

Specifikum projektování dlouhých výtlačných řadů při aplikaci potrubních termoplastů PE-HD

Special characteristics of long delivery lines designing in application of PEHD piping thermoplastics

Ing. Václav HÁK

Článek navazuje na obdobnou problematiku zveřejněnou ve VVI 4/2001, s. 168 „Sumarizace drobné místní ztráty při projektování plastových potrubí“. Příspěvek informuje o jedné draze zaplacené zkušenosti a vysvětluje příčiny projektového selhání na modelovém příkladu, který může sloužit jako návod k předcházení podobným situacím.

Klíčová slova: polyetyleny, svařování na tupo, vnitřní svalek, hydraulické ztráty

Recenzent

doc. Ing. Karel Ondroušek, CSc.

The article continues the similar problems published in VVI 4/2001, p. 168 “Summarisation of small local loss in designing plastic piping”. The contribution informs about one dearly paid experience and explains the causes of the design failure by means of a model example which can serve as a manual for trying to avoid similar situations.

Key words: polyethylene, butt welding, internal weld reinforcement, hydraulic losses

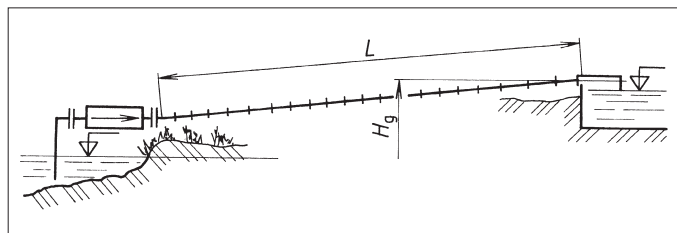
TERMOPLASTY PE-HD JAKO STANDARDNÍ POTRUBNÍ MATERIÁL

Polyetyleny PE jsou obecně nejstarší, nejznámější a nejvíce používané potrubní plasty pro stavbu potrubních rozvodů, potrubních tratí a potrubních sítí.

Používání lineárních vysokohustotních polyetylenů PE-HD při projektování a výstavbě dlouhých výtlačných potrubních řadů pro technologické přivaděče, vodárenské soustavy, hydraulickou potrubní dopravu rozplavených vedlejších energetických produktů a hydraulickou potrubní dopravu při těžbě uhlí a šterkopísků je v západní Evropě zavedeným standardem. Na základě rozboru minulých pochybení se i v ČR stává zkušenostmi ověřenou praxí.

Pro aplikaci potrubí z termoplastů PE-HD, zvláště pak III. generace PE-100 z kvalitních granulátů HOECHST, SOLVAY A BOREALIS, do náročných energetických, hydraulických a terénních podmínek provozu uvedených hydrodynamických dopravních systémů hovoří, mimo všeobecně známých technických klíse, také řada pádných procesních argumentů, z nichž alespoň pro dva rozdílné obory např. uvedme:

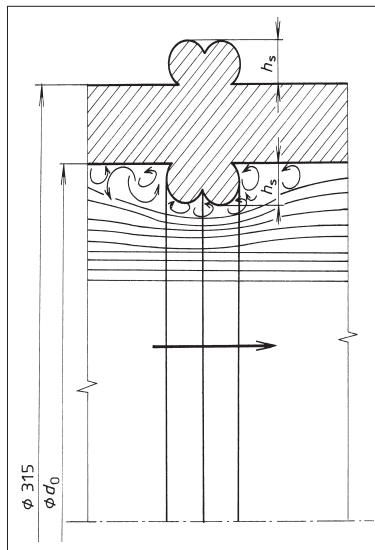
- ve vodárenství, potvrdily dlouhodobé zkoušky Výzkumného ústavu vodohospodářského v Praze na pitné vodě, že u těchto potrubních materiálů jsou nejnižší ztráty Cl_2 podél potrubní cesty, nejnižší difúze O_2 z vnějšího prostředí do vody a poloviční úsadivost biofilmů bakteriální mikroflory na stěně potrubí v porovnání s ocelí a litinou;
- v hydraulické dopravě průmyslových technologií, zvláště tam, kde se jedná o hydrosměsy, suspenze a kaly, se mimo jiné, prokázala na základě výsledkových separátů ze zkušeben předních světových výrobců průmyslových plastů 4 x větší odolnost vysokohustotních polyetylenů III. generace PE-100 proti hydraulické abrazi v porovnání s nelegovanou i vysokolegovanou ocelí.



