9 TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI TRUBNÍ SÍTĚ

9.1 PROSTUP TEPLA STĚNOU POTRUBÍ

Voda proudící potrubím je ochlazována na stěnách potrubí v závislosti na tepelném odporu stěny potrubí a izolace a na teplotě v okolí potrubí *(t_u)*. Prostup tepla stěnou potrubí je sestaven z přestupů tepla, popsaných součiniteli přestupu na straně vnitřní *(α_i)* a na straně vnější *(α_u)*. Přestup tepla závisí především na rychlosti proudící vody potrubím a vzduchu podle povrchů stěny potrubí, případně na drsnosti a turbulenci. Přesnost výpočtu je tedy proměnností rychlosti proudění, zatížena chybou, která je v případě malého rozsahu rychlosti (od 0,5 do 1,5 m/s) nepodstatnou součástí změny tepelné ztráty. Vedení tepla stěnou potrubí a izolační vrstvy je přesnější v části výpočtu prostupu vedení stěnou, pokud správně volíme součinitele vodivosti materiálů *(λ)*.

Množství tepla *(Q)*, které prochází stěnou potrubí a izolační vrstvou o teplotě vody *(t_i)* do vnějšího vzduchu s teplotou *(t_u)* v okolí potrubí, je možné zjednodušeně stanovit ze vztahu:

$$Q = \frac{\Delta t}{\frac{1}{A_i \alpha_i} + \frac{1}{A_u \alpha_u} + \frac{d_{st}}{A_{st} \lambda_{st}}} \qquad \text{(W)} \qquad (9.1)$$

kde Δt je	rozdíl mezi teplotou vody a teplotou vzduchu v okolí potrubí ($t_i - t_u$)	(°C)
A_i	vnitřní plocha potrubí	(m^2)
A_u	vnější plocha povrhu stěny potrubí (izolace)	(m^2)
A_{st}	plocha v ose stěny potrubí, v níž probíhá vedení tepla	(m^2)
λ_{st}	součinitel vodivosti materiálu stěny	(W/m. K)
d_{st}	tloušťka stěny potrubí	(m).

Úpravou vztahu (9.1) získáme:

a) Prostup tepla rovinnou stěnou (obr. 9.1A)

U neizolovaného potrubí většího průměru, ale zejména při malé tloušťce stěny potrubí je přírůstek vnější plochy potrubí oproti vnitřní ploše potrubí zanedbatelný, a proto volíme často konstantně $A = A_i = A_u = A_{st}$ a vztah (9.1) je pak zjednodušen na:

$$Q = \frac{A \cdot \Delta t}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_u} + \frac{d_{st}}{\lambda_{st}}} \qquad \text{(W)} \qquad (9.2)$$

Ze vztahu (6.2) plyne, že součinitel prostupu tepla rovinnou jednovrstvou stěnou stanovíme:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_u} + \frac{d_{st}}{\lambda_{st}}} \qquad \text{(W)} \qquad (9.3)$$

Průběh teplot u rovinné stěny je lineární.

b) Prostup tepla válcovou stěnou (obr. 9.1B)

Veškeré potrubí je kruhového průřezu a zároveň je potrubí tepelně izolované a tedy stěna je vícevrstvá. Prostup tepla může být vztažen k vnější nebo vnitřní válcové ploše *(A_i)* nebo k vnější ploše izolační vrstvy *(A_u)*.

Pro prostup tepla válcovou stěnou můžeme použít tedy vztah:

$$Q = A_u \cdot k_u \cdot \Delta t = A_i \cdot k_i \cdot \Delta i \qquad \text{(W)} \qquad (9.4)$$

Pro výpočet prostupu je pak nutné stanovit buď součinitel prostupu tepla vztažený na vnitřní plochu potrubí, označovaný nejčastěji k_i nebo součinitel prostupu tepla vztažený na vnější válcovou plochu, označený k_u.

