



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

SOUČASNÁ PRODUKCE TEPELNÝCH VÝMĚNÍKŮ V ČR

PRESENT PRODUCTION OF HEAT EXCHANGERS IN THE CZECH REPUBLIC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAKUB DVOŘÁK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MICHAL JAROŠ, Dr.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jakub Dvořák

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Současná produkce tepelných výměníků v ČR

v anglickém jazyce:

Present production of heat exchangers in the Czech Republic

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Tepelné výměníky jsou technickým zařízením s dlouhou tradicí, které se používá v mnoha oborech lidské činnosti – v průmyslu, v domácnostech (chladnička) aj. Významné místo mají i v technice prostředí. Přestože jejich konstrukce je víceméně ustálená, mohou se jednotlivé typy lišit užitnými vlastnostmi, technologií výroby i cenou.

Cíle bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je sestavit přehled současných výrobců tepelných výměníků v České republice; jejich produkci rozdělte do jednotlivých kategorií podle typu výměníku, způsobu využití, velikosti, tepelného výkonu atd. U srovnatelných výrobků porovnejte jejich technicko-ekonomické parametry. Porovnání doplňte modelovým výpočtem předpokládaného způsobu provozu.

Seznam odborné literatury:

Incropera, F. P. – De Witt, D. P.: Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 3rd ed., John Wiley & Sons, New York, 1990.

Kakaç, S. – Liu, H.: Heat Exchangers: Selection, Rating and Thermal Design. CRC Press, Boca Raton (Florida, USA), 1998.

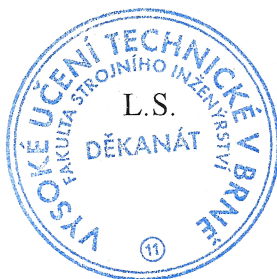
Jícha, M.: Přenos tepla a látky. Skripta FSI VUT. Akademické nakladatelství CERM, Brno, 2001.

Firemní literatura a internetové zdroje dle vlastního výběru.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Michal Jaroš, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 21.11.2014



doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je sestavit přehled výrobců výměníků tepla, kteří se vyskytují na českém trhu. V teoretické části práce je uvedeno rozdělení tepelných výměníků podle několika základních kritérií (např. charakter proudění). Toto rozdělení je následováno krátkým vysvětlením způsobů přenosu tepla. Na závěr teoretické části práce jsou představeny některé fyzikální závislosti a jejich popis. Hlavní část této práce obsahuje přehled výrobců tepelných výměníků a některých jejich výrobků, které jsou rozděleny do kategorií, převážně podle konstrukce. V závěru je provedeno rámcové porovnání pájených deskových výměníků různých firem v aplikaci pro ohřev teplé vody.

KLÍČOVÁ SLOVA

Výměník tepla, tepelný výměník, přenos tepla, český trh, produkce

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is to compile summary of heat exchangers manufacturers, which occurs on Czech market. In the theoretical part of this thesis is stated distribution of heat exchangers according to some basic criterions (for example flow arrangement). This distribution is followed by short explanation of how heat transfer can be realized. In the end of the theoretical part of this thesis there are presented some physical relations and their description. More practical and main part of this bachelor's thesis contains summary of heat exchangers manufacturers and examples of their products, which are divided to some categories, mainly according to construction. At the end, there is comparison of brazed plate heat exchangers from various companies in application for preparation of hot water.

KEYWORDS

Heat exchanger, Heat transfer, Czech market, production

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

DVOŘÁK, J. *Současná produkce tepelných výměníků v ČR*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 48 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Michal Jaroš, Dr..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny bibliografické a elektronické zdroje.

Brno 29. května 2015

Podpis

Poděkování:

Děkuji doc. Ing. Michalu Jarošovi, Dr. za odborné vedení mé bakalářské práce, vstřícnost, ochotu a trpělivost, v neposlední řadě za cenné připomínky při jejím vypracovávání. Dále bych chtěl poděkovat rodině, která mě po celou dobu mého studia podporuje.

OBSAH

OBSAH	11
1 ÚVOD.....	13
2 ROZDĚLENÍ TEPELNÝCH VÝMĚNÍKŮ	14
2.1 Rekuperace/Regenerace.....	14
2.1.1 Rekuperační výměníky	14
2.1.2 Regenerační výměníky.....	14
2.2 Proces přenosu tepla	15
2.3 Charakter proudění	15
2.4 Konstrukce.....	15
2.4.1 Trubkové výměníky (angl. tube heat exchangers).....	15
2.4.2 Deskové výměníky (angl. plate heat exchangers).....	16
2.4.3 Kompaktní výměníky (angl. compact heat exchangers).....	16
2.5 Množství fází	17
3 MECHANISMY PŘENOSU TEPLA	18
3.1 Přenos tepla vedením.....	18
3.2 Přenos tepla prouděním	19
3.3 Přenos tepla sáláním	19
4 ANALÝZA TEPELNÝCH VÝMĚNÍKŮ	21
4.1 Základní rovnice	21
4.2 Součinitel prostupu tepla	21
4.3 Vliv zanášení	22
4.4 Tlaková ztráta	22
4.5 Metody analýzy	23
4.5.1 Metoda LMTD	23
4.5.2 Metoda ϵ -NTU	23
5 PŘEHLED PRODUKCE VÝMĚNÍKŮ TEPLA V ČR.....	25
5.1 Alfa Laval	25
5.1.1 Deskové výměníky.....	25
5.1.2 Spirálové výměníky	27
5.1.3 Trubkové výměníky	28
5.1.4 Ostatní	28
5.2 CIAT	28
5.2.1 Lamelové výměníky SPN	28
5.2.2 Deskové výměníky ITEX.....	28
5.2.3 Trubkové výměníky Corelis	29

5.3	Racioterm s.r.o.	29
5.4	Reflex	30
5.5	SECESPOL	30
5.5.1	Trubkové výměníky	30
5.5.2	Deskové výměníky.....	31
5.6	G - MAR PLUS s.r.o.	32
5.7	Step TRUTNOV a.s.	33
5.8	Zakázková výroba výměníků.....	33
5.9	Shrnutí nabídky výrobců	35
6	POROVNÁNÍ SROVNATELNÝCH VÝMĚNÍKŮ.....	37
7	ZÁVĚR.....	39
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	40
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	46

1 ÚVOD

Tepelný výměník je zařízení sloužící k přenosu tepla mezi dvěma různě teplými tekutinami, které jsou ve většině případů odděleny pevnou stěnou. Tato zařízení, nazývané také jako výměníky tepla, nacházejí uplatnění ve většině odvětví průmyslu i lidského života. Jsou např. nezbytnou součástí kompresorových chladniček a automobilů, lze se s nimi setkat při výrobě elektrické energie, požívají se v chemickém a procesním inženýrství, v potravinářství a jejich použití zdaleka nekončí při vytápění či stavbě klimatizačních jednotek [1,2].

Výměníky tepla se instalují všude tam, kde teplo nemůžeme dodat přímo ke spotřebiči/spotřebiteli, ať již z důvodu rozdílných tlakových poměrů (problematika např. centrálního zásobování teplem a otopné soustavy), jiných fyzikálně-chemických vlastností či nutnosti použít rozdílná teplotní média, protože to tak vyžadují parametry daného procesu [3]. Z výše uvedených informací lze tedy vyvodit, že výměník jako takový nikdy nepracuje sám, ale je součástí většího systému.

V následujícím textu nejprve rozdělíme výměníky podle různých parametrů, např. podle konstrukce (trubkové, deskové apod.) nebo podle charakteru proudění (na souproudé, protiproudé); poté představíme tři mechanismy, jak se teplo v přírodě a výměnících přenáší. Tyto mechanismy jsou vedení, konvekce a radiace. Následně bude ukázáno několik přístupů k tomu, jak kvantifikovat množství přeneseného tepla, poukážeme na vliv zanášení výměníku nečistotami na jeho provoz a potřebu dodávat energii v podobě přídatných čerpadel kvůli tlakové ztrátě.

Hlavní částí této práce je pak přehled výrobců tepelných výměníků, jak sériové produkce, tak produkce zakázkové. Po krátkém uvedení firmy budou následovat příklady jejich výměníků. Nejprve budou rozděleny podle konstrukce, poté, pokud katalogy či stránky výrobce tyto informace uváděly, jsou modely/typy výměníků seřazeny podle využití nebo teplosměnné plochy a výkonu. V případě dostupnosti technických parametrů (výkonu, teplosměnné plochy) budou uvedeny i parametry daných výměníků. Výrobci výměníků na míru budou uvedeni jen krátce, jelikož parametry výměníku jsou předmětem objednávky a stanovují se až během ní.

Krátce si také srovnáme převážně technické parametry výměníků, které se mohou použít k ohřevu užitkové vody. Vzhledem k velké rozmanitosti konstrukcí a velkému množství firem zabývajících se výrobou výměníků by bylo potřeba více času a zdrojů k tomu, abychom sestavili kompletní srovnání této problematiky.

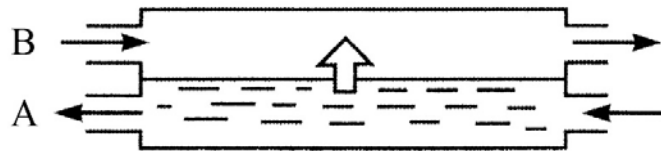
2 ROZDĚLENÍ TEPELNÝCH VÝMĚNÍKŮ

Je mnoho přístupů, jak se na rozdělení výměníků dívat. Tým autorů, v čele s Frankem Incroperou, ve své knize *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* [4], uvádí rozdělení výměníků, dějící se na základě konstrukčního provedení a charakteru proudění daných tekutin. Kakac [1] toto základní rozdělení dále rozšiřuje a stanovuje pět základních kritérií, podle kterých mohou být tepelné výměníky klasifikovány.

