, так и от качества используемой энергии.
- Термодинамическая эксергия или пригодность - мера работы, которая существует в потоке энергии.

3. Моделирование

Уравнение (1) позволяет анализировать эксергию потока газа:

$$E_x \cong -(\Delta H_{1 \rightarrow e} - T_e \Delta S_{1 \rightarrow e}) \tag{1}$$

Эксергия E_x всегда измеряется относительно параметрам окружающей среды. В компрессоре, работа поставляет газу таким образом, что теплосодержание H , температура T , и давление p , может быть отнесено и к реальным, и к идеальным газам. Это выражено в следующих уравнениях (2) – (4) с изменением теплосодержания ΔH , энтропии, ΔS , и эксергии, ΔE_x от начального состояния (1) к конечному состоянию (2) в общей форме:

$$\Delta H = C_p(T_2 - T_1) + H_2^R - H_1^R \tag{2}$$

$$\Delta S = C_p \ln(T_2 / T_1) - R \ln(p_2 / p_1) + S_2^R - S_1^R \tag{3}$$

$$\Delta E_{x(1 \rightarrow 2)} = \Delta H - T_e(\Delta S) \tag{4}$$

где $H^R / (RT) = -T \int_0^p (\partial Z / \partial T)_p dp / p$ (5)

$$S^R / R = -T \int_0^p (\partial Z / \partial T)_p dp / p - \int_0^p (Z - 1) dp / p \tag{6}$$

Поэтому, ΔH и ΔS являются расчетными от соответствующих идеально-газовых и остаточных свойств единым дополнением. H^R и S^R определяются по уравнениям (5) и (6). Фактор сжимаемости (Z) рассчитывается по выражению:

$$Z = pV / RT.$$

Значения Z , (dZ/dT) и P расчетные и определяют непосредственно по экспериментальным данным p , V , T .

Умножив эксергию E_x на расход потока q_n получим энергетическую пригодность потока P_x :

$$P_x = q_n E_x \tag{7}$$

Умножив разницу теплосодержаний ΔH на расход потока q_n , получим:

$$\Delta I = q_n \Delta H \tag{8}$$

Энергетические значения пригодности входного потока и потоков компрессора выхода могут быть рассчитаны следующим набором уравнений (9) – (12):

$$P_{x1} = q_n [C_p(T_e - T_1) - T_e \Delta S_{1 \rightarrow e}] \tag{9}$$

$$P_{x2} = -q_n [C_p(T_e - T_2) - T_e \Delta S_{2 \rightarrow e}] \tag{10}$$

$$\Delta S_{1 \rightarrow e} = C_p \ln(T_e / T_1) - R \ln(p_e / p_1) \tag{11}$$

$$\Delta S_{2 \rightarrow e} = C_p \ln(T_e / T_2) - R \ln(p_e / p_2) \tag{12}$$

При использовании уравнений (1) – (12), могут быть вычислены все свойства (ΔH , ΔS , ΔE_x и ΔP_x) расширителя или компрессора. Затем в пинч - диаграмме строятся энергетические уровни пригодности потоков газа. Для контура сети, содержащего несколько компрессоров/расширителей, строится сложная составляющая кривая структурной схемы и определяется положение пинч - точки, делящей нашу газотранспортную сеть на две подсистемы.

4. Расчет по модели

Рассмотрим пинч - метод совместно с эксергетическим анализом. Термодинамический анализ пригодности расширителя и компрессора был осуществлен и представленный на рис. 1.



Рисунок 1. Термодинамический анализ

В нашем случае размещения компрессора и расширителя представленные на рис.2 в виде расширенной

большой сложной кривой (UCCs) [2]. Поток компрессора имеет высший температурный уровень, чем поток расширителя, но течет от расширителя до компрессора. 40.7 кВт нормы потока теплосодержания обменный между расширителем и потоками компрессора.

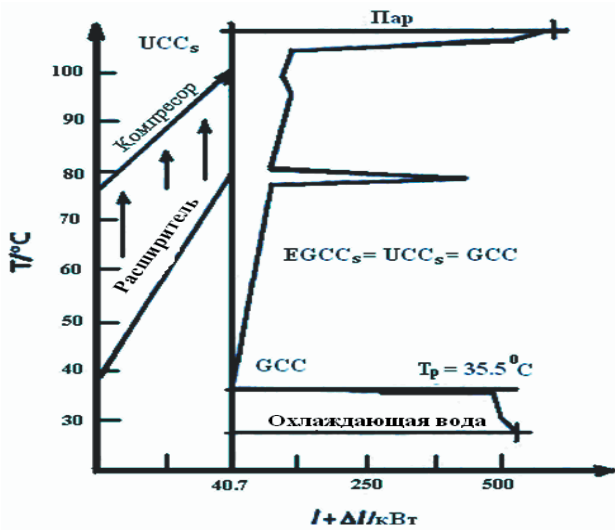


Рисунок 2. Расширенная большая сложная кривая

Новый подход с энергетической пригодностью (Px), что является свойством температуры (T) на T/Px диаграмме, показанной на рис.3.

