



TECHNICKÝ ZÁZNAM

č. SVÚSS 93-05106

Experimentální vyšetření funkčních charakteristik
stojatého ohříváče vody GLAZER 40x1340
při vyhřívání vodou

DT

66.045.1
536.24
532.5

SVÚSS si vyhrazuje k této zprávě
veškerá autorská práva.

Autor: Ing. Stanislav Stýblo, CSc.
Ing. Leopold Struhár

Vedoucí odboru: Ing. Vojtěch Hlavačka, DrSc

Vedoucí výzkumu: Ing. Petr Štulc

Ředitel ústavu: Ing. Milan Šatra, CSc

Číslo úkolu: 25.6.6623
Číslo zakázky: 14-O/HS 10067/92-25

Počet stran: 21
Obr. a diagr.: -
Tabulky: 18
Fotokopie: -
Výkresy: -
Přílohy: -

Pořadové číslo výtisku:

6

Vydáno: prosinec 1993

Výtah

Na základě experimentálního vyšetření funkčních charakteristik stojatého vodního ohříváče topné a užitkové vody Glazer Js 40*1340 jsou stanoveny jeho výkonové a odporové charakteristiky při vyhřívání horkou a teplou vodou. Z výsledků měření jsou dále odvozeny základní hodnoty termokinetických i odporových součinitelů a výkonové i odporové charakteristiky při jmenovitých parametrech ohřevu topné a užitkové vody. Dále jsou stanoveny hodnoty základních ukazatelů pro hodnocení kvality těchto výrobků.

Obsah

Seznam značek a indexů	4
Seznam tabulek	6
1.0 Úvod	7
2.0 Základní charakteristiky zkušebních vzorků	7
3.0 Zkušební zařízení a metodika zkoušek	8
3.1 Zkušební zařízení	8
3.2 Metodika vyhodnocení výsledků zkoušek	9
3.21 Metodika vyhodnocení tepelně technických charakteristik	9
3.22 Metodika vyhodnocení odporových charakteristik	10
4.0 Výsledky zkoušek a jejich zhodnocení	11
4.1 Tepelnětechnické charakteristiky zku- šebních vzorků	12
4.2 Tepelnětechnické charakteristiky ohřivačů Glazer Js 40*1340 při jmeno- vitých parametrech	13
4.3 Odporové charakteristiky zkušebních vzorků	17
5.0 Základní kritéria pro hodnocení ohřivačů vody Glazer Js 40*1340 při vyhřívání vodou	17
5.1 Metodika hodnocení teplosměnných ploch výměníků tepla	17
5.2 Základní kritéria pro hodnocení trubkových ohřivačů vody	19
5.3 Základní kritéria pro hodnocení deskových ohřivačů vody	19
6.0 Závěr	19
7.0 Literatura	21

Seznam značek a indexůZnačky

Značka	Význam	Jednotka
c_p	měrná tepelná kapacita při konstantním tlaku	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
d	průměr	m
d_h	hydraulický průměr	m
k	součinitel prostupu tepla	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$
L	délka	m
M	hmotnost	kg
M'	hmotnostní průtok	kg s^{-1}
Nu	Nusseltovo kritérium	-
p	tlak	Pa
Pr	Prandtlovo kritérium	-
Q'	tepelný výkon, tepelný tok	W
Re	Reynoldsovo kritérium	-
S	plocha povrchu	m^2
t	teplota	$^{\circ}\text{C}$
V	objem	m^3
V'	objemový průtok	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
W'	tepelná kapacita hmotnostního toku	W K^{-1}
w	rychlost	m s^{-1}
Δ	rozdíl veličin	-
f	součinitel místních ztrát	-
η	účinnost	-
ξ	součinitel třecích ztrát	-
ρ	hustota	kg m^{-3}

Indexy

Index	Význam
c	celkový
lok	lokální ztráta
max	maximální
min	minimální
o	oběhová voda
p	primární voda

s	sekundární voda
st	stěna
tr	třecí ztráta
u	užitková voda
w	voda
1	vstupní
2	výstupní

Seznam tabulek

- 93-05106.1 Schéma uspořádání stojatého ohřivače vody Glazer Js 40*1340
- 93-05106.2 Charakteristické údaje pro stojatý ohřivač vody Glazer Js 40*1340
- 93-05106.3 Schéma zkušebního zařízení stojatých ohřivačů vody Glazer Js 40*1340 při vyhřívání horkou a teplou vodou
- 93-05106.4 Schéma teplotních poměrů ve zkušebním zařízení při vyhřívání teplou či horkou vodou
- 93-05106.5 Termická účinnost protiproudého výměníku tepla
- 93-05106.6 Výběr naměřených a odvozených údajů pro stanovení výkonových a termokinetických charakteristik zkušebních vzorků
- 93-05106.7 Výkonové charakteristiky zkušebních vzorků při vyhřívání teplou a horkou vodou
- 93-05106.8 Korelace výsledných součinitelů přestupu tepla při průtoku vody trubkami a mezitrubkovým prostorem
- 93-05106.9 Odporové charakteristiky zkušebních vzorků při průtoku vody trubkami
- 93-05106.10 Odporové charakteristiky zkušebních vzorků při průtoku mezitrubkovým prostorem
- 93-05106.11 Vliv objemového průtoku primární vody na požadovaný i výsledný prostup tepla při ohřevu topné vody
- 93-05106.12 Vliv objemového průtoku primární vody na požadovaný i výsledný prostup tepla při ohřevu užitkové vody
- 93-05106.13 Vliv objemového průtoku primární vody na požadované i výsledné výkonové charakteristiky při ohřevu topné vody
- 93-05106.14 Vliv objemového průtoku primární vody na požadované i výsledné výkonové charakteristiky při ohřevu užitkové vody
- 93-05106.15 Schéma přepážkových systémů v trubkových výměnících
- 93-05106.16 Trubkové ohřivače vody pro ústřední vytápění budov
- 93-05106.17 Hodnoty základních ukazatelů pro hodnocení trubkových ohřivačů vody
- 93-05106.18 Hodnoty základních ukazatelů pro hodnocení deskových ohřivačů vody

1.0 Úvod

Druhá etapa řešení úkolu navazuje na zprávu [1], která shrnuje výsledky první etapy práce SVÚSS zaměřené na rozbor výsledků měření funkčních charakteristik stojatého parního ohřivače vody Glazer Js 40*1340 při vyhřívání nízkotlakou a středotlakou parou, provedených v SZÚ č. 202 Brno [2], a na předběžné určení funkčních charakteristik uvedených ohřivačů při vyhřívání teplou a horkou vodou. Tato etapa zahrnuje výstavbu zkušebního zařízení pro měření výkonových a odporových charakteristik ohřivačů Glazer Js 40*1340 při vyhřívání teplou i horkou vodou a zabývá se dále experimentálním vyšetřením jeho funkčních charakteristik při vyhřívání teplou a horkou vodou, odvozením základních termokinetických a odporových součinitelů, stanovením výkonových a odporových charakteristik ohřivače při jmenovitých parametrech ohřevu topné a užitkové vody a odvozením ukazatelů pro hodnocení těchto výrobků.

2.0 Základní charakteristiky zkušebních vzorků

Ohřivače vody firmy Glazer jsou vyráběny na rozdíl od ostatních tuzemských výrobků z měděných trubiček velmi malého průměru i tloušťky stěn. Rozměr trubiček u zkušebního vzorku je 3*0.5 mm. Kromě toho uvažuje výrobce výhledově vyzkoušet trubičky 4*0.5 mm a 2*0.5 mm. Zvládnutí této výroby umožňuje dosáhnout výrazného zmenšení objemu a hmotnosti ohřivačů v porovnání se současně dodávanými výrobky.

Celkové uspořádání ohřivače vody firmy Glazer je zřejmé z tab. 1. K napojení ohřivače do okruhu primární i sekundární vody slouží otočné ploché ocelové příruby Js 40 Jt 6, umístěné jednak na plášťové trubce, jednak na nátrubcích připevněných k plášťové trubce z boku na obou jejích koncích, jak je patrné z obr. 1 na tab. 1. Měděné trubičky jsou uspořádány do svazku, jehož konfiguraci udává obr. 2 na tab. 1. Svazek trubek opatřený na obou koncích trubkovnicemi z poměrně tenkého měděného plechu je vsunut do plášťové trubky. Spoj trubiček s trubkovnicí a trubkovnice s plášťovou trubkou zajišťuje stříbrná pájka. Charakte-

ristické rozměry ohříváče jsou shrnuty na tab. 2.

Nové výrobky se s výhodou uplatňují např. ve výměníkových stanicích při vodním či parním ohřevu vody pro ústřední vytápění rodinných a činžovních domů i k ohřevu užitkové vody. Přispívají ke snižování investičních nákladů, protože snižují požadavky na zastavěný objem. Kromě malého půdorysu vynikají i malou stavební výškou, takže nevyžadují speciální zdvihací stroje

3.0 Zkušební zařízení a metodika zkoušek

3.1 Zkušební zařízení

Návrh zkušebního zařízení a metodiky zkoušek stojatých ohříváčů vody Glazer Js 40*1340 při vyhřívání vodou vycházel ze záměru maximálních úspor elektrické energie a maximálního omezení počtu zkoušek. Z těchto důvodů sestává zkušební zařízení z nepřímé soustavy (tab. 3), ve které jsou současně zkoušeny dva ohříváče. První ohříváč vyhříváný primární teplou či horkou vodou slouží k ohřevu oběhové vody, která je vedena do druhého výměníku, kde ohřívá studenou vodu ze sítě. Tím jsou umožněny zkoušky v širokém rozmezí teplotních parametrů.

Z tab. 3 je dále patrné umístění měřicích čidel, která slouží ke zjišťování objemových průtoků pracovních látek, k měření jejich vstupních a výstupních teplot, k měření statického tlaku na vstupech a výstupech pracovních látek u jednotlivých ohříváčů. Měření určujících veličin zajišťují turbinové průtokoměry, termočlánky NiCr-Ni umístěné v jímkách naplněných petrolejem a odběry statických tlaků.

Všechny vodní okruhy jsou vybaveny vlastním čerpadlem. Okruh horké a oběhové vody lze natlačovat vzduchem z tlakové lahve. Okruh studené vody je otevřený. Je napájen ze zásobní nádrže umístěné u stropu zkušebny. Nádrž je vybavena přepadem. Okruhy lze plnit užitkovou vodou z hydrantu přes napouštěcí ventily.

3.2 Metodika vyhodnocení výsledků zkoušek

Metodika vyhodnocení výsledků zkoušek je zaměřena k odvození tepelnětechnických a odporových charakteristik.

3.2.1 Metodika vyhodnocení tepelnětechnických charakteristik

Tepelný výkon zkušebních vzorků je určován z ochlazení a ohřátí všech zúčastněných pracovních látek. Při jeho stanovení vycházíme ze základního definičního vztahu

$$\dot{Q}'_w = V'_{w'} \rho_w c_{pw} (t_{w1} - t_{w2}) , \quad (1)$$

kde je

$V'_{w'}$ objemový průtok vody,

ρ_w hustota vody,

c_{pw} měrná tepelná kapacita vody,

t_{w1} , t_{w2} vstupní resp. výstupní teplota vody.

Po vyhodnocení výkonových charakteristik kontrolujeme tepelné bilance u jednotlivých ohřivačů i vzájemné údaje, které musí být shodné vzhledem k nepatrným ztrátám propojovacího potrubí oběhové vody. Další kontrolu provádíme pomocí základního definičního vztahu pro celkovou termickou účinnost nepřímé soustavy s teplotním prostředníkem

$$\eta_c = \frac{1}{\frac{1}{\eta_p} + \frac{W'_p}{W'_s} \frac{1}{\eta_s} - \frac{W'_p}{W'_o}} , \quad (2)$$

kde je

$$\eta_c = \frac{\Delta t_p}{\Delta t_1} \quad \begin{array}{l} \text{celková termická účinnost} \\ \text{nepřímé soustavy,} \end{array}$$

$$\eta_p = \frac{\Delta t_p}{\Delta t_{p1}} \quad \begin{array}{l} \text{dílní termická účinnost ohřivače} \\ \text{topné vody} \end{array}$$

$$\eta_u = \frac{\Delta t_u}{\Delta t_{u1}} \quad \begin{array}{l} \text{dílní termická účinnost ohřivače} \\ \text{užitkové vody,} \end{array}$$

W'_p , W'_o , W'_s tepelné kapacity toku pracovních látek.

Význam označení jednotlivých veličin je patrný z tab. 4. Vztah (2) je velmi citlivý na přesnost určení dílčích termických účinností; tepelných kapacit toků pracovních látek, definovaných výrazem

$$\dot{W}_w = \dot{V} \rho_w c_w . \quad (3)$$

Při vyhodnocení termokinetických součinitelů v jednotlivých ohřivačích vody vycházíme dále z dílčích termických účinností η_p a η_w , které jsou při daném protiproudém uspořádání průtoku pracovních látek definovány závislostmi

$$\eta_p = f\left(\frac{\dot{W}_p}{\dot{W}_o}; \frac{k_p S_p}{\dot{W}_p}\right) \quad \text{resp.} \quad \eta_w = f\left(\frac{\dot{W}_w}{\dot{W}_o}; \frac{k_w S_w}{\dot{W}_w}\right)$$

(viz tab. 5). Pro odvozené hodnoty dílčích termických účinností a poměry tepelných kapacit toků pracovních látek odečteme z tab. 5 hodnotu přenosové funkce kS/\dot{W} a dále stanovíme hodnotu součinitele prostupu tepla k . Z takto odvozených hodnot součinitelů prostupu tepla k lze dále nepřímou metodou odvodit hodnoty součinitelů přestupu tepla uvnitř trubek a v mezitrubkovém prostoru a porovnat je s hodnotami vypočtenými z kritériálních rovnic doporučených v [1].

