

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

Zveřejněná podle §31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2020-275

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

F16L 41/02

(2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA

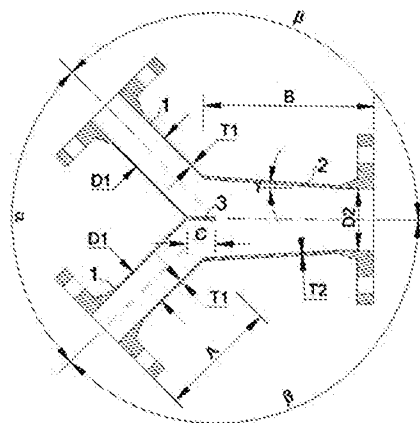


ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **15.05.2020**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **14.07.2021**
(Věstník č. 28/2021)

- (71) Přihlašovatel:
České vysoké učení technické v Praze, Praha 6,
Dejvice, CZ
- (72) Původce:
doc. Ing. Bohumil Šťastný, Ph.D., Praha 8, Karlín,
CZ
Ing. Filip Horký, Praha 5, Košíře, CZ
- (74) Zástupce:
Ing. Václav Kratochvíl, Husníková 2086/22, 158 00
Praha 5, Stodůlky



- (54) Název přihlášky vynálezu:
**Úsporná tvarovka pro spojení dvou
tlakových potrubí do jednoho výstupního
potrubí**

- (57) Anotace:
Předkládané řešení se týká optimalizace hydraulických ztrát, které vznikají při soutoku vody v místě spojení dvou tlakových potrubí, a tím zvýšení účinnosti trubního systému. Pomocí navržené trubní tvarovky dochází k symetrickému spojení dvou proudů přitékajících k místu spojení pod vzájemným úhlem α . Snížení intenzity promíchávání přitékajících proudů je zajištěno pomocí usměrňovače (3) obou proudů, kdy oba proudy před jejich spojením nejdříve změni svůj směr a poté jsou směřovány. Ke spojení obou proudů tak dochází v rovnoběžném směru. Příznivého efektu je docíleno také zvětšením profilu výstupní trouby (2) v místě spojení vstupních trub (1). Navržená trubní tvarovka, pro spojení dvou tlakových potrubí v jedno navazující tlakové potrubí, je tvořena dvěma vstupními troubami (1) o stejném vnitřním kruhovém profilu D_1 , které spolu svírají úhel α a navazující výstupní troubou (2) většího vnitřního kruhového profilu D_2 než mají vstupní trouby (1), se kterými svírá úhel β . Uvnitř tvarovky se nachází usměrňovač (3) proudů přitékajících kapaliny pro snížení hydraulických ztrát energie způsobené soutokem kapaliny.

Úsporná tvarovka pro spojení dvou tlakových potrubí do jednoho výstupního potrubí

Oblast techniky

Vynález se týká trubní tvarovky pro spojení dvou tlakových potrubí v jedno navazující potrubí, zejména při zapojení paralelních čerpadel ve vodohospodářských provozech. Toto spojení dvou potrubí v jedno navazující potrubí je žádoucí aplikovat zejména u výtlačných potrubí paralelně zapojených čerpadel.

Dosavadní stav techniky

Pro dlouhodobé, bezpečné a úsporné provozování liniových vodohospodářských staveb je nutné zajistit hospodárnou dopravu vody. K tomu účelu se nejčastěji používají tlakové trubní systémy, jejichž materiál je tvárná litina, PE, PVC, PP nebo ocel.