Obr. 1 Schéma a základní geodetické kóty potrubního přivaděče: $L = 6\,000\text{ m}$, $H_g = 25\text{ m}$

STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA POTRUBNÍCH TERMOPLASTŮ PE-HD

Historie průmyslově vyráběných polyetylenů počíná rokem 1939. V tomto roce byla v Anglii zahájena výroba **nizkohustotního rozvětveného polyetylenu PE-LD** (LIGHT DENSITY) vysokotlakými technologiemi polymerace plynného etylenu, které patentoval koncern ICI. Dnes je tento druh polyetylenů (PE-LD, PE-LLD, PE-VLD) ve státech EU pro stavbu potrubí zcela zakázán a je nutné, aby i u nás z potrubářské praxe zcela vymizel.



Obr. 2 Geometrické rozměry plastového potrubí PE-HD PE-100 $\varnothing 315 \times 28,7$ v místě svařového spoje včetně schematicizovaného zaviření v místě svalku

Lineární vysokohustotní polyetylen PE-HD vyráběný od r.1953 je semikrystalický termoplast ze skupiny polyolefinů s vysokým podílem krystalické fáze (80 až 85 %), jehož prvky tvoří pouze uhlík a vodík a jeho přímé lineární molekulární řetězce jsou typu (-CH₂-CH₂)_n. Jeho vývoj není zdaleka ukončen. Dnes používaná **III. generace PE-HD s označením PE-100** (zcela nově také PE-112, Samsung 2000 a PE-120) má rozšířený interval pracovních teplot (-60 °C, +80 °C), zvýšenou odolnost proti vzniku napěťových trhlin a vykazuje zvýšenou odolnost vůči hydraulické erozi svým specifickým chováním povrchů, který se v zahraničí nazývá „polišťavý efekt“.

Základní fyzikální údaje

$\rho = 940$ až 980 kg/m^3 (hustota)
 $E = 700$ až 1400 MPa (Youngův modul pružnosti 23 °C)
 $R_e = 18$ až 35 MPa (pevnost v tahu 23 °C)
 $A_k = 26\text{ kJ/m}$ (vrubová houževnatost, Charpy 23 °C)
 $\lambda = 0,33$ až $0,36\text{ W/mK}$ (tepelná vodivost).

Pro tento potrubní plast se udávají mezní hodnoty provozního zatížení:

(-50 °C/10 bar/ 25 roků a +60 °C /6 bar/25 roků) při efektivním koeficientu bezpečnosti C = 1,25.

Pozn.: 10 bar = 1MPa, 6 bar = 0,6 MPa.

Polyetylen PE-HD III. generace PE-100 se vyrábí pro průmyslové a vodárenské použití v **tlakových třídách PN 10** (S8/SDR17) a **PN 16** (S5/SDR11) v barvě černé s odstínem RAL 9011 pod obchodním označením ELTEX TUB 121, 124, 125, CRP 100, DAPLEN HDPE, BOREALIS HE, VESTOLEN, MIRATHEN, apod. Jeho nejčastější technickou aplikací jsou vodárenské sítě, technologická potrubí pro dopravu suspenzí a hydrosměsí. Zcela suverénním způsobem se prosadil při stavbě nízkotlakých a středotlakých větví plynárenských soustav.

Velmi účinnými stabilizátory HALS se snižuje jeho oxidační degradace a zvyšuje odolnost proti ionizačnímu záření a slunečnímu záření UV. Z hlediska chemické rezistence se výborně hodí na kyselinu chlorovodíkovou, do stáčení louhů a tam, kde nelze nasadit PVC-U. Vykazuje nízkou odolnost proti halogenům a oxidačním látkám.

NÁROČNOST PROJEKTOVÁNÍ DLOUHÝCH VÝTLAČNÝCH ŘADŮ PE-HD

Hydrodopravní systémy velkých průtoků a vysokých výtlačných parametrů jsou povětšinou realizovány sériově zapojenými čerpacími agregáty s velkým příkonem zaplavanými přes podávací čerpadla, výtlačnými řadami o velké hydraulické dimenzi, které jsou projektovány na značné vodorovné vzdálenosti a převážně ukládány do země. Specifikum představují povrchově kladené potrubní tratě povrchových dolů, uložené na volném terénu, podléhající plné zátěži celoročního atmosférického cyklu výkyvů teplot, vlhkostí, degradačních účinků vzdušného kyslíku, UV radiace a provozního rizika, které nelze přehlédnout. Investoři se zadáním **hydraulické potrubní přepravy o velkém průtoku Q v řádech 10² až 10³ (m³/h) a vysokém výtlačném parametru H(m)**, žádají ve smluvním vztahu s projektovou organizací, vzhledem k desetimilionovým cenám strojního zařízení, záruky na bezchybné řešení a do důsledku zpracovanou **prováděcí dokumentaci Detail Design D. D.**, jako nutnou podmínku úspěšné realizace nízkocvkový svého investičního záměru.