3.22 Metodika vyhodnocení odporových charakteristik

Odporové charakteristiky při průtoku pracovních látek ohřivačů vody určujeme z rozdílů statických tlaků, měřených v přívodním a odváděcím potrubí. Při umístění statických odběrů jsou respektovány podmínky předepsané příslušnými normami ČSN.

Při analýze odporových charakteristik zaměřených k odvození ztrátových součinitelů vycházíme pak z předpokladu, že celková tlaková ztráta při průtoku vody sestává z třecí ztráty a ze ztrát vyvolaných místními odpory

$$\Delta p_{wc} = \Delta p_{wtr} + \sum \Delta p_{wlok} . \quad (4)$$

Třecí ztráty jsou definovány známým vztahem

$$\Delta p_{\text{tr}} = \xi_w \frac{w^2}{2} \frac{L}{d_h} Q_w, \quad (5)$$

kde je

$\xi_w = f(\text{Re})$ součinitel třecích ztrát,

L délka trubek (průtočného kanálu),

d_h hydraulický průměr.

Z rozdílu celkové a třecí ztráty stanovíme sumu tlakových ztrát způsobených místními odpory a dále určíme celkový součinitel místních ztrát

$$\Delta p_{\text{mlok}} = \xi_{\text{celok}} \frac{w_{\text{min}}^2}{2} Q_w, \quad (6)$$

kde je

ξ_{celok} celkový součinitel místních ztrát, který respektuje součet ztrát změnou směru proudění pracovní látky a změny průtočných průřezů ve vstupní a výstupní zóně mezitrubkového prostoru,

w_{min} rychlost proudění vody v minimálním průtočném průřezu.

4.0 Výsledky zkoušek a jejich zhodnocení

Výsledky zkoušek obou zkušebních vzorků při vyhřívání teplou a horkou vodou jsou shrnuty do tab. 6 až 14h.

Na tab. 6 je pro ilustraci uveden přehled vybraných výsledků měření včetně odvozených výkonových a termokinetických charakteristik.

Tab. 7 znázorňuje závislost odvozených výkonových charakteristik na objemovém průtoku primární vody.

Tab. 8 se týká korelace výsledných součinitelů přestupu tepla při průtoku pracovních látek trubkami a mezitrubkovým prostorem.

Z tab. 9 jsou zřejmé odporové charakteristiky zkušebních vzorků při průtoku vody trubkami.

Na tab. 10 jsou patrné odporové charakteristiky zku-

šebních vzorků při průtoku vody mezitrubkovým prostorem.

Tab. 11a až 11u charakterizují vliv objemového průtoku primární vody na požadovaný i výsledný prostup tepla ve zkušebních vzorcích při ohřevu topné vody na jmenovité parametry.

Tab. 12a až 12h uvádí vliv objemového průtoku primární vody na požadovaný i výsledný prostup tepla ve zkušebních vzorcích při ohřevu užitkové vody na jmenovité parametry.

Tab. 13a až 13u představují vliv objemového průtoku primární vody na požadované i výsledné výkonové charakteristiky zkušebních vzorků při ohřevu topné vody na jmenovité parametry.

Tab. 14a až 14h znázorňuje vliv objemového průtoku primární vody na požadované i výsledné výkonové charakteristiky zkušebních vzorků při ohřevu užitkové vody na jmenovité parametry.

4.1 Tepelnětechnické charakteristiky zkušebních vzorků

Přehled vybraných tepelnětechnických charakteristik na tab. 6 dokládá, že při měření výkonových charakteristik zkušebních vzorků bylo dosaženo velmi vysoké přesnosti. V průběhu zkoušek bylo však nutné odstranit drobné závady na turbinových průtokoměrech a věnovat zvýšenou pozornost jejich cejchování. Koncepce nepřímé soustavy se plně osvědčila, neboť poskytla při daném počtu zkoušek dvojnásobek podkladů v širokém rozmezí teplotních parametrů. Dále se prokázalo, že ztráty tepla ve spojovacím potrubí zkušebních vzorků i vliv oběhového čerpadla je možno zanedbat.

Výkonová charakteristika zkušebních vzorků na tab. 7 je pro ilustraci porovnána s předběžnými charakteristikami podle [1]. Ukazuje se, že nebylo dosaženo úplné shody. Podrobná analýza výsledků měření z termokinetického hlediska prokázala, že přijatá zjednodušení při výpočtu základních součinitelů přestupu tepla na vnitřní a vnější straně trubkového svazku nepříznivě ovlivnila předběžné hodnoty. Jde zejména o hodnoty v přechodové oblasti charakterizované rozmezím $2.3 \cdot 10^3 < Re_{dn} < 10^4$ a dále o zanedbání vlivu neizotermického proudění na přestup tepla na přestup tepla, na jehož postižení jsou v odborné literatuře uváděny dosud po-

měrně rozdílné faktory. Po korelaci odvozených součinitelů přestupu tepla bylo zjištěno (tab. 8), že výsledné závislosti vystihuje s vyhovující přesností vztah

$$Nu = 0.116 \left[Re_{dn}^{2/3} - 180 \right] Pr^{1/3} \left(\frac{Pr}{Pr_{ref}} \right)^m \left[1 + \left(\frac{dn}{L} \right)^{2/3} \right], \quad (7)$$

který odpovídá při $Pr/Pr_{ref} = 1$ rovnici doporučené v [3]. Hodnota exponentu m v teplotním faktoru $(Pr/Pr_{ref})^m$ je závislá na toku tepla. Při ochlazování tekutiny je $m = 0.25$ a při jejím ohřevu $m = 0.06$, což jsou údaje doporučené v [4]. Rovnice (7) platí i pro $Re_{dn} > 10^6$. Pro tuto oblast byla uvažována při předběžných výpočtech kritériální rovnice

$$Nu = 0.021 Re_{dn}^{0.5} Pr^{0.43}, \quad (8)$$

která dává v oblasti $Re_{dn} > 10^4$ prakticky shodné výsledky se vztahem (7), zanedbáme-li vliv teplotního faktoru $(Pr/Pr_{ref})^m$. Laminární oblast $Re_{dn} < 2300$ nebyla experimentálně blíže prošetřena. V případě potřeby ji lze vystihnout známou rovnicí Michejeva [5]

$$Nu = 0.74 Re_{dn}^{0.2} (GrPr)^{0.1} Pr^{0.2}, \quad (9)$$

kde

$$Gr = \frac{\beta g \Delta t d_n^3}{\nu^2},$$

je Grashofovo kritérium, ve kterém jsou

β součinitel objemové roztažnosti,

g tíhové zrychlení.

4.2 Tepelnětechnické charakteristiky ohříváčů Glazer Js 40*1340 při jmenovitých parametrech

Protože při ověřovacích zkouškách zkušebních vzorků se nedařilo dosáhnout jmenovité teplotní parametry ohříváčů, je nutné je stanovit jen na základě výpočtu s využitím experimentálně ověřených kritériálních závislostí (7). Nejdříve je však třeba prokázat na základě porovnání požadovaných a do-

sažených závislostí součinitelů prostupu tepla na objemovém průtoku primární vody, do jaké míry jsou splněny požadavky na přenosové funkce ohřivačů. Tyto požadavky vyplývají ze jmenovitých teplotních poměrů v ohřivačích při ohřevu topné a užitkové vody (tab. I a II) a z odvozených termických účinností η_{pv} a η_s . Poměr termických účinností pro primární a sekundární stranu výměníku určuje pak poměr tepelných kapacit toků pracovních látek a poměr jejich objemových průtoků. Výsledné požadavky pro přenosové funkce při ohřevu topné vody jsou uvedeny na tab. I a při ohřevu užitkové vody na tab. II. Obě požadované závislosti jsou lineární.

Z porovnání požadovaných závislostí pro prostup tepla při jmenovitých parametrech s výslednými hodnotami na tab. 11a až 11u vyplývá, že při ohřevu topné vody jsou požadavky na prostup tepla splněny pouze u parametrů sekundární vody $t_{w2}/t_{w1} = 55/45$ ($^{\circ}\text{C}$). V oblasti vyšších objemových průtoků primární vody je dosaženo poměrně značné rezervy na krytí zvýšených nároků při zanášení ohřivače během dlouhodobého provozu. Ohřivač Glazer Js40*1340 není však dostatečně dimenzován pro dosažení vyšších jmenovitých teplot sekundární vody, neboť výsledné hodnoty součinitelů prostupu tepla jsou nižší než požadované údaje. Rozdíl mezi uvedenými hodnotami je závislý na objemových průtocích pracovních látek a na jejich jmenovitých teplotách. Obdobné závěry platí i při ohřevu užitkové vody (tab. 13a až 13u).

NTU

Tab. I Nároky na vodní ohřivač vody pro vytápěcí účely

Teplota vody °C		Požad. termická účinnost	Poměr tep. kapacit	Poměr obj. průtoků	Požadavek na přenos. parametr	Požadavek na pro- stup tepla
prim.	sek.					
$\frac{t_{wp1}}{t_{wp2}}$	$\frac{t_{ws1}}{t_{ws2}}$	η_{wp}	$\frac{\dot{W}_{wp}}{\dot{W}_{ws}}$	$\frac{\dot{V}_{wp}}{\dot{V}_{ws}}$	$\frac{kS}{\dot{W}_{wp}}$	$\frac{k}{\dot{V}_{wp}}$
180/80	90/70	0.909	0.200	0.205	2.75	406.54
	$\frac{92.5}{67.5}$	0.889	0.250	0.256	2.59	382.87
	95/65	0.870	0.300	0.308	2.48	366.64
	55/45	0.741	0.100	0.104	1.41	208.27
150/80	90/70	0.875	0.286	0.287	2.51	373.84
	$\frac{92.5}{67.5}$	0.848	0.357	0.359	2.37	353.00
	95/65	0.824	0.429	0.429	2.27	338.10
	55/45	0.667	0.143	0.145	1.16	172.75
140/80	90/70	0.857	0.333	0.338	2.41	360.12
	$\frac{92.5}{67.5}$	0.828	0.417	0.423	2.29	342.20
	95/65	0.800	0.500	0.507	2.20	328.70
	55/45	0.632	0.167	0.171	1.06	158.40
130/80	90/70	0.833	0.400	0.405	2.31	346.00
	$\frac{92.5}{67.5}$	0.800	0.500	0.507	2.20	329.50
	95/65	0.769	0.600	0.608	2.12	317.60
	55/45	0.588	0.200	0.205	0.99	148.30
110/80	90/70	0.750	0.667	0.672	2.08	313.10
	$\frac{92.5}{67.5}$	0.706	0.833	0.839	2.02	304.10
	95/65	0.667	1.000	1.007	2.00	301.10
	55/45	0.462	0.333	0.340	0.68	102.40

125/60 70/55 0.92 0.13

3

Tab.II Nároky na vodní ohřivač vody pro ohřev teplé užitkové vody

NTU

Teplota vody °C		Požad. termická účinnost	Poměr tep. kapacit	Poměr obj. průtoků	Požadavek na přenos. parametr	Požadavek na prostup tepla
prim.	sek.					
$\frac{t_{WP1}}{t_{WP2}}$	$\frac{t_{WS1}}{t_{WS2}}$	η_{WP}	$\frac{\dot{W}_{WP}}{\dot{W}_{WE}}$	$\frac{\dot{V}_{WP}}{\dot{V}_{WE}}$	$\frac{kS}{\dot{W}_{WP}}$	$\frac{k}{\dot{V}_{WP}}$
180/55	55/10	0.735	0.360	0.374	1.60	273.94
170/55		0.718	0.391	0.405	1.54	229.76
160/55		0.700	0.429	0.443	1.48	220.90
150/55		0.678	0.474	0.488	1.42	213.00
140/55		0.652	0.529	0.544	1.35	202.90
130/55		0.625	0.600	0.615	1.28	192.80
120/55		0.590	0.692	0.708	1.20	181.30
110/55		0.550	0.818	0.835	1.10	166.50
100/55		0.500	1.000	1.018	1.00	151.40
90/55		0.437	1.286	1.306	0.88	133.80
80/55		0.357	1.800	1.824	0.73	111.30
70/55		0.250	3.000	3.033	0.55	84.05

Splnění technických podmínek je za této situace možné dosáhnout odpovídajícím zvětšením teplosměnné plochy, přičemž je nutné pamatovat i na rezervu na její zanášení při dlouhodobém provozu. V tomto směru je nutno získat zkušenosti. Míra zvětšení teplosměnné plochy vyplývá ze směrnice přímky proložené počátkem pod výslednými závislostmi pro k .

Získané výsledky nabádají dále k využití veškerých možností intenzifikace prostupu tepla. Za tímto účelem je nutno především dosáhnout zvýšení rychlosti průtoku vody v mezitrubkovém prostoru omezením jalových prostorů mezi svazkem a vnějším pláštěm výměníku resp. usměrněním průtoku napříč trubek jejich tvarováním do spirály nebo použitím různých přepážek (tab. 15). Tyto možnosti intenzifikace je výhodné posoudit na základě předběžných výpočtů, což však přesahuje rámec této etapy.