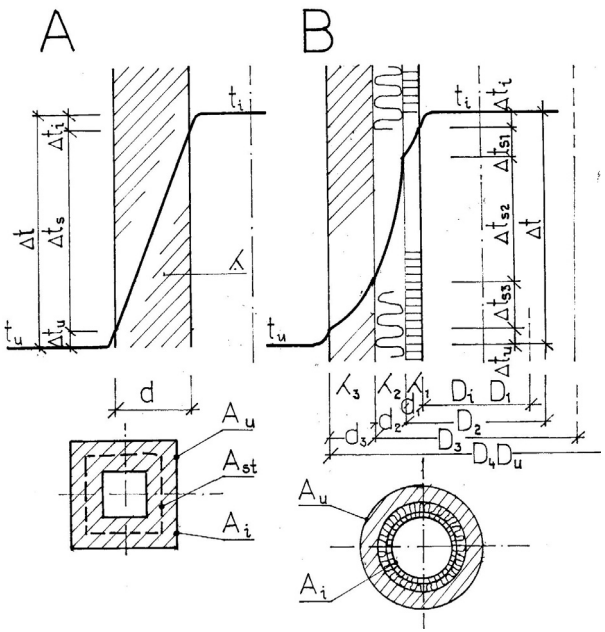
Pro zjednodušení si uveďme pouze vztah pro výpočet součinitele prostupu tepla vícevrstvé stěny potrubí, vztažený na vnitřní plochu potrubí s průměrem D_i a pak lze stanovit:

$$k_i = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{D_i}{D_u} \cdot \frac{1}{\alpha_u} + \sum_{x=1}^{n} \frac{D_x}{2\lambda_x} ln \frac{D_{x+1}}{D_x}} \qquad \text{(W/m}^2\text{.K)} \qquad (9.5)$$

kde D_i, D_x, D_u je vnitřní průměr potrubí, resp. průměr x-té vrstvy stěny (D_1,D_2,D_3…), resp. průměr vnějšího povrchu izolace (m)

λ_x součinitel vodivosti materiálu x-té vrstvy potrubí a izolace (W/m. K)

Průběh teplot válcovou vícevrstvou stěnou je nelineární, neboť průběh teplot je ovlivněn zvětšováním plochy směrem prostupu tepla.



Obr. 9.1 Výpočtové schéma prostupu tepla potrubím
A – rovinnou stěnou; B – vícevrstvou válcovou stěnou
Legenda: t – teplota; Δt – teplotní spád; λ – součinitel vodivosti materiálu; d – tloušťka stěny (vrstvy); D – vnitřní průměr stěny (vrstvy); A – plocha povrchu stěny (vrstvy)
Indexy: řada 1, 2, 3 ..... pořadí od osy; i – vnitřní; u – vnější (okolí); s – stěny

9.2 VÝPOČET OCHLAZOVÁNÍ VODY PŘI PRŮTOKU POTRUBÍM (OBR. 9.2)

Prostupem tepla stěnou potrubí dochází ke snižování teploty vody ve směru jejího průtoku. V předchozím odstavci byly stanoveny vztahy pro výpočet prostupu tepla při setrvalém stavu. Uvažujme zatím rovněž ochlazování vody při ustáleném – setrvalém stavu, kdy veškerá ztráta tepla ochlazováním vody projde stěnou potrubí, aniž bychom potřebovali teplo na ohřátí stěny potrubí a izolace.
Schematicky představu tvaru a parametrů potrubního úseku máme zobrazenou na obr. 9.2. Potrubí délky H se vstupní teplotou vody t_e, výstupní teplotou vody z potrubí t_o a proměnnou teplotou vody t_i po ochlazení na délce potrubí H_K. Stěna potrubí tloušťky d má součinitel prostupu tepla k. Ve vzdálenosti H_K od místa vstupu vody do potrubí je teplota vody t_i v diferenciálu délky dH_K. Po délce H_K prochází teplo od vody Q_K plochou potrubí A_K tak, že přírůstek ochlazování vody dQ_K je na diferenciálu plochy dA_K. Celková ochlazovaná plocha potrubí je A a celkové ochlazení vody na délce potrubí H (od bodu 1 do bodu 2) je Q.

