

Dimenzování parních potrubí včetně odvodnění

Ing. Martin NEUŽIL, Ph.D

ÚVOD

Pro hospodárný a spolehlivý provoz parních spotřebičů a jejich dobrou životnost je nutné zajistit spolehlivý odvod kondenzátu z parního potrubí za všech provozních stavů. Průměr parního potrubí ovlivňuje rychlost proudění páry v potrubí, která má vliv na tlakovou ztrátu na straně jedné a velikost tepelných ztrát na straně druhé. Tepelné ztráty způsobují kondenzaci páry a celkově ovlivňují hospodárnost provozování parovodu či celé parokondenzátní soustavy. Kapacity parního potrubí pro různé rychlosti proudění jsou uvedeny v níže uvedené tabulce.

Rychlost m/s	kg/h											Přetlak bar
	16mm	20mm	25mm	32mm	40mm	50mm	63mm	80mm	100mm	125mm	160mm	
16	7	14	24	37	52	89	145	213	394	648	917	0.4
25	10	25	40	62	82	162	285	384	675	872	1457	
40	17	35	64	102	142	285	403	578	1037	1670	2363	
16	7	18	25	40	59	109	188	250	431	680	1008	0.7
25	12	25	45	72	100	182	287	430	718	1145	1675	
40	18	37	68	108	167	293	428	630	1108	1712	2417	
16	8	17	29	45	65	112	182	280	470	694	1020	1.0
25	12	28	48	72	100	193	300	445	730	1180	1680	
40	19	39	71	112	172	311	485	640	1160	1800	2500	
16	12	25	45	70	100	182	280	410	715	1125	1680	2.0
25	19	43	70	112	162	295	428	658	1215	1765	2520	
40	30	64	115	178	275	475	745	1010	1895	2825	4175	
16	18	37	60	93	127	245	385	535	825	1205	2040	3.0
25	28	68	100	152	225	425	632	910	1680	2480	3440	
40	41	87	157	250	375	695	1025	1480	2540	4050	5940	

Příklad 1: Navrhněte průměr parovodu, který zajišťuje přívod technologické páry o přetlaku 9 bar(g) do továrny. Celkový průtok páry je 3600 kg/h a předpokládá se současný provoz všech spotřebičů. Dále navrhněte průměr parovodu, který zajišťuje přívod technologické páry o přetlaku 3 bar(g) do továrny. Celkový průtok páry je 3600 kg/h a předpokládá se současný provoz všech spotřebičů.

Přetlak páry 9 bar(g):

$$D = \sqrt{\frac{4M}{\pi q w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1}{3,14 \cdot 5,14 \cdot 25}}$$

$$D = 0,099 = 0,1 \text{ m}$$

DN100

Průměr parovodu pro páru 9 bar(g) je DN100, doporučené spádování potrubí ve směru proudění páry.

Přetlak páry 3 bar(g):

$$D = \sqrt{\frac{4M}{\rho g w}} = \sqrt{\frac{4,1}{3,14,2,16,25}}$$

$$D = 0,153 = 0,15 \text{ m}$$

DN150

Průměr parovodu pro páru 3 bar(g) je DN150, spádování potrubí ve směru proudění páry.

Příklad 2: Navrhněte průměr parovodu, který zajišťuje přívod technologické páry do továrny. Celkový tepelný výkon spotřebičů je 20 MW a předpokládá se současný provoz všech spotřebičů. Ve spotřebičích je nutné zajistit minimální teplotu vstupní páry 160 °C. Délka parovodu mezi kotelnou a továrnou je 200 m.

Dle parních tabulek – požadované teplotě 160 °C odpovídá pracovní přetlak páry 6 bar = 600 kPa o teplotě sytosti 165 °C. Použijeme bezpečnostní přídavek 20 K, tj. požadovaná teplota páry je min. 185 °C, což odpovídá přetlaku 10 bar = 1000 kPa. Pára o přetlaku 10 bar má kondenzační teplo $Q = 1999 \text{ kJ/kg}$.