Při porovnání požadovaných a výsledných výkonových charakteristik ohřivačů Glazer Js 40*1340 na tab. 13 a 14 zjišťujeme, že rozdíly mezi uvedenými charakteristikami jsou poněkud nižší než u součinitelů prostupu tepla.

4.3 Odporové charakteristiky zkušebních vzorků

Z tab. 9 je zřejmé, že odporové charakteristiky zkušebních vzorků při průtoku vody trubkami jsou poněkud vyšší než bylo předpokládáno v [1], přičemž odchylky nejsou u obou ohříváčů stejné. Při kontrole světlosti trubiček bylo také zjištěno, že při pájení spojů s trubkovnicemi a spojů trubkovnic s vnějším pláštěm dochází k deformacím průřezu trubiček, takže bylo nutné přikročit k jejich kalibraci.

Z tab. 10 vyplývá, že na straně mezitrubkového prostoru byly u zkušebních vzorků naměřeny poněkud nižší tlakové ztráty než v SZÚ Brno u parního ohříváče vody [2]. V tomto případě byly však u obou zkušebních vzorků zjištěny prakticky stejné charakteristiky.

5.0 Základní kritéria pro hodnocení ohříváčů vody Glazer Js 40*1340 při vyhřívání vodou

5.1 Metodika hodnocení teplosměnných ploch a výměníků tepla

Pro hodnocení základních nároků na teplosměnnou plochu výměníků tepla má prvořadý význam parametr označovaný jako tepelná prostupnost kS (W K^{-1}), tj. součin teplosměnné plochy S a součinitele prostupu tepla k . Čím vyšší jsou hodnoty součinitele prostupu tepla, tím nižší jsou nároky na teplosměnnou plochu a naopak čím větší je teplosměnná plocha tím nižší jsou nároky na termokinetický součinitel.

Velikost teplosměnné plochy bývá často omezena přípustným objemem výměníku. Přihlédneme-li k tomuto požadavku, dospějeme dále ke kompaktnosti činné plochy S/V_c ($\text{m}^2 \text{ m}^{-3}$) resp. ke kompaktnosti celého výměníku S/V_o a tím i k parametrům kS/V_c a kS/V_o ($\text{W m}^{-3} \text{ K}^{-1}$), které označujeme jako objemová tepelná propustnost nebo objemové kritérium. Toto kritérium má pro hodnocení teplosměnné plochy i celého výměníku tepla zásadní význam, neboť vystihuje výsledný účinek intenzifikace prostupu tepla a charakterizuje tepelné využití objemu činné teplosměnné plochy i celého výměníku.

Velikost teplosměnné plochy může být dále omezena přípustnou hmotností výměníku tepla, což vede k parametrům

kS/M_w a kS/M_c ($\text{W kg}^{-1} \text{K}^{-1}$), označovaným jako hmotnostní tepelná prostupnost resp. hmotnostní kritérium, Toto kritérium vystihuje tepelné využití materiálu teplosměnné plochy i celého výměníku z hlediska intenzifikace prostupu tepla. Závisí na velikosti součinitele prostupu tepla k a na velikosti měrné teplosměnné plochy S/M_w a S/M_c ($\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$).

Při hodnocení výměníků se dále setkáváme s výrazem objemová hustota teplosměnné plochy M_w/V_w (kg m^{-3}) a celková objemová hustota výměníku M_c/V_c (kg m^{-3}). Uvedená kritéria dokonale charakterizují teplosměnné plochy a kompletní výměníky tepla a poukazují na jejich výhodnost. Vzájemné porovnání parametrů odvozených pro činnou plochu výměníku a pro celý výměník dokládá, nakolik trubkovnice a rozváděcí komory a další části výměníku zhoršují u jednotlivých druhů výměníku tepla ideální veličiny.

U konkrétních výměníků tepla hodnotíme dále ukazatele $Q'/V/\Delta t_1$ ($\text{W m}^{-3} \text{K}^{-1}$) a $Q'/M/\Delta t_1$ ($\text{W kg}^{-1} \text{K}^{-1}$), které charakterizují výkon výměníku, vztažený na jednotku objemu resp. jednotku hmotnosti teplosměnné plochy či kompletního výměníku při jednotkovém rozdílu vstupních teplot pracovních látek. V souladu se současnými uzancemi je druhý ukazatel označován jako měrný tepelný výkon.

K porovnání výměníků z hlediska provozní energetické náročnosti slouží ukazatel $Q'/P'/\Delta t_1$. Charakterizuje tepelný výkon výměníku při jednotkovém rozdílu vstupních teplot pracovních látek $\Delta t_1 = 1 \text{ K}$ v poměru příkonu P' , který je potřebný k překonání tlakových ztrát při průtoku obou pracovních látek. Příkon P' je definován výrazem

$$P' = \dot{V}_{wp} \Delta p_{wp} + \dot{V}_{wc} \Delta p_{wc}.$$

Při návrhu výměníku tepla pro zadané poměry je nutné kromě shora uvedených ukazatelů vzít do úvahy další kritéria, která vyplývají z provozních zkušeností s jednotlivými druhy a typy výměníku.

Jedním z nejdůležitějších provozních ukazatelů je bezpochyby těsnost výměníku tepla při dlouhodobém provozu a možnost opravy vzniklých poruch. U trubkových a lamelových výměníků je např. možné vadné průchodky zaslepit, u rozbitelných deskových výměníků je možné vyměnit vadnou desku

či těsnění, u článkových konstrukcí vadný článek. U kompaktních bloků není často možné opravu provést a celý blok je nutno vyměnit.

Dalším důležitým kritériem je náchylnost k zanášení výměníků tepla. Z tohoto hlediska jsou např. výhodné rozebíratelné deskové výměníky, i když v praxi se i u těchto výměníků často využívá chemického čištění. Zanášení výměníku tepla je v řadě oblastí dosud nedořešeným problémem (rekuperační spalínové výměníky apod.). Některé typy trubkových výměníků umožňují použít kontinuální čištění teplosměnných ploch. Běžné je to hlavně u kondenzátorů parních turbin.

5.2 Základní kritéria pro hodnocení trubkových ohřivačů vody

Hodnoty základních ukazatelů pro jednotlivé trubkové varianty ohřivačů topné vody pro ústřední vytápění budov (tab. 16) jsou shrnuty na tab. 17. Z uvedených údajů je zřejmý příznivý vliv zmenšování průměru trubek na kompaktnost ohřivačů i další ukazatele.

5.3 Základní kritéria pro hodnocení deskových ohřivačů vody

Na závěr je nutné provést vzájemné porovnání ohřivačů vody Glazer s deskovými ohřivači vody, které doznaly v současné době poměrně značného rozšíření. Hodnoty jejich základních ukazatelů jsou shrnuty na tab. 18. Z porovnání s deskovými ohřivači vody vyplývá, že ohřivače Glazer jsou z hlediska objemového i hmotnostního kritéria činné plochy výhodnější než deskové ohřivače.

6.0 Závěr

Práce se zabývá experimentálním vyšetřením a zhodnocením funkčních charakteristik stojatých ohřivačů vody Glazer Js 40*1340 při ohřevu topné a užitkové vody.

Vybudované zkušební zařízení umožnilo současné měření na dvou zkušebních vzorcích v odlišných teplotních poměrech, což přispělo k úsporám elektrické energie i času a ke zvýše-

ní spolehlivosti dosažených výsledků.

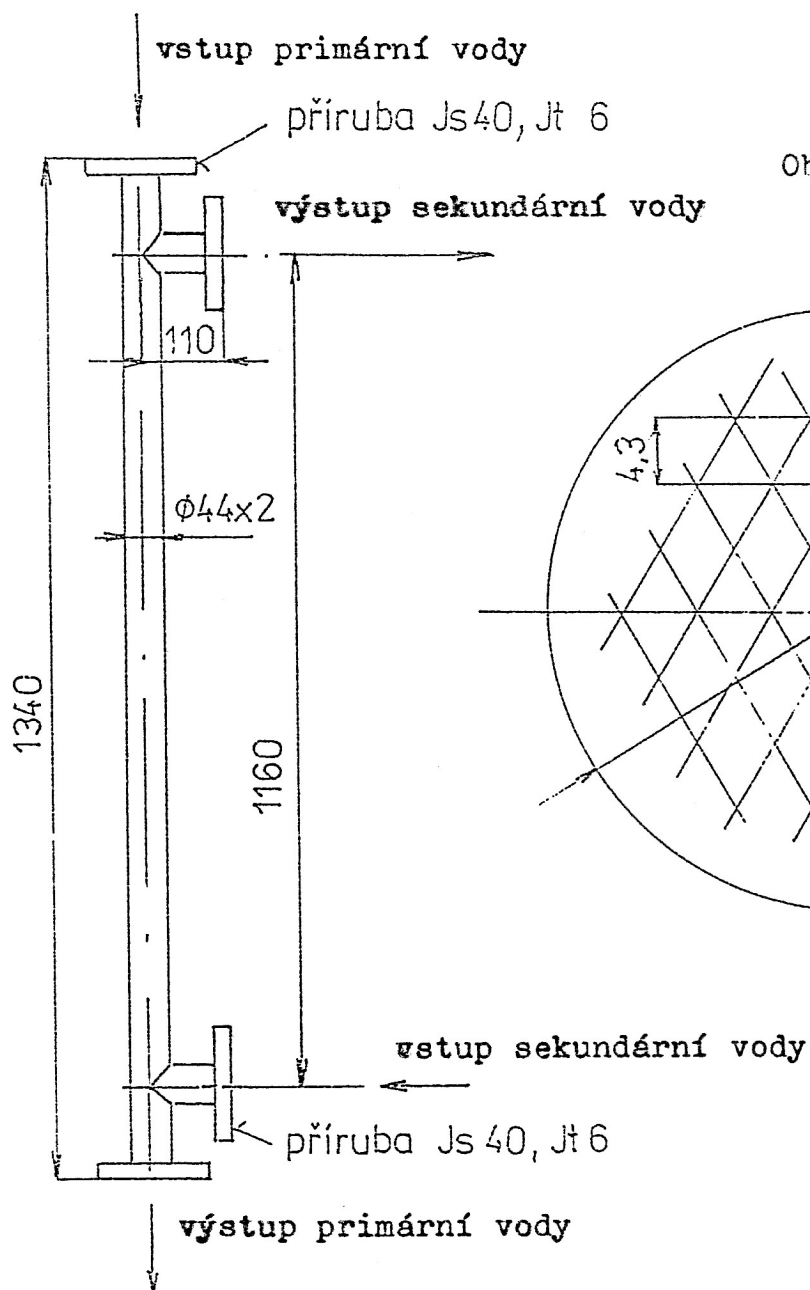
Výsledky zkoušek prokázaly očekávanou vysokou účinnost teplosměnné plochy, tvořené svazkem měděných trubiček velmi malého průměru 3*0.5 mm a přispěly značně ke zpřesnění základních termokinetických součinitelů, zejména v oblasti nižších rychlostí průtoku vody (tab. 10) a při větších rozdílech teplot pracovních látek, při nichž je nutné zavádět tzv. teplotní faktor (viz rovnice (7)). Při posouzení dimenze zkušebních vzorků z hlediska nároků na ohřev topné a užitkové vody při jmenovitých parametrech podle tab. I a II bylo zjištěno, že vyhovují s rezervou na zanášení teplosměnných ploch pouze při ohřevu topné vody ($t_{\text{max}}/t_{\text{min}} = 55/45$ °C, viz tab. 11). Pro vyšší parametry topné vody je ohříváč Glazer Js 40*1340 poddimenzován a vyžaduje buď zvětšení teplosměnné plochy nebo zvýšení intenzifikace prostupu tepla usměrněním průtoku napříč trubek jejich tvarováním do spirál nebo využitím přepážek (tab. 15) apod. Požadavky na rozšíření teplosměnné plochy vyplývají ze směrnice přímky proložené počátkem a zvoleným bodem na výsledné charakteristice pro prostup tepla nebo při uvažování rezervy na zanášení teplosměnné plochy se zvoleným bodem pod uvedenou charakteristikou. Vliv zanášení teplosměnných ploch na prostup tepla v ohříváčích vody Glazer může být posouzen jen na základě provozních zkušeností.

Odporové charakteristiky zkušebních vzorků při průtoku vody vnitřkem trubek jsou vyšší než bylo předpokládáno v [1], přičemž odchylky nejsou u obou ohříváčů stejné (tab. 11). Bylo např. zjištěno, že při pájení trubiček do trubkovnic a při pájení trubkovnic do vnějšího pláště dochází k určité deformaci průřezu trubiček, takže bylo nutno přikročit k jejich kalibraci. Při průtoku vody mezitrubkovým prostorem byly u zkušebních vzorků naměřeny poněkud nižší tlakové ztráty než v SZÚ Brno u parního ohříváče vody (tab. 12).