Potrubím proudí voda hmotnostním průtokem $\dot{m}$ (kg/s) a s konstantní měrnou tepelnou kapacitou c_v.
Na diferenciálu plochy potrubí dA_K projde stěnou množství tepla:

$$dQ_K = k(t_i - t_u) \cdot dA_K \qquad \text{(W)} \qquad (9.6)$$

Množství tepla, které projde plochou A_K, se stanoví ze vztahu:

$$Q_K = \dot{m} \cdot c_v (t_e - t_i) \qquad \text{(W)}$$

Úpravou tohoto vztahu bude proměnná teplota vody v potrubí vyjádřena:

$$t_i = t_e - \frac{Q_K}{\dot{m}.c_v} \qquad (°C) \qquad (9.7)$$

Po dosazení vztahu (9.7) do rovnice (9.6) získáme:

$$dQ_K = k\left(t_e - t_u \frac{Q_K}{\dot{m}.c_v}\right) \cdot dA_K \qquad \text{(W)} \qquad (9.8)$$

Úpravou vztahu (9.8) dostaneme rovnost:

$$k \cdot dA_K = \frac{dQ_K}{t_e - t_u - \frac{Q_K}{\dot{m} \cdot c_v}} \qquad \text{(W/K)} \qquad (9.9)$$

Provedeme-li integraci v mezích 1 – 2 (od 0 do Q; od 0 do A) dostaneme po úpravě rovnici:

$$ln \frac{t_e - t_u}{t_e - t_u - \frac{Q}{\dot{m} \cdot c_v}} = \frac{k \cdot A}{\dot{m} \cdot c_v} \qquad \text{(-)} \qquad (9.10)$$

Pravá část rovnice, bezrozměrné číslo, se nazývá často exponent chladnutí a je označován symbolem K a platí:

$$K = \frac{k \cdot A}{\dot{m} \cdot c_v} = \frac{k \cdot U \cdot H}{\dot{m} \cdot c_v} \text{ (pro } A = U \,.\, H) \qquad \text{(-)} \qquad (9.11)$$

kde U je vnitřní obvod potrubí (m)
H délka potrubního úseku (m)

Z rovnice (9.10) získáme exponenciální vztah průběhu teplot:

$$\frac{t_e - t_u}{t_e - t_u - \frac{Q}{\dot{m} \cdot c_v}} = e^K \qquad (9.12)$$

Odtud osamostatněním Q (množství tepla, které projde stěnou potrubí) získáme:

$$\frac{Q}{\dot{m} \cdot c_v} = \frac{e^K - 1}{e^K}(t_e - t_u) \qquad (°C) \qquad (9.13)$$

Z rovnice (9.10) pak můžeme stanovit, jaká je výstupní teplota vody z potrubí:

$$t_o = ´t_e - \frac{Q}{\dot{m} \cdot c_v} = t_e - \frac{e^K - 1}{e^K} \cdot (t_e - t_u) \qquad (°C) \qquad (9.14)$$

Z toho plyne vztah pro výpočet tepelné ztráty při průtoku:

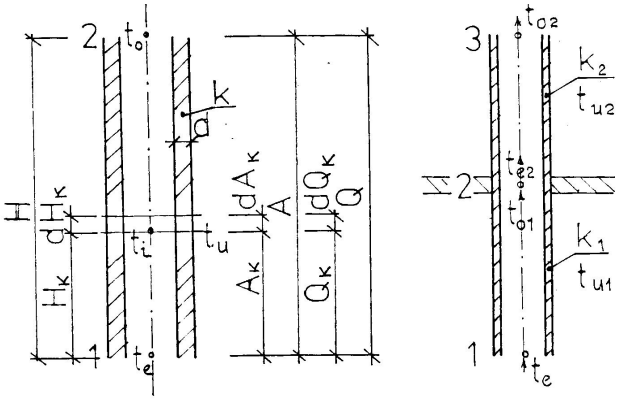
$$Q = \dot{m} \cdot c_v \cdot (t_e - t_o) \qquad \text{(W)} \qquad (9.15)$$

Úpravou získáme nejčastěji používaný vztah pro výstupní teplotu vody:

$$t_o = t_u + (t_e - t_u) \cdot e^K \qquad (°\text{C}) \qquad (9.16)$$

Střední teplota vody t_m se pak vyjádří ze vstupní teploty t_e a teploty okolí potrubí t_u ze vztahu:

$$t_m = t_u + \frac{t_e - t_u}{K} \cdot \left(1 - e^K\right) \qquad (°\text{C}) \qquad (9.17)$$