Při proudění kapalin v tlakovém potrubí vznikají hydraulické ztráty energie. Obecně lze energii proudící kapaliny pro dva průtočné profily A a B vyjádřit pomocí následující (Bernoulliho) rovnice.

$$\frac{v_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\rho g} + H_A = \frac{v_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\rho g} + H_B + \Sigma Z$$

Kde první člen rovnice $v^2/2g$ představuje kinetickou energii v daném profilu, druhý člen $p/\rho g$ představuje tlakovou energii v daném profilu a třetí člen H představuje potenciální energii v daném profilu. Vlivem proudění kapaliny z profilu A do profilu B vždy dochází k hydraulickým ztrátám třením, které jsou způsobeny jednak třením proudící kapaliny o vnitřní stěny potrubí a dále vzájemným třením jednotlivých částic uvnitř proudící kapaliny. V případě změny rychlostní pole proudící kapaliny dochází také místním ztrátám energie. Změna rychlostního pole proudící kapaliny může být způsobena například změnou průtočného profilu potrubí, změnou směru potrubí, či soutokem kapaliny z více potrubí.

Velikost hydraulických ztrát - třením a místních, se zpravidla vyjadřuje jako část rychlostní výšky proudění kapaliny v potrubí. Ztráty třením jsou přímo úměrné součiniteli ztráty třením λ a délce potrubí L a nepřímo úměrné vnitřnímu profilu potrubí D . Místní ztráty jsou přímo úměrné součiniteli místních ztrát ζ .

$$Z_t + Z_m = \left(\lambda \frac{L}{D} + \zeta \right) \frac{v^2}{2g}$$

Čerpací systém pro dopravu kapalin se skládá ze sacího potrubí, čerpadla a výtlačného potrubí. Při použití více čerpadel v jednom čerpacím systému mohou být čerpadla zapojena sériově nebo paralelně. Při paralelním uspořádání čerpadel se doporučuje samostatné sací potrubí pro každé čerpadlo. Výtlačná potrubí jednotlivých čerpadel jsou poté spojena v jedno výtlačné potrubí, jinak by se jednalo o samostatné čerpací systémy.

Při návrhu čerpacího systému je nutné navrhnout potrubí, tj. sací a výtlačné, s ohledem na investiční, a především provozní náklady celého systému a následně navrhnout čerpací jednotky. Z tohoto důvodu je žádoucí co nejvíce omezit vznik hydraulických ztrát proudící kapaliny. Pro omezení hydraulických ztrát třením je vnitřní profil potrubí navrhován s ohledem na doporučené rychlosti proudění, např. dle ČSN 75 5301, a dále je navrhován materiál potrubí s nízkou drsností vnitřního povrchu. Pro omezení hydraulických místních ztrát je nutné co nejvíce omezit změny rychlostního pole proudící kapaliny, tedy navrhnout potrubí bez zbytečných směrových lomů,

náhlych změn vnitřního profilu či srážení proudů při soutoku kapaliny z více potrubí. Ve všech případech změn rychlostního pole proudící kapaliny je žádoucí, aby tyto změny byly co nejvíce pozvolné. V běžné praxi není minimalizaci hydraulických místních ztrát, které vznikají při proudění kapalin v potrubí čerpacích systémů, zpravidla věnována dostatečná pozornost. Je to především z důvodu prostorových možností na umístění potrubí, tj. velké množství ostrých lomů potrubí, a dále z důvodu použití tvarovek, které jsou k dostání na trhu.

Tlakové trubní systémy se skládají z potrubí a trubních tvarovek, např. pro změnu směru potrubí, redukci vnitřního profilu potrubí či odbočku z potrubí, tzv. T-kus. Materiálem trubních systémů je především tvárná litina, PE, PVC, PP a ocel. U všech materiálových variant jsou systémové trubní tvarovky prakticky totožné, liší se jen rozdílným způsobem připojení na potrubí.

V oblasti vodohospodářských staveb se, v zemích Evropské unie u paralelního zapojení dvou čerpadel při spojení dvou výtlačných potrubí v jedno navazující potrubí, běžně používá standardně vyráběný T-kus daného vnitřního profilu a případně redukce v závislosti na profilu potrubí. V závislosti na vnitřním profilu použitého potrubí jsou výrobci standardně vyráběny T-kusy s napojením pod úhlem 90° a u profilů cca do DN 100 mm také pod úhlem 45° ve tvaru asymetrického písmene Y.