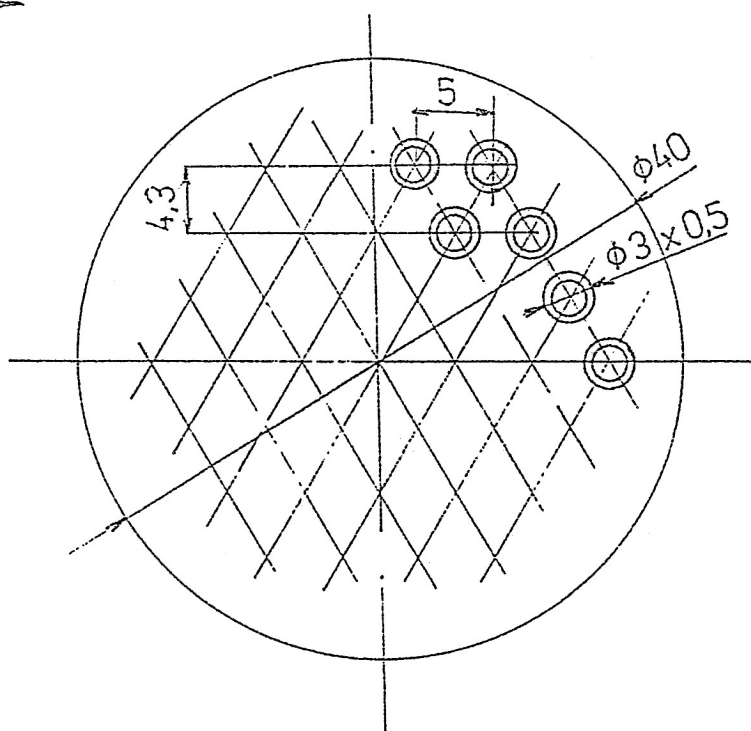
7.0 Literatura

- [1] Stýblo, S.; Struhár, L.: Předběžné určení termokinetických a odporových charakteristik a návrh metodiky zkoušek stojatého ohřívače vody. Zpráva SVÚSS 93-05101, 1993
- [2] Prokop, M.: Výměník stojatý parní. Závěrečný protokol o zkoušce č. 79-2006, SZÚ Brno, 1992
- [3] -: VDI Wärmeatlas - Berechnungsblätter für den Wärmeübergang. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1963
- [4] -: Přenos tepla a hmoty II. Technické příručky 3, SVÚSS Běchovice, 1978
- [5] Michejev, M. A.: Základy sdílení tepla, Průmyslové nakladatelství Praha, 1952

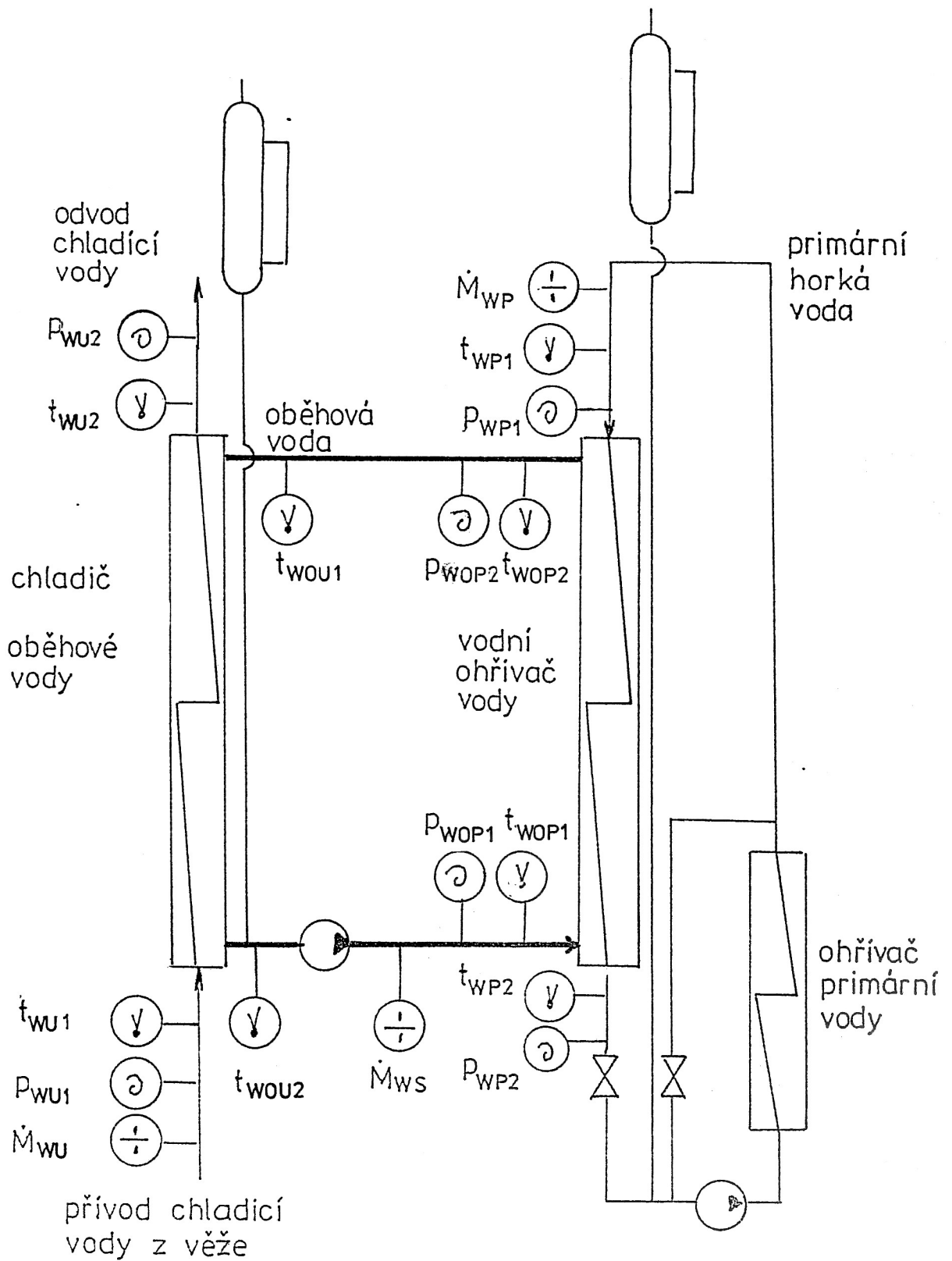
Obr. 1 Schéma výměníku

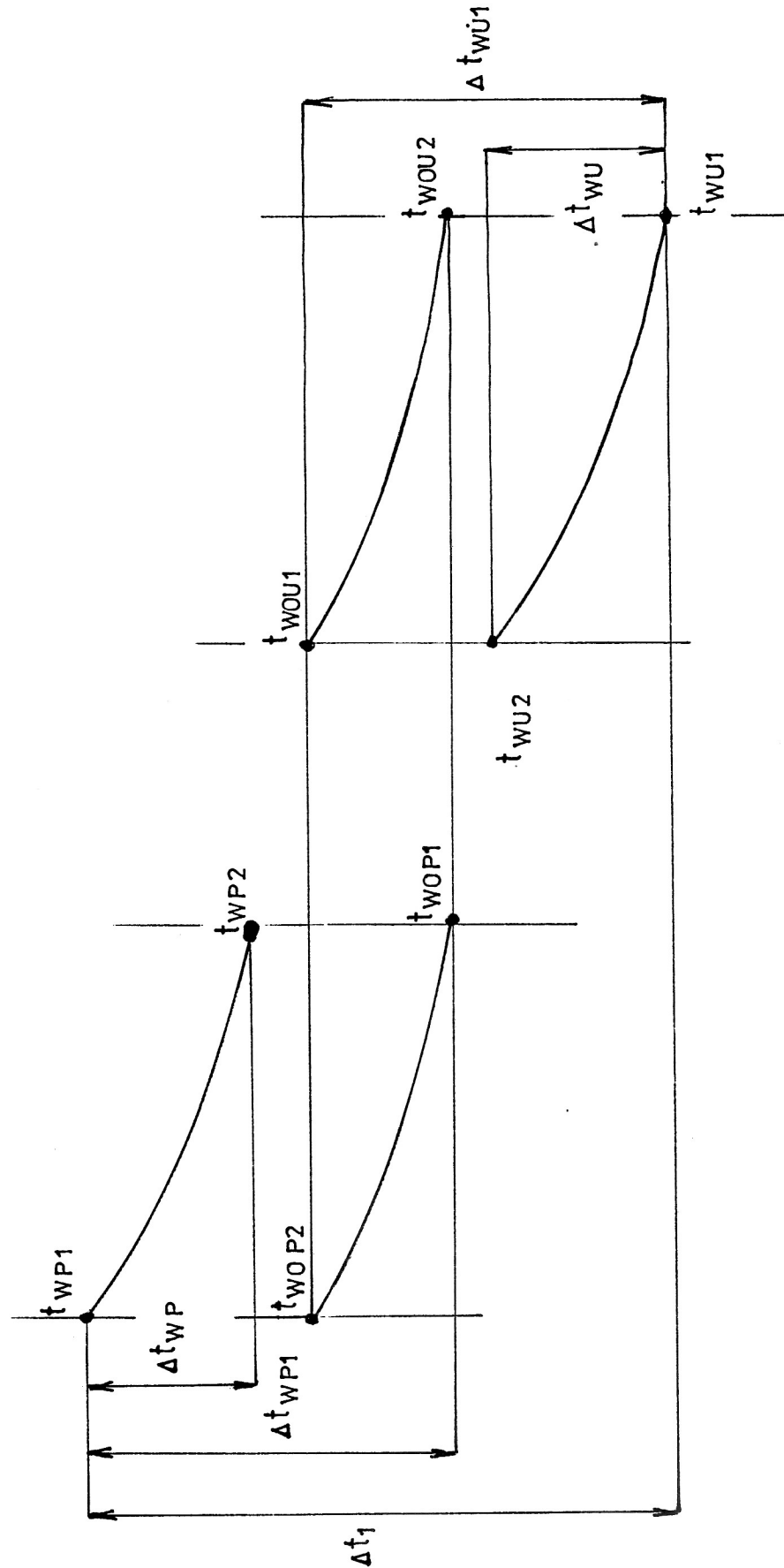


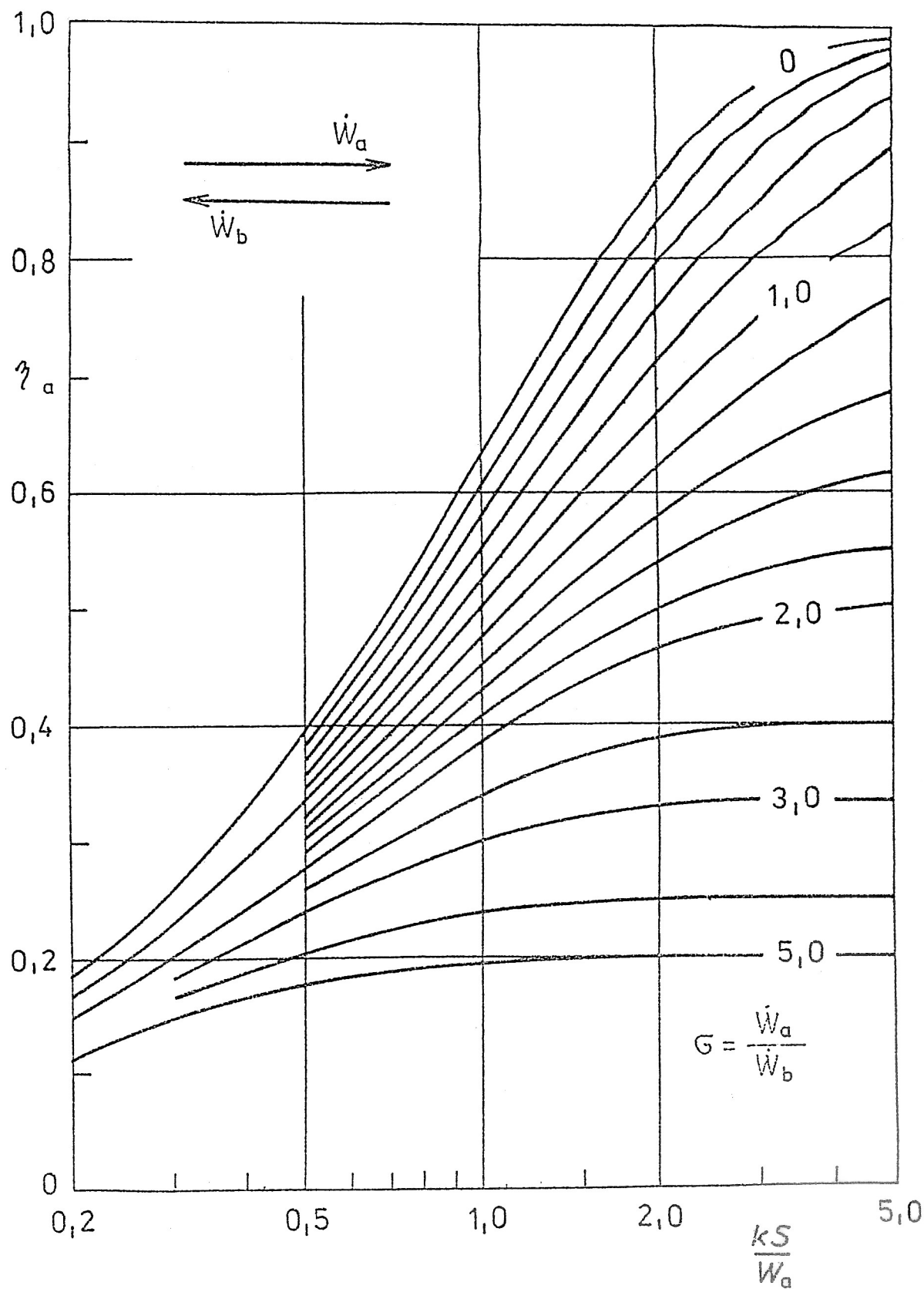
Obr.2 Uspořádání trubek
ve svazku



Strana	Veličina	Označení	Jednotka	Hodnota
V	Teplosměnná plocha	S_i	m^2	0,299
n	Rozměr trubek	$d_T \times \delta_T$	mm	3x0,5
i	Délka trubek	L_{TC}	m	1,30
t	Činná délka trubek	L_T	m	1,285
ř	Počet trubek	N_T	—	37
n	Počet řad trubek	N_R	—	7
i	Rozteč řad trubek	s_R	—	4,3
	Rozteč trubek	s_T	—	5,0
	Průtočný průřez	A_i	m^2	$1,162 \cdot 10^{-4}$
	Hydraulický průměr	d_{hi}	m	0,002
V	Rozměr pláště	D	mm	44x2
n	Teplosměnná plocha	S_e	m^2	0,448
ě	Průtočný průřez	A_e	m^2	$9,951 \cdot 10^{-4}$
j	Poměr ploch	S_e/S_i	—	1,5
š	Poměr průřezů	A_e/A_i	—	8,653
i	Hydraulický průměr	d_{he}	m	0,00839