RIZIKOVÉ FAKTORY PROJEKTOVÁNÍ POTRUBNÍCH TERMOPLASTŮ PE-HD

Ukázalo se, že lukrativní projektové úkoly této odbornosti implicitně obsahují řadu rizikových faktorů projektového, montážního a také provozního charakteru, které nutno respektovat, trpělivě promyšlet a řešit kvalifikovaným způsobem v průběhu celé etapy technické přípravy.

Pokus o jejich encyklopedický výčet, který pravděpodobně uvítá každý projektant vynivá:

1. Rizika projektové fáze

- nepřesné a vágní definice provozních stavů potrubních tratí před vstupem do hydraulických výpočtů;
- fyzikální odlišnosti proudících látek, rozdílnosti v chování newtonských a nenewtonských kapalin v dlouhých trubních kanálech;
- Reynoldské analýzy proudění podél celého výtlačného řadu jako výchozího výpočtu hydraulických ztrát;
- volba vztahů pro výpočet třecích ztrát podle charakteru proudění;
- vyhodnocování místních ztrát zvláště pak drobných místních ztrát v místech montážních a svarových spojů s ohledem na zvolené technologie spojování a svařování;

- nestacionární provozní stavy, hydrodynamický ráz, analýzy průběhu tlakových pulsací jako funkce délkové souřadnice a času $p = p(x, t)$;
- superpozice špiček napjatosti s hodnotami stacionárního pnutí trubního prstence při ustáleném provozním stavu;
- velmi nepříznivé nízkocyklové namáhání potrubního plastu při doznívání tlakových pulsací, stanovení meze únavy pro tyto stavy a navazující výpočtové kontroly;
- chybějící metodika pro tyto výpočty potrubních termoplastů jdoucích paralelně vedle EN ČSN 13 0021-4 pro ocelová potrubí;
- hodnoty vstupních konstant pro pevnostní výpočty termoplastů PE-HD bez výsledků mechanických zkoušek na zkušebních svarech po pracovních zkouškách svářečů;
- kontrola odolnosti potrubního tělesa proti implozi;
- limitní hodnoty povolených deformací ve směru hlavních napětí jako hlavní kritérium pevnostních výpočtů;
- nedůsledné, nebo také chybějící, zapracování důležitých projektových závěrů a projektových omezení do provozních návodů;
- podceňované ověřování zdali navrhované aplikace podléhají stavebnímu (potažmo vodoprávnímu) řízení, nebo územnímu řízení.

2. Rizika montážní fáze

- provedení výkopů, rozměrů profilu rýhy a úprava dna rýhy;
- provedení podsypů a příprava potrubního lože;
- kontrola úplnosti a kvality dodávek trubního materiálu podle projektové specifikace;
- skladování trub na staveništi, kontrola jejich geometrie a ovality před svařováním;
- výběr technologie svařování, technologické postupy svařování, pracovní zkoušky svářečů;
- kvalifikace svářečů a technologa svařování, jejich zkušenosti a erudice;
- působení atmosférických podmínek na proces svařování;
- kontrola, evidence a protokoly svarových spojů;
- ukládání svařených sekcí do výkopů, provádění závěrných svarů;
- tlakové zkoušky dle ČSN 75 591 1 a úroveň vypracovaných protokolů tlakových zkoušek;
- obsypy, uložení vodičů a vyhledávacích folií, zásypy;
- technologie zhutňování zásypů a povrchu a následné rekultivace;
- působnost technického dozoru při montáži a přejímka hotových úseků;
- zkoušky čerpání, funkční zkoušky a náběh do zkušebního provozu.

3. Rizika provozního charakteru

- provedení všech zákonných revizních kontrol včetně předaných revizních protokolů;
- spouštění čerpadel a uvádění potrubních tratí do provozu;
- zastavování čerpadel a odstavování potrubních tratí;
- funkce, kontrola, regulace a jištění speciálního potrubního vybavení (elektro otopné kabely, ochrana proti chodu na sucho, katodové ochrany apod.);
- výpadek elektrického proudu;
- funkce „total-stop“ pro havarijní stavy;
- přechody z ručního režimu na automatizovaný a opačně;
- kontrola signalizace provozních stavů (frekvenční analyzátoři potrubního režimu včetně zobrazování veličin);
- výpadek elektrického proudu;
- obsah a sled výkonů denní údržby a cyklů periodické údržby potrubního systému;
- sledování provozních hodin a dodržování časově omezené životnosti potrubního termoplastu s navazující výměnou materiálů jednotlivých trubních sekcí;
- výměny potrubních komponentů po opotřebením;
- vynucené potrubní přeložky, prostorové dispozice následných rychlomontáží.