Obr. 9.2 Výpočtové schéma ochlazování vody protékající potrubím a stanovení tepelné ztráty
Legenda: t – teplota; k – součinitel prostupu tepla; d – tloušťka stěny; A – plocha povrchu stěny (vrstvy); Q – množství tepla – výkon (tepelná ztráta)
Indexy: řada 1, 2, 3 ..... pořadí úseků; u – vnější (okolí); e – vstupní; o - výstupní

9.3 PRŮBĚH OCHLAZOVÁNÍ VODY V POTRUBÍ A STANOVENÍ TEPELNÉ ZTRÁTY V ROZVODECH

Z výše uvedených vztahů plyne, že ochlazování vody při průtoku potrubím a následně tepelná ztráta v rozvodech má průběh exponenciální.
Lineární průběh ochlazování, který je často uváděn i ve výpočtových návodech vychází z topenářské zkušenosti, kdy se potrubí považuje za otopnou plochu vytvořenou ze segmentů předávajících teplo v závislosti na dodaném množství tepla (průtoku vody).
Průběh změny teploty vody (změny tepelné ztráty) je dále posuzován na exponentu chladnutí K (9.11), ve kterém jsou proměnné hodnoty:

- součinitele prostupu tepla *k*,
- vnitřní plocha potrubí *U* . *H*,
- průtok vody $\dot{m}$.

9.3.1 Změna součinitele prostupu tepla podle proměnné rychlosti proudění vody

Součinitel prostupu tepla je závislý na tepelné vodivosti a součiniteli přestupu tepla na straně vodní α_i a součiniteli přestupu tepla na straně vzduchové α_e.
Při změně průtoku vody v potrubí v mezích rychlosti od 0,2 do 2 m/s je změna součinitele přestupu tepla na vnitřním povrchu zanedbatelná, vzhledem k celkové hodnotě součinitele prostupu tepla. Součinitel přestupu tepla na vzduchové straně je závislý zejména od proudění vzduchu okolo potrubí. V daném místě vedení potrubí je jeho hodnota konstantní.
Pro další posuzování proměnnosti teploty v závislosti na jejím průtoku uvažujeme tedy konstantní hodnotu součinitele prostupu tepla *k.*
Součinitel prostupu tepla zahrnuje většinou v seriozních podkladech v sobě jak prostup tepla, tak i předání tepla sáláním. Dále se s touto skutečností při dalších výpočtech uvažuje.

9.3.2 Tepelný odpor stěny potrubí

V exponentu chladnutí *K* je tepelný odpor stěny potrubí vyjádřen pomocí součinitele prostupu tepla *k*. Z předchozího plyne, že jeho změna proměnným průtokem je zanedbatelná.
Tím, že součinitel prostupu tepla je v čitateli součinitele chladnutí a je v poměru k vysoké hodnotě konstantní měrné tepelné kapacity vody, je jeho podíl na ochlazování vody významný. Z průběhu exponenciálního součinitele e^K, který v závislosti na rychlosti má průběh zpočátku strmý a dále pozvolnější, se pak stanovuje optimální tloušťka tepelné izolace. Zvýšená tepelná izolace potrubí je podstatnou složkou úspor tepla – zárukou nízké tepelné ztráty.

9.3.3 Ochlazovaná plocha potrubí

V čitateli exponentu chladnutí *K* má rovnocenný podíl na velikosti tepelné ztráty i ochlazovaná plocha potrubí, vyjádřená součinem $U \cdot H$ (kde *U* je vnitřní obvod potrubí a *H* je délka potrubí). Při návrhu je průřez potrubí funkcí rychlosti. U potrubí přívodu TV je rychlost v proměnných mezích od minimálního průtoku v případě, že není odběr vody do maximálního průtoku při špičkovém odběru TV. U cirkulačního potrubí se průtok mění méně. Obecně by měla platit zásada nepředimenzovat zbytečně potrubí, zejména u cirkulačního vedení a raději volit oběhová čerpadla s vyšším dispozičním tlakem. Dosavadní praxe je většinou opačná a protože při projektování nejsou dostatečné podklady o průběhu odběrů, cirkulační potrubí nebývá většinou hydraulicky posuzováno, jsou veškeré sítě předimenzované s tím, že se argumentuje s úsporami na výkonu oběhových čerpadel. Zapomíná se přitom, že předimenzování trubní sítě vede k významným tepelným ztrátám z větší prostupové plochy, a to zejména u potrubí nedostatečně izolovaného.