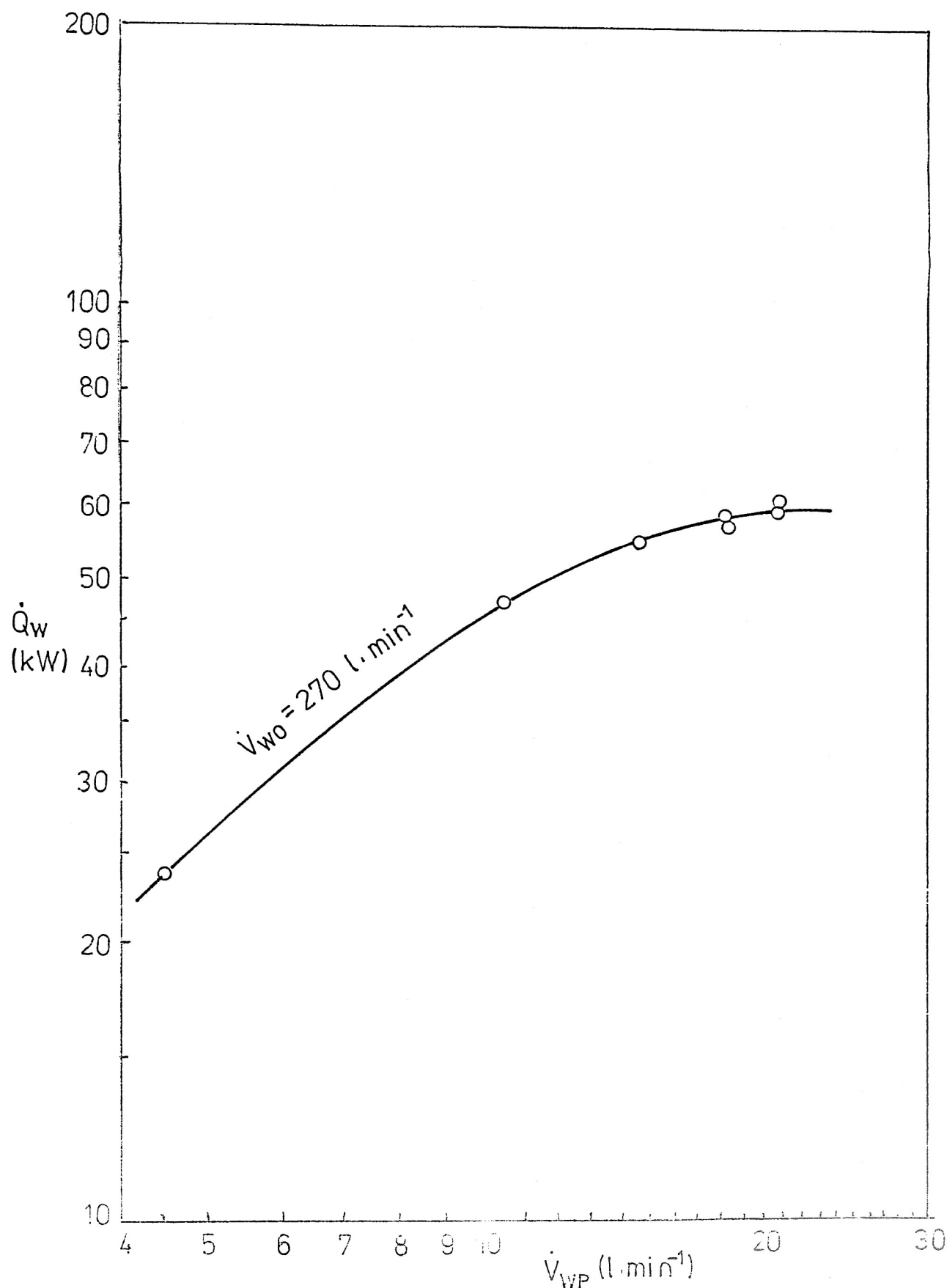


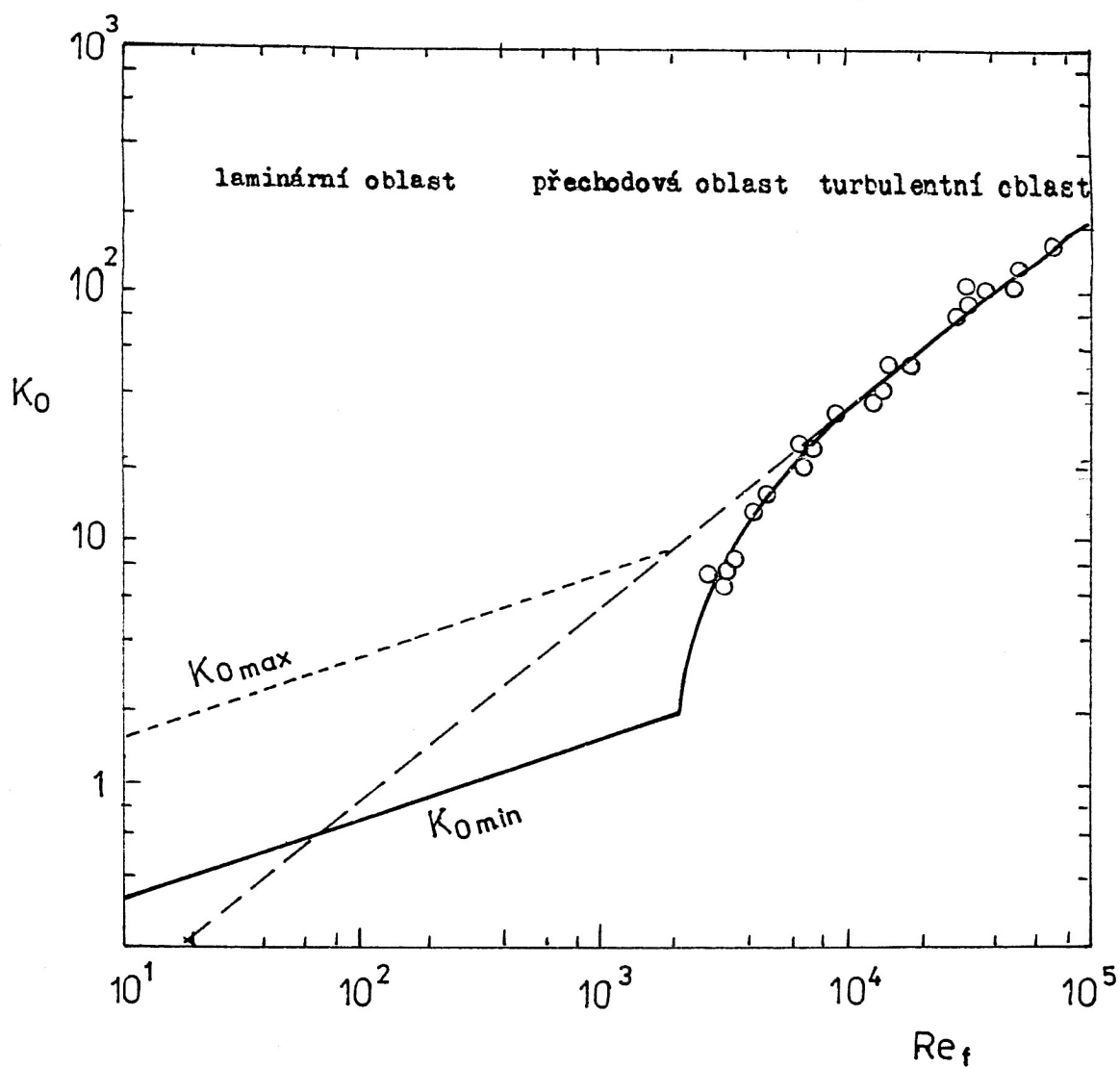


STÁTNÍ VÝZKUMNÝ ÚSTAV PRO STAVBU STROJŮ		Výběr naměřených a odvozených údajů pro stanovení výkonových a termokinetických charakteristik zkušebních vzorků							93-05106.6a	
									DATUM XII.93	KRESLIL
Velikost	29.7.93	10.6.93								
	10:03	10:22	11:14	12:22	13:02	13:30	14:00	11:23		
\dot{V}_{WP} (l.min ⁻¹)	18.4	18.35	14.85	10.5	4.49	4.52	4.72	21.35		
\dot{V}_{WOU} (l.min ⁻¹)	17.36	19.16	19.14	19.17	19.02	18.9	9.5	18.31		
\dot{V}_{WO} (l.min ⁻¹)	252.7	275.1	264.0	277.0	275.7	159.0	157.0	257.4		
t_{WP1} (°C)	114.76	113.42	115.60	121.71	117.13	115.13	116.32	107.62		
t_{WP2} (°C)	68.84	65.97	61.82	55.82	39.58	40.46	51.6	66.1		
Δt_{WP} (°C)	45.92	47.45	53.78	65.89	77.55	74.67	64.72	41.51		
t_{WS1} (°C)	16.02	15.92	15.82	15.66	15.67	15.74	16.37	14.13		
t_{WS2} (°C)	64.16	60.59	58.88	51.32	34.00	33.38	48.05	60.50		
Δt_{WS} (°C)	48.29	44.67	43.06	35.66	18.33	17.64	31.68	46.37		
t_{W01} (°C)	65.40	62.55	58.93	53.57	35.98	36.21	49.79	62.67		
t_{W02} (°C)	68.73	65.68	61.88	56.05	37.22	38.30	51.70	66.08		
Δt_{W0} (°C)	3.33	3.13	2.99	2.48	1.24	2.09	1.92	3.41		
t_{WPM} (°C)	91.8	89.7	88.71	88.76	78.35	77.80	83.96	86.86		
t_{WUM} (°C)	40.18	38.26	36.34	33.50	24.83	24.56	32.20	37.31		
t_{WOM} (°C)	67.00	64.19	60.40	54.80	36.60	37.26	50.75	63.67		
W_{WP} (W.K ⁻¹)	1245	1241	1005.5	715.5	305.6	307.4	320.3	1446		
W_{WU} (W.K ⁻¹)	1193.9	1319	1317.3	1321.5	1293.4	1301.9	654.3	1249.5		
W_{WO} (W.K ⁻¹)	18695	18818	18085	19025	19053	10982	10802	17594		
Q_W (W)	57192	58903	54074	47143	23702	22953	20730	60035		
η_C (-)	0.4651	0.4866	0.5390	0.6213	0.7643	0.7513	0.6475	0.4440		
η_P (-)	0.9303	0.9328	0.9490	0.9670	0.9550	0.9462	0.9727	0.9235		
η_U (-)	0.9101	0.8934	0.8880	0.8810	0.8475	0.7783	0.8923	0.8916		
W_{WP}/W_{WO} (-)	0.0725	0.0660	0.0556	0.0376	0.0160	0.0280	0.0296	0.0822		