Vstupem do výpočtu nechtě je tento technický příběh

Na dokončované stavbě dlouhého potrubního přivaděče pro úpravnu technologické vody končí přípravy ke kolaudačnímu řízení. Úspěšné provedení čerpacích zkoušek, které dnes proběhnou, podmiňují jeho zahájení. Zdvojený potrubní řad je po částečném záhozu rýhy odtlakován. Tlakové zkoušky bez závad. Po kontrole všech zařízení v jímacím objektu a čerpací stanici se zástupci investora, generálního projektanta, dodavatele a další úřední osobnosti přesouvají na 6 km vzdálenou úpravnu vody. Zaškolený provozní personál spouští 1. skupinu provozních čerpadel. Pro plné zavodnění trubního řadu jehož objemová kapacita je cca 315 m³ se předpokládá čas okolo 50 minut.

Na úpravně panuje slavnostní nálada a napjaté očekávání. Čerpací stanice je uvedena do plného provozu. Velmi drahá čerpadla po „měkkém softstartu“ rozběhové rampy, řízená frekvenčními měniči, postupně zvyšují otáčky a nyní „jedou na plný výkon“ do obou paralelních potrubních tratí. Přístrojová instrumentace systémů MaR je ve funkci. Přístroje indikují očekávané hodnoty tlaků a teplot. Pouze průtokoměry na výtlačku po určité době klesají a hlásí průtok nižší o 120 až 130 m³/h vzhledem k projektovému zadání 350 m³/h !!, 50 minut uplynulo, na druhém konci v úpravně na výstupu z potrubí PE-HD dimenze 315 x 28,7/PN 16 se objevuje slabý průtok, který sice vyplňuje průtočný průřez potrubí, ale nemá nic společného s požadovanými parametry investora. Ani po hodině se situace nemění. Očekávaný přívál vody nikde! Míží euforie a napjaté očekávání se mění v neblahou předtuchu. Telefonicky se potvrzuje, že čerpadla pracují naplno. Na obzoru se rýsuje velký skandál. Z očí kompetentních pracovníků lze číst tyto zneklidňující, zatím nahlas nevyřčené otázky:

- Co se vůbec stalo?
- Kam se ztrácí čerpaná voda?
- Kde jsou příčiny?
- Kdo to zavinil?
- Kdo ponese odpovědnost a kdo to zaplatí?

Modelový příklad s komentářem pro objasnění

Zadání

Potrubní přivaděč čerpání vody z říčního toku na úpravnu technologické vody dle schématu na obr. 1 pro tyto parametry:

$Q = 350 \text{ m}^3/\text{h}$
 $H_g = 25 \text{ m}$ (geodetické převýšení)
 $L = 6000 \text{ m}$ (délka potrubí)
 $\rho = 998,30 \text{ kg/m}^3$ (hustota pro 20 °C)
 $\nu = 1,0105 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (kinematická viskozita pro 20 °C).
 Trubní materiál: polyetylen PE-HD III. generace PE-100
 Rozměry trub: 315 x 28,7 PN 16 (S5/SDR11), $l = 5 \text{ mm}$
 Vnitřní průměr: $d = D - 2t = 315 - 2 \cdot 28,7 = 257,6 \text{ mm}$
 Průtočný průřez: $S = \pi d^2/4 = 3,14 \cdot 0,257^2/4 = 0,052117 \text{ m}^2$
 Strojní zařízení: ROTHENBERGER ROWELD P 500 B2
 Úkol: stanovit výtlačný parametr čerpadel Y [J/kg], H [m].

Počtení řešení

Rychlost v potrubí:

$$c = 4Q/\pi d^2 \quad [\text{m/s}] \quad (1)$$

$$c = 4 \cdot 0,097222/3,14 \cdot 0,2576^2 = 1,865 \text{ m/s}$$

$$\text{Reynoldsovo číslo: } \text{Re} = cd/\nu \quad (2)$$

kde c (m/s), d (m), ν (m²/s).

$$\text{Re} = 1,856 \cdot 0,2576/1,01 \cdot 10^{-6} = 4,756 \cdot 10^6$$

Jedná se o turbulentní proudění v kvadratické oblasti a podle hodnoty poměru $d/k > 50000$ v hydraulicky hladkém potrubí, kde $k = 0,003 \text{ mm}$ ekvivalentní drsnost povrchu.

Charakteristika potrubí

Charakteristikou potrubí obvykle nazýváme graficky vyjádřenou závislost pasivní měrné energie potrubní tratě na daném průtoku. Rovnice charakteristiky obsahuje obecně tři členy: člen statické výšky, člen třecích ztrát a člen sumariující ztráty místní. Pro situaci vyvinutého turbulentního proudění v kvadratické oblasti má tento analytický tvar

$$Y_p = Y_{st} + Y_{ztr} + Y_{zm} = g \cdot H_g + \lambda (8L/\pi^2 d^2) Q^2 + \xi (8n/\pi^2 d^4) Q^2 \quad [\text{J/kg}] \quad (3)$$

Zde značí

$g - 9,81 \text{ m/s}^2$

$H_g - \text{geodetické převýšení (m)}$

$\lambda - \text{součinitel třecích ztrát}$

$L - \text{délka potrubí (m)}$

$d - \text{vnitřní průměr potrubí (m)}$

$\xi - \text{součinitel místních ztrát}$

$n - \text{počet místních ztrát na délce } L$

$Q - \text{objemový průtok (m}^3/\text{s)}$

Jmenovitý výtlačný parametr čerpadel Y_n [J/kg], H_n [m] určíme průsečíkem přímkou požadovaného jmenovitého průtoku Q_n (m³/h) s křivkou charakteristiky potrubí.