Pro přenos tepelného výkonu 20 MW je potřeba parní průtok:

$$M = Q/\dot{q} = 20\,000 \text{ kW}/1999 \text{ kJ/kg} = 10 \text{ kg/s} = 36\,000 \text{ kg/h} = 36 \text{ t/h}$$

Předběžný průměr parního potrubí volím dle rychlosti proudění syté páry – tabulka 2:

Platí rovnice kontinuity: $M = VQ$

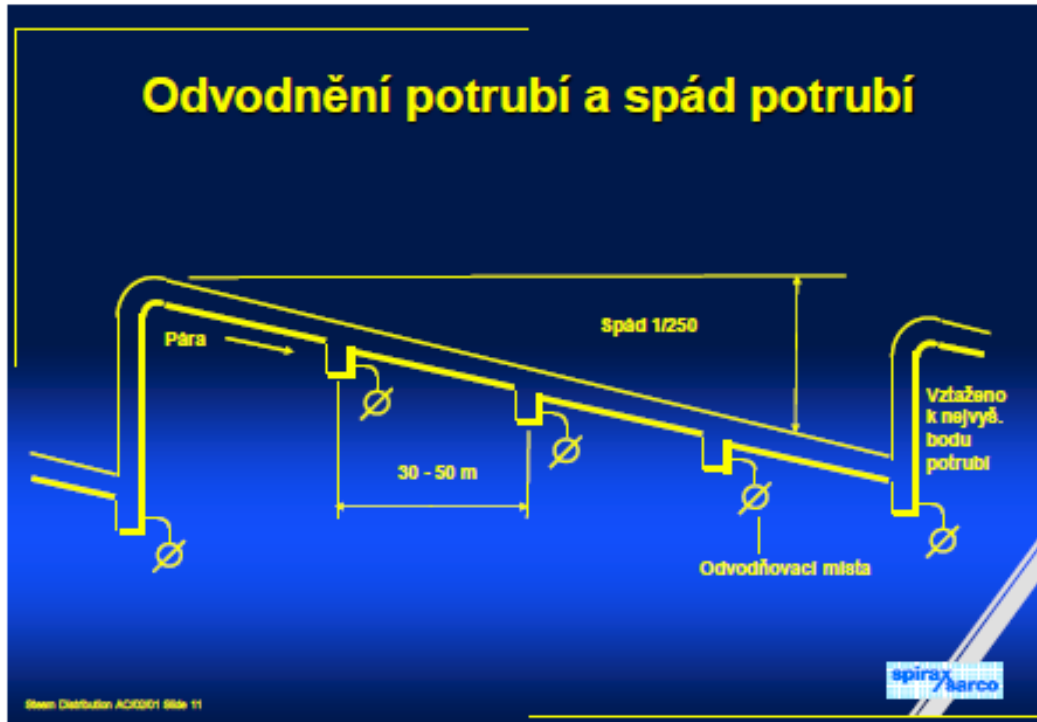
$$D = \sqrt{\frac{4M}{\rho g w}} = \sqrt{\frac{4,10}{3,14,5,64,25}}$$

$$D = 0,3 \text{ m}$$

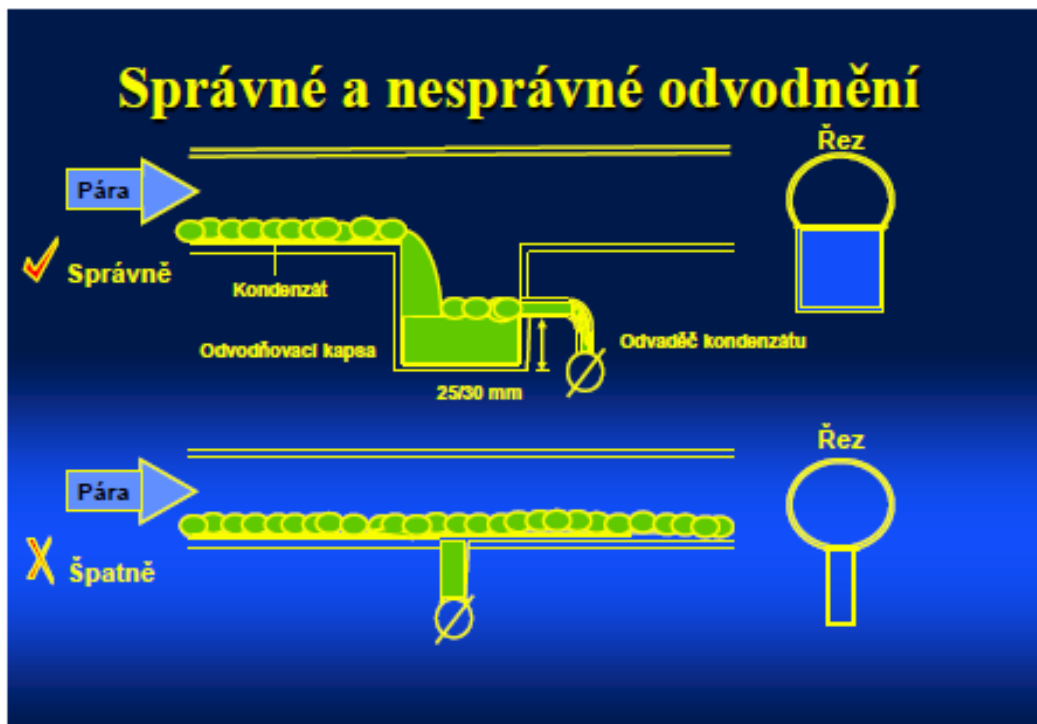
DN300

Průměr parovodu je DN300, doporučené spádování potrubí ve směru proudění páry.