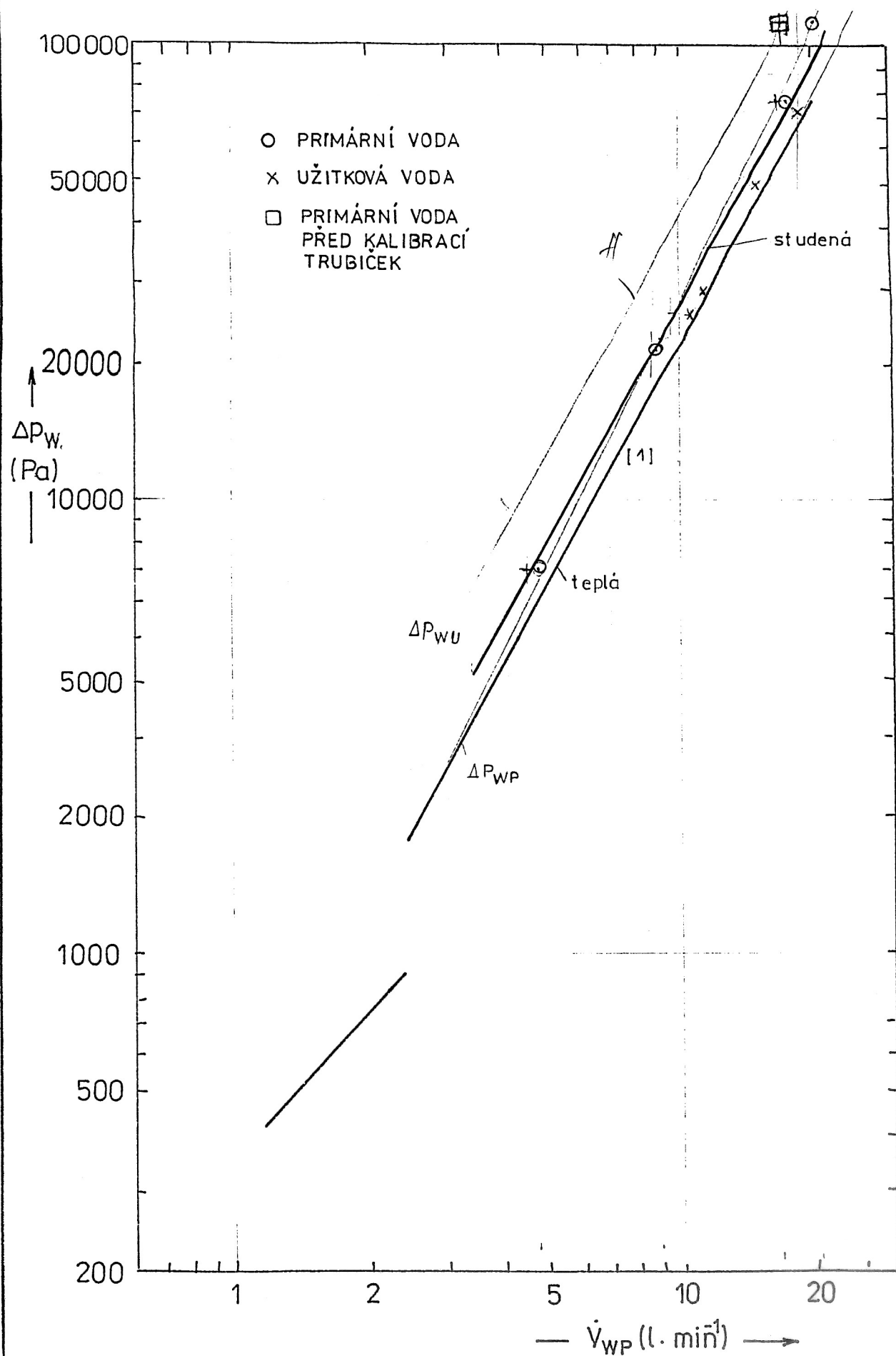
STÁTNÍ VÝZKUMNÝ ÚSTAV PRO STAVBU STROJŮ		Výběr naměřených a odvozených údajů pro stanovení výkonových a termokinetických charakteristik zkušebních vzorků							93-05106.6b	
									DATUM XII.93	KRESLIL
Velikosti		29.7.93							10.6.93	
$\dot{W}_{WU}/\dot{W}_{W0}$ (-)		10:03	10:22	11:14	12:22	13:02	13:30	14:00	11:23	0.0736
kpS/\dot{W}_{WP} (-)		0.0695	0.0701	0.0728	0.0694	0.0680	0.1185	0.0606		
kuS/\dot{W}_{WU} (-)		2.85	2.85	3.10	3.55	3.10	3.00	3.80		2.70
kpS (W.K ⁻¹)		2.50	2.30	2.20	2.30	1.90	1.60	2.25		2.35
kuS (W.K ⁻¹)		3548	3538	3117	2540	947.5	922.2	1217		3904
kp (W.m ⁻² .K ⁻¹)		2985	3033	2898	3039	2457	2083	1472		3042
ku (W.m ⁻² .K ⁻¹)		7920	7897	6957.5	5669.7	2115	2058	2717		8715
α_{WP} (W.m ⁻² .K ⁻¹)		6662	6770	6469	6784	5485	4650	3286		6791
α_{WU} (W.m ⁻² .K ⁻¹)		18529	16664	13346	10208	2949	3192	3444		23522
α_{WOP} (W.m ⁻² .K ⁻¹)		21872	24460	22817	21720	19894	12422	14049		21850
α_{WOU} (W.m ⁻² .K ⁻¹)		12834	12926	12131	13017	9421	10647	5061		12989
W_{WP} (m.s ⁻¹)		24416	22994	22646	21764	19814	12705	14084		21977
W_{WU} (m.s ⁻¹)		2.64	2.63	2.14	1.50	0.64	0.65	0.68		3.06
W_{W0} (m.s ⁻¹)		2.49	2.75	2.74	2.75	2.73	2.71	1.36		2.70
Re_{WP} (-)		4.24	4.62	4.43	4.65	4.63	2.67	2.64		4.31
Re_{WU} (-)		16494	16098	12898	9125	3444	3442	3879		18012
Re_{W0} (-)		7568	7175	6809	6284	4625	4545	2912		7821
Nu_{WP} (-)		81967	86100	78083	73464	55257	32429	39849		80376
Nu_{WOP} (-)		54.68	49.28	39.50	30.20	8.81	9.55	10.23		69.28
Nu_{WU} (-)		271.06	309.57	278.20	279.90	266.20	165.70	182.00		278.30
Nu_{W0U} (-)		40.47	41.08	38.56	41.65	30.87	34.91	16.24		41.21
t_{STP} (°C)		302.58	290.98	288.75	280.49	265.13	169.47	182.49		279.97
t_{STU} (°C)		75.6	71.8	67.9	62.1	39.8	42.4	54.9		73.0
		59.3	56.7	54.1	48.5	33.7	32.5	47.3		58.2

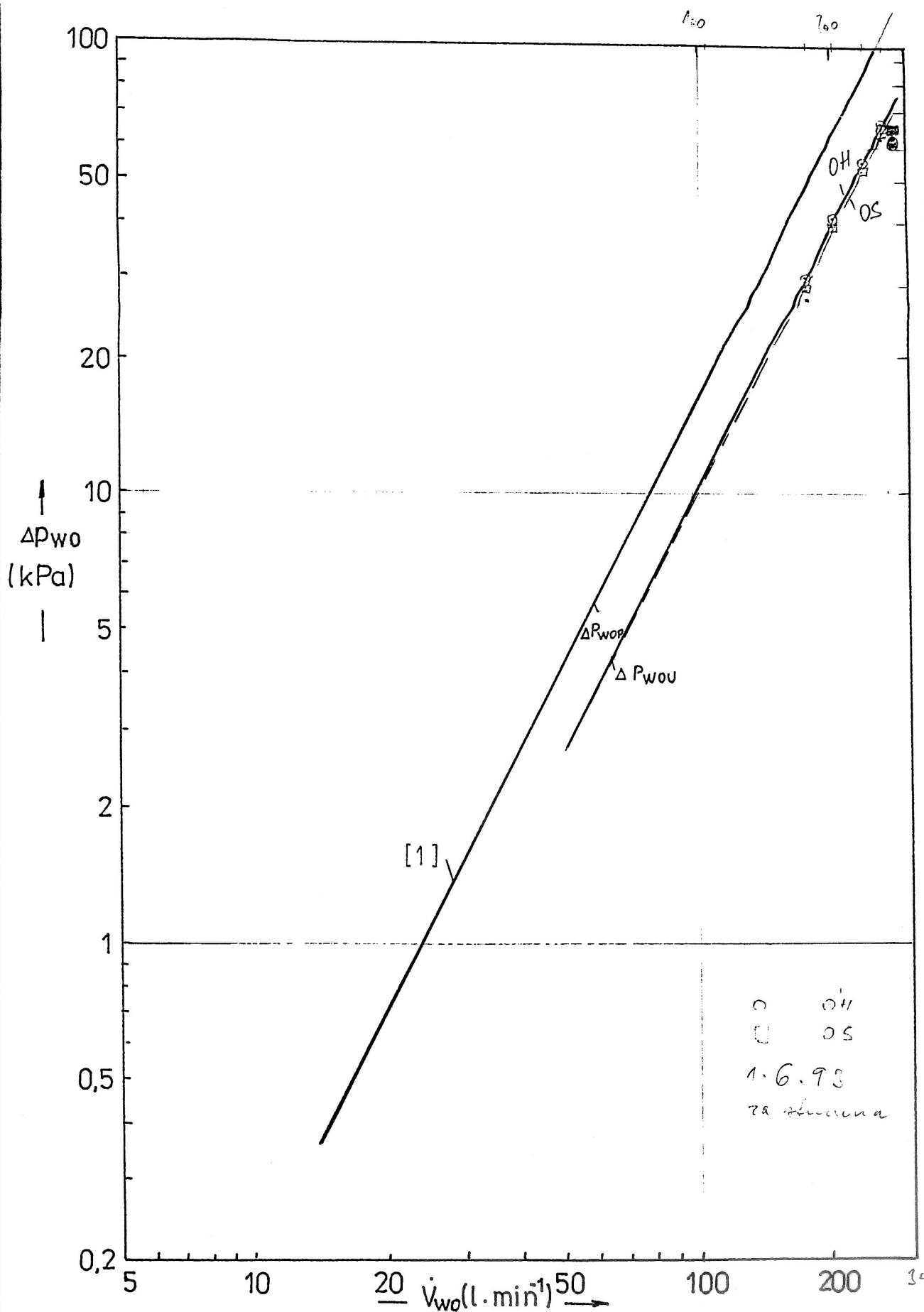
STÁTNÍ VÝZKUMNÝ ÚSTAV PRO STAVBU STROJŮ		Výběr naměřených a odvozených údajů pro stanovení výkonových a termokinetických charakteristik zkušebních vzorků		93-05106.6c					
				DATUM XII.93	KRESLIL				
Velikost	29.7.93	10:03	10:22	11:14	12:22	13:02	13:30	14:00	10.6.93
		1.230	1.250	1.254	1.255	1.310	1.313	1.279	11:23
		1.392	1.409	1.442	1.495	1.680	1.659	1.524	1.264
		1.642	1.594	1.698	1.746	1.931	1.938	1.769	1.399
		0.955	0.940	0.931	0.909	0.848	0.861	0.892	1.688
		1.011	1.007	1.008	1.036	1.005	1.006	1.004	0.953
		1.020	1.013	1.024	1.023	1.022	1.022	1.024	1.007
		0.970	0.962	0.975	0.978	0.989	0.974	0.975	1.027
		46.54	41.90	33.84	26.47	7.930	8.450	8.970	0.971
		192.6	218.2	191.4	180.7	157.6	99.20	118.9	57.51
		24.15	25.44	22.18	23.32	15.63	17.62	8.960	197.5
		225.7	214.7	205.4	192.5	159.6	104.9	122.8	23.77
									206.1



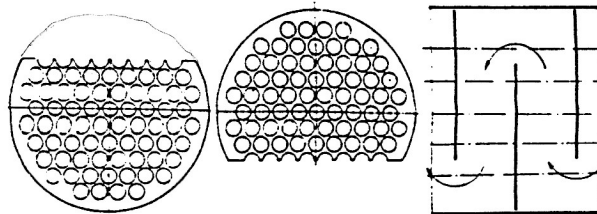


$$K_0 = Nu \cdot Pr^{-1/3} \left(\frac{Pr}{Pr_{ST}} \right)^m$$

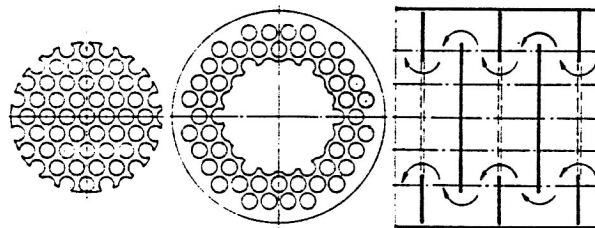




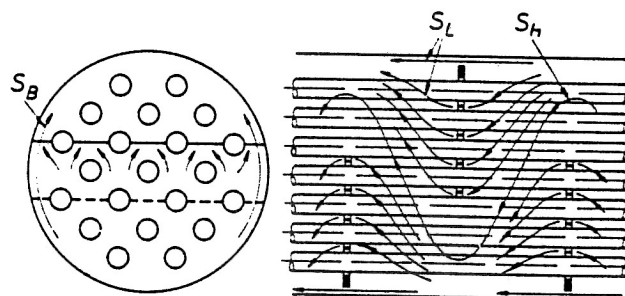
Obr. 1 Usměrnění průtoku v mezitrubkovém prostoru pomocí segmentových přepážek