Výpočet statické výšky

Nejjednodušší člen rovnice charakteristiky vypočítáme ze vztahu:

$$Y_{st} = g \cdot H_g = 9,81 \cdot 25 \quad [\text{J/kg}] \quad (4)$$

Výpočet třecích ztrát

Pro stanovení součinitele třecích ztrát je rozhodující charakter proudění. Vzhledem k tomu, že se jedná o proudění turbulentní v okolí hodnot Re přibližně 10^6 , nutno používat Blasiovu vztah:

$$\lambda = 0,3164 \cdot \text{Re}^{-0,25} \quad (5)$$

jeho úpravou získáme vyjádření součinitele třecí ztráty v závislosti na rychlosti $\lambda = \lambda(c)$:

$$\lambda = 0,3164 \cdot (\nu^{0,25}/c^{0,25} \cdot d^{0,25}) \quad (6)$$

a druhý člen třecích ztrát v závislosti na průtoku nabude tvaru:

$$Y_{ztr} = 0,3164 \cdot (\nu^{0,25} \cdot 4^{1,75} \cdot L/2 \pi^{1,75} \cdot d^{4,75}) \cdot Q^{1,75} \quad [\text{J/kg}] \quad (7)$$

Výpočet místních ztrát

A právě v tomto odstavci je možné ukázat v čem spočívalo jádro celého fyzikálního nedopatření. Nebudeme-li příklad komplikovat dalšími montážními detaily a několika armaturami podél potrubní cesty, jedná se o téměř rovný, mírně stoupající, dlouhý potrubní řad, na kterém při zběžném posouzení „**evidentně převládají třecí ztráty**“. V tomto duchu se tedy místními ztrátami nebudeme příliš zabývat, odhadem navýšíme vypočítanou hodnotu, charakteristiku potrubí vyjádříme prvními dvěma členy a na charakteristice potrubního není v této fázi dále co počítat:

$$Y_{pl+2} = 9,81 \cdot 25 + 8,168 \cdot 10^{-3} (6000/0,2576^{4,75}) \cdot Q^{1,75} \quad [\text{J/kg}] \quad (8)$$

Fyzikální skutečnost, kterou nelze nikdy ošidit se vždy přihlásí sama a naprosto neočekávaně. Z hlediska místních ztrát si nikdo nevyžádal k posouzení svařený vzorek projektované trubní dimenze metodou na tupo na daném strojním

zařízení. Pominulo se seškrcení průtočného průřezu způsobené protlačněním vnitřního svalku směrem do hydraulického kanálu tak, jak naznačuje v měřítku kreslená situace na obr. 2.

Tato situace poměrně **malé energetické ztráty** cirkulací virů na malé hydraulické cloně se však opakovala na dané trase 1 200krát!

Součinitel ztráty v místě svarového spoje

Velikost součinitele ztráty v místě spoje ξ_s , závisí zcela na šířce svaru b_s , výšce svalku h_s , poměru účinných plošných průřezů S_1/S_0 a také na řadě korekcí $K_1, K_2 \dots K_i$, kterými se jednotliví autoři při svém výpočtu v podobných případech vzájemně liší.

$$\text{Obecně platí: } \xi_s = \xi_s(b_s, h_s, S_1/S_0, K_1, K_2, \dots, K_i) \quad (9)$$

Literatura [1], [2], [4] nabízí řadu vzorců, které lze použít pro přímé stanovení velikosti součinitele ξ_s .

Pro náš příklad se spokojíme s rychlým vyhledáním jeho hodnoty graficky dle [3] s tím, že po odměřené výšce svalku na této trubní dimenzi činí $h_s = 12$ mm v souladu se směnicemi DSV Německého svazu pro svařování a svařovací techniku.