9.3.4 Příklad ověřování zásad ochlazování vody

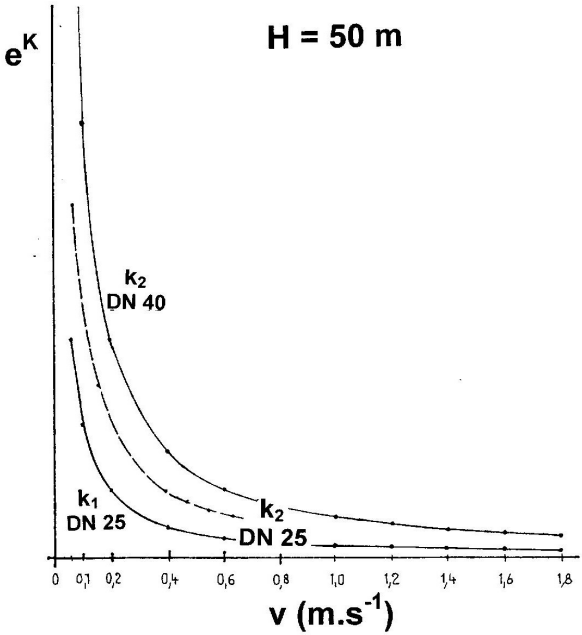
Pro posouzení závislosti rychlosti proudění na ochlazování vody, podle změny součinitele chladnutí, byl zvolen případ s konkrétním průměrem potrubí (DN 25) s extrémním rozdílem tepelných vlastností stěny (k_1 = 0,25 a k_2 = 8 – tj. s 32 násobným snížením součinitele prostupu tepla a vytvořením rozdílu mezi izolovaným a neizolovaným potrubím) a proměnnými průtoky v závislosti na rychlosti proudění (v = 0,06 až 1,8 m/s).

a) Výpočet součinitele chladnutí e^K

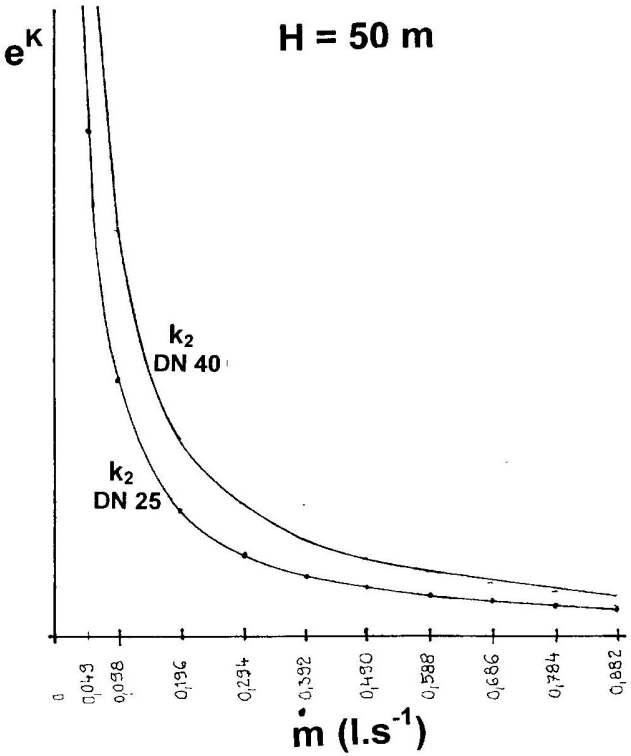
Podle zadaných hodnot v příkladu byl výpočtem stanoven součinitel chladnutí e^K podle vztahu 9.11.

Dále byla vypočtena závislost součinitele chladnutí vody e^K na:

- rychlosti proudění v potrubí pro součinitel prostupu tepla k_2 a světlost potrubí DN 25 a DN 40 pro délku potrubí H = 50 m. Závislost byla vynesena na obr. 9.3,
- průtoku vody m pro součinitel prostupu tepla stěnou potrubí a izolace k_1 a k_2 při DN 25 a DN 40 na délku potrubí H = 50 m. Závislost je vynesena na obr. 9.4.