Použití T-kusu s napojením pod úhlem 90° umožňuje dva možné způsoby zapojení, kdy oba způsoby jsou používány. V jednom případě jsou jednotlivá výtlačná potrubí zapojena proti sobě a dochází tak ke srážení proudů kapaliny z jednotlivých výtlačných potrubí. V druhém případě je jedno výtlačné potrubí napojeno v přímém směru a druhé je do něho připojeno pod úhlem 90° . Při čelním srážení proudů dochází k soutoku dvou kapalin, kdy jednotlivé proudy mají vektory rychlosti v jedné ose, ale jsou opačného směru. V důsledku toho dochází k intenzivnímu promíchávání přitékajících proudů a zároveň musí oba přitékající proudy směnit svůj směr o 90° . Z tohoto důvodu dochází při tomto spojení, dvou výtlačných potrubí v jedno navazující potrubí, k největší disipaci energie, tedy dochází k nejvyšší hydraulické místní ztrátě. Tomu odpovídá i nejvyšší součinitel místních ztrát, který v průměru dosahuje hodnot cca $\zeta_1 = 2,9$. Při zapojení T-kusu s napojením pod úhlem 90° ve variantě s bočním srážením proudů dochází k soutoku kapalin, kdy jeden proud je veden v přímém směru a druhý je do něj zaústěn pod úhlem 90° . V tomto případě jsou vektory rychlosti jednotlivých proudů vzájemně kolmé a jeden z těchto proudů musí změnit svůj směr o 90° . Intenzita vzájemného promíchávání přitékajících proudů je závislá na velikosti jednotlivých proudů. Při tomto zapojení dochází k menším hydraulickým místním ztrátám než v předchozím případě, čemuž odpovídá i součinitel místní ztráty, který v průměru dosahuje hodnot cca $\zeta_1 = 2,6$.

Při použití asymetrické tvarovky Y s napojením pod úhlem 45° dochází k soutoku kapalin, kdy jeden proud je veden v přímém směru a druhý je do něj zaústěn pod úhlem 45° . V tomto případě svírají vektory rychlosti jednotlivých proudů 45° , kdy jeden z těchto proudů musí změnit svůj směr o 45° . Intenzita vzájemného promíchávání přitékajících proudů je závislá na velikosti jednotlivých proudů, ale vlivem šikmého zaústění je nižší než v obou předchozích případech zapojení T-kusu. Tomu odpovídají i nižší hydraulické místní ztráty než v předchozích případech. Součinitel místní ztráty v průměru dosahuje hodnot cca $\zeta_1 = 2,0$.

Nevýhodou všech těchto dostupných způsobů spojení dvou výtlačných potrubí v jedno navazující potrubí jsou hydraulické místní ztráty, které vznikají vlivem turbulence při spojení proudů protékající kapaliny. Tím dochází ke zvýšení provozních nákladů na energii spotřebovanou čerpadly při dopravě kapaliny.

Výhodou při paralelním zapojení výtlačného potrubí čerpadel se jeví návrh takového úhlu spojovací tvarovky a usměrnění proudu vody tak, aby hydraulické ztráty proudící vody ve spojovacím potrubí byly, co nejmenší.

Nejbližším popisovaným stavem techniky navrhované tvarovky, je tvarovka u spojení netlakového potrubí.

5 Podstata vynálezu

Předkládaný vynález se týká optimalizace hydraulických ztrát, které vznikají při soutoku dvou proudů vody ve spojení dvou tlakových potrubí, a tím zvýšení účinnosti trubního systému.