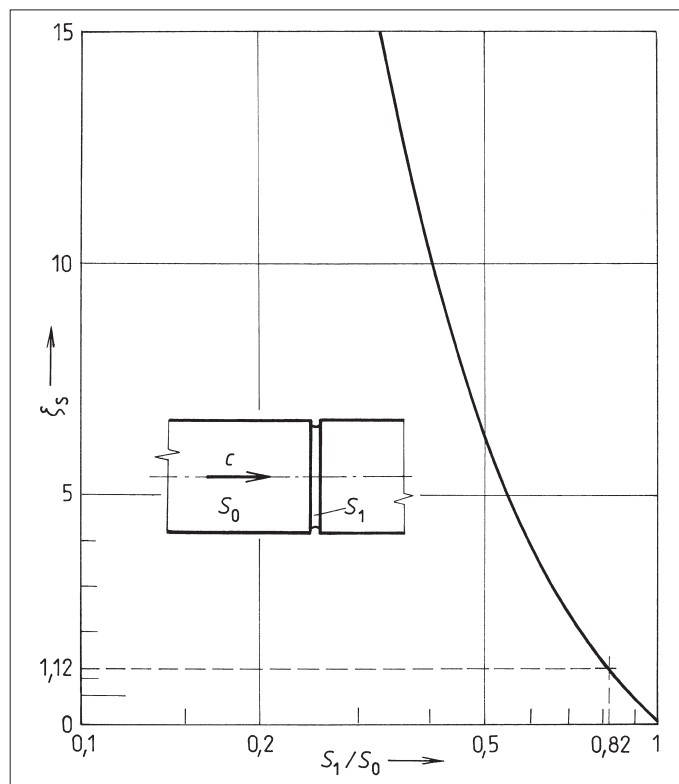
Stanovíme poměr S_1/S_0

$$d_0 = 257,6 \text{ mm}$$

$$d_1 = d_0 - 2 h_s = 257,6 - 24 = 233,6 \text{ mm}$$

$$S_1/S_0 = 0,822 \quad (10)$$

Pro tento poměr v grafu na obr. 3 odečítáme $\xi_s = 1,12$.



Obr. 3 Graf pro stanovení součinitele tlakové ztráty spoje ξ_s

Rovnice sumarizované místní ztráty a charakteristiky potrubí

Nyní je možné vyjádřit úplnou charakteristiku potrubí Y_{p1+2+3} a doplnit ji o tento třetí člen místních ztrát:

$$Y_{ZM} = 1,12 (8 \cdot 1200/3,14^2 \cdot 0,2576^4) Q^2 \quad (\text{J/kg}) \quad (11)$$

Křivky charakteristiky potrubí $Y_p = Y(Q)$ zakreslené ve stejném měřítku pro oba případy na obr. 4, umožňující porovnání projektovaných a skutečných pasivních odporů potrubí v závislosti na průtoku, sestrojíme z tabulkových hodnot vypočítaných z těchto rovnic:

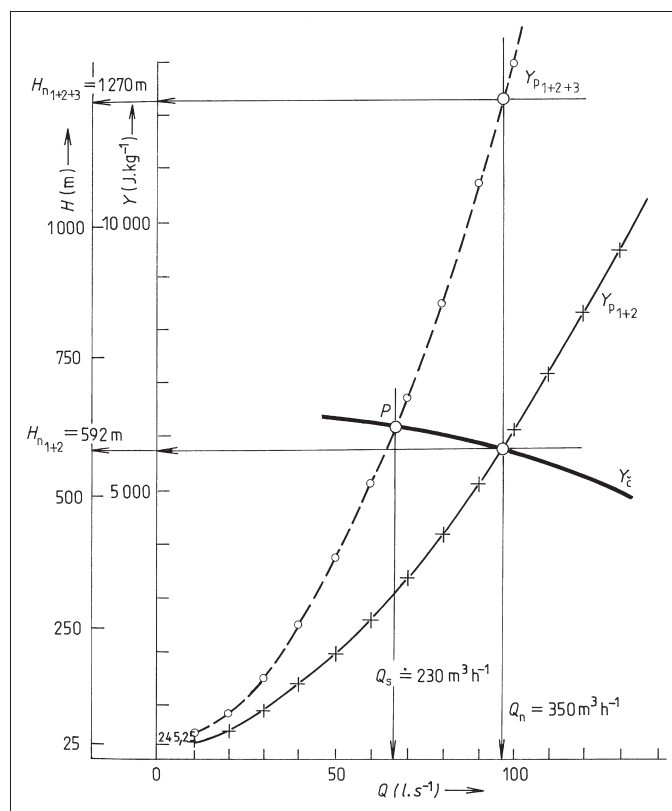
$$Y_{p1+2} = 245,250 + 328412,446 Q^{1,75} \quad (\text{J/kg}) \quad (12)$$

$$Y_{p1+2+3} = 245,250 + 328412,466 Q^{1,75} + 684317,718 Q^2 \quad (\text{J/kg}) \quad (13)$$

Kde rovnice (12) popisuje ztráty projektované a rovnice (13) odpovídá skutečné situaci.

