

СИНТЕЗ СИСТЕМ ТРАНСПОРТА ГАЗА

Статюха Г.А., Безносик Ю.А., Риахи Р., Плашихин С.В.

Национальный технический университет Украины «КПИ», yu_beznosyk@ukr.net

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 докладе представлены результаты использования для синтеза газотранспортных сетей комбинацию Pinch-метода совместно с эксергетическим анализом. Такой анализ позволяет более детальное и углубленное понимание эксергетического качества, количества и направленности потока газа на Pinch-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 энергией. Pinch-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 Pinch-диаграмме.

Давление – важный параметр процесса транспорта газа. Об активных для давления единицах процесса подобно компрессорам или расширителям было объяснено на Pinch-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.

Уравнение (1) для анализа эксергии потока газа:

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

Эксергия E_x всегда измеряется относительно параметрам окружающей среды. В компрессоре, работа поставляется 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:

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

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

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

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

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

Поэтому, ΔH и ΔS являются расчетными от соответственных 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 определяются непосредственно по экспериментальным данным p , V , T .

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

$$P_x = q_n E_x \quad (7)$$

Умножив разницу теплосодержаний ΔH на расход потока q_n , получим:

$$\Delta I = q_n \Delta H \quad (8)$$

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

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

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

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

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

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