A) Detail spádování parovodu ve směru proudění páry – sklon 2 % = 1:50 (malá l):



B) Detail odvodňovací kapsy = kalník na záchyt a odvod kondenzátu:



C) Množství vzniklého kondenzátu při běžném provozu – odhad tepelných ztrát izolovaného parovodu:

Tvorba kondenzátu při najíždění a běžném provozu (kg/50 m potrubí)

Přetlak páry (bar)	Světlost potrubí													
	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600
9	9.5	15.1	19.7	28.1	38.1	49.4	74	105	139	164	216	272	320	436
	9.3	11.3	14.1	16.5	20.6	24.5	31.5	39	46.5	51.5	60	64	72	88
10	9.9	15.7	20.4	29.2	39.6	51.3	77	109	144	171	224	282	332	463
	9.8	11.9	14.6	16.9	21.3	25	33	41	49	54	62	67	75	90
12	10.4	16.5	21.6	30.7	41.7	54.1	81.1	115	152	180	236	298	350	488
	10.9	13.0	15.7	17.7	22.5	26	36	45	53	59	67	73	81	97

Čísla psaná tučně udávají tvorbu kondenzátu při najíždění

Teplota okolí 20 °C, volná konvekce, účinnost tepelné izolace 80%

1) $M = 49 \text{ kg/h}$ kondenzátu na 50 metrový úsek potrubí DN300 = na každý kalník

Celkové množství kondenzátu na 200 m potrubí = $49 \text{ kg/h} \cdot 200\text{m}/50\text{m} = 196 \text{ kg/h}$

Množství vzniklého kondenzátu při najíždění do provozu – odhad tepelných ztrát izolovaného parovodu:

2) $M = 144 \text{ kg/h}$ kondenzátu na 50 metrový úsek potrubí = na každý kalník

Celkové množství kondenzátu na 200 m potrubí = $144 \text{ kg/h} \cdot 200\text{m}/50\text{m} = 576 \text{ kg/h}$

Při najíždění vzniká nejvíce kondenzátu, neboť je nutné ohřát materiál potrubí a armatur na provozní teplotu. Čím rychleji se najíždění provádí, tím více vzniká kondenzátu. Doporučená rychlost najíždění 6 K/min (dle bývalé ON – je nutné postupné prohřátí potrubí a zvládnutí dilatací).

Při najíždění vzniká největší riziko vodního rázu a poškození armatur či potrubí!



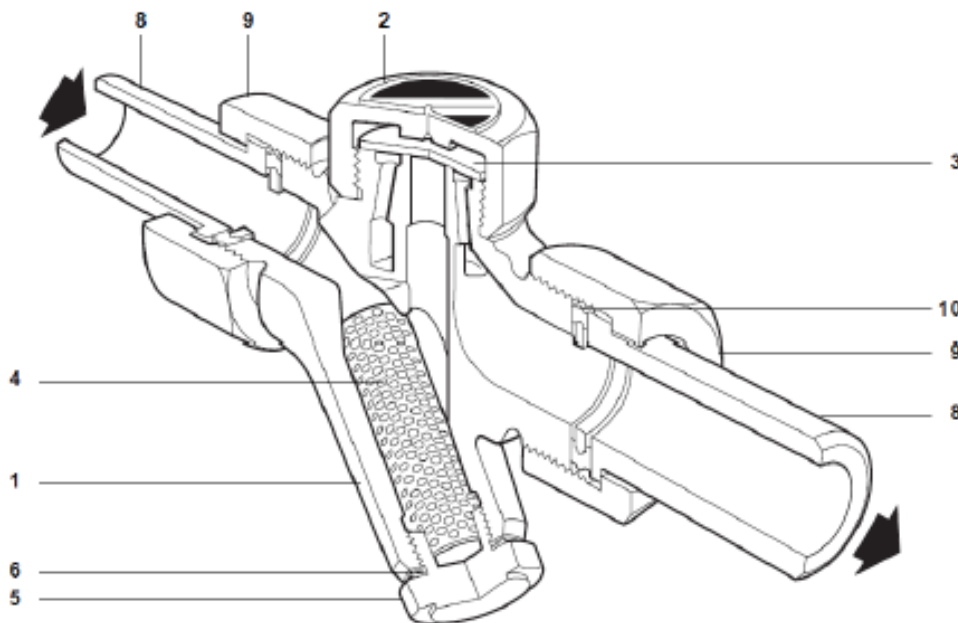
D) Návrh odvaděčů kondenzátu – vzdálenost kalníků 40 m = počet kalníků 5 ks