- 10 Nedostatky tvarovek, které jsou běžně používána ke spojení dvou výtlačných potrubí paralelně zapojených čerpadel známých ze stavu techniky, optimalizuje úsporná tvarovka podle vynálezu. Pomocí této tvarovky dochází k symetrickému spojení dvou proudů vody přitékajících k místu spojení pod vzájemným úhlem $\alpha = 84$ až 96° a odtoku vody pod úhlem $\beta = 138$ až 132° . Výstupní trouba má v místě spojení vstupních trub eliptický tvar a na druhém konci má kruhový tvar s
- 15 výstupním průměrem D_2 , přičemž uvnitř výstupní trouby je na spoji vstupních trub umístěn usměřovač a poměr výstupního průměru D_2 výstupní trouby k průměru D_1 vstupních trub je 1,3 až 1,7.

Usměřovač má s výhodou délku rovnou 0,6 až 0,9 násobku průměru D_1 vstupní trouby.

- 20 Horizontální úhel přechodového profilu výstupní trouby může být $\gamma = 2$ až 6° a vertikální úhel může být $\delta = 3$ až 7° .

- 25 Součinitel místní ztráty ζ_1 pro různé poměry průtoků vstupní trouby Q_1 k výstupní troubě Q_2 je 1 až 1,4.

Na vnitřním povrchu tvarovky je s výhodou vrstva snižující hydraulickou drsnost.

- 30 Chování proudící vody ve spojení tvarovce podle provedení vynálezu je následovné. V důsledku působení úsporné tvarovky na proudící vodu dochází ke vzniku odstředivé síly jednotlivých přitékajících proudů vody směrem od vnějších stran na vnitřní stranu spojně tvarovky, při kterém přitékající voda v místě spojení dvou vstupních trub mění svůj směr proudění o cca 45° . Výsledkem je tlakový gradient, který působí od vnitřních stran vstupních trub směrem k vnější straně výstupní trouby úsporné tvarovky. V důsledku toho dochází za změnou směru proudění k rychlému
- 35 vyrovnání rychlostního pole vody v celém průtočném profilu jednotlivých proudů vody. Ke spojení obou přitékajících proudů dochází vlivem usměřovače až za spojením vstupních trub, a to v rovnoběžném směru, při kterém je omezeno promíchávání obou proudů. Pro snížení rychlosti proudění a zvýšení tlaku výstupního proudu vody za místem spojení obou proudů má výstupní trouba úsporné tvarovky větší vnitřní profil než vstupní trouby tvarovky. Oproti běžným způsobům
- 40 spojování dvou proudů dochází k omezení disipace energie proudící vody jednak vlivem omezení vzájemného pomíchávání přitékajících proudů vody a dále omezením přeměny kinetické energie na tlakovou energii, a následně tlakové energie na kinetickou energii. Součinitel místní ztráty úsporné tvarovky dle vynálezu dosahuje v průměru hodnot cca $\zeta_1 = 1,2$. Experimentální výsledky součinitele místní ztráty úsporné tvarovky v porovnání s běžnými tvarovkami je zobrazen
- 45 příloženém obr. Na obrázku je zobrazena závislost součinitele místní ztráty ζ_1 na poměru vstupního průtoku do tvarovky z jednoho výtlačného potrubí čerpadla a výstupního průtoku z tvarovky za spojením obou výtlačných potrubí v jedno společné Q_1/Q_2 .

- 50 S ohledem na výše zmíněná zjištění bude vlivem působení úsporné tvarovky na protékající vodu snížena turbulence vznikající při soutoku proudů vody. V důsledku toho bude docházet k menšímu uvolňování rozpuštěných plynů z dopravované vody, a tím k omezení oxidace vnitřních povrchů trub, tvarovek a armatur. Dále, vlivem snížení hydraulických ztrát energie, bude zvýšena účinnost celého trubního systému. Celkově má úsporná tvarovka podle vynálezu pozitivní vliv na snížení provozních nákladů a zvýšení životnosti.

55

Objasnění výkresů

Vynález je blíže objasněn pomocí výkresů, na nichž znázorňuje:

5

Obr. 1 – horizontální řez úspornou tvarovkou dle vynálezu.

Obr. 2 – vertikální řez úspornou tvarovkou dle vynálezu.