2.1 Rekuperace/Regenerace

2.1.1 Rekuperační výměníky

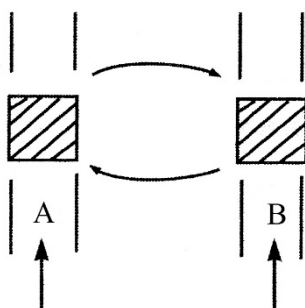
U tepelných výměníků, kde při přenosu tepla jedna tekutina předává teplo druhé, dochází k tzv. rekuperaci. Jak jde vidět na obrázku 2.1, tekutina B zpětně získá (angl. recuperates) část tepla od tekutiny A. Samotný přenos tepla může probíhat, jak přes stěnu, tak přímo mezi tekutinami, pokud nejsou nijak odděleny. Rekuperační výměníky najdou uplatnění např. jako chladiče, kondenzátory i jako součásti parní soustavy elektráren.



Obr. 2.1: Princip přenosu tepla v rekuperačních výměnících (převzato z [1])

2.1.2 Regenerační výměníky

U regeneračních výměníků naproti tomu neprobíhá přenos tepla přímo, ale využívá se hmoty samotného výměníku. Obě tekutiny proudí stejnou „cestou“, první z nich odevzdá část svého tepla do okolí, kde se toto teplo akumuluje, a následně, když výměníkem proudí tekutina druhá, je jí toto teplo předáno. Když je hmota výměníku omývána studeným proudem A, teplo odevzdává, a následně teplo získává z teplého proudu B. Tento princip je cyklický, jak jde vidět na obrázku 2.2. Příkladem těchto výměníků jsou tzv. rotační regenerační výměníky, které se používají např. při předehřevu vzduchu v uhelných elektrárnách nebo ve vysokých pecích [1].



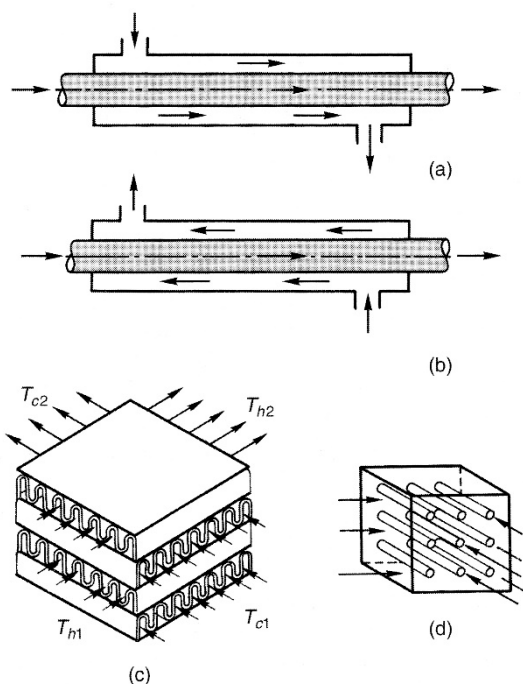
Obr. 2.2: schéma cyklického předávání tepla v regeneračních výměnících (převzato z [1])

2.2 Proces přenosu tepla

Na základě toho, zda k přenosu tepla dochází skrz stěnu, resp. přímo mezi tekutinami, mluvíme o kontaktu nepřímém neboli transmuraním, resp. přímém. V tepelných výměnících s nepřímým kontaktem je teplo předáváno skrz tzv. teplosměnnou plochu. Tekutiny proudí současně v oddělených sekcích, tudíž nedochází k jejich míšení. Naproti tomu např. ve chladičích věžích jsou kapky vody ochlazovány přímo proudem vzduchu [1].

2.3 Charakter proudění

Tepelné výměníky lze podle charakteru proudění rozdělit na tři základní typy: souproudé, protiproudé a výměníky s tzv. příčným proudem. Pokud obě tekutiny vstupují do výměníku na jednom konci, proudí stejným směrem a následně vystupují na druhém, mluvíme o souproudu, když tekutiny vstupují každá na opačné straně a proudí proti sobě, mluvíme o protiproudu. Další možností jsou výměníky s příčným proudem (proudění probíhá kolmo na sebe), které jsou dvojího typu: nesměšované, které obsahují žebra, zabraňující pohybu kolmému na hlavní směr toku a tudíž se tekutina nepromíchává, a směšované, kde pohybu tekutiny ve všech směrech nic nebrání a tekutina se může promíchávat [4]. Na obrázku 2.3 můžeme vidět tyto typy v grafické podobě.



Obr. 2.3: Dělení tepelných výměníků podle charakteru proudění.

- a) souproudý výměník;
- b) protiproudý výměník;
- c) příčný proud nesměšovaný;
- d) příčný proud směšovaný (převzato z [1])

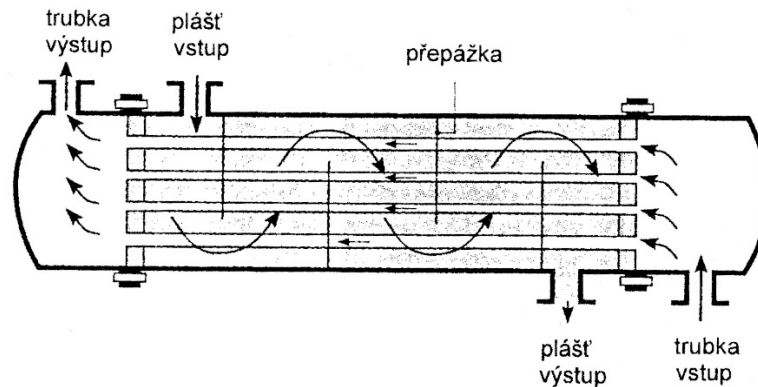
2.4 Konstrukce

V zásadě jsou tři hlavní kategorie konstrukce výměníků tepla: deskové, trubkové a tzv. kompaktní výměníky. Příklady uvedené níže jsou jen hlavním rozdělením, jelikož existuje řada dalších jejich konfigurací.

2.4.1 Trubkové výměníky (angl. tube heat exchangers)

Nejjednodušším trubkovým výměníkem je výměník „trubka v trubce“. Za schéma jeho konstrukce lze považovat obr. 2.3 a, b. Konstrukce trubkových výměníků je následující:

Soustava trubek je vedena uvnitř jiné (pláště) s větším poloměrem. Tyto trubky mohou být vedeny např. „po šroubovici“ nebo soustředně. Tak se děje u trubkových plášťových výměníků. Avšak i u tohoto typu mohou být vnitřní trubky ohnuty, např. do tvaru písmene U (trubkových výměníků s U-trubkami). Důležitou součástí trubkového výměníku jsou různé konstrukční doplňky (vnitřní úchyty trubek, překážky upravující proud vnější tekutiny apod.) Příkladem trubkových výměníků jsou dvojtrubkové výměníky a trubkové plášťové výměníky (angl. shell and tube heat exchangers). Trubkové výměníky mají i svoji spirálovou formu. Trubkové výměníky se často používají jako součást průmyslových zařízení, např. při výrobě energie či jako chladiče atd. [1].



Obr 2.4: Schéma jednoduchého trubkového plášťového výměníku (převzato z [2])

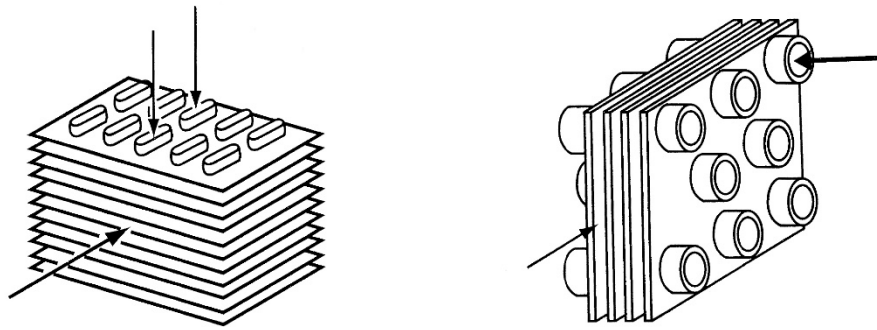
2.4.2 Deskové výměníky (angl. plate heat exchangers)

Deskové výměníky tepla se skládají z mnoha tenkých, často zvlněných desek (zvlnění zvyšuje přenos tepla). Nejčastěji slouží k výměně tepla mezi dvěma kapalinami. Příkladem deskových výměníků jsou např. lamelové výměníky či tzv. spirálové výměníky. Jejich zástupcem jsou i tzv. rozebíratelné deskové výměníky (gasketed plate heat exchanger), často používané v potravinářství pro jejich snadné čištění a sterilizaci [1].

2.4.3 Kompaktní výměníky (angl. compact heat exchangers)

Pokud je jedna z pracovních tekutin plyn, tudíž pracujeme s nízkým součinitelem přestupu tepla, je ideálním řešením použít kompaktní tepelné výměníky, které se vyznačují velkým teplosměnným povrchem na jednotku objemu (často se jako limitní hodnota uvádí $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$). I konstrukce kompaktních výměníků je velmi rozmanitá, můžeme se setkat např. s typem „trubka-žebro“ či s výměníkem s paralelními deskami [2]. Kompaktní výměníky jsou nedílnou součástí klimatizací či výparníků chladicích a mrazicích systémů [1].

Na obrázku 2.5 vidíme část výměníku typu „trubka-žebro“; tato základní část se následně uvnitř výměníku ve velkém měřítku opakuje, právě kvůli nutnosti velké teplosměnné plochy. Mezi deskami proudí nejčastěji plyn, trubkami kapalina [1].



