

Aksiālais pagarinājums	6.1.
Pieļaujамais taisnā posma garums	6.2.
Iepriekšējā termiskā nospriegošana	6.3.

Aksiālais pagarinājums

6.1.

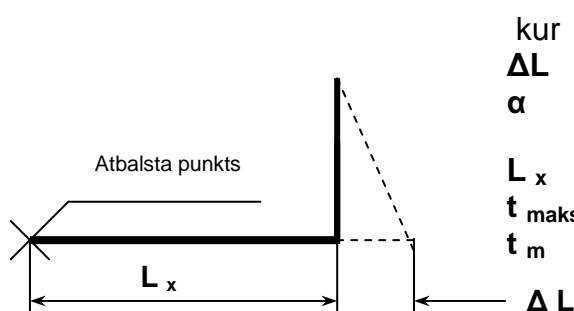
Kā zināms, izmainoties temperatūrai, visas vielas maina savu tilpumu. Mūsu gadījumā nozīme ir tikai aksiālajam pagarinājumam, kurš rodas temperatūras izmaiņas rezultātā.

Novērtēsim radušos spriegumus no drošības viedokļa, lai netiktu pārsniegtas spriegumu maksimālās pieļaujamās vērtības visos izolētās caurules elementos un lai varētu optimāli kompensēt cauruļvadu garuma izmaiņas.

Par “cauruļvada brīvo pagarinājumu” sauc temperatūras palielināšanās izsaukto garuma izmaiņu, ja to neierobežo jebkādi ārēji pretestības vai berzes spēki.

Brīvi novietota cauruļvada garuma izmaiņu, kuru izsauc temperatūras paaugstināšanās un ja netiek ievērota berze uz smilšu spilvena, izsaka formula:

$$\Delta L = \alpha \cdot L_x \cdot \Delta t = \alpha \cdot L_x \cdot (t_{maks} - t_m) \text{ [mm]},$$



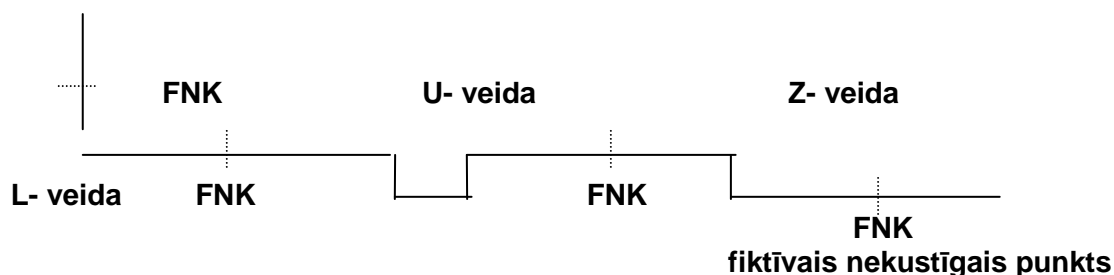
- kur
- ΔL - cauruļvada pagarinājums, mm;
 - α - lineārās izplešanās koeficients, tēraudam $\alpha = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$;
 - L_x - caurules garums, m;
 - t_{maks} - siltumnesēja maksimālā temperatūra, °K;
 - t_m - montāžas temperatūra, °K.

Piemērs:

$$L_x = 100 \text{ m} \quad t_{maks} = 120 \text{ }^\circ\text{C} \quad t_m = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta L = 1.2 \cdot 10^{-5} \cdot 100 \cdot (120 - 10) = 0.132 \text{ m} = 132 \text{ mm}$$

Cauruļvadu pagarinājumu kompensācijai izmanto trases dabīgos līkumus (L-, U- vai Z- veida) vai kompensatorus.



Ja cauruļvads ir apbērts ar grunti, tad, pretstatā “brīvajam pagarinājumam”, palielinoties temperatūrai, cauruļvada pagarinājumu stipri ierobežo berzes spēki F_b starp apvalkcauruli un gruntu, kuri rodas aksiālā pagarinājuma rezultātā. Berzes spēks atkarīgs no berzes koeficienta un normālo spēku F_n summas, kuri darbojas uz izolēto cauruli.

Par normālspēkiem (normāli vērstiem) sauc spēkus, kuri darbojas perpendikulāri caurules asij – grunts un virszemes slodzes spiediena spēks, cauruļvada svars ar tajā atrodošos ūdeni.

$$F_b = \mu \cdot \Sigma F_n \quad [N/m],$$

kur

- F_b – berzes spēks, N/m;
- μ – berzes koeficients, $\mu = 0.4$;
- ΣF_n – normālspēku summa, N/m.