Stanovení jmenovitého výtlačného parametru

V sestrojených grafech na obr. 4 pro zadaný průtok $Q = 350 \text{ m}^3/\text{h}$ odečítáme v prvním případě na křivce Y_{p1+2} hodnotu $Y_{n1+2} = 5804 \text{ J/kg}$ ($H_{n1+2} = 592 \text{ m}$). Položené potrubí, jehož skutečné ztráty zobrazuje druhá křivka Y_{p1+2+3} požaduje ovšem pro daný průtok parametr $Y_{n1+2+3} = 12457 \text{ J/kg}$ ($H_{n1+2+3} = 1270 \text{ m}$), tedy více než dvakrát větší.



Obr. 4. Stanovení výtlačného jmenovitého parametru v grafu charakteristiky potrubí spolu s obrazem skutečného pracovního bodu čerpaní

Jak tedy odpovídat na otázky vznesené v kritickém okamžiku

A. Stalo se, že naprojektovaná čerpací technika nespĺnila požadovaný průtok, protože skutečná ztráta potrubního řadu v závislosti na průtoku byla několika násobně větší než měrné energie naprojektovaných čerpadel $Y_z(Q, H) > Y_c(Q, H)$.

Pracovní režim se ustavil ve zcela jiném bodě než projektant předpokládal a to podle jediného možného průsečíku charakteristiky dodaných čerpadel a charakteristiky položeného svařovaného potrubí s jeho skutečnými hydraulickými odpory. V tomto případě na levém okraji pracovního pole čerpadel v blízkosti pásma nestability.

B. Čerpaná voda se vůbec nikde neztrácela. Tato doměnka vznikající konfrontací představ projektovaného a skutečného průtoku svoji logiku napostrádala, zvláště při pohledu na výtlačné potrubí do akumulace v úpravně. Vždyť i průtoky v čerpací stanici indikovaly hodnoty korespondující s pozdějšími výpočty.

C. V první řadě se jednalo o neúctu k technickému problému, která přetrvává dodnes! V nedoceneném riziku projektové fáze, v neochotě řešit detail. Hlavní příčinou byl rutinérský a povrchní přístup k výpočtu hydraulických ztrát. Pokud byly vůbec správně počítány ztráty třecí, pak byla zcela zanedbána relativně nepatrná místní ztráta v seškráceném průřezu na vnitřním svalku svařovaného spoje plastových trub, která se 1200krát opakovala (po každých 5ti metrech). Příčiny nízkého průtoku při naplno pracujících čerpadlech byly v poddimenzovaném výtlačném parametru čerpadel. Celková ztráta potrubního řadu dusila výtlačné čerpadel projektovaných na nižší hodnotu.

D. Velmi neradi přiznáváme, že prokazatelným způsobem se stal viníkem projektant, který tuto část projektového úkolu řešil. Jeho technické selhání je prostě neomluvitelné. I v technické branži platí právní axiom, že neznalost zákonů neomlouvá. Kdo neví, musí se ptát! Jeho velkým štěstím zůstává, že časovou kulisu tohoto důležitého projektu už tvořila devadesátá léta.

E. Otázky právní odpovědnosti, uhrazení škody na straně investora, dodatečných investičních nákladů a ostatní související peripetie zanechme závěrům arbitráží a soudních řízení a následnému dojednávání. Pokud se ptáte kdo to zaplatil, tak rozhodně ani dnes nepřináší uklidnění skutečnost, že se platilo ze státní pokladny. Do této odvádíme svoje pravidelné podíly my všichni.

Poznámka

Ze všeho co bylo uvedeno je patrné, že se zde hlavně jedná o energetiku čerpání. Při montážní realizaci důležitých trubních řadů z potrubních termoplastů PE-HD, zvláště větších dimenzí, je možné i bez drahých elektrosvařovacích tvarovek spojit potrubní trať bez vnitřních svalků tzv. „na zrcadlo“ a tak docílit hladký trubní kanál. Eliminovat zmiňovanou místní ztrátu v místě spoje, zhodnotit takto relativně nižší třecí ztrátu termoplastů PE-HD v porovnání s ocelí a litinou a v důsledku toho volit menší typorozměry čerpacích agregátů a čerpat s prokazatelně nižšími příkony.

Literatura:

- [1] IDĚLČIK, I., STĚPANOV, M.: Spravočnik po gidravličeskim soprotivlenijam, Moskva 1968
- [2] RICHTER, H.: Rohrhydraulik, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1971
- [3] VOJTEK, J.: Čerpací technika, návody ke cvičením, ČVUT Praha 1985
- [4] KRUSCHIK, J., ZOEBEL, H.: Strömug durch Rohre und Ventile, Springer-Verlag Wien New York, 1982
- [5] LOYDA, M., ONDRÁČEK, L., ŠPONER, V.: Svařování termoplastů – UNO 2001
- [6] GEORG FISCHER 1GF+: Plastics Technical Manual – Coventry 1996
- [7] HÁK, V.: Aplikace plastové potrubní techniky při stavbě potrubí pro průmyslové technologie – sborník FIS CZ 1999. ■

Spojení na autora: Autorizovaný inženýr TZS, FIS CZ, s. r. o. – technologické potrubní systémy, Zelená 34, 160 00 Praha 6. Tel.: +420 603 838 252.

