

АНАЛИЗ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Буслов И. В., студент; Качковский А. Д., студент; Пятышкин Г. Г., доц., к.т.н.
(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

На сегодняшний день проблемы транспортировки по трубопроводам, будь то сырье, топливо или теплоноситель, требуют значительных финансовых затрат. А если стоит необходимость снабжения одним источником нескольких потребителей, то на первый план выходят конструкция трубопроводной сети и ее эффективность. На современном этапе к сетям предъявляют все больше требований: минимальная протяженность, бесперебойность подачи ресурса потребителю в аварийном режиме, простое устранение аварийной ситуации без остановки работы сети, автоматическое распределение потоков в сети. Решение всех этих требований в большинстве случаев зависит от конструкции трубопроводной сети.

В данной работе был произведен анализ гидравлического расчета тупиковой разветвленной и кольцевой сетей. Имея одинаковые параметры потребителей и их расположение на примере теплоносителя (вода), были получены данные о параметрах источника теплоносителя, а также надежность данных сетей в аварийном режиме. Также была определена возможность автоматизации сетей данной конструкции и легкость реализации данной возможности.

Рассмотрим первой тупиковую разветвленную сеть (рисунок 1).

Начальными данными являются длины трубопроводов l , диаметр трубопровода (d) рельеф местности (разность высот h), давление необходимое потребителю (P), а также расход необходимый всем потребителям (Q).

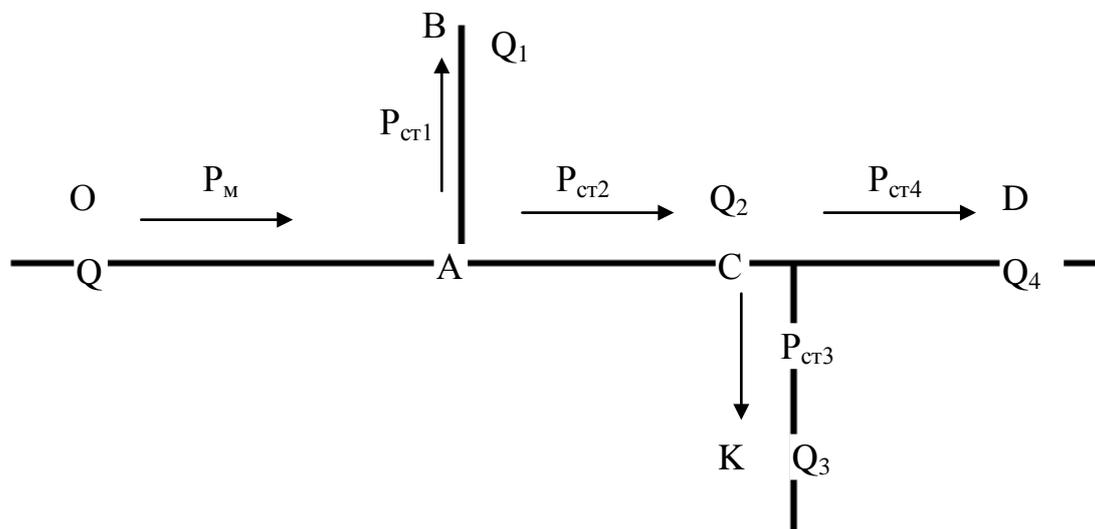


Рисунок 1 – Схема тупиковой разветвленной сети

Так как общий расход в основном трубопроводе будет равен сумме расходов у каждого потребителя, то получим:

$$Q = Q_1 + Q_3 + Q_4 \quad (1)$$

Записав уравнение Бернулли для точки разветвления трубопроводов и конечного сечения, например, первого трубопровода (пренебрегая разностью скоростных напоров), получим:

$$P_M = h_1 \cdot \rho \cdot g + P_{ст1} + \sum \Delta P_{пот}, \quad (2)$$

где $\sum P_{пот}$ – потери давления на трение и местные сопротивления

Обозначив сумму первых двух членов через $P_{ст}$ и выражая третий член через расход, получим:

$$\begin{aligned} P_{ст2} &= P_{ст3} + K \cdot Q_3^m \\ P_{ст2} &= P_{ст4} + K \cdot Q_4^m \\ Q_2 &= Q_3 + Q_4 \end{aligned} \quad (3)$$

K и m – определяются в зависимости от режима течения (числа Рейнольдса Re).

Например, при турбулентном режиме:

$$K = \left(\sum K_{мс} + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{8 \cdot \rho}{\pi^2 \cdot d^4}, \quad m=2, \quad (4)$$

где $K_{мс}$ – коэффициент местных сопротивлений, λ – коэффициент трения.

Таким образом, получаем систему четырех уравнений с тремя неизвестными: Q_3 , Q_4 и $P_{ст2}$. Такая система решается при помощи итерационного метода. После определения $P_{ст1}$ и $P_{ст2}$ аналогичным способом, определяется начальное давление P_M :

$$\begin{aligned} P_M &= P_{ст1} + K \cdot Q_1^m \\ P_M &= P_{ст2} + K \cdot Q_2^m \\ Q &= Q_1 + Q_2. \end{aligned} \quad (5)$$

Так как в данном методе необходимо знать конечное давление у потребителей, то расчет ведется от конца к началу. Определяя начальное давление необходимое для такой сети и определенного расхода.

Полученные данные расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты гидравлического расчета.