Šajā formulā normālspēks F_n un berzes spēks F_b attiecināti uz caurules garuma 1 metru. Berzes spēks tiek pārnesti caur apvalkcauruli un poliuretāna putu izolāciju uz tērauda darba cauruli. Summārais berzes spēks, kurš darbojas uz izolētās caurules posmu ir proporcionāls šī posma garumam.

Darba caurules termiskās izplešanās spēks $F_{izpl.}$ visā taisnā posma garumā L_x ir pastāvīgs lielums. Tam pretī darbojas berzes spēki F_b , samazinot reālo pagarinājumu.

Posmā, kur uz cauruli darbošos berzes spēku summa ΣF_b ir mazāka par izplešanās spēku $F_{izpl.}$ ($\Sigma F_b < F_{izpl.}$), notiek caurules pagarināšanās, un to sauc par berzes saskares posmu.

Ja berzes spēku summa ΣF_b ir lielāka par izplešanās spēku $F_{izpl.}$ ($\Sigma F_b > F_{izpl.}$), tad caurule šajā posmā nepagarinās, un to sauc par noslogoto posmu.

Izplešanās spēku var noteikt pēc formulas:

$$F_{izpl.} = A \cdot \sigma \quad [N],$$

kur

$F_{izpl.}$ - izplešanās spēks, N;

A - tērauda caurules šķērsgriezuma laukums, mm^2 ;

σ - caurules stiepes vai spiedies spriegums, N/mm^2 .

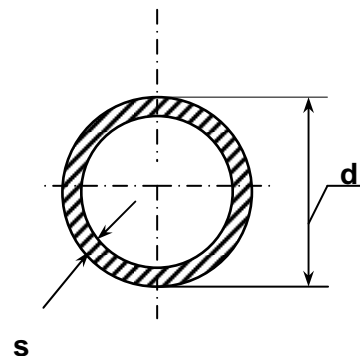
Caurules šķērsgriezuma laukumu aprēķina pēc formulas:

$$A = (d - s) \cdot \pi \cdot s \quad [mm^2],$$

kur

d – tērauda caurules ārējais diametrs, mm;

s – tērauda caurules sienas biezums, mm



Summārais berzes spēks ΣF_b :

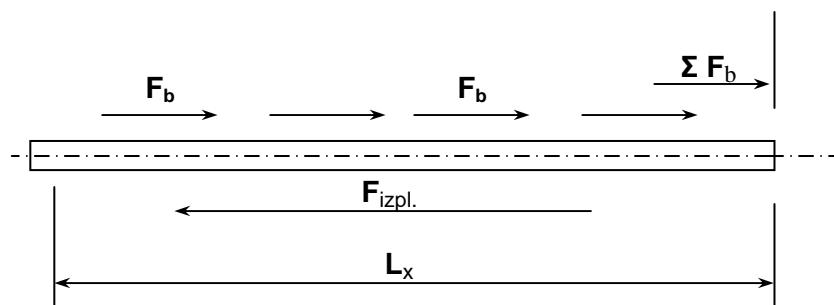
$$\Sigma F_b = F_b \cdot L_x \quad [\text{N}],$$

kur

ΣF_b – summārais berzes spēks, N;

F_b – berzes spēks uz 1 tekošo metru, N/m;

L_x – caurules garums, m.



Summārais berzes spēks ΣF_b rada tērauda caurulē aksiālo spriegumu:

$$\sigma_a = \frac{\Sigma F_b}{A} \quad [\text{N/mm}^2],$$

kur

σ_a – aksiālais spriegums, N/mm²;

ΣF_b – summārais berzes spēks, N;

A – tērauda caurules šķērsriezuma laukums, mm².

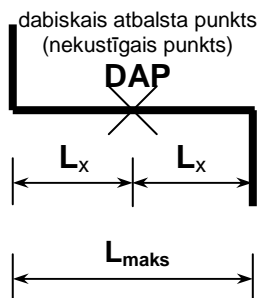
Pieļaujamais taisnā posma garums

6.2.