10

Obr. 3 – graf součinitelů hydraulických místních ztrát spojných tvarovek pro různý poměr vstupního a výstupního průtoku. Plnou čarou jsou znázorněny koeficienty místních ztrát úsporné tvarovky dle vynálezu, přerušovanou čarou jsou znázorněny koeficienty místních ztrát asymetrické tvarovky Y s úhlem napojení 45° a čerchovanou čarou jsou znázorněny koeficienty místních ztrát T-kusu 90° s protisměrným napojením výtlačných potrubí.

15

Obr. 4 – tabulka vstupních profilů D1 a výstupních profilů D2 jednotlivých úsporných tvarovek v závislosti na doporučeném rozmezí průtoků čerpadel.

20

Příklady uskutečnění vynálezu

Úsporná tvarovka pro spojení dvou tlakových potrubí do jednoho výstupního potrubí při zapojení paralelních čerpadel ve vodohospodářských provozech, obsahuje dvě vstupní trouby 1 kruhového profilu o průměru D1, jejichž osy jsou navzájem pod úhlem α a dále jsou pod úhlem β připojeny do jedné výstupní trouby 2, která má v místě spojení vstupních trub 1 eliptický tvar a na druhém konci má kruhový tvar s výstupním průměrem D2. Uvnitř výstupní trouby 2 je na spoji vstupních trub 1 umístěn usměrňovač 3. Usměrňovač 3 má délku rovnou 0,6 až 0,9 násobku průměru D1 vstupní trouby 1. Součinitel místní ztráty ζ_1 pro různé poměry průtoků vstupní trouby 1 Q1 k výstupní troubě 2 Q2 je 1 až 1,4. Úsporná tvarovka je na vnitřním povrchu opatřena vrstvou snižující hydraulickou drsnost.

První příklad provedení úsporné tvarovky je tvarovka pro spojení dvou potrubí o profilu DN40 v jedno navazující potrubí DN65. Obě vstupní trouby 1 jsou tvořeny z nerezové oceli o vnitřním profilu D1 = 40 mm s tloušťkou stěny T1 = 2,5 mm. Délka jednotlivých vstupních trub 1 je A = 125 mm a vzájemně spolu svírají úhel $\alpha = 90^\circ$. Výstupní trouba 2 je tvořena z nerezové oceli o vnitřním profilu D2 = 65 mm s tloušťkou stěny T2 = 3,0 mm a délkou B = 180 mm. Pro napojení vstupních trub 1 na výstupní troubu 2 je výstupní trouba 2 v místě spojení zploštěna do tvaru elipsy a k výstupnímu profilu rovnoměrně přechází do kruhového tvaru. Horizontální úhel tohoto přechodu je $\gamma = 4^\circ$ a vertikální $\delta = 5^\circ$. Pro omezení turbulence protékající vody a snížení hydraulických místních ztrát je tvarovka vybavena v místě spojení vstupních trub usměrňovačem 3 proudění o délce C = 30 mm. Tvarovka je určena pro vnitřní jmenovitý tlak vody PN16, tedy 16 Bar. Připojení tvarovky k jednotlivým potrubím je umožněno pomocí přírub.

Druhý příklad provedení úsporné tvarovky je tvarovka pro spojení dvou potrubí o profilu DN80 v jedno navazující potrubí DN125. Obě vstupní trouby 1 jsou tvořeny z nerezové oceli o vnitřním profilu D1 = 80 mm s tloušťkou stěny T1 = 3,5 mm. Délka jednotlivých vstupních trub 1 je A = 205 mm a vzájemně spolu svírají úhel $\alpha = 90^\circ$. Výstupní trouba 2 je tvořena z nerezové oceli o vnitřním profilu D2 = 125 mm s tloušťkou stěny T2 = 4,0 mm a délkou B = 294 mm. Pro napojení vstupních trub 1 na výstupní troubu 2 je výstupní trouba 2 v místě spojení zploštěna do tvaru elipsy a k výstupnímu profilu rovnoměrně přechází do kruhového tvaru. Horizontální úhel tohoto přechodu je $\gamma = 4^\circ$ a vertikální $\delta = 5^\circ$. Pro omezení turbulence protékající vody a snížení hydraulických místních ztrát je tvarovka vybavena v místě spojení vstupních trub 1 usměrňovačem 3 proudění o délce C = 58 mm. Tvarovka je určena pro vnitřní jmenovitý tlak vody PN16, tedy 16 Bar. Připojení tvarovky k jednotlivým potrubím je umožněno pomocí přírub.