Maximální průtok kondenzátu na jeden odvaděč: $576 \text{ kg/h}/5 = 115 \text{ kg/h}$

Pro odvodnění parních potrubí a rozdělovačů volíme termodynamický odvaděč kondenzátu TD42, 1/2", PN40, TD3-3, 1/2", PN63, či TD32F, DN15, PN40

Odvaděče se mají různé typy připojení:

- TD42, 1/2", PN40 závitové připojení,
- TD32F, DN15, PN40 přírubové připojení,
- TD3-3, 1/2", PN63 přivařovací připojení s vestavěným šroubením (snížená kapacita DN15LC – viz kapacitní diagram):



Diferenční tlak = tlak před odvaděčem kondenzátu – tlak za odvaděčem kondenzátu = musí být kladný. Jinak není zaručen odtok kondenzátu samospádem a kondenzát je nutné přečerpávat!

Odvod kondenzátu je do odvětrané kondenzátní nádrže, kde je atmosférický tlak = nulový přetlak – pak je diferenční tlak na odvaděči kondenzátu:

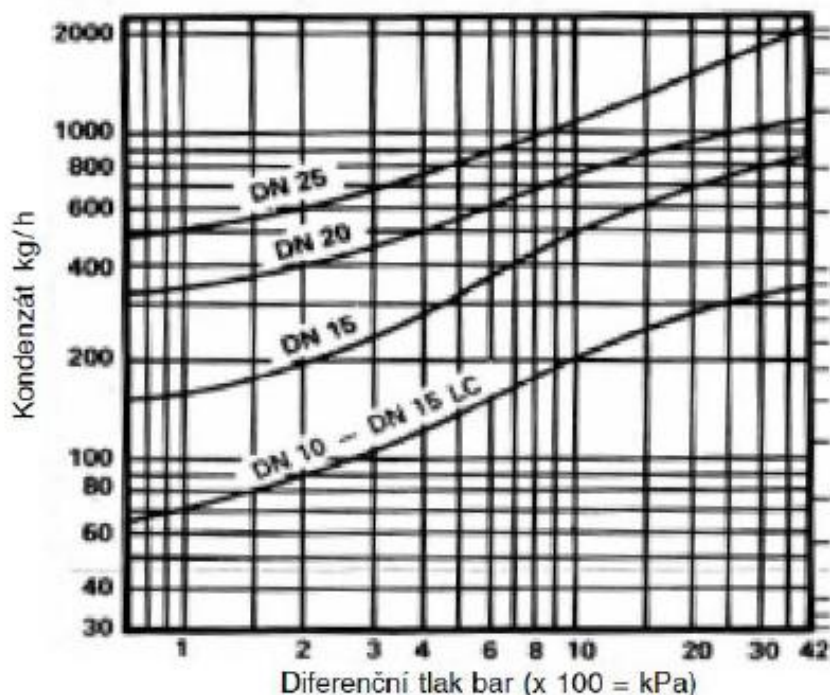
Diferenční tlak při konci náběhu/běžném provozu = $10 - 0 = 10 \text{ bar} = 1 \text{ MPa} > 0 \dots$ vyhovuje

Diferenční tlak při začátku náběhu = $5 - 0 = 5 \text{ bar} = 0,5 \text{ MPa} > 0 \dots$ vyhovuje

Kapacita odvaděče při daném diferenčním tlaku – konec náběhu: $M = 200 \text{ kg/h} > 115 \text{ kg/h}$...vyhovuje

Kapacita odvaděče při daném diferenčním tlaku – začátek náběhu: $M = 150 \text{ kg/h} > 115 \text{ kg/h}$...vyhovuje

Kapacita



Poznámka: Vlivem uvolnění tlaku kondenzátu za uvaděčem dochází k částečnému odpaření kondenzátu – vzniká tzv. zbytková pára o nízkém tlaku a velkém měrném objemu. Dochází k dvousložkovému proudění kondenzátu a páry – potrubí musíme dimenzovat jako parní, tj. rozšířit dimenzi potrubí z DN15 na min. DN32!

Při zaústění výše uvedeného kondenzátu do potrubí čerpaného kondenzátu doporučuji použít difuzorové či injektorové zapojení ke snížení vznikajících termických rázů. Lze též zvážit použití termického kapslového odvaděče kondenzátu s vychlazovacím úsekem před odvaděčem.

Při nerespektování výše uvedených zásad a principů dochází k mnoha problémům při provozu paro – kondenzátních soustav. To není problém páry, ale špatného technického návrhu!