Ierobežojot aksiālo spriegumu σ ar maksimāli pieļaujamo aksiālo spriegumu $[\sigma]$, varam iegūt garumu L_x , pie kura berzes spēki ir līdzsvarā ar izplešanās spēku $F_{izpl.}$.

$$\Sigma F_b = F_{izpl.}$$

$$F_b \cdot L_x = A \cdot [\sigma]$$



No kurienes iegūstam:

$$L_x = \frac{F_{izpl.}}{F_b} = \frac{A \cdot [\sigma]}{F_b}$$

$$L_{maks.} = 2 \cdot L_x \text{ [m].}$$

Pieļaujāmā taisnā posma garumu iespaido šādi faktori:

- tērauda caurules ārējais diametrs d ;
- apvalkcaurules ārējais diametrs D ;
- cauruļu ieguldīšanas dziļums H ;
- maksimāli pieļaujamais aksiālais spriegums $[\sigma]$.

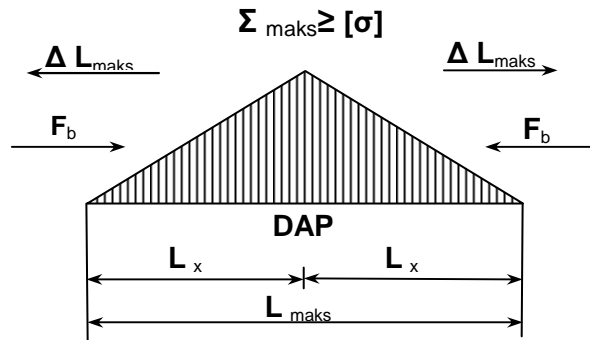
Pieļaujamais taisnā posma garums

6.2.

Tā kā īpatnējais berzes spēks ir vērsts pretēji aksiālās izplešanās virzienam, tad vienmērīgi summējoties no caurules galiem, tas caurules vidusposmā sasniedz maksimālo vērtību un līdzsvarojas.

Šo nekustīgo punktu sauc par dabisko atbalsta punktu (DAP), no kura cauruļvads vienmērīgi pagarinās abos virzienos par garumu ΔL .

Rezultātā DAP punktā nostabilizējas maksimālais aksiālais spriegums $\sigma_{maks.}$, kurš turpmāk jāierobežo līdz pieļaujamajam spriegumam $[\sigma]$, un kura lielums lineāri samazinās virzienā uz caurules galiem.



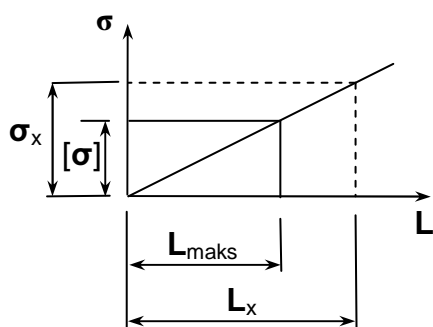
Pārsniedzot maksimālo taisnā posma garumu $L_{maks.}$, aksiālie spriegumi arī proporcionāli palielinās līdz vērtībām, kuras pārsniedz maksimāli pieļaujamās $[\sigma]$. Lai izvairītos no aksiālo spriegumu pārsniegšanas, gadījumos, kad taisnā posma garums ir pat lielāks par pieļaujamo $L_{maks.}$, pielieto iepriekšējās nospriegošanas metodi atklātā (neaizbērtā) tranšēja. Saskaņā ar Huka likumu pagarinājums ir proporcionāls spriegumam:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad [N/mm^2]$$

kur

E – elastības modulis, N/mm^2 ;

ε – relatīvā deformācija.



Izolēto cauruļvadu sistēmai pagarinājumu panāk, sakarsējot tērauda cauruli par Δt grādiem.

Iegūstam sakarības:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta t$$

Ja caurules posms ir iespīlēts un sakarsējot nepagarinās, tad tā relatīvā saspiešana:

$$\varepsilon = \Delta L / L = (\alpha \cdot L \cdot \Delta t) / L = \alpha \cdot \Delta t$$

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta t \quad [N/mm^2]$$

kur

E – elastības modulis, N/mm^2 ;

α – tērauda lineārās izplešanās koeficients, K^{-1} ;

Δt – temperatūras starpība, $^{\circ}C$.

Ka redzams, spiedes spriegums, kurš rodas iespīlētā taisns posmā cauruļvada posmā nav atkarīgs :

- no caurules diametra un garuma,
- bet ir atkarīgs tikai
- no materiāla (elastības moduļa un lineāra izplešanās koeficienta) un temperatūras starpības.

PIEMĒRS:

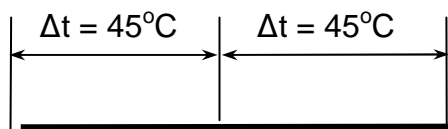
Maksimālā siltumtrases darba temperatūra $t_{maks} = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Montāžas temperatūra $t_m = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Taisnā posma garums lielāks par L_{maks} .