55

Výše uvedené příklady lze s patřičnou úpravou floušťky stěny trub zhotovit také v plastovém provedení. Způsob napojení úsporné tvarovky lze upravit dle materiálu trubního systému a jeho způsobu spojování - přírubový spoj, lepený spoj, svařovaný spoj, apod. Rozsah vnitřních profilů úsporné tvarovky je uvažován od DN40 až DN500.

5

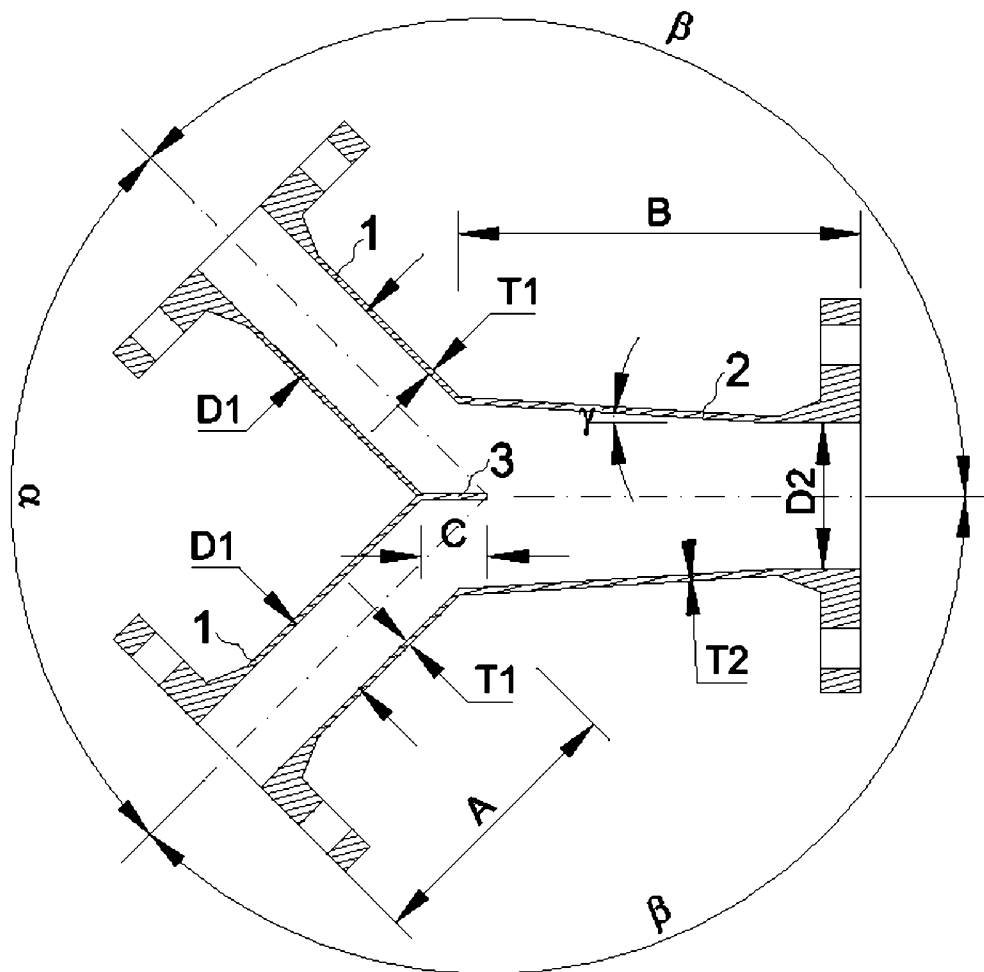
Průmyslová využitelnost

- 10 Tvarovka podle tohoto technického řešení nalezne uplatnění především u liniových vodohospodářských staveb. Konkrétně se jedná o tlakové systémy s paralelně zapojenými čerpadly ve vodárenských, průmyslových a balneotechnických zařízeních u kterých s ohledem na jejich dlouhodobý provoz paralelně zapojených čerpadel je vhodné optimalizovat hydraulické parametry těchto systémů, a tím dlouhodobě snížit jejich provozní náklady a zvýšit životnost celého systému pro dopravu vody.

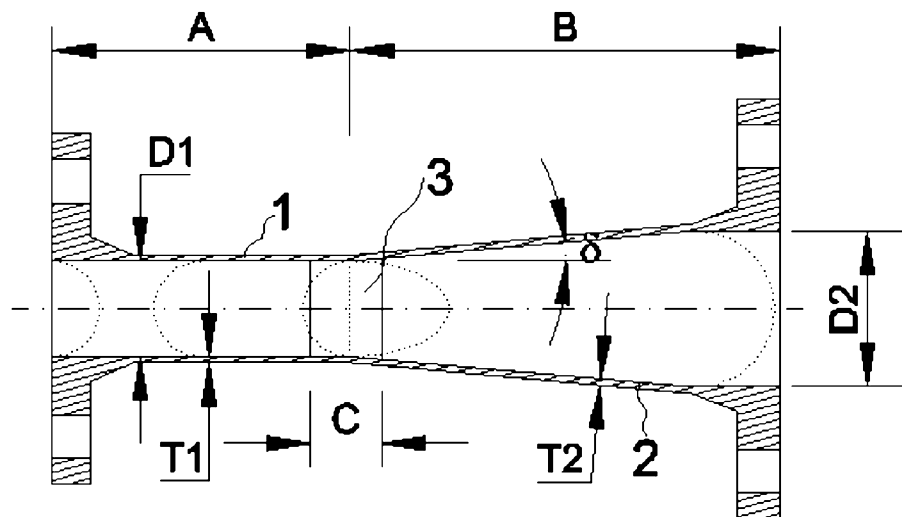
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Úsporná tvarovka pro spojení dvou tlakových potrubí do jednoho výstupního potrubí, zejména při zapojení paralelních čerpadel ve vodohospodářských provozech, **vyznačující se tím**, že obsahuje dvě vstupní trouby (1) kruhového profilu