Obr. 9.3 Závislost součinitele chladnutí e^K na rychlosti (v) proudění vody v potrubí délky 50 m



Obr. 9.4 Závislost součinitele chladnutí e^K na průtoku vody ($\dot{m}$) v potrubí délky 50 m

b) Výpočet ochlazování vody

Podle vztahu (9.15) a (9.16) stanovíme ochlazování vody a tepelné ztráty průtokem vody potrubím pro DN 25, DN 40, k_1, k_2 a délku potrubí H = 50 m.
Výpočtové výsledky jsou uvedeny v tabulce 9.1.

c) Hodnocení výsledků

Z vypočtených hodnot v tabulce 9.1 vyplývá:

- strmý pokles e^K pro malé rychlosti proudění do 0,2 m/s a dále pak pozvolnější, až téměř konstantní,
- vliv proměnného průtoku na ochlazování vody je zanedbatelný u:
  - dobře tepelně izolovaného potrubí (při rychlosti od 0,2 do 1,8 m/s), kde je rozdíl 0,8 %,
  - eizolovaného potrubí (při rychlosti od 0,2 do 1,8 m/s), kde je rozdíl cca 4,6 % vždy v neprospěch menšího průtoku (větší ochlazování vody je při menším průtoku),

- tepelné ztráty u extrémně izolovaného potrubí jsou velmi nízké a vyšší hodnoty jsou při rychlostech okolo 1 m/s a pak se oboustranně snižují,
- rozdíl v tepelných ztrátách u neizolovaného potrubí je v závislosti na rychlostech zanedbatelný a v rozsahu rychlosti 0,2 až 1 m/s činí přírůstek tepelné ztráty 4,8 % v neprospěch většího průtoku (větší průtok, větší tepelná ztráta),
- tepelná ztráta prostupem téměř odpovídá násobku zvýšení součinitele prostupu tepla – zvětšení součinitele prostupu tepla 32 krát odpovídá téměř 30 – ti násobné tepelné ztrátě.

Uvedené výpočtové hodnocení ochlazování vody a tepelné ztráty v potrubí je pouze instruktivní pro potvrzení exponenciálního průběhu ochlazování vody.
Průtok vody $\dot{m}$ (v přípustných mezích, hodnoceno v = 0,2 až 1,8 m/s) vytváří ve jmenovateli exponentu chladnutí K jen malou změnu oproti konstantní vysoké hodnotě měrné tepelné kapacity vody. Platí tedy obecně známé pravidlo, že s čím vyšší měrnou tepelnou kapacitou protéká tekutina potrubím, tím je vliv průtoku na ochlazování a na celkovou tepelnou ztrátu menší (srovnej např. s průtokem ohřátého vzduchu).
Podstatný vliv na ochlazování a tepelnou ztrátu mají veličiny uvedené v čitateli exponentu chladnutí K.
Vedle významu tepelné izolace potrubí na snížení tepelné ztráty je dalším hlediskem minimalizace průměru potrubí. Potrubí je nutné dimenzovat na největší přípustnou rychlost proudění a navrhovat oběhové čerpadlo s vysokým dispozičním tlakem při používání regulátoru průtoku u odběrných míst (viz odst. 6.3). Tendence navrhování průměru potrubí bez výpočtu s tím, že bude potrubí předimenzované, je energeticky nevýhodná.
Komplexní měřící systém poskytne projektantovi při rekonstrukci sítí všechny potřebné podklady pro optimalizaci návrhu průměru potrubí i návrhu tepelné izolace.

9.3.5 Průběh součinitele chladnutí e^K (obr. 9.3 a 9.4)

Na obr. 9.3 je vyznačen průběh součinitele e^K pro potrubí délky 50 m o DN 25 s oběma extrémními hodnotami součinitelů prostupu tepla k_1 (extrémně izolované potrubí) a k_2 (neizolované potrubí). Součinitel e^K pro neizolované potrubí má logicky vyšší hodnotu a jeho strmost je extrémní pod hodnotami rychlosti v = 0,2 m/s.
Shodně pro oba případy izolací je součinitel e^K vždy strmý pod rychlostmi 0,2 m/s. Od rychlosti 0,2 do rychlosti 0,6 m/s je průběh pozvolnější a pro rychlosti nad 0,6 m/s je průběh téměř konstantní.
Exponenciální průběh součinitele e^K můžeme posuzovat v závislosti na rychlosti proudění pouze pro stejný průřez a slouží jen jako instruktivní pomůcka pro projektanta.
Porovnávání průběhu součinitele e^K pro různé průměry potrubí (při stejných podmínkách délkových, teplotních a tepelně technických) nelze srovnávat v závislosti na rychlostech proudění (jak se někdy nesprávně provádí), ale pouze v závislosti na průtoku $\dot{m}$ (jak plyne z definice exponentu chladnutí K).
Na obr. 9.4 je takové porovnání pro průměry potrubí DN 25 a DN 40 (pro k_2) naznačeno graficky. Jedná se však pouze o porovnání obou průběhů součinitele e^K při deformované stupnici průtoku $\dot{m}$.