	О - А	А - В	А - С	С - К	С - D
$l, \text{ м}$	250	150	180	150	200
$h, \text{ м}$	-5	7	0	-2	3
$d, \text{ м}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
$q, \text{ м}^3/\text{с}$	0,3	0,044	0,256	0,207	0,049
$w, \text{ м/с}$	4,24	0,62	3,62	2,64	0,69
$\Delta P, \text{ Па}$	25117	70878	39346	1563	31531
$P_{ст}, \text{ Па}$		10000		40000	10000
$P_{нач}, \text{ Па}$	106007				

Теперь рассмотрим тупиковую кольцевую сеть (Рисунок 2)

Начальные данные те же что и в первой схеме но теперь источник и потребители соединены кольцевой сетью, схема примет вид.

Согласно схеме (рисунок 2)

$$Q = Q_5 + Q_6 + Q_7 \quad (6)$$

Величины Q , Q_5 , Q_6 , Q_7 заданы и они являются постоянными. Алгебраическая сумма потерь напора для любого замкнутого контура равна нулю.

$$\sum KQ^2 = 0 \quad (7)$$

Потом задаются расходами Q_1, Q_2, Q_3, Q_4

Далее определяют величину невязки потерь давления в кольце уравнением:

$$\Delta P = \sum KQ^2 = K_1 \cdot Q_1^2 + K_2 \cdot Q_2^2 + K_3 \cdot Q_3^2 + K_4 \cdot Q_4^2 \quad (8)$$

Если ΔP имеет знак +, то это означает, что перегружены участки в которых потери потоков направлены по часовой стрелке. Далее определяют ΔV

$$\Delta V = \Delta P / (2 \cdot \Delta KQ) \quad (9)$$

После определения величины невязки уточняют потери напоров. Потом определяют величину невязки для новых расходом и так пока ΔP не станет минимальной.

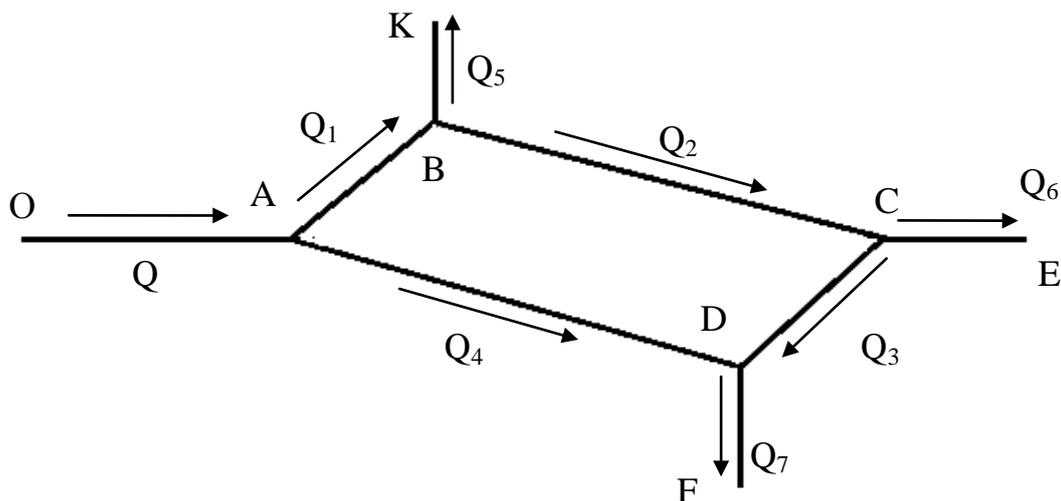


Рисунок 2 – Схема тупиковой кольцевой сети

Полученные данные расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты гидравлического расчета

	О - А	А - В	А - D	В - К	В - С	D - C	D - F	С - E
$l, \text{ м}$	150	125	289	75	289	125	75	100
$h, \text{ м}$	-5	0	0	7	0	0	-2	3
$d, \text{ м}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
$q, \text{ м}^3/\text{с}$	0,3	0,1549	0,1449	0,044	0,1108	0,062	0,207	0,049
$w, \text{ м/с}$	4,24	2,19	2,05	0,62	1,57	0,88	2,93	0,69
$\Delta P, \text{ Па}$	- 49877	10016	20261	70394	11834	1602	- 9254	32275
$P_{\text{ст}}, \text{ Па}$				10000			40000	10000
$P_{\text{нач}}, \text{ Па}$	147270							

При расчете сетей получены данные которые говорят о том, что кольцевые сети являются наиболее надежными для эксплуатации важного сырья потребителям. Кольцевая сеть обладает простотой в автоматизации потоков и распределении их потребителям. Также кольцевая сеть легко устраняет аварийный режим, так при разрыве любого участка кольца, сеть все равно будет снабжать всех потребителей тем же количеством ресурса. В разветвленной сети этого нет, при разрыве к примеру участка AC без источника останутся сразу два потребителя. Но есть отрицательная сторона, при одинаковых параметрах из-за большей протяженности гидравлическое сопротивление кольцевой сети на треть больше чем разветвленной, что требует большей мощности насосов у источника, а так же большие затраты на ее

строительство. Но для простого обеспечения автоматического регулирования расходов у потребителей можно рекомендовать применение кольцевой сети.

Перечень ссылок

1. Николай Прядко Теплові мережі: [техническая и специальная литература, энергетика и электротехника, студентам ВУЗов.] / Алерта 2005. – 227с.