o průměru (D1), jejichž osy jsou navzájem pod úhlem $\alpha = 84$ až 96° a dále jsou pod úhlem $\beta = 132$ až 138° připojeny do jedné výstupní trouby (2), která má v místě spojení vstupních trub (1) eliptický tvar a na druhém konci má kruhový tvar s výstupním průměrem (D2), přičemž uvnitř výstupní trouby (2) je na spoji vstupních trub (1) umístěn usměřovač (3) a poměr výstupního průměru (D2) výstupní trouby (2) k průměru (D1) vstupních trub (1) je 1,3 až 1,7.
2. Úsporná tvarovka podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že usměřovač (3) má délku rovnou 0,6 až 0,9 násobku průměru (D1) vstupní trouby (1).
3. Úsporná tvarovka podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že horizontální úhel přechodového profilu výstupní trouby (2) je $\gamma = 2$ až 6° a vertikální úhel je $\delta = 3$ až 7° .
4. Úsporná tvarovka podle kteréhokoli z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že součinitel místní ztráty ζ_1 = pro různé poměry průtoků vstupní trouby (1) Q_1 k výstupní troubě (2) Q_2 je 1 až 1,4.
5. Úsporná tvarovka podle kteréhokoli z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že na vnitřním povrchu je opatřena vrstvou snižující hydraulickou drsnost.