Tabulka 9.1 – Příklad výpočtu ochlazování vody a tepelné ztráty průtokem potrubím

		Povnání při shodném průtoku:
Průměr potrubí:	DN 25	DN 40
	S = 0,00049 m^2	S = 0,0012566 m^2
	U = 0,0785 m	U = 0,125 m
Teplota vstupní vody:	t_e = 50 °C	H = 50 m
Teplota okolí:	t_u = 15 °C	
Rychlost proudění:	v = 0,06 až 1,8 m/s	
Součinitel prostupu tepla stěny:	k_1 = 0,25 W/m^2 K	
	k_2 = 8 W/m^2 K	

DN 25										
Průtok vody (l/s)	**Rychlost proudění (m/s)**	***H* = 1 m**			***H* = 50 m**					
		e^K (-)		**t_o (°C)**	**e^K (-)**		**t_o (°C)**		**Q (W/50m)**	
		pro k_1	**pro k_2**	**Pro k_1**	**pro k_1**	**pro k_2**	**pro k_1**	**pro k_2**	**pro k_1**	**pro k_2**
0,0294	0,06	1,0001592	1,005116	49,82	1,00800	1,29	49,72	42,17	34,45	950
0,049	0,1	1,0000955	1,003162	49,88	1,00479	1,16	49,83	45,17	34,86	993
0,098	0,2	1,0000478	1,001532	49,94	1,00239	1,077	49,91	47,43	41,00	1054
0,196	0,4	1,0000239	1,000765	49,97	1,00119	1,039	49,95	48,68	41,00	1083
0,294	0,6	1,0000159	1,000510	49,98	1,000797	1,0258	49,97	49,11	36,93	1153
0,392	0,8	1,000012	1,000382	49,98	1,000598	1,0193	49,97	49,33	49,22	1099
0,490	1,0	1,0000096	1,000306	49,98	1,000478	1,0154	49,98	49,46	41,02	1107
0,588	1,2	1,000008	1,000255	49,99	1,000398	1,0128	49,98	49,55	49,22	1107
0,686	1,4	1,0000068	1,000218	49,99	1,000342	1,0109	49,99	49,62	28,71	1091
0,784	1,6	1,000006	1,000191	49,99	1,000299	1,0096	49,99	49,66	32,81	1115
0,882	1,8	1,0000053	1,000170	49,99	1,00026	1,0085	49,99	49,70	36,92	1107

Tabulka 9.1 (pokračování)

POROVNÁNÍ DN 40							
Průtok vody (l/s)	**Rychlost proudění (m/s)**	***H* = 50 m**					
		e^K (-)		**t_o (°C)**		**Q [W/50m]**	
		Pro k_1	**pro k_2**	**pro k_1**	**pro k_2**	**pro k_1**	**pro k_2**
0,0294	0,0234	1,01277	1,5012	49,55	38,31	55,38	1438,6
0,049	0,039	1,007646	1,2760	49,73	42,43	55,38	1552,7
0,098	0,078	1,003816	1,1296	49,56	45,98	57,43	1649,1
0,196	0,156	1,001906	1,0628	49,93	47,93	57,43	1697,1
0,294	0,234	1,00127	1,0414	49,95	48,60	61,53	1722,9
0,392	0,312	1,0009527	1,0317	49,96	48,59	65,63	2313,7
0,490	0,390	1,0007621	1,0246	49,97	49,16	61,53	1722,9
0,588	0,468	1,0006350	1,0205	49,97	49,30	73,84	1722,9
0,686	0,546	1,0005443	1,0175	49,98	49,40	57,43	1722,9
0,784	0,624	1,0004762	1,0153	49,98	49,47	65,63	1739,4
0,882	0,702	1,0004233	1,0136	49,98	49,53	73,84	1735,2

Z obr. 9.4 je patrné zvýšení součinitele e^K většího průměru při stejných průtocích $\dot{m}$ a pronikavější strmosti průběhu při nízkých průtocích.
Vliv předimenzovaného potrubí na ochlazování vody a na tepelnou ztrátu je z obr. 9.4 jasně patrný.