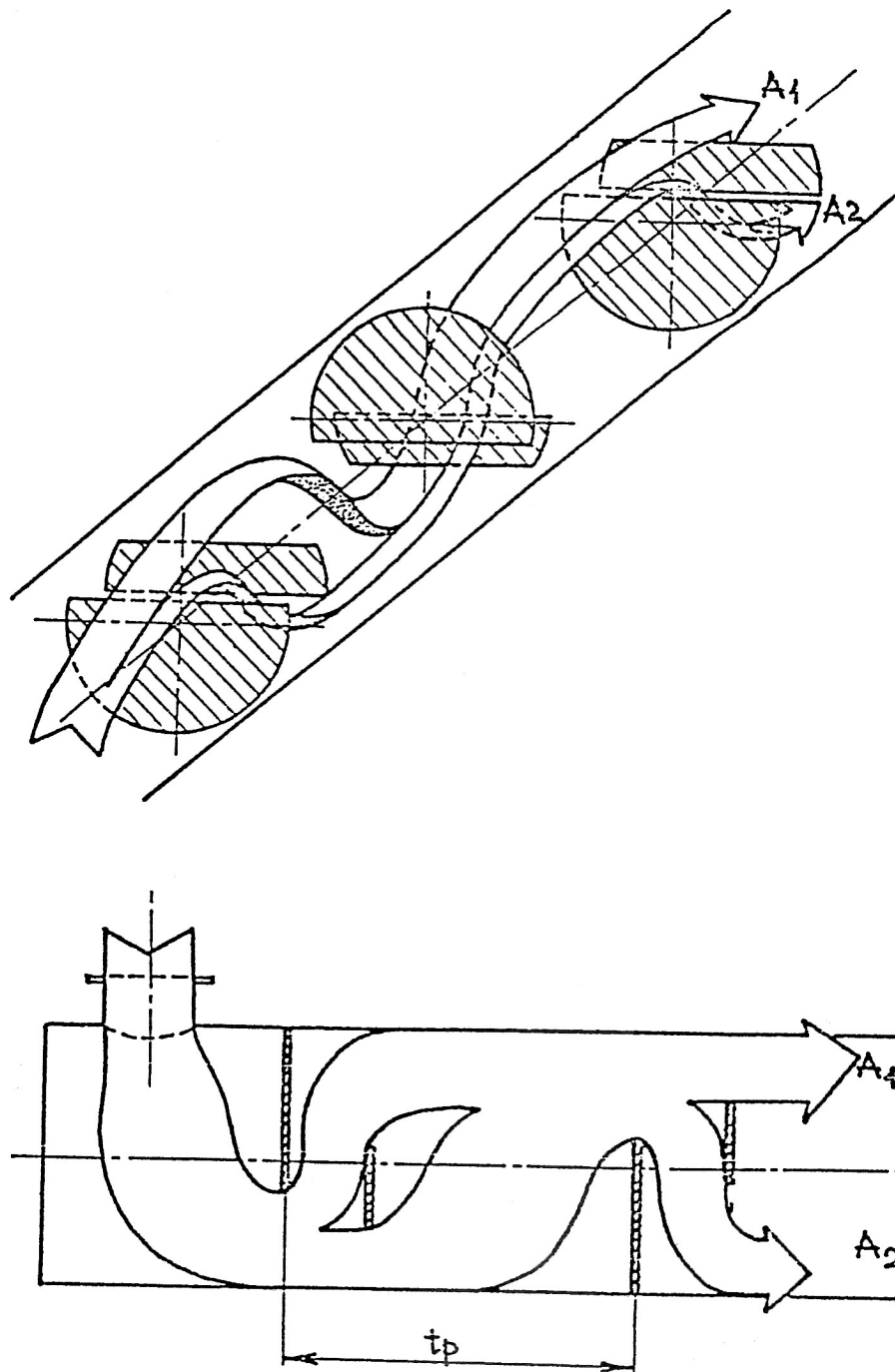


Obr. 2 Usměrnění průtoku v mezitrubkovém prostoru pomocí centrických přepážek

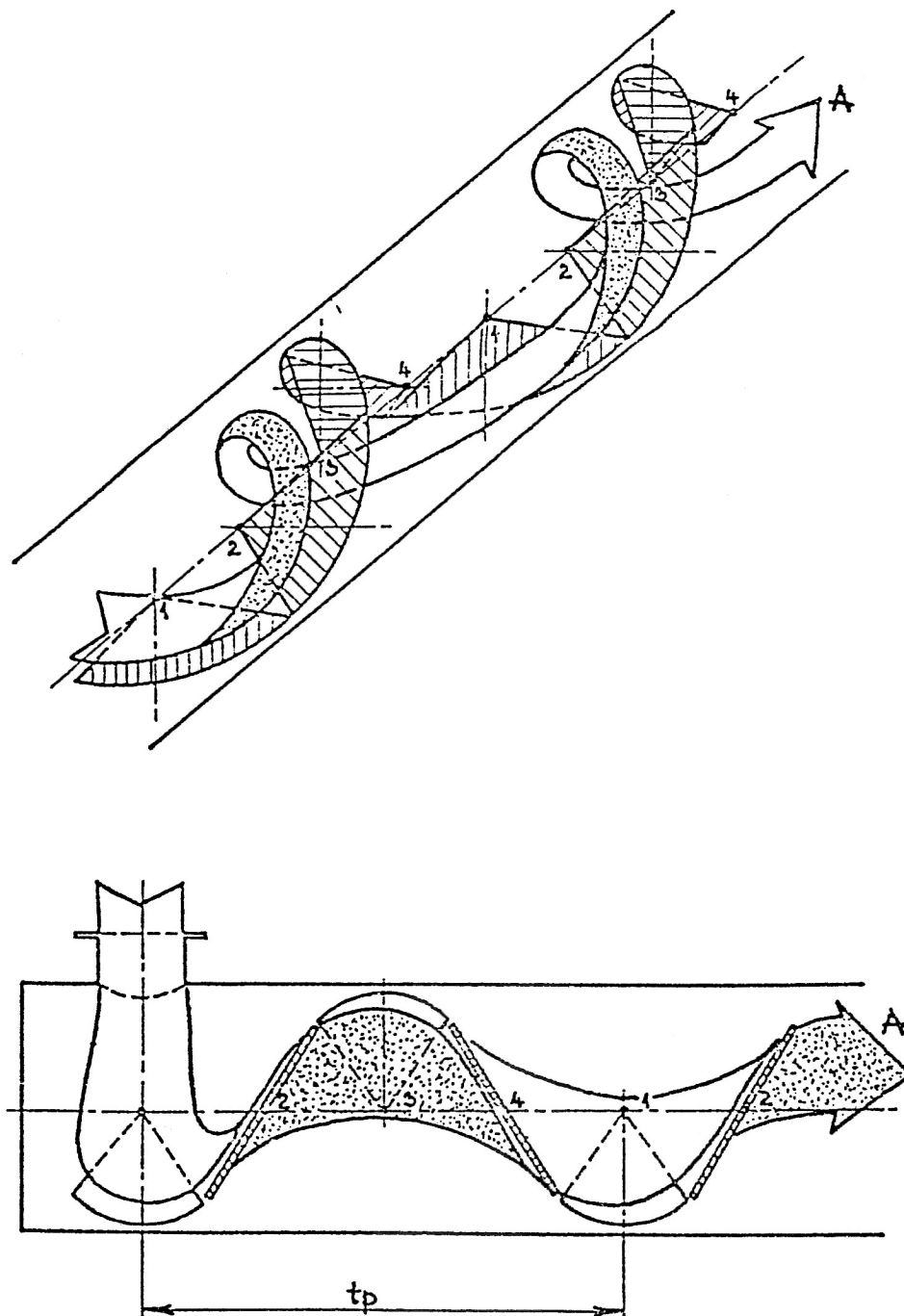


Obr. 3 Usměrnění průtoku v mezitrubkovém prostoru pomocí netěsných segmentových přepážek