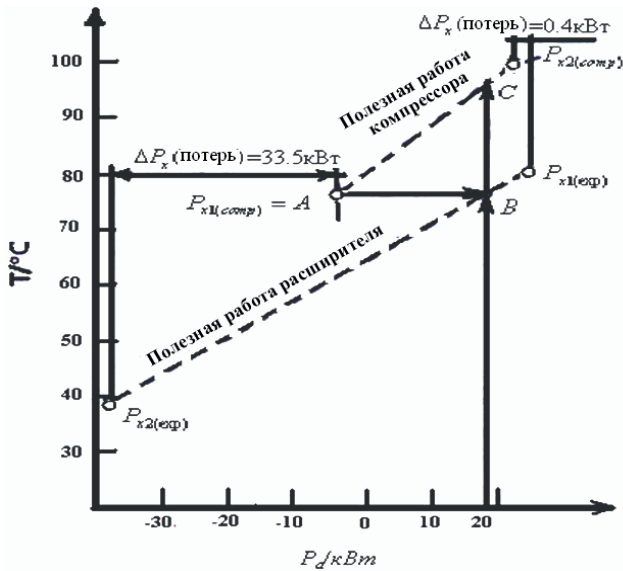


Рисунок 3. T/Px диаграмма

Энергетические потери пригодности на обеих сторонах кривых возникают через передачу энергии между

единицами процесса. На рис.3 показано, что расширитель имеет высший эксергетический уровень [круг Px1(эфр)] по сравнению с компрессором [круг Px2(потерь) или Px1(потерь)]. Такой анализ предоставляет нам более реалистичное представление потока энергии между единицами процесса, где ролью давления нельзя пренебрегать. Расширитель при такой же температуре (точка B на рис.3) имеет на 60% выше энергетической пригодности, чем компрессор. Расширитель имеет такую же энергетическую пригодность 18 кВт при 75°C как компрессор при 94°C (точка C). Иначе говоря, начальное состояние расширителя (Px1 = 22.8квт) при 80.7°C имеет высший уровень энергетической пригодности, чем конечный поток компрессора при 100.7°C (Px2 = 22.4квт). В нашем случае расширитель имеет высший энергетический уровень пригодности, чем компрессор и оба давлений также как и температурные изменения важные.

Выводы

Итак, с помощью уравнений (1) – (12) могут быть рассчитаны все свойства расширителя и компрессора. Потом на пинч- диаграмме строятся энергетические уровни пригодности потоков газа. Для контура сети, который состоит из нескольких компрессоров и расширителей, строится расширенная большая сложная кривая и находится пинч - точка, которая делит нашу газотранспортную сеть на две подсистемы. Для каждой из подсистем и определяются оптимальные параметры их функционирования.

Таким образом, комбинация обычного Pinch-анализа и новый энергетический анализ пригодности потока позволяют анализировать сложные газотранспортные сети, когда давление и температура важны для эффективного понимания процессов.

Данную методику предполагается использовать при анализе и проектировании газовых сетей в Исламской республике Иран.

Литература

1. Linnhoff , В. Pinch analysis for network desig [Текст] / В. Linnhoff , R.Smit. 1994. – р. 1.7.2-1 -1.7.3-10.
2. Основы интеграции тепловых процессов [Текст] / Р.Смит, Й.Клемеш, Л.Л.Товажнянский, П.А.Капустяно, Л.М. Ульв. – Харьков, НТУ “ХПИ”, 2000. – 456 с.
3. Використання методу пінч-аналізу і модульної декомпозиції для синтезу теплообмінних систем [Текст] / Г.О. Статюха, Я. Жезовський, Ю.О. Безносик, А. Жезовська, Л.М. Бугаева // Наукові вісті НУТУ „КПІ”. – 2002. - № 3. – С.24 – 31.
4. Безносик, Ю. Синтез реактивних масообмінних мереж [Текст] / Ю. Безносик, Л. Бугаева, Г. Статюха // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – № 6. – 2005.– С. 30 – 35.