9.3.6 Využití součinitele e^K pro hodnocení rozvodné sítě

Tak, jak bylo ve vztazích pro ochlazování vody a tepelnou ztrátu naznačeno lze z naměřených hodnot komplexního měřícího zařízení TV posuzovat zpětně kvalitu tepelné izolace podle součinitele e^K.
Měřícím zařízením zjistíme průtok a ochlazování ve sledovaném úseku potrubí a následně můžeme pak stanovit průměrný součinitel prostupu tepla k, tedy kvalitu tepelné izolace.
Stačí pouze aplikovat vztah (9.12) až (9.14) a pak platí:

$$(t_e - t_o) = \frac{e^K - 1}{e_K}(t_e - t_u)$$

Osamostatněním součinitele e^K z předchozího vztahu vypočteme exponent chladnutí K z následujícího vztahu:

$$K = \frac{k \cdot U \cdot H}{\dot{m} \cdot c_v}$$

Odtud pak je průměrný součinitel prostupu tepla potrubím k vyjádřen vztahem:

$$k = \frac{K \cdot \dot{m} \cdot c_v}{U \cdot H}$$

Z naměřených hodnot vstupní teploty t_e a výstupní teploty t_o, teploty okolí t_u a při vypočteném průtoku vody $\dot{m}$ (z naměřených hodnot), ze znalosti průměru a délky potrubí lze stanovit podle uvedeného vztahu stav tepelné izolace ve sledovaném úseku trubní sítě. Vyhodnocovací software počítačového systému měřícího zařízení dokáže takto jednoduchým způsobem dodat důležitý podklad pro hodnocení tepelné izolace potrubí.
Opačně pak lze na nově projektované trubní síti určit požadované snížení tepelné ztráty v závislosti na zaizolování potrubí.
Komplexní měřící zařízení dává vyhodnocovací a projekční podklady rekonstrukcí trubních rozvodů.

9.3.7 Teplotní nerovnoměrnost při průtoku

Z rozboru exponentu chladnutí K a následně součinitele e^K vyplývá, že změna průtoku potrubní sítí nemá vliv na změnu výsledné teploty u odběratele, pokud se rychlosti proudění pohybují v běžných mezích. U izolovaného potrubí i u malých rychlostí průtoku je změna teploty zanedbatelná. Při průtoku vody s nižší rychlostí, než je minimální, tj. pod 0,1 m/s u neizolovaného potrubí se ochlazování zvyšuje (čím menší je rychlost pod touto mezí, tím větší je ochlazování, ale zároveň je menší tepelná ztráta) – viz t_o a Q *pro* k_2 v prvních dvou řádcích tabulky 9.1.

Jsou-li zaznamenány změny teplot u odběratelů, může to být tedy způsobeno:

- při větším nárazovém odběru TV, špatně regulovanou teplotou vody u dodavatele, tj. dodavatel není schopen vykrýt špičkový odběr a teplota vody na výstupu z ohřívače nemá konstantní hodnotu,
- při velmi nízkém odběru vody, protéká nedostatečně izolovaným potrubím TV voda s tak nízkou rychlostí, že se pohybuje pod hranicí minimálního průtoku (0,1 až 0,2 m/s) a potrubí je tedy předimenzované a nedostatečně izolované – voda v něm téměř stojí.

V komplexním měřícím systému TV se tyto závady s proměnnou teplotou zaznamenávají a jsou podkladem pro návrh opatření na vytvoření co největší rovnoměrnosti teploty v odběrné síti.
Dokáže-li se dodavatelskou sítí dopravit TV k poslednímu místu odběru s co nejmenší ztrátou tepla, může pak dodavatel snížit teplotu dodávané vody až na mez, která je jako minimální přípustná u odběratele. Tepelná ztráta u protékající vody s nižší teplotou se v rozvodech úměrně (lineárně) snižuje, jak plyne ze vztahů v odst. 9.1.