OPRAVA

Prosíme čtenáře, aby si v článku Ing. V. Háka „Sumarizace drobné místní ztráty při projektování plastového potrubí“ (VVI 4/2001, str. 169) opravili v rovnici (3) $p_z = \xi \cdot \rho \cdot c^2/2$ kde ρ hustota = $kg \cdot m^{-3}$.

Redakce

*** Vyšla Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2001**

Ročenku vydává každoročně MŽP ČR a Český statistický úřad. Lze z ní vyčíst množství zajímavých dat o změnách životního prostředí, příčinách těchto změn a vlivech na zdravotní stav populace.

Česká republika má v současnosti 10 266 546 obyvatel, což ji řadí na 12. místo v Evropě. Hustotou zalidnění 130 obyvatel na km^2 zaujímá v Evropě 13. místo. Geograficky je Česká republika různorodým útvarem, reliéf krajiny ovlivňuje podnebí celé oblasti. To je charakterizováno pronikáním a mísením oceánských a kontinentálních vlivů, západním prouděním a intenzivní cyklonální činností, která způsobuje časté střídání vzduchových hmot a poměrně hojné srážky.

Přímořský vliv se projevuje zejména v Čechách, zatímco na Moravě a ve Slezsku převládají častěji kontinentální podnební vlivy. Značný vliv na podnebí v ČR má také nadmořská výška. 67 % území ČR leží v nadmořské výšce do 500 m, 32 % v nadmořské výšce od 500 do 1000 m a pouze 1 % území leží výše než 1000 m n.m. Střední nadmořská výška ČR je 430 m n.m. 33 % rozlohy ČR pokrývají lesy.

V kapitole o ovzduší je možno sledovat klesající koncentrace emisí za posledních šest let ve všech krajích ČR. Největšími znečišťovateli zůstávají stále Ústecký, Moravskoslezský a Středočeský kraj. Hlavní město Praha patří k nejmenším znečišťovatelům jak podle tuhých emisí, tak podle koncentrací oxidu siřičitého či oxidů dusíku ze stacionárních zdrojů. Jako každá velká aglomerace podílí se však značně na emisích z dopravy. Ani v celorepublikovém průměru není pokles oxidů dusíku nijak výrazný.

Tab.1 Měrné emise ze stacionárních zdrojů (t.rok⁻¹.km⁻²).

	Rok	Tuhé částice	SO ₂	NO _x	CO
ČR Rozloha 78 866 km ²	1995	2,46	13,74	2,78	7,70
	1996	2,15	11,89	2,60	7,54
	1997	1,50	8,76	2,37	6,71
	1998	0,96	5,48	2,08	5,05
	1999	0,74	3,34	1,98	4,50
	2000	0,61	3,26	2,06	4,05

Podkladem pro národní emisní bilanci je Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší, provozovaný od roku 1993 Českým hydrometeorologickým ústavem.

Imisní situaci v ČR měří a hodnotí jednak ČHMÚ (počet měřicích míst 164), hygienická služba a Státní zdravotní ústav (127), resort zemědělství (60), resort energetiky a průmyslu (23) a 11 stanic má komunální monitoring. Celkem jsou tedy k dispozici údaje z 385 míst měření, která zaznamenávají osmihodinové, denní a roční průměrné hodnoty. Kromě běžných znečišťujících látek jsou na některých měřicích místech monitorovány koncentrace vybraných prvků, těžkých kovů, uhlovodíků a organických látek.

Je možno konstatovat, že četnost překročení imisních limitů za rok neustále klesá a situací, kdy je třeba vyhlášovat regulační opatření (signál upozornění) je stále méně.

V roce 2000 nebyl v ČR vyhlášen žádný signál smogového regulačního systému.

Signál upozornění byl vyhlášen jednou v Praze koncem listopadu a trval šest dní. Příčinou byly zvýšené koncentrace oxidů dusíku v blízkosti komunikací. Tento signál byl vyhlášen jednou také v Ostravě, příčinou byl nárůst prachových částic (frakce PM₁₀) v souslednosti s inverzí v atmosféře. Šlo o jednodenní epizodu 21. 12. 2000.

I když by se zdálo, že uvedená data svědčí o příznivém vývoji a dobré účinnosti provedených opatření, je třeba si uvědomit, že evropské limity, které dříve, či později převezme, jsou podstatně přísnější, než naše dosavadní, dané Opatřením FVŽP ze dne 1. října 1991 k zákonu č. 309/91 Sb., o ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami.

(Laj)