Obr 2.5: Výřez základní části kompaktního výměníku typu „trubka-žebro“ (převzato z [1])

2.5 Počet fází

Na problematiku rozdělení můžeme také nahlížet z pohledu případné změny fáze některého z médií. Ohřívače vzduchu, chladiče, regenerátory atp. jsou příklady jednofázových tepelných výměníků, kde ani jedno z teplotnosných médií neprochází fázovou přeměnou. Naproti tomu např. v kondenzátorech, generátorech páry či výparnících dochází k fázové přeměně alespoň jedné z tekutin [1], tím se jedná o výměníky dvoufázové.

3 MECHANISMY PŘENOSU TEPLA

Tak jako v přírodě, i ve výměnících tepla existují tři mechanismy, jak může být teplo přeneseno. Základním předpokladem přenosu tepla je existence teplotní difference. Jakmile v látce či v soustavě látek existují místa s rozdílnou teplotou, musí podle fyzikálních zákonů dojít k přenosu tepla. Pokud teplotní gradient existuje v nepohyblivé látce (pevného skupenství, či nepohybující se kapalině), pak přenos tepla probíhá *vedením*. Naproti tomu pokud je například horký povrch ofoukáván, pohyb tekutiny napomůže přenosu tepla a pak mluvíme o *konvekci*, o přenosu tepla *prouděním*. Třetí možností je tzv. přenos tepla *radiací* neboli *sáláním*, který navíc nepotřebuje nosné medium, neboť se šíří prostřednictvím elektromagnetického záření.

V naprosté většině případů, jak v přírodě, tak ve výměnících tepla, nedochází k přenosu tepla pouze jedním způsobem. Často tak dochází ke kombinaci těchto mechanismů. Na druhou stranu je vhodné předpokládat, že některý z mechanismů bude převažovat nad zbylými.

3.1 Přenos tepla vedením

Vedení tepla je proces, kdy je energie předávána od částic s větší energií částicím s energií menší. S teplotou částice roste i jejich energie. U plynů a kapalin se teplo přenáší náhodným pohybem molekul. V tuhých látkách nevodivých probíhá kondukce prostřednictvím kmitání atomů krystalické mřížky, u kovových materiálů se k tomuto kmitání připojuje navíc pohyb volných elektronů.

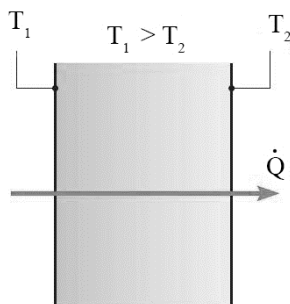
Matematický popis vedení tepla poskytuje Fourierův zákon, který říká, že hustota tepelného toku vedením je přímo úměrná velikosti teplotního gradientu a má opačný směr. Pro jednorozměrné (1D) vedení lze pak psát:

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{S} = -\lambda \frac{dT}{dx} \quad (3.1)$$

resp. pro třírozměrné (3D) vedení:

$$\vec{q} = -\lambda \text{grad}T = -\lambda \left(\vec{i} \frac{\partial T}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial T}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad (3.2)$$

Konstantou úměrnosti je zde tzv. tepelná vodivost λ . Tato fyzikální vlastnost látek však v naprosté většině případů není konstantní, ale závislá na teplotě (u některých látek dokonce i na poloze v tělese nebo směru vedení). Pro zjednodušení lze počítat s konstantní hodnotou, to však záleží především na teplotních intervalech, ve kterých se pohybujeme.



Obr. 3.1: Přenos tepla vedením skrz pevnou stěnu nebo nepohybující se tekutinu (převzato z [4])

Příkladem vedení tepla mohou být např. tepelné ztráty přes nezateplenou stěnu, ohřev volného konce čajové lžičky nebo kované tyče.

3.2 Přenos tepla prouděním

Oproti kondukcii, kdy základem přenosu je náhodný pohyb mikročástic, se při konvekcii k takovému pohybu navíc přidává makroskopický pohyb tekutiny. Tento objemový pohyb přispívá k výslednému přenosu. Přenos tepla je pak superpozicí obou těchto mechanismů.

Konvekci můžeme rozdělit na čtyři další kategorie podle povahy proudění:

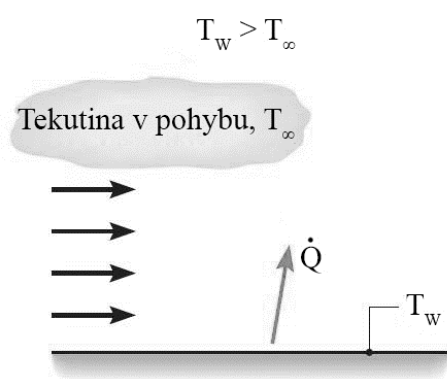
- konvekce přirozená
- konvekce nucená
- konvekce kombinovaná
- konvekce s fázovými přeměnami

Konvekce přirozená je indukována vztlakovými silami, které vznikají v důsledku rozdílných hustot, které jsou způsobeny teplotními diferencemi. Naproti tomu nucená konvekce je vyvolána silami vnějšími např. ventilátorem, který ofukuje teplý předmět, či libovolné proudění tekutin trubkou či jinou uzavřenou nádobou.

Základním vztahem popisujícím hustotu tepelného toku konvekcí je tzv. Newtonův ochlazovací zákon, který platí bez ohledu na to, o jaký typ konvekce se jedná:

$$\dot{q} = -\alpha(T_w - T_\infty) \quad (3.3)$$

kde α je součinitel přestupu tepla, T_w je teplota povrchu obtékaného tělesa a T_∞ je teplota tekutiny, která těleso obtéká [2, 4].



Obr. 3.2: Přenos tepla prouděním (převzato z [4])

Hlavním problémem přenosu tepla prouděním je určení součinitele přestupu tepla. Jelikož je závislý na mnoha okolnostech, které charakterizují daný typ konvektivního přenosu tepla, řeší se použitím teorie podobnosti.

Tento způsob využívá kritériální rovnice obsahující tzv. podobnostní čísla. Příkladem těchto čísel je například Nusseltovo (vyjadřuje poměr přenosu tepla konvekcí a kondukcí) či Reynoldsovo číslo (vyjadřující poměr setrvačných a vazkých sil). Konkrétní tvary kritériálních funkcí pak zohledňují možné variace, které mohou při konvektivním přenosu tepla nastat.

3.3 Přenos tepla sáláním

Třetím možným způsobem přenosu tepla je radiace. Každé hmotné těleso, které má nenulovou termodynamickou teplotu, vyzařuje tepelné záření. Toto záření nezávisí na

skupenství, vyzařují jak pevné látky, tak tekutiny. Na rozdíl od kondukce a konvekce přenos tepla radiací nepotřebuje teplonosné médium. Přenos tepelné energie probíhá ve formě elektromagnetických vln (fotonů), díky čemuž může probíhat i v absolutním vakuu.

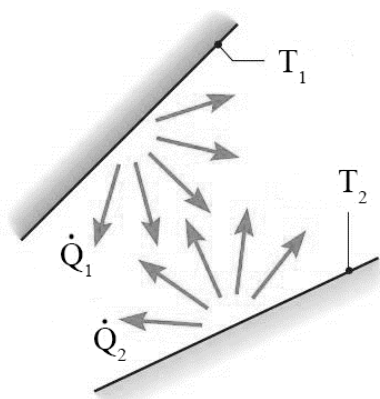
Jelikož je při přenosu tepla radiací teplo vyzařováno, používá se často místo tepelného toku tzv. zářivost. Maximální možná hodnota energie, kterou může těleso vyzařit, je dána Stefanovým-Boltzmannovým zákonem:

$$\dot{q} = E_o = \sigma T_w^4 \quad (3.4)$$

Konstantou úměrnosti je Stefan-Boltzmannova konstanta ($\sigma = 5,67037 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$). Je nutno dodat, že uvedenou hodnotu energie vyzaří pouze tzv. absolutně černé těleso (ideální zářič). Reálný povrch vyzařuje méně tepla, a to podle vztahu:

$$\dot{q} = E = \varepsilon_r \sigma T_w^4 \quad (3.5)$$

kde poměrná zářivost ε_r , která nabývá hodnot od 0 do 1, udává intenzitu vyzařování oproti absolutně černému tělesu.



Obr. 3.3: Vyzařování tepelné energie hmotnými povrchy (převzato z [4])

Určit energii vyzařovanou je tedy relativně snadné, často nás však zajímá, jakou energii (teplo) si vyměňují více těles mezi sebou. Toto určení už je složitější, jelikož tělesa mohou taky energii odrážet, absorbovat nebo mohou dokonce část energie nechat projít skrz sebe. Proto také výsledné vztahy bývají často složité. Jedním z jednodušších vztahů je:

$$\dot{q} = E = \varepsilon \sigma (T_w^4 - T_o^4) \quad (3.6)$$

kde T_o je teplota okolí. Tento vztah popisuje vyzařování malého povrchu obklopeného povrchem velkým, např. výkovek v hale [3, 4].

4 ANALÝZA TEPELNÝCH VÝMĚNÍKŮ

4.1 Základní rovnice

K tomu, abych mohli provést alespoň jednoduchý rozbor chování tepelného výměníku, výměník navrhnout nebo jej vybrat, je vhodné znát závislosti mezi tepelným tokem v něm, a základními parametry, jako jsou např. vstupní a výstupní teploty, teplosměnná plocha a součinitel prostupu tepla. Je samozřejmé, že kromě níže uvedených rovnic popisujících energetické záležitosti, je nutné při nákupu a hlavně návrhu navíc věnovat pozornost i konstrukčním a finančním otázkám.

