

## Технічна інформація

- Фіксовані та ковзаючі опори
- Термічне розширення різних видів труб

Подовження та скорочення труб відбувається внаслідок зміни температури робочого середовища. Труба закріплюється за допомогою жорсткої опори в нейтральній точці, після чого вона може розширюватися або скорочуватися в обох напрямках від опори. Між жорсткими опорами встановлюються ковзні опори, що дозволяє трубі розширюватися чи скорочуватися.

Для вибору типу жорсткої опори необхідно знати наступне:

- з якого матеріалу зроблена труба;
- діаметр труби та товщина стінки;
- додаткові умови, особливо  $t$  монтажу та  $t$  робоча;
- тиск в трубі.

Розширення можна компенсувати двома способами:

- за допомогою природнього компенсатора;
- за допомогою сильфонного компенсатора.

При використанні сильфонного компенсатора необхідно також брати до уваги тиск в трубі. Тому перевага віддається компенсуванню розширення природнім чином. Жорстка опора в такому випадку необхідна лише для спрямування розширення в сторону природнього компенсатора чи сильфонного компенсатора.

Кріплення, які встановлені між жорсткою опорою та природнім компенсатором, необхідні лише для закріплення трубопровода. Важливо, щоб в них також виникала сила тертя, якій буде протидіяти жорстка опора.

При використанні природнього компенсатора більше значення мають відстань від компенсатора до найближчого кріплення труби. Чим менша ця відстань, тим більша сила необхідна для згинання компенсатора і передачі розширення в іншу частину труби. Даній силі протидіє жорстка опора.

Сила  $F_f$ , яка виникає на жорсткій опорі при використанні компенсатора.

1. Сила тертя, яка викликана ковзними опорами  $F_w$ .
2. Сила тертя, яка виникає при згинанні природнього компенсатора  $F_b$ .

$$F_f = F_w + F_b$$

для визначення сили згинання  $F_b$  необхідно знати довжину компенсатора. Його довжина залежить від зміни довжини труби. Зміна довжини труби  $\Delta L$  залежить від довжини  $L$  між жорсткою опорою та компенсатором, коефіцієнту розширення  $\alpha$  матеріала труби і різниці температур  $\Delta T$ .

$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta T$$

Довжина компенсатора  $L_b$  залежить від розширення  $\Delta L$ , зовнішнього діаметра труби  $D_b$  і властивостей матеріалу труби  $K$ .  $K$  залежить від модуля еластичності матеріала труби  $E$  і максимально допустимого напруження матеріала  $\sigma$ .

$$K = \sqrt{(1.5 \times E) / \sigma} \quad L_b = K \sqrt{(D_b \times \Delta L)}$$

Сила згинання компенсатора  $F_b$  залежить від моменту інерції матеріала труби  $I$ , довжини компенсатора  $L_b$  і зовнішнього діаметра труби  $D_b$

$$F_b = \frac{\sigma \times \pi (D_b^4 - D_i^4)}{32 \times D_b \times L_b}$$

Сила тертя  $F_w$  залежить від коефіцієнта тертя  $\mu$  ковзної опори і сили тяжіння  $F_p$ , що діє на ковзні опори. Сила тяжіння дорівнює вазі труби з її вмістом  $F_p$ .