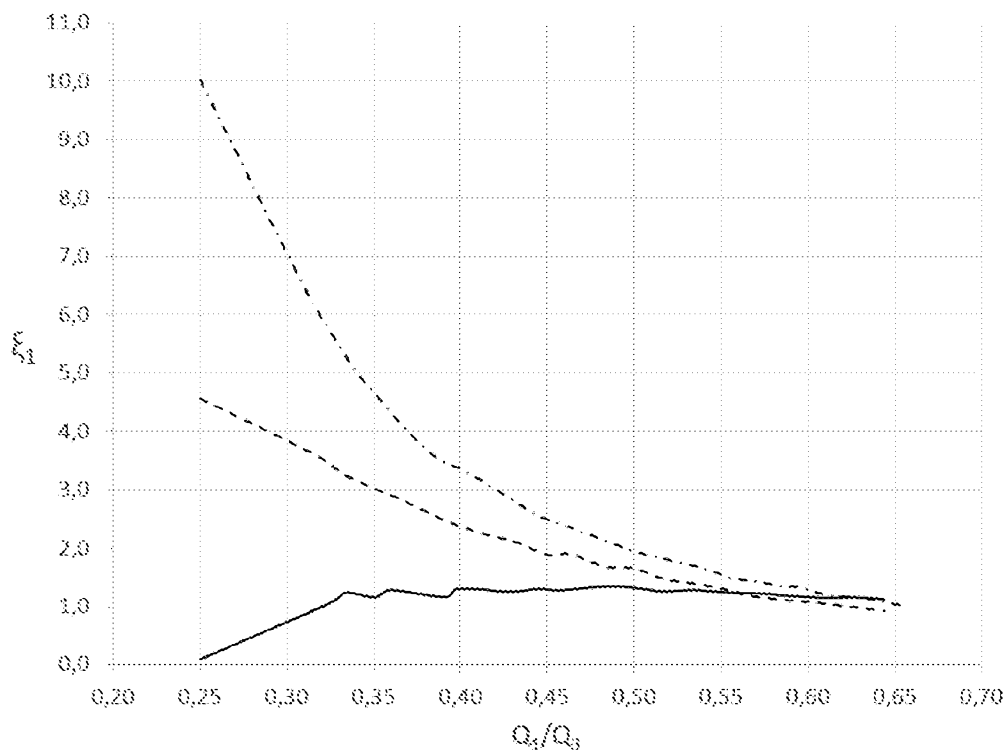
2 výkresy



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3

Vstupní profily					Výstupní profil					poměr D2/D1
D1	průtok jednoho čerpadla		vstupní rychlost		D2	průtok obou čerpadel		výstupní rychlost		
	min	max	min	max		min	max	min	max	
mm	m ³ /h	m ³ /h	m/s	m/s	mm	m ³ /h	m ³ /h	m/s	m/s	-
40	2,99	6,33	0,66	1,40	65	5,97	12,67	0,50	1,06	1,63
50	4,52	9,90	0,64	1,40	80	9,05	19,79	0,50	1,09	1,60
65	7,07	16,72	0,59	1,40	100	14,14	33,45	0,50	1,18	1,54
80	11,04	25,33	0,61	1,40	125	22,09	50,67	0,50	1,15	1,56
100	15,93	39,58	0,56	1,40	150	31,81	79,17	0,50	1,24	1,50
125	28,27	61,85	0,64	1,40	200	56,55	123,70	0,50	1,09	1,60
150	53,01	89,06	0,83	1,40	250	106,03	178,13	0,60	1,01	1,67
200	78,34	158,34	0,68	1,40	300	152,68	316,67	0,60	1,24	1,50
250	103,91	247,40	0,59	1,40	350	207,82	494,80	0,60	1,43	1,40
300	135,72	356,26	0,53	1,40	400	271,43	712,51	0,60	1,58	1,33
350	212,06	484,90	0,61	1,40	500	424,12	969,81	0,60	1,37	1,43

Obr. 4