Tērauda caurulēm **St 37.0** kā nemainīgi lielumi tiek pieņemti elastības modulis **E** un termiskās izplešanās koeficients **α** :

$$E = 2.05 \cdot 10^5, \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = 1.2 \cdot 10^{-5}, \text{ K}^{-1}$$



$$t_{gr} = 5^{\circ}\text{C} \quad t_{vid} = 50^{\circ}\text{C} \quad t_{maks} = 95^{\circ}\text{C}$$

Aprēķinām aksiālo spriegumu:

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta t \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma = 2.05 \cdot 10^5 \cdot 1.2 \cdot 10^{-5} \cdot (95-5) = 2.05 \cdot 10^5 \cdot 1.2 \cdot 10^{-5} \cdot 90 = 221.4, \text{ N/mm}^2$$

Pieļaujamais maksimālais aksiālais spriegums $[\sigma] = 150 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ pārsniegts.

Ja siltumtrasi pirms aizbēršanas pakļaut iepriekšējai termiskai nospriegošanai pie temperatūras $t_{vid} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatūras starpība samazināsies divkārt un līdz ar to divas reizes samazināsies maksimālie spriegumu:

$$\Delta t = (t_{maks} - t_{gr}) / 2$$

$$\Delta t = (95 - 5) / 2 = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{vid} = (t_{maks} + t_{gr}) / 2$$

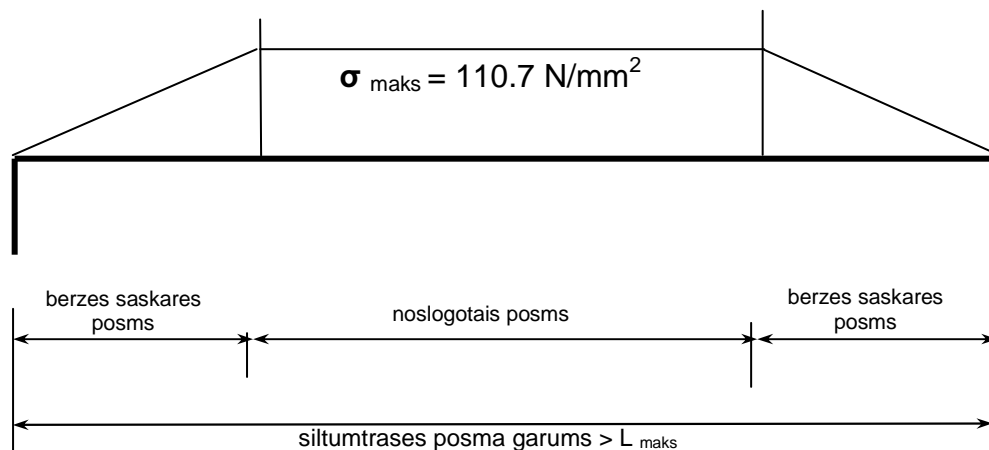
$$t_{vid} = (95 + 5) / 2 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

$$\sigma = 2.05 \cdot 10^5 \cdot 1.2 \cdot 10^{-5} \cdot 45 = 110.7 \text{ N/mm}^2.$$

Ja visu iepriekšējo piemērot praksē un cauruļvadu posmu pirms smilšu spilvenu izveidošanas un tranšejas aizbēršanas uzkarst līdz vidējai jeb iepriekšējās nospriegošanas temperatūrai $t_{vid.}$, tad iespējams ievērojami palielināt taisno siltumtrases posmu garumus. Tā kā starpībai Δt starp temperatūrām $t_{vid.}$ un $t_{maks.}$, kā arī starp $t_{vid.}$ un t_m vienmēr jābūt vienādām, tad pie $t_{maks.} = 95 \text{ }^\circ\text{C}$ maksimālais aksiālais spriegums būs 110.7 N/mm^2 .

Obligāts nosacījums pirms smilšu spilvena izveidošanas un tranšejas aizbēršanas ir trases iepriekšējā uzkarstēšana līdz noteiktajai temperatūrai.



Pamatojoties uz spēku līdzsvara nosacījumiem iepriekš nosprīgotās trases vidus posms nepagarinās, tātad šeit būs novērojams maksimālais aksiālais spriegums. Šo vidus posmu, kurā nav aksiālā pagarinājuma, sauc par noslogoto (fiksēto) posmu. Virzienā uz abiem galiem no noslogotā (fiksētā) posma aksiālais spriegums samazinās, rodas aksiālais pagarinājums un šos abus trases posmus sauc par berzes saskares posmiem.