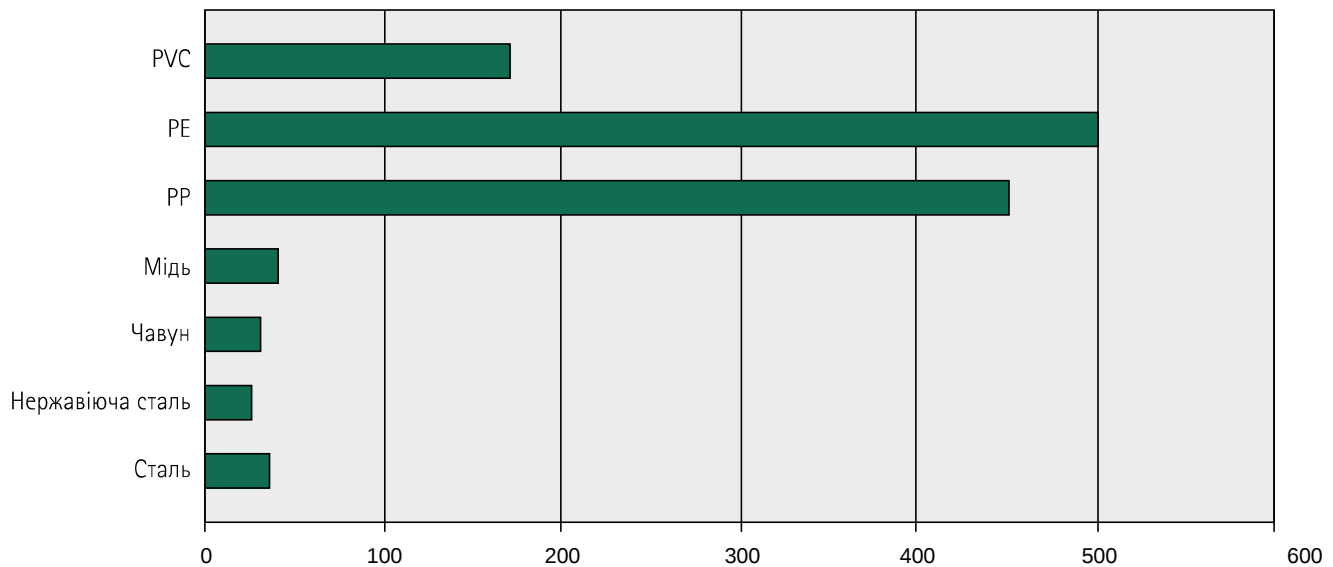
$$F_w = F_p \times \mu$$

## Основні показники

|       |                                     |                   |
|-------|-------------------------------------|-------------------|
| $F_f$ | Сила, що діє на жорстку опору       | Н                 |
| $F_w$ | Сила тертя                          | Н                 |
| $F_p$ | Вага труби                          | Н                 |
| $F_b$ | Сила згинання компенсатора          | Н                 |
| $D_b$ | Зовнішній діаметр труби             | мм                |
| $D_i$ | Внутрішній діаметр труби            | мм                |
| $I$   | Момент інерції матеріала труби      | мм <sup>4</sup>   |
| $E$   | Модуль еластичності матеріала труби | Н/мм <sup>2</sup> |

|            |                                                 |                   |
|------------|-------------------------------------------------|-------------------|
| $K$        | Константа матеріала                             |                   |
| $L_b$      | Довжина компенсатора                            | мм                |
| $\Delta L$ | Зміна довжини труби                             | мм                |
| $\Delta T$ | Різниця між макс. і мін. температурою           | °C                |
| $\alpha$   | Коефіцієнт лінійного розширення матеріала труби | мм/м°C            |
| $\mu$      | Коефіцієнт тертя ковзної опори                  |                   |
| $\sigma$   | Макс. допустиме напруження труби                | Н/мм <sup>2</sup> |
| $\pi$      | Математична                                     |                   |

## Термічне подовження труб



Довжина труби: 50 метрів

Різниця температури: +50 °C

## Розрахунок:

$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta T$$

 $\Delta L$  = зміна довжини, мм

L = довжина труби, м

 $\alpha$  = коефіцієнт лінійного подовження $\Delta T$  = різниця температур, T-max - T-min.

## Приклад 1:

Матеріал труби: сталь

Довжина труби: 20 м

T-max = +60 °C

T-min = +20 °C

Температура при установці: +20 °C

 $\Delta T = +60\text{ °C} - +20\text{ °C} = 40\text{ °C}$  (різниця між максимальною і мінімальною температурою) $\Delta L = 20 \times 0.012 \times 40 = 9,6\text{ мм}$  (подовження [мм] =  $20 \times 40 \times \alpha = 9,6\text{ мм}$ )

| Матеріал             | Коефіцієнт $\alpha$ (мм/м °C)* |
|----------------------|--------------------------------|
| PVC                  | 0,0700                         |
| PE                   | 0,2000                         |
| PP                   | 0,1800                         |
| Мідь                 | 0,0170                         |
| Чавун                | 0,0115                         |
| Нержавіюча сталь     | 0,0100                         |
| Сталь                | 0,0120                         |
| * приблизне значення |                                |

**Увага:** якщо температура при установці відрізняється від T-min (наприклад, в холодильних установках), виникає усадка труби.

## Приклад 2:

Матеріал труби: нержавіюча сталь

Довжина труби: 50 м

T-min = -30 °C

T-max = +30 °C

Температура при установці: +20 °C

 $\Delta T_{\text{тепло}} = +30\text{ °C} - +20\text{ °C} = 10\text{ °C}$  $\Delta T_{\text{холод}} = +20\text{ °C} - -30\text{ °C} = 50\text{ °C}$  $\Delta T_{\text{всього}} = \Delta T_{\text{тепло}} + \Delta T_{\text{холод}} = 10\text{ °C} + 50\text{ °C} = 60\text{ °C}$  $\Delta L_{\text{тепло}} = 50 \times 0.01 \times 10 = 5\text{ мм}$  подовження $\Delta L_{\text{холод}} = 50 \times 0.01 \times 50 = 25\text{ мм}$  скорочення