Pokud budeme uvažovat zjednodušující předpoklady, nepodstatný ztrátový tok do okolí a nepodstatné změny potencionální a kinetické energie medií, můžeme tepelný tok výměníkem \dot{Q} (tedy tepelný výkon výměníku) vypočítat pomocí prvního zákona termodynamiky:

$$\dot{Q} = \dot{m}_h(h_{h,i} - h_{h,o}) \quad (4.1a)$$

resp.

$$\dot{Q} = \dot{m}_c(h_{c,i} - h_{c,o}) \quad (4.1b)$$

kde h vyjadřuje entalpii tekutiny, \dot{m} její hmotnostní tok, a indexy h, c odkazují na teplou (hot), resp. studenou (cold) tekutinu. Indexy i, o odkazují na přitékající, resp. odtékající tekutinu. Tyto vztahy jsou často nazývány jako *rovnice tepelné bilance*.

Pokud budeme dále uvažovat, že ani jedna z tekutin neprojde fázovou přeměnou a měrné tepelné kapacity jsou konstantní, můžeme rovnice 4.1 převést na:

$$\dot{Q} = \dot{m}_h c_{p,h}(T_{h,i} - T_{h,o}) \quad (4.2a)$$

resp.

$$\dot{Q} = \dot{m}_c c_{p,c}(T_{c,i} - T_{c,o}) \quad (4.2b)$$

Další často užívanou rovnicí je upravený Newtonův ochlazovací zákon, kde součinitel přestupu tepla je nahrazen součinitelem prostupu tepla k a místo teplotní diference ΔT je použit tzv. střední logaritmický teplotní spád ΔT_{ln} :

$$\dot{Q} = kS\Delta T_{ln} \quad (4.3)$$

ΔT_{ln} je funkcí vstupních a výstupních teplot obou tekutin, respektující průběh teplot, který se liší podle pozice ve výměníku [1, 4].

4.2 Součinitel prostupu tepla

Stanovit součinitel prostupu tepla je jedním z nejdůležitějších úkolů při rozboru činnosti tepelného výměníku. Často je to však jedna z nejméně jistých, nepřesných záležitostí. Tento koeficient může být stanoven pomocí celkového tepelného odporu při přenosu tepla mezi dvěma tekutinami přes pevnou stěnu. Pro tepelný odpor prostupu tepla platí rovnice:

$$R_{celk} = \frac{1}{k \cdot S} = \sum R = \frac{1}{\alpha_c S} + R_\lambda + \frac{1}{\alpha_h S} \quad (4.5)$$

kde R_λ je tepelný odpor vedení tepla oddělovacími stěnami výměníku. Pokud by se teplosměnné plochy na „teplé“ a „studené“ straně výměníku lišily, bylo by potřeba věnovat se více otázce součinu $k \cdot S$, který je sice konstantní, pokud se budeme zabývat postupem tepla

skrz stěnu trubky ve výměníku, ale může se lišit, pokud se budeme zabývat jen „teplou“ stranou nebo jen „studenou“ stranou.

Dále je nutné poznamenat, že tento vztah platí pouze pro čisté, nezanesené plochy. U tepelných výměníků však často dochází k zanášení teplosměnných ploch nečistotami, k reakcím tekutin a stěn. Takto vznikající vrstvy nečistot značně zvyšují tepelný odpor proti přenosu tepla. Užití žebrovaných povrchu má též značný vliv na hodnotu odporu, který se snižuje zvětšením teplosměnné plochy. Pokud tedy budeme uvažovat tyto dvě skutečnosti, můžeme tepelný odpor psát jako:

$$\sum R = \frac{1}{k \cdot S} = \frac{1}{(\eta_{TOT} \alpha S)_c} + \frac{R_{zn,c}^*}{(\eta_{TOT} S)_c} + R_\lambda + \frac{R_{zn,h}^*}{(\eta_{TOT} S)_h} + \frac{1}{(\eta_{TOT} \alpha S)_h} \quad (4.6)$$

kde η_{TOT} je celková účinnost žebrovaného povrchu, a R_{zn}^* jsou odpory proti vedení tepla vrstvou usazenin [4].

4.3 Vliv zanášení

Zanášení, tedy hromadění nechtěných usazenin na teplosměnné ploše, negativně ovlivňuje provoz tepelného výměníku. Usazování nečistot zvyšuje celkový odpor proti vedení tepla, jak jde vidět v rovnici (4.6), což vyústí ve snížení součinitele prostupu tepla. Také má negativní vliv na tlakovou ztrátu a potřebnou práci k udržení proudu (více o tlakové ztrátě v kapitole 4.4), obě uvedené veličiny často výrazně zvyšuje. Zanášení výměníku má ve svém důsledku často podstatné finanční důsledky; zvyšují se provozní výdaje. Protože se kvůli usazování dopředu počítá se zvětšením teplosměnné plochy, rostou též výdaje pořizovací. V neposlední řadě se provoz výměníku prodražuje kvůli čištění.

Je časté, že právě kvůli čištění se výměníky stahují z provozu, v extrémním případě dochází i k jejich výměně, tak aby byla obnovena schopnost pracovat v rámci požadovaných podmínek. Primárně se tak děje kvůli extrémnímu navýšení tlakové ztráty; výměníků odstavených kvůli snížení součinitele prostupu tepla, je méně.

Se zanášením se kromě čištění dá bojovat také přidáváním různých aditiv do pracovních látek. Tyto přísady pak zpomalují usazování nečistot, fungují tedy jako inhibitory. Tyto látky se volí podle typu zanášení, pokud se usazují převážně minerální látky, používají se různá změkčovadla, pro např. biologické zanášení volíme biocidy [1].

4.4 Tlaková ztráta

Stejně důležité, jako je určení velikost teplosměnné plochy, která nám zajistí námi požadované parametry, je určení *tlakové ztráty*. Vlivem tření v kapalině, zejména však mezi mezní vrstvou pohybující se kapaliny a povrchem výměníku, dochází poklesu tlaku, který pak musíme kompenzovat jiným způsobem (čerpadly, ventilátory), abychom udrželi požadovaný průtok. Tímto se samozřejmě zvyšují finanční náklady na provoz výměníku.

Pokles tlaku závisí na délce trubek, na jejich průměru, na drsnosti stěn, na rychlosti proudu, na tom zda se jedná o proudění turbulentní či laminární, na hustotě a viskozitě (tj. na typu) kapaliny. V neposlední řadě závisí na přítomnosti žeborů či nosných částí výměníku.

Ze znalosti tlakové ztráty můžeme vypočítat příkon, potřebný k udržení potřebného proudu. Přibližně lze říci, že

$$P = \frac{\dot{m} \Delta p}{\rho \cdot \eta_\zeta} \quad (4.7)$$

kde P je potřebný příkon, Δp tlaková ztráta, ρ hustota kapaliny a η_c účinnost čerpadla/větráku. Z rovnice je patrné, že je vhodné používat tekutiny s co největší hustotou, a tak šetřit spotřebovanou energií [1].

4.5 Metody analýzy

Nyní uvedeme dvě základní metody, se kterými se lze při výpočtu tepelných výměníků setkat. Jedná se o metodu LMTD (z angl. Logarithmic Mean Temperature Difference), tedy o metodu využívající střední logaritmický teplotní spád, a o metodu ε -NTU (The Effectiveness-Number of Transfer Unit). Je nutno dodat, že se jedná o metody rovnocenné, dosažené výsledky se výrazně neliší. Využití jedné či druhé metody se tedy nejčastěji odvíjí od vstupních hodnot, které jsou nám známy [2].

4.5.1 Metoda LMTD

Metoda LMTD je vhodnou metodou pro tzv. konstrukční návrhy, tedy úkoly, kdy máme dány vstupní i výstupní teploty obou tekutin a naším úkolem je zvolit výměník a jeho teplosměnnou plochu[2].

Ve své podstatě tato metoda využívá upravený Newtonův ochlazovací zákon, tedy rovnici (4.3). Jednoduchým odvozením za použití rovnosti tepelných toků, které jedna tekutina odevzdá a druhá přijme, a klasického ochlazovacího zákona lze získat vztah:

$$\dot{Q} = kS \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} \quad (4.8)$$

kde zlomek je zmíněným středním logaritmickým teplotním spádem. Teplotní difference ΔT_1 , resp ΔT_2 odkazují na jeden, resp. druhý konec výměníku.

Avšak takto získaný teplotní spád nelze aplikovat např. na výměníky s příčným proudem. Při odvozování rovnice (4.8) v tomto případě dostaneme komplexní funkci závislou na všech čtyřech teplotách T_{h1} , T_{h2} , T_{c1} , T_{c2} . Často se proto používá takzvaný *korekční faktor* F . Rovnice (4.3) pak přechází do tvaru:

$$\dot{Q} = FkS\Delta T_{ln} \quad (4.9)$$

kde ΔT_{ln} je teplotní spád protiproudého výměníku pracujícího při stejných teplotách.

Korekční faktor F je bezrozměrnou funkcí typu výměníku a veličin P , R kde:

$$P = \frac{T_{c2} - T_{c1}}{T_{h1} - T_{c1}} \quad (4.10)$$

$$R = \frac{T_{h1} - T_{h2}}{T_{c2} - T_{c1}} \quad (4.11)$$

Tyto korekční faktory se dají určit pomocí grafů, které sestrojil tým v čele s Bowmanem [1].

4.5.2 Metoda ε -NTU

Metoda LMTD je jednoduchou a častou metodou analýzy tepelného výměníku, avšak její použití je závislé na tom, zda jsou známy všechny čtyři teploty, jak vstupní, tak výstupní. Pokud například výstupní teploty chybí, LMTD postup se značně ztěžuje a musí obsahovat iterační postupy. Metoda ε -NTU je vhodnou náhradou pro takovéto případy [2].

K tomu, abychom mohli použít tuto metodu, je potřeba definovat několik nových pojmů. Jedním z nich je *efektivnost výměníku*. Je definována jako podíl skutečného \dot{Q} a maximálního tepelného toku \dot{Q}_{max} , který může být mezi pracovními látkami přenesen:

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{max}} \quad (4.12)$$

Efektivnost je bezrozměrná veličina a z její definice je zřejmé, že se pohybuje v rozmezí 0 až 1. Maximálního tepelného toku, který lze přenést, můžeme teoreticky dosáhnout v nekonečně dlouhém protiproudém výměníku. V takovémto výměníku pak jedna z tekutin podstoupí maximální možnou teplotní diferenci, jenž je rovna $T_{h,i} - T_{c,o}$. Jednoduchým odvozením pak lze dokázat, že \dot{Q}_{max} je roven:

$$\dot{Q}_{max} = C_{min}(T_{h,i} - T_{c,i}) \quad (4.13)$$

kde C_{min} je menší z toků kapacit teplotnosných medií. Obecně pak platí:

$$\varepsilon = f\left(NTU, \frac{C_{min}}{C_{max}}\right) \quad (4.14)$$

Veličina vystupující ve vztahu (4.14) pod názvem Number of Transfer Unit (NTU) je další z bezrozměrných charakteristik, které jsou používány k výpočtům tepelných výměníků. NTU je definována jako:

$$NTU = \frac{kS}{C_{min}} \quad (4.15)$$

Obecně lze stejně jako u efektivnosti odvodit vztahy pro NTU typu:

$$NTU = f\left(\varepsilon, \frac{C_{min}}{C_{max}}\right) \quad (4.16)$$

Podobně jako pro korekční faktory lze nalézt grafické závislosti mezi efektivností tepelného výměníku a NTU pro jednotlivé typy výměníku [2, 4].

5 PŘEHLED PRODUKCE VÝMĚNÍKŮ TEPLA V ČR

Pokud chceme zakoupit tepelný výměník, máme v podstatě dvě možnosti:

- a) sériově vyráběné výměníky,
- b) zakázková výroba výměníku na míru.

Přestože je sériově vyráběných výměníků nepřehledné množství, často se stává, že žádný z nabízených modelů neodpovídá našim požadavkům. To se děje především v některých oblastech průmyslu, kde jsou potřeba např. velké, několikametrové výměníky, které se sériově nevyrábějí, zejména z důvodu finanční zátěže. Takovéto výměníky jsou drahé a jsou potřeba v několika málo kusech. V takovýchto případech je pak vhodné obrátit se na výrobce zakázkově vyráběných výměníků.

V následujícím textu nejprve uvedeme několik firem, které se zabývají sériovou výrobou, a podíváme se některé jejich výměníky. Následně se zaměříme na firmy nabízející zakázkovou výrobu.

5.1 Alfa Laval [5]

Alfa Laval je nadnárodní společností s více než stoletou tradicí, věnující se převážně třem základním technologickým odvětvím: přenosu tepla, separaci a dopravě tekutin. Její začátky sahají do roku 1883, kdy Gustav de Laval se svým kolegou Oscarem Lemmem ml. založili tehdy ještě společnost AB Separator. Zastoupení v ČR měla prakticky nepřetržitě od roku 1920. Alfa Laval dodává především tepelné výměníky, výměňkové stanice, separátory a součásti a zařízení využívané při přepravě tekutin (např. čerpadla). Tímto zaměřením pokrývá velkou část průmyslových odvětví, od potravinářského a chemického průmyslu až po výrobu elektrické energie.

Jedním z odvětví, na které se tato společnost zaměřuje, je také výroba výměníků tepla. V tomto odvětví je dokonce v celosvětovém měřítku na předních místech. Tepelnými výměníky se začala zabývat roku 1933, kdy přišla s výměníkem používaným v potravinářském průmyslu, konkrétně na pasterizaci mléka. Nyní se dají její produkty použít v nejrůznějších aplikacích, např. v klimatizacích, ohřivačích až po hygienické aplikace [6, 7].

5.1.1 Deskové výměníky

Pravděpodobně největší diverzitou oplývá tato společnost ve výrobě deskových výměníků. Alfa Laval dodává výměníky, které lze použít v klimatizacích, k ohřevu vody, v potravinářství a jiných hygienicky náročnějších procesech (např. sanitační procesy), ale i v čistě průmyslových aplikacích. Je nutno dodat, že použití mnoha výměníků se překrývá, tudíž mohou být použity nejen např. na chlazení, ale i na ohřev užitkové vody.

Pro použití k vytápění, jak komerčnímu, tak průmyslovému, lze použít např. řadu CB. Výkon, stejně jako teplosměnná plocha závisí na tom, kolik desek je ve výměníku použito. I toto je různé, dané modelem výměníku dané řady [8]. Pro stejné využití můžeme využít i tzv. rozebíratelné deskové výměníky. Jejich příkladem mohou být výměníky T2, T5 (jejich teplosměnná plocha je 1, resp. 4,4 m²), z větších modelů např. M10, T8 (teplosměnné plochy až 90 m², resp. 35 m²; výkon modelů M10 může být až 3 MW) [9, 10, 11, 12]. Pokud budeme mít větší nároky na čistotu, odolnost proti korozi nebo např. vysokým teplotám, můžeme použít výměníky řady AlfaNova [13]. Pro náročné aplikace (např. práce s korozivním médiem) můžeme zvolit výměníky Compabloc, jejichž teplosměnná plocha může dosahovat až 840 m² [14].

Pro chlazení, kromě již zmíněných výměníků řady CB, AlfaNova atd., lze použít například řadu AC, výkon těchto výměníků se pohybuje od jednotek kW až do cca 1600 kW [15].

Tab. 5.1: Výkon, průtok a tlaková ztráta výměníku CBH16 pro různé režimy provozu (převzato z [82]):

a) vytápění: Teplotní spád primáru 80/60 °C, sekundáru 45/60 °C

Celkový výkon kW	Typ výměníku	Primár		Sekundár	
		Tlaková ztráta kPa	Průtok kg/h	Tlaková ztráta kPa	Průtok kg/h
5	CBH16-9H	1,71	215,4	3,36	287,5
10	CBH16-9H	6,35	430,8	12,5	575,0
15	CBH16-13H	6,57	646,2	12,4	862,6
20	CBH16-13H	11,3	861,6	21,4	1150
25	CBH16-25H	5,54	1077	10,0	1438
30	CBH16-25H	7,85	1292	14,2	1725

b) podlahové vytápění: Teplotní spád - primár 60/40 °C, sekundár 25/38 °C

Celkový výkon kW	Typ výměníku	Primár		Sekundár	
		Tlaková ztráta kPa	Průtok kg/h	Tlaková ztráta kPa	Průtok kg/h
5	CBH16-9H	1,76	215,6	4,54	331,1
10	CBH16-9H	6,53	431,2	16,9	662,3
15	CBH16-13H	6,75	646,9	16,7	993,4
20	CBH16-25H	3,69	862,5	8,79	1325
25	CBH16-25H	5,65	1078	13,5	1656
30	CBH16-25H	8,01	1294	19,1	1987

Tab. 5.2: Technické specifikace některých výměníků řad AC a CB (převzato z [15]):

a) Výparník

AC	AC10	AC-30EQ	AC-70X	AC-112	AC-220EQ	AC-230DQ AC-230EQ	AC-232DQ	AC-500DQ AC-500EQ	AC1000DQ ACH1000DQ
Výkon (kW)	0,5-4	3-30	10-90	30-200	50-200	50-200	30-250	150-600	600-1200
Dvouokružové zapojení						ano	ano	ano	ano
Návrhový tlak (bar)	33	35	32	37	37	32	47	32	32
Vysokotlaké jednotky ACH (bar)		50	45	51	51	45	53	45	45
Výška, a (mm)	207	325	526	616	616	490	490	739	921
Šířka, b (mm)	77	93	112	191	191	250	250	322	487
Svislá rozteč připojení, c (mm)	172	269	466	519	519	400/369	400/369	632/568	603
Vodorovná rozteč připojení, d (mm)	42	39	50	92	92	155	155	205	280/356

b) Kondenzátor

BHE	AC10	CB30	CB60	CB62	CB110	CB112	CB200	CB300	CB400
Výkon (kW)	0,5-4	5-40	50-100	50-100	50-220	50-220	150-350	150-450	150-600
Návrhový tlak (bar)	33	40	40	40	37	37	30	33	35
Vysokotlaké jednotky CBH (bar)		50	50	50	51	51	37		
Výška, a (mm)	207	313	527	531	616	616	742	990	990
Šířka, b (mm)	77	113	113	115	191	191	324	366	390
Svislá rozteč připojení, c (mm)	172	250	466	476	519	519	622	816/861	825
Vodorovná rozteč připojení, d (mm)	42	50	50	60	92	92	205	213,5	225

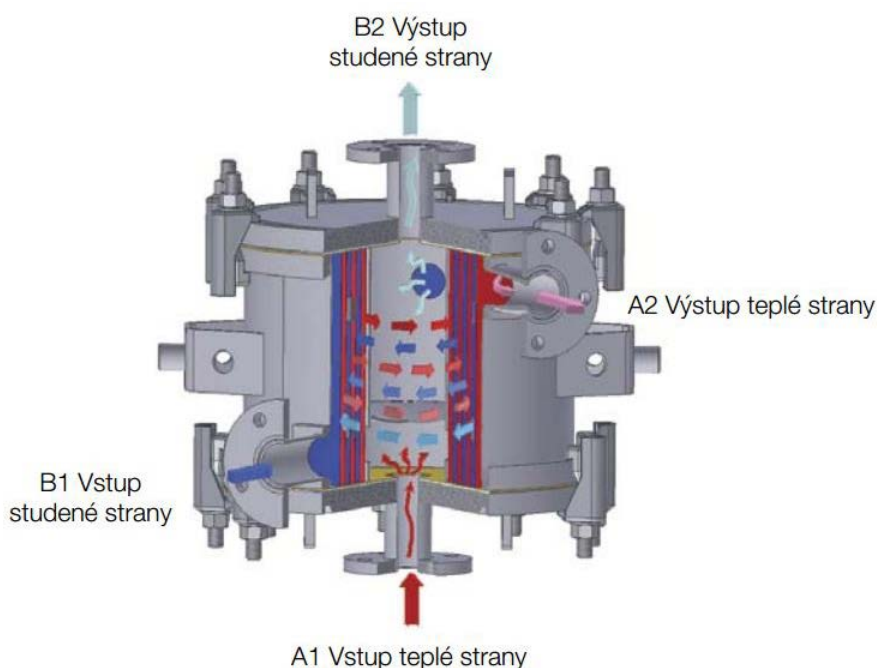
Převážně v potravinářství (pasterizace atd.) najdou uplatnění výměníky řady FrontLine, BaseLine. Tyto výměníky se dodávají v mnoha variantách, které se liší typem použitých desek a celkovými rozměry [16, 17]. Pro práci se sanitačními roztoky, ale i pro jakékoliv jiné

chlazení či ohřev, lze použít výměníky TS6-FMC s výkonem pohybujícím se v rozmezí 200-1800 kW [18].

Je nutno podotknout že tyto výměníky jsou jen příkladem. Jelikož se jedná o nadnárodní firmu, je její produkce daleko rozsáhlejší (viz [5]).

5.1.2 Spirálové výměníky

Spirálové výměníky jsou vhodné tam, kde je větší pravděpodobnost zanášení. Příkladem těchto výměníků od společnosti Alfa Laval může být řada ALSHE LTL.

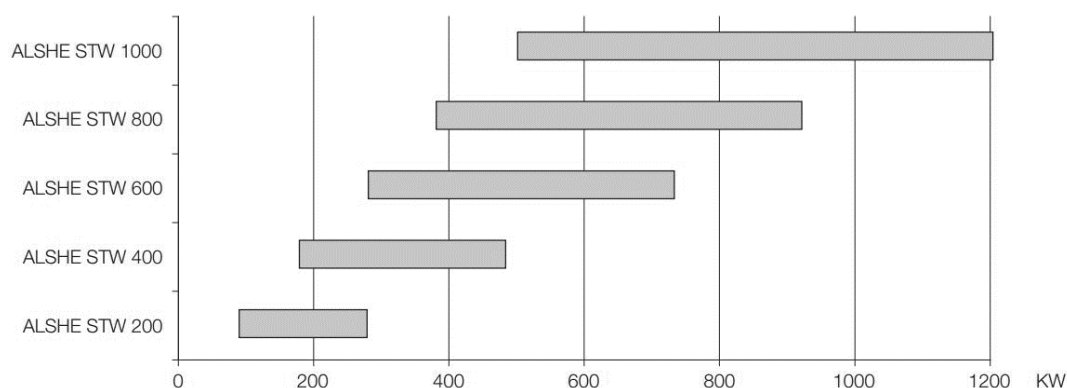


Obr. 5.1: Spirálový výměník ALSHE LTL (převzato z [19])

Výměníky této řady disponují teplosměnnou plochou od 2 do cca 30 m². Velkou výhodou těchto výměníků je, že díky své konstrukci minimalizují čas (náklady) na údržbu - čištění. Rozšíření této řady ALSHE LTL60 má několikanásobně větší teplosměnnou plochu, až 123 m². Užitím se prakticky neliší, jsou vhodné na ohřev, chlazení, rekuperaci tepla v systémech kapalina-kapalina [19, 20].

Dalším z příkladů spirálových výměníků je typ ALSHE Cond. Jedná se o kondenzátor, dále jej lze použít jako chladič a ohřivač plynů, popřípadě bojler. Jeho předností je nízká tlaková ztráta. Teplosměnná plocha těchto výměníků je 1 až cca 56 m², v závislosti na daném typu výměníku [21].

Tab. 5.3: Rozsahy výkonů výměníků řady ALSHE STW (převzato z [22]):



Alfa Laval nabízí také výměníky na práci s tekutinami, které obsahují kaly. Příkladem těchto výměníků jsou řady ALSHE STW a ALSHE STS, s výkony 200-1200 kW, resp. výkony až 2000 kW [22, 23].

5.1.3 Trubkové výměníky

Jako příklad trubkových výměníků, které dodává Alfa Laval, lze uvést výměníky řady ViscoLine, Pharma-line, či přímo výměníky Pharma-X, Pure Cooler.

Výměníky řady Pharma-line nacházejí využití ve farmaceutickém průmyslu, např. pro ohřev a chlazení vyrobených produktů či jako součást systémů na přípravu čisté vody. Velikost výměníku závisí na daném produktu, teplosměnná plocha se pohybuje od 0,3 m² do 8,5 m². ViscoLine je řadou výměníků pro zpracování nízké a průměrně viskózních tekutin, dá se též použít pro ohřev CIP (sanitačních) roztoků a vody [24, 25].

Jak název napovídá, je Pharma-X příkladem výměníku-chladiče pro vodu užívanou ve farmaceutických vodních systémech, jeho teplosměnná plocha se pohybuje v rozmezí 0,3 až 1 m². Pure Cooler je naproti tomu výparníkem procesního chlazení a klimatizace. Výrobce uvádí rozsah chladičského výkonu tohoto výměníku v rozmezí 100 kW až 1750 kW [26, 27].

5.1.4 Ostatní

Kromě těchto výměníků nabízí společnost Alfa Laval také celé výměňkové stanice, jak pro malé objekty typu byt či pro přípravu teplé vody, tak pro i pro velké objekty, mající i několikasetkilowattové výkony. Také nabízí výměníky se stíraným povrchem, které najdou uplatnění především v potravinářském průmyslu. V neposlední řadě její produkty zahrnují vzduchové chladiče, výparníky a kondenzátory [28].

5.2 CIAT [29]

Společnost CIAT je také nadnárodní společností, která svoje začátky datuje do roku 1934 ve Francii. V roce 2005 se firma dostává i na český trh v podobě firmy CIATIK TRADE s.r.o. Svoji produkci začala trubkovými výměníky, nyní se věnuje jak výměníkům, tak i řadě jiných teplotních aplikací. Příkladem jejich výrobků mohou být tepelná čerpadla, chladiče, vzduchotechnika nebo systémy na akumulaci chladu [30].

V oblasti tepelných výměníků se firma vydává cestou minimalizace teplosměnné plochy a maximalizace součinitele přestupu tepla a dodává 3 druhy výměníků [31]:

- Rozebíratelné deskové výměníky
- Trubkové výměníky
- Lamelové výměníky

5.2.1 Lamelové výměníky SPN

Lamelové výměníky SPN nacházejí uplatnění typicky ve vzduchotechnice. Jejich výkon je z CIAT výměníků nejmenší, pohybuje se v rozmezí jednotek kW až do 2000 kW [32].

5.2.2 Deskové výměníky ITEX

Deskové výměníky ITEX jsou vhodnou volbou pro procesy kapalina-kapalina, ať se jedná o ohřev, chlazení či průmyslové procesy. Výměníky se vyrábějí ve dvou variantách, a to PWB a PWI. U PWB výměníků je materiál nosné konstrukce pozinkován, venkovní desky jsou natřeny antikoročním nátěrem. PWI výměník lze použít v procesech, kde se vyskytují velmi korozivní média; nosná konstrukce i desky jsou vyrobeny z nerezové oceli. Jejich

teplosměnná plocha se pohybuje podle velikosti a modelu v řádech jednotek až stovek m², výkon dle výrobce 2-7000 kW [33, 34].

Tab. 5.4: Technické parametry některých modelů řady ITEX (převzato z [34])

model výměníku	teplosměnná plocha [m ²]	max. počet desek [-]	max. průtok [m ³ /hod]
PWB 2+	1,6	75	19
PWB 4+	3,1	75	19
PWB 8+	8,2	101	19
PWB 7	11,6	151	63
PWB 16	40,8	251	63
PWB 26	63,3	251	80
PWB 11	19	151	83
PWB 18	27	151	240
PWB 30	107,5	401	240
PWB 45	193	401	240
PWB 70	279,5	401	380
PWB 40	215	551	380
PWB 60	355	551	380
PWB 90	631	701	380
PWB 65	334	551	800
PWB 99	534	551	730

5.2.3 Trubkové výměníky Corelis

Trubkové výměníky Corelis jsou dle výrobce vhodnou volbou pro práci s chladicími kapalinami, ať už jako výparníky nebo kondenzátory. Lze je použít i pro práci s vodou nebo u bioplynových stanic. Jeho výkon se pohybuje od cca 25 do 25 000 kW. Výrobce dále uvádí nízkou tlakovou ztrátu [35].

5.3 Racioterm s.r.o. [36]

Firma Racioterm s.r.o. se na českém trhu objevuje v roce 1990. Jejich výrobní zaměření je na vytápěcí techniku, avšak spíše než o sériovou výrobu se snaží přizpůsobit návrh zadané specifikaci. Jejich výroba kromě výměníků tepla obsahuje výměňkové stanice, regulační ventily, filtry, separátory vlhkosti aj. [37, 38].

Samostatný výměník nabízí pouze jednoho typu, a to kapilárový výměník tepla KVP RACIOTERM. Jedná se o trubkový výměník pro použití pára-kapalina, vhodný pro ohřev teplé vody nebo vody do otopných systémů. Podle modelu a teplotního spádu se výkon výměníku pohybuje v rozmezí 33 a 4458 kW [39].

Tab. 5.5: Max. výkony výměníků typu KVP (převzato z [39])

Maximální výkony [kW] výměníků KVP pro dané parametry páry a teplotní spády sekundární látky									
Přetlak páry [kPa]	300			500			900		
Teplotní spád [°C]	90/70	80/60	55/10	90/70	80/60	55/10	90/70	80/60	55/10
KVP 40	33	38	58	47	53	74	69	76	102
KVP 50	90	104	156	127	143	202	188	207	276
KVP 65	147	170	255	207	233	330	306	337	450
KVP 80	175	203	304	247	278	393	366	403	537
KVP 100	288	335	501	407	459	649	603	664	886
KVP 125	515	598	895	727	820	1159	1078	1186	1583
KVP 150	771	894	1339	1087	1227	1733	1611	1774	2367
KVP 200	1452	1684	2522	2048	2310	3265	3035	3341	4458

5.4 Reflex [40]

Firma Reflex je jednou z divizí firmy Heinrich Winkelmann GmbH & Co. Kromě oblasti vytápění se specializuje i na automobilový průmysl. Kromě výměníků tepla její produkce obsahuje např. expanzní nádoby, odvzdušňovače a odlučovače, akumulční nádrže, solární systémy a zásobníkové ohřivače vody [41, 42].

Výměníky tepla nabízí v podobě typu Reflex longtherm. Tento výměník je nerezový deskový, pájený měděnou pájkou. Nabízí však velkou variabilitu, neboť si lze vybrat ze dvou typů průtočných kanálků (rhc, rlc) a 7 typových řad. Řady reflex logtherm rhc 15 a rhc 40 jsou vhodné pro použití v systémech podlahového vytápění či v systémech obsahující solární techniku. Řady reflex logtherm rhc 60 a rhc, rlc 85 jsou naopak vhodné např. pro ohřev užitkové vody. Největší výměníky řad reflex logtherm rhc 150, rhc 200 a rhc 300 naleznou uplatnění v průmyslových aplikacích, předávacích stanicích či ve chlazení. Výkon těchto výměníků se liší řada od řady, v závislosti na počtu desek a použití, číselně vyjádřen v řádech jednotek až stovek kW. Obecně lze říci, že s rostoucím číslem řady a rostoucím počtem desek roste výkon [43].

Tab. 5.6: Výkony výměníků rhc, použití v podlahovém vytápění (převzato z [43])

Podlahové vytápění – systémové oddělení									
		primár sekundár	90/70 °C 40/50 °C	70/50 °C 40/50 °C	70/50 °C 35/45 °C	60/55 °C 45/50 °C	55/49 °C 40/45 °C	55/40 °C 30/40 °C	
Typ výměníku	Obj. číslo výměníku	Tepelný výkon						Obj. číslo izolace	
		kW	kW	kW	kW	kW	kW		
rhc 15/10	6712100		11	8	11	4	5	6	6750100
rhc 15/20	6712200		22	22	22	10	11	17	6750100
rhc 15/30	6712300		32	32	32	15	16	28	6750100
rhc 40/10	6713100		13	13	13	5	6	13	6750200
rhc 40/20	6713200		27	27	27	12	13	27	6750200
rhc 40/30	6713300		40	40	40	19	20	40	6750300
rhc 40/40	6713400		53	53	53	25	26	52	6750300
rhc 40/50	6713500		64	65	65	32	32	64	6750400
rhc 40/60	6713600		75	76	76	37	38	75	6750400
rhc 60/10	6714300		11	11	11	---	5	11	6750500
rhc 60/14	6714400		16	16	16	---	8	16	6750500
rhc 60/20	6714500		23	23	23	10	11	23	6750500
rhc 60/24	6714600		28	28	28	13	14	28	6750500
rhc 60/30	6714700		35	34	35	16	17	35	6750600

5.5 SECESPOL [44]

SECESPOL je taktéž nadnárodní firma s dceřinými společnostmi nejen v České republice, ale např. i v Kanadě, Německu, Číně. Společnost sama byla založena v roce 1988 v Polsku, do České republiky se dostává v roce 1996 prostřednictvím dceřiné společnosti SECESPOL CZ. Kromě výměníků tepla její produkce obsahuje nádrže, příslušenství a izolace na výměníky tepla nebo ekonomizéry (kondenzační jednotky do kotlů). V oblasti výroby tepelných výměníků se specializují na trubkové a deskové výměníky [45, 46].

5.5.1 Trubkové výměníky

Příkladem trubkového výměníku od společnosti SECESPOL může být řada JAD. Tento výměník se vyrábí ve čtyřech základních provedeních, seřazených sestupně podle teplosměnné plochy: JAD X, JAD, S, H. Teplosměnná plocha výměníků JAD X se může vyšplhat až na cca 58 m², JAD se pohybuje v rozmezí cca 2–77 m², typ S kolem 3 m² a nejmenší typy H mají teplosměnnou plochu max. cca 1,5 m² [47].

K ohřevu bazénové vody lze použít výměníky řad B-Line, TI a EVO. Výměníky B-Line jsou nerozebíratelné s vroubkovanými trubkami. Jejich výkon se pohybuje v rozmezí 10 a 300

kW [48]. Řada TI je vhodná do náročnějších podmínek, např. do bazénů se slanou vodou [49]. V nejnáročnějších podmínkách lze použít výměníky EVO [50]. Všechny tyto výměníky disponují malými teplosměnnými plochami, max. v rámci jednotek m².

Pro farmaceutické aplikace dodává firma řadu P-Line. Teplosměnná plocha se liší typ od typu, nejvyšší 15,1 m² u modelu P-250.190.08 [51].

Kromě sériově vyráběných výměníků lze vyrobit výměník i na zakázku, dle parametrů zákazníka [52].

Další typem trubkového výměníku je typ HAD. Tento výměník je dodáván i s izolací, aby se snížily tepelné ztráty do okolí. Výměník HAD může být použit v průmyslových procesech nebo chladicích systémech. V závislosti na typu výměníku se teplosměnná plocha pohybuje od 0,6 do 18,4 m² [53].

Tab. 5.7: Technické parametry výměníků typu HAD (převzato z [53])

Typ	Teplosměnná plocha m ²	Průměr trubky mm	Hmotnost kg	Objem v plášti l	Objem v trubkách l	Rozměry (varianta F) [mm]					Velikost připojení
						A	B	C	D	Dz	
HAD 50	2,3	8	28	6,2	3,3	401	938	1168	300	140	DN40
HAD 51	3,1	8	24	9,8	4,5	403	1020	1250	320	159	DN40
HAD 2.11.08.68	0,6	8	13	1,2	1,2	349	856	1092	240	80	DN40
HAD 2.11	1,2	8	19	2,6	2,3	349	1534	1770	240	80	DN40
HAD 3.18.08.75	1,2	8	21,4	2,5	2,6	384	947	1212	260	102	DN50
HAD 3.18	2	8	25	5	4	384	1540	1805	260	102	DN50
HAD 5.38.08.71	2,3	8	29,2	6,8	4	450	942	1247	300	140	DN65
HAD 5.38	4	8	41,7	11,2	6,6	450	1544	1849	300	140	DN65
HAD 6.50.08.72	3,1	8	36,6	9,9	4,6	497	960	1320	320	159	DN80
HAD 6.50	5,3	8	51	13,6	11,2	497	1545	1905	320	159	DN80
HAD 6.50.10	5,1	10	49,6	10,6	14,2	497	1545	1905	320	159	DN80
HAD 9.88.08.65	4,9	8	61,5	20,8	6,6	604	957	1377	380	219	DN100
HAD 9.88.08.85	6,2	8	70,3	25	8,2	604	1157	1577	380	219	DN100
HAD 9.88	10,7	8	98	29	16	604	1552	1972	380	219	DN100
HAD 9.88.10	8,3	10	81	30	16	604	1552	1972	380	219	DN100
HAD 12.114.08.50	6,3	8	87	29	8	670	836	1274	430	273	DN125
HAD 12.114.08.60	6,5	8	90,2	34	9	670	936	1374	430	273	DN125
HAD 12.114.08.75	8,8	8	104	38,5	10	670	1086	1524	430	273	DN125
HAD 12.114	18,4	8	160	54,2	20,1	670	1736	2174	430	273	DN125
HAD 12.114.10	14,9	10	149	55	19,3	670	1736	2174	430	273	DN125

5.5.2 Deskové výměníky

Deskové výměníky SECESPOL lze dostat v pěti provedeních; kromě deskových skládaných výměníků PHE to jsou typy L-Line, R-Line, SafePLATE a LUNA.

L-Line je klasický deskový pájený výměník, vhodný do normálních provozů k ohřevu, jako součást centrálního vytápění nebo krbových říms. Velikost teplosměnné plochy, jako obvykle u tohoto typu, závisí na přesném modelu a na počtu desek, které jsou do výměníku zapojeny [54].

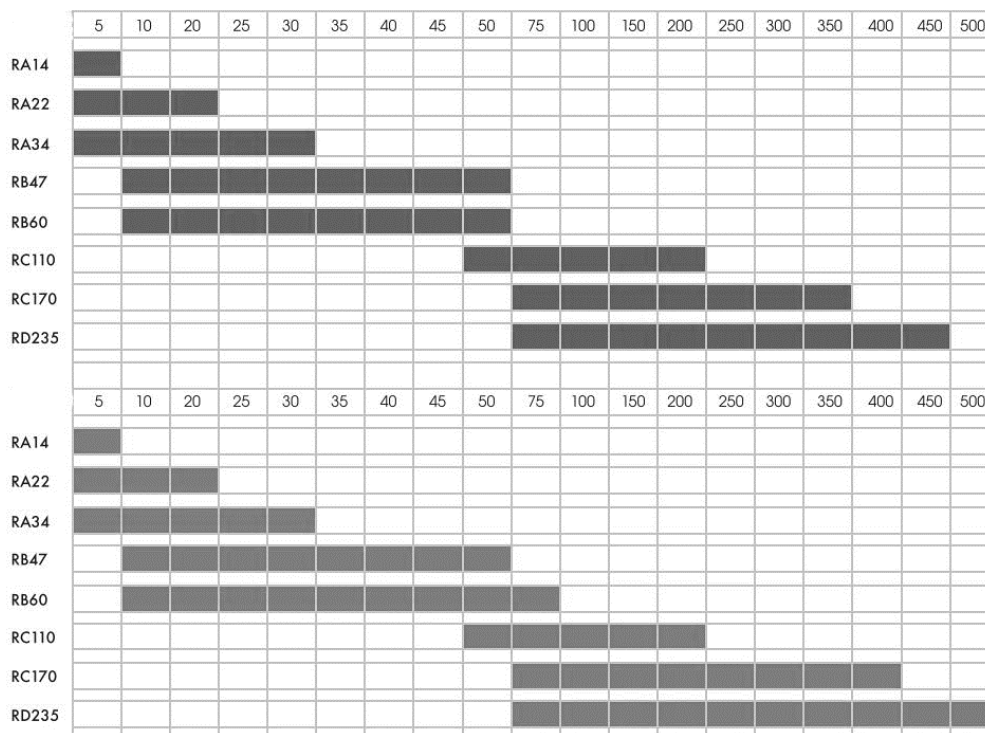
R-Line je naproti tomu konstruován jako výparník/kondenzátor, tudíž je vhodnou součástí chladicích systémů, výrobníků ledové vody, ale i speciálních chladicích zařízení. Stejně jako u předchozího typu se teplosměnná plocha liší model od modelu. Výkon těchto výměníků se pohybuje v rozmezí 1-500 kW, podle modelu a použití [55].

Výměníky SafePLATE najdou uplatnění např. ve farmaceutickém či chemickém průmyslu. Jsou konstruovány tak, aby nemohlo dojít k míšení medií v případě porušení desek. Média v takovémto případě odtékají kanálky na povrch výměníku [56].

LUNA je typ výměníku, který je nerezem pájený, tudíž má větší odolnost proti korozním vlivům, změnám tlaků a teplot. Použití nachází v procesech s pitnou vodou a hygienicky náročných procesech. Jako u předchozích výměníků jsou jeho velikostní a výkonové parametry závislé na modelu a počtu nainstalovaných desek [57].

Klimatizace, centrální vytápění, bazénové systémy, ale i např. elektrárny, zde všude může najít uplatnění výměník typu PHE. Tyto výměníky jsou už větší, některé modely až 3 metry vysoké. Teplosměnná plocha se taktéž liší v závislosti na použitém typu a instalovaných deskách [58].

Tab. 5.8: Rozsahy výkonů výměníků řady R-Line, použití jako výparník, ve spodní polovině jako kondenzátor (převzato z [55])



5.6 G - MAR PLUS s.r.o. [59]

Tato společnost působí na českém trhu od roku 1994, kdy byla založena. Její specializací, kromě výroby výměníků tepla, je i jejich instalace a následný servis.

Firma nabízí letované deskové výměníky, trubkové výměníky, rozebíratelné výměníky, spalínové výměníky. Nabízí i prodej až 100 MW výměníků od firmy VAHTERUS, tento výměník avšak není výrobkem G-MAR PLUS s.r.o. [60, 61, 62].

Letované deskové výměníky (standartní řada) jsou nabízeny v pěti modelech, které se liší především rozměry, a v důsledku toho i výkonem. Tyto typy, seřazeny od nejmenšího po největší, jsou M 12, L/M 18 s výkonem až cca 120 kW, L/M/H 25 (výkon do cca 470 kW), L/M/H 57 (výkon až cca 1100 kW) a M 110, jehož výkon může dosáhnout až cca 2700 kW. Prakticky všechny tyto výměníky lze použít pro přípravu teplé užitkové vody, v solárních systémech, jako kondenzátory a výparníky, či ve vytápěcích okruzích [63, 64, 65, 66, 67].

Trubkové výměníky tato firma nabízí v podobě výměníku typu G-MAT, jehož výkon se pohybuje od desítek kW až po cca 4MW. Systémy ústředního vytápění, ale i potravinářský, farmaceutický či textilní průmysl, tam vše naleznou výměníky tohoto typu uplatnění [68].

Řada Veritherm je příkladem rozebíratelných deskových výměníků. Jedná se klasické rozebíratelné výměníky, jak menších, tak velkých provedení. Příkladem menšího výměníku je model VT 04 s maximálním výkonem cca 640 kW nebo model VT 10 (maximální výkon cca 1650 kW), příkladem velkého výměníku může být cca dva metry vysoký výměník VT 80, který může dosáhnout výkonu až cca 11 MW [69, 70, 71].

Tab. 5.9: Technické parametry výměníků G-MAT (převzato z [83])

Typ výměníku	Výkon [kW]	Průtok primár [kg/s]	Průtok sekundár [kg/s]	Tl. ztráta sekundár [kPa]	Teplota kondenzátoru [°C]
G-MAT H0K	63	0,021	0,602	9,7	96,3
G-MAT H1K	149	0,065	1,43	30	89,7
G-MAT 1.2	188	0,076	1,8	30	69
G-MAT 2	269	0,11	2,56	30	68,6
G-MAT S1X	573	0,23	5,46	30	68,5
G-MAT 4	501	0,21	4,78	30	68,5
G-MAT 5.4	549	0,25	5,68	30	68,3
G-MAT 10	1377	0,556	13,15	30	69,1
G-MAT 16	1638	0,68	16,1	30	68,1
G-MAT 40	3679	1,49	35,12	30	67,7

Spalinové výměníky G-SPAL jsou v podstatě kompaktní pájené deskové výměníky s asymetrickým prouděním (rozdílné průtoky na stranách). Tyto výměníky jsou menší, s 3,5 dm² (typ G-SPAL 30) a 19 dm² (typ G-SPAL 70) teplosměnné plochy na desku [72, 73].

5.7 Step TRUTNOV a.s. [74]

Step TRUTNOV od roku 1990 vyrábí a dodává technologie, které nacházejí uplatnění především v energetickém průmyslu a v oblasti tepelné techniky. Mezi výrobky patří kromě, pro společnost nejvýznamnějších kotlů na biomasu také tlakové nádrže, zásobníky, ohříváky a výměníky tepla [75].

Výměníky, kromě katalogové produkce, nabízí též v na míru zhotovených kusech, tedy jedná se i o zakázkovou výrobu. Tyto výměníky vyrábí pro jakékoliv parametry tlaků, výkonů a teplot. Příkladem typových výměníků mohou být klasické plášťové výměníky VT 1 až 3. Celým označením např. VT 1 PVS (P-pára, V-voda, S-stojatý. Teplosměnná plocha se liší model od modelu, avšak dá se říct, že čím větší katalogové číslo modelu v daném typu, tím větší rozměry, a tím větší teplosměnná plocha. Limitními hodnotami tlaků a teplot jsou 1,6 MPa a 200 °C [76].

5.8 Zakázková výroba výměníků

Kromě uvedených příkladů sériové výroby existuje i velké množství výrobců, kteří navrhují a vyrábí výměníky na míru, tedy zakázkově. Některé tyto firmy si uvedeme v následujícím textu.

TRIANGL® s.r.o. je společností, která ve svém energetickém odvětví navrhuje a vyrábí, následně pak dodává a instaluje výměníky tepla do průmyslových objektů. Výměníky vyrábí z nerezových materiálů a titanu, zvláště kvůli odolnosti proti chemickému poškození či korozi. Celého návrhu se účastní zadavatel, který tak rozhoduje o konečné podobě výměníku [77].

Zakázková výroba společnosti 3VKOVO s.r.o., se specializuje na zámečnickou výrobu, od výroby tlakových nádob, přes pojistné a regulační ventily až po výměníky tepla. Vyrábí převážně svařované výměníky určené do spalinových částí potrubí z nerezových materiálů [78].

HENNLICH s.r.o. dodává na míru výměníky trubkové a deskové, jak pájené (niklem, mědí), tak rozebíratelné [79, 80].

ZVU Engineering a.s. je výrobce velkých trubkových výměníků, které najdou využití v chemickém a energetickém průmyslu. Výměníky může dodat s teplosměnnou plochou v řádech jednotek m^2 , ale i desetitisíců m^2 [81].

5.9 Shrnutí nabídky výrobců

Pro ucelenější představu o produkci výměníků v ČR, jejich jednotlivé řady (v ojedinělých případech modely) seřadíme do tabulkové podoby. Jako porovnávací parametr je použita jejich teplosměnná plocha, pokud nebyla k dispozici z katalogů ani webových stránek, zůstala tato kolonka proškrtnuta. Uvedeno je také jejich případné využití.

Tab. 5.10: Produkce firem Alfa Laval, CIAT a SECESPOL

Výrobce Typ výměníku	Název řady/modelu	Teplosměnná plocha [m ²]	Možno použít:
Alfa Laval			
deskový - celonerezový	AlfaNova (řada)	-	procesy náročné na čistotu
deskový - pájený	CB (řada); AC (řada)	-	vytápění, chlazení
deskový - rozebíratelný	T2; T5; T8; M10 (model)	1; 4,4; 35; 90	průmyslové aplikace
deskový - svařovaný	Compabloc	max. 840	práce s korozivními médii
deskový - ostatní	FrontLine; BaseLine (řada)	-	potravinářské aplikace - pasterizace