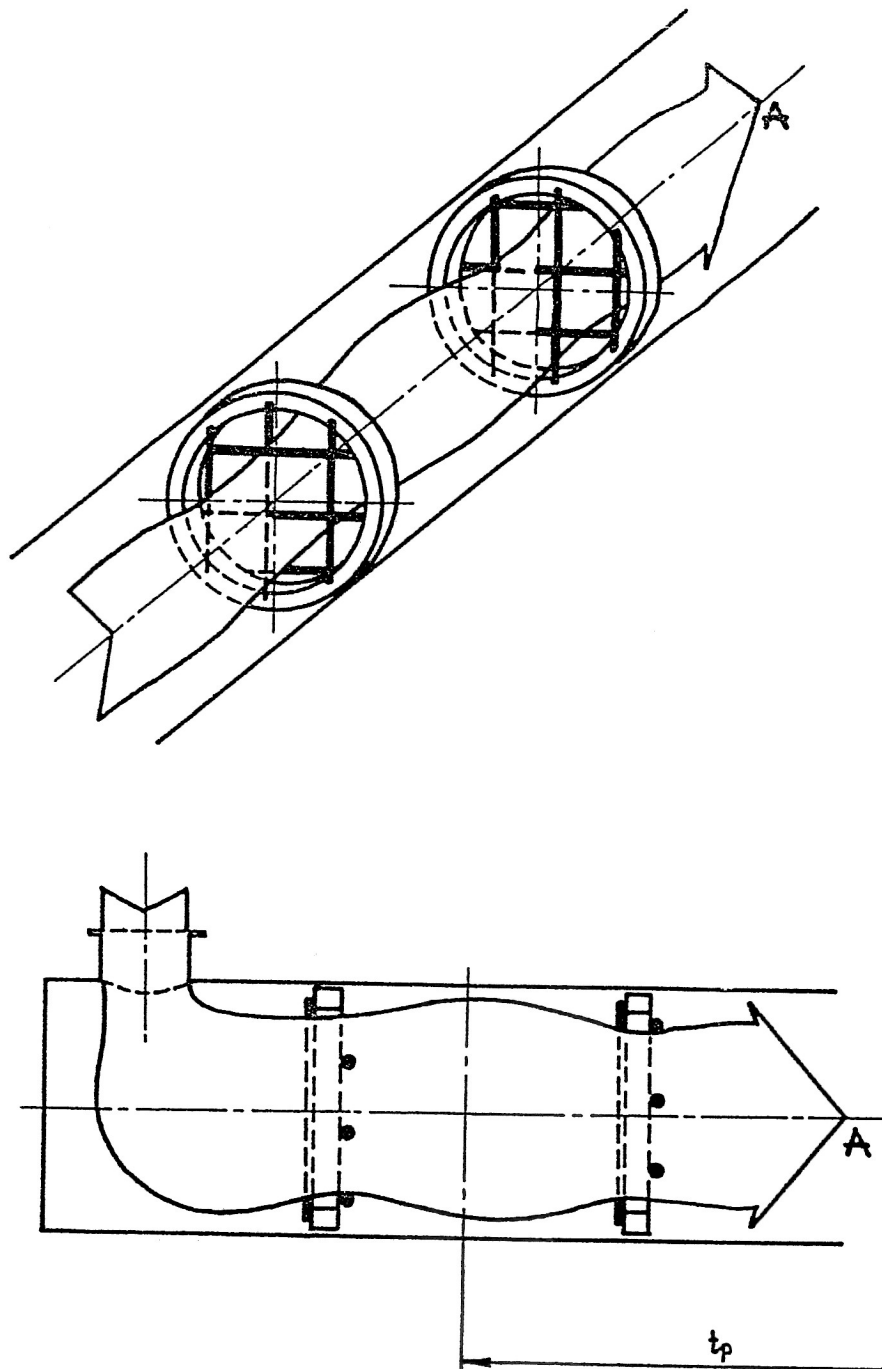




Obr. 4 Schéma přepážkového systému vyplachovacího

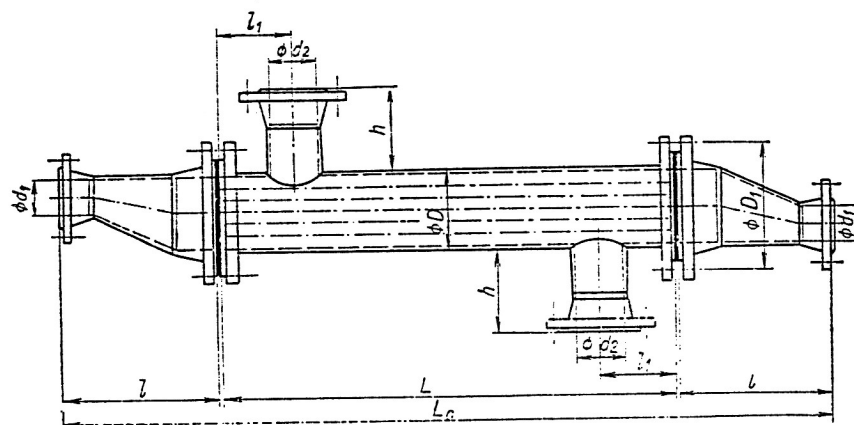


Obr. 5 Schéma šroubovicového přepážkového systému

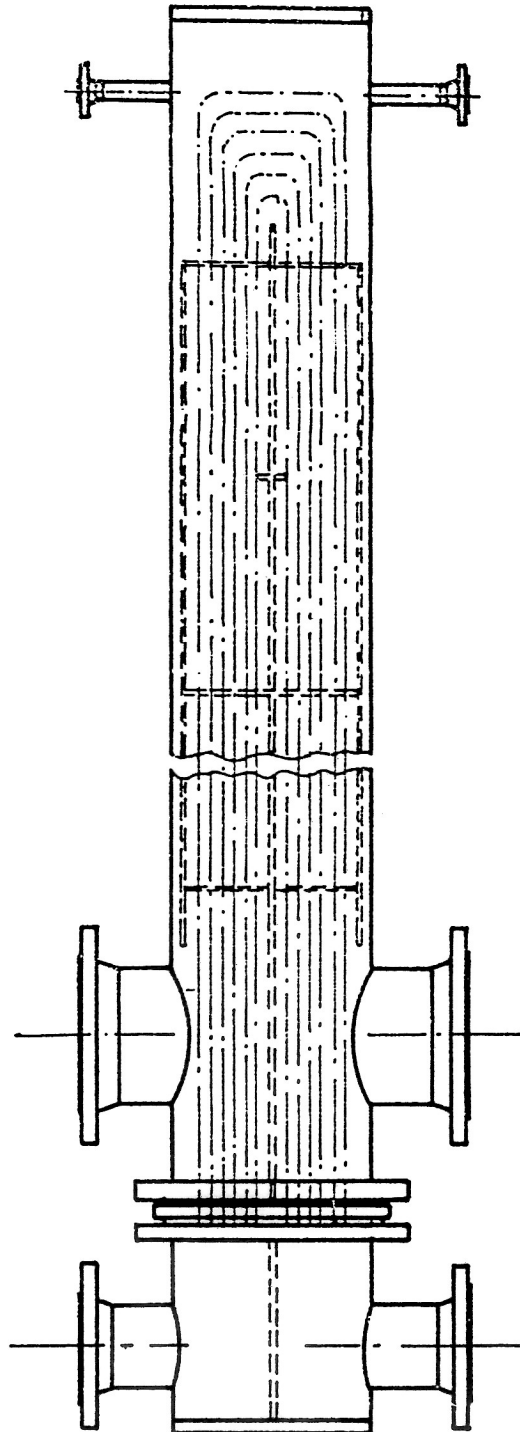


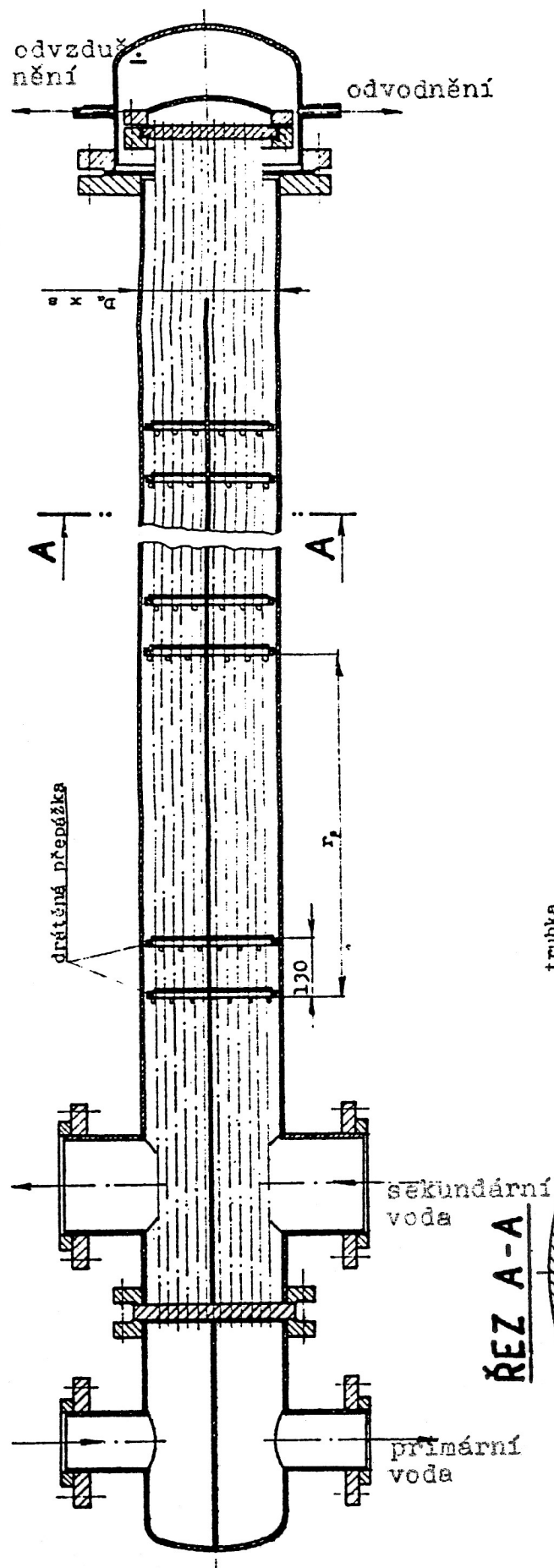
Obr. 6 Schéma tyčového přepážkového systému

Obr. 1 Jednotahý ohřívač z přímých trubek



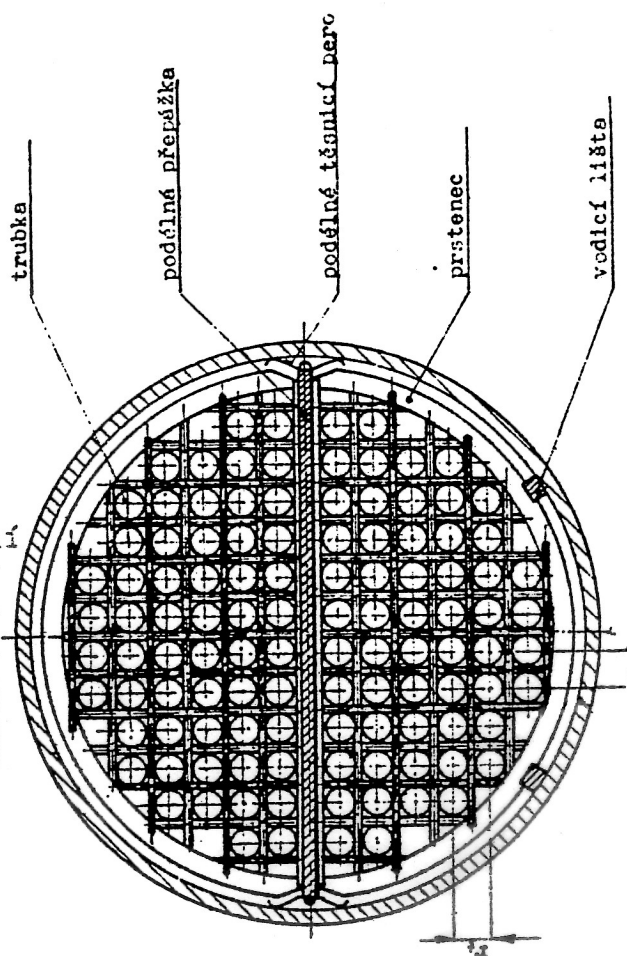
Obr. 2 Ohřívač typu VV - 2 UH





Obr. 3 Ohřívač typu N 2

ŘEZ A-A



Trubkový výměník přístroj	Rozměr trubky	Délka trubky	Vnější plocha	Poměr ploch	Objem		Hmotnost		Obj. hustota		Kapacitnost		Souči- nitél průtoku teplo	Obj. kritérium		Hiet. kritérium		
					čirné plochy	cel- kový	čirné plochy	cel- ková	čirné plochy	cel- ková	čirné plochy	cel- ková		čirné plochy	cel- ková	čirné plochy	cel- ková	čirné plochy
oleštinový	dobýštr	Ltr	So	Se/Si	Vs	Vc	Ms	Mc	NVs	NVc	Se/Vs	Se/Vc	k	KSe/Vs	KSe/Vc	KSe/Vs	KSe/Vc	
	mm	mm	m2	-	m3	m3	kg	kg	kg/m3	kg/m3	m2/m3	m2/m3	N/m2/K	KW/m3/K	KW/m3/K	W/kg/K	W/kg/K	
	22x2.5	2000	1.99	1.3	0.0853	0.081	90	153	1590	1951	45.0	19.6	247	11.1	4850	4.4	2.5	
	voda - voda (tab. 9c, str. 7)																	
	Js 200 prim. 150/80 sek. 90/70	16x1.5	5940	8.36	1.23	0.096	0.221	126.6	319.2	1313	1442	87.1	37.8	1166	101.6	44	77.3	30.6
(tab. 83b)	Js 250 prim. 150/80 sek. 90/70	16x1.5	5980	12.77	1.23	0.159	0.3348	183.7	467.1	1153	1395	60.2	39.1	1226	98.3	47	65.3	33.5
	Js 300 prim. 150/80 sek. 90/70	16x1.5	5810	17.62	1.23	0.232	0.452	261.0	632.2	1124	1363	76.0	38.1	1151	87.5	44	77.8	32.1
	Js 350 prim. 150/80 sek. 90/70	16x1.5	5900	27.43	1.23	0.312	0.6307	360.8	893.2	1156	1350	87.8	44.1	1267	111.2	56	96.2	41.4
	Js 400 prim. 150/80 sek. 90/70	16x1.5	5790	36.29	1.23	0.403	0.773	517.1	1066.5	1263	1405	89.0	46.3	1275	113.5	60	89.5	42.6
	voda - voda (tab. 83a)																	
prim. 150/70 sek. 90/70	N2-273	12x1	9.54	1.2	0.123	0.249	170	690	1382	2610	77.6	38.3	3243	251.5	124	162.0	47.6	
(tab. 83a)	N2-304	12x1	2100	15.00	1.2	0.173	0.367	230	977	1329	2662	86.7	40.9	3611	313.1	148	235.6	55.4
		2100	20.93	1.2	0.229	0.433	295	1131	1294	2612	87.6	43.3	4907	423.7	237	348.2	90.8	
		3700	26.84	1.2	0.305	0.499	360	1236	1180	2597	88.0	53.8	5909	511.2	312	364.4	120.3	
	N2-377	12x1	2100	21.67	1.2	0.234	0.517	319	1342	1363	2596	92.6	41.9	3634	355.1	161	254.6	61.9
		2300	30.23	1.2	0.324	0.607	408	1527	1259	2582	93.3	49.8	5115	477.2	235	379.1	98.7	
(tab. 83b)	N2-462	12x1	2100	30.25	1.2	0.303	0.694	437	1653	1419	2382	93.2	48.6	5226	385.6	171	271.7	71.8
		2300	42.25	1.2	0.425	0.811	538	1966	1313	2367	96.4	52.1	5224	519.3	272	395.5	114.0	
		3700	54.26	1.2	0.542	0.928	679	2291	1259	2404	100.1	59.5	6114	612.1	357	488.5	148.7	
	Glaser	30x5	1300	0.446	1.50	0.00163	0.00807	1.77	9.7	1086	1202	256.7	51.8	4649	1193.2	241	1038	200

Nerezová desková výměň vlnitý vlnitý vlnitý

Deskové výměňníky voda - voda	Rozměry desky	Tloušťka desky	Rozměr kanálu	Počet desek	Toplo- měrná plocha	Objem		Hmotnost		Obj. hustota		Kompaktnost		Souči- nítel průtoku teplo	Obj. kritérium		Hmot. kritérium			
						čiré plochy	cel- kové	čiré plochy	cel- kové	čiré plochy	cel- kové	čiré plochy	cel- kové		čiré plochy	cel- kové				
Typ, výrobce	a x b	mm	h	mm	Se	Vc	Vc	Nc	Nc	M/Vc	M/Vc	Sa/Vc	Sa/Vc	k	KSa/Vc	KSa/Vc	KSa/Vc	KSa/Vc		
																			10-3m3	10-3m3
LVT 02 +) Agous	375x65	0.3	2.8	2.5	20	0.346	1	1.53	4.60	1.4	11.5	917	2236	226.9	72.2	3000	680.7	216.6	742.5	94.3
OH 005 TENEZ Drotbrot	420x140	1.0	4.0	3.0	10	0.5	2.76	3.99	4.0	8.3	1449	2782	181.1	123.3	3000	543.3	375.9	375.0	135.1	135.1
					20	1.0	4.82	6.07	8.0	12.3	1660	2280	207.5	164.7	632.5	494.1	375.0	215.8	375.0	215.8
CB 14 Alfer-Level	207x 77	0.4	2.35	1.95	14	0.168	0.52	1.05	0.8	1.5	1600	1467	336.0	160.0	3000	1038.0	480.0	630.0	327.2	327.2
					20	0.252	1	0.75	1.28	1.4	1.9	1494	136.9	530.7	338.0	530.7	338.0			
CB 25 Alfer-Level	304x103	0.4	2.4	2.0	20	0.45	1.53	3.01	2.0	3.0	1305	997	294.1	143.5	3000	832.3	448.5	676.1	450.0	450.0
					60	0.95	1	4.60	6.01	6.0	7.0	1109	1165	310.5	210.6	931.5	631.8	713.8	559.7	713.8
CB 50 Alfer-Level	520x103	0.4	2.4	2.0	20	0.90	2.57	5.14	3.4	5.2	1323	1012	330.2	175.1	3000	1050.6	525.3	794.1	519.1	519.1
					40	1.90	1	5.14	7.71	6.8	8.6	1115	1167	369.6	246.4	1103.8	739.2	838.1	633.0	838.1
CB 75 Alfer-Level	608x181	0.4	2.9	2.5	20	1.35	6.38	12.22	8.8	16.4	1379	1342	211.6	110.5	3000	634.8	331.5	460.3	246.9	246.9
					40	2.35	1	5.50	11.33	10.67	1818	1447	246.5	119.1	119.1	357.3	839.7	357.3	839.7	357.3
CB 75H Alfer-Level	617x192	0.4	2.9	2.5	20	1.52	6.67	14.22	8.8	15.8	1231	1111	221.2	106.9	3000	663.6	330.7	516.0	236.7	236.7
					40	3.04	1	13.74	27.86	26.4	38.4	1166	1195	144.1	163.1	432.3	432.3	432.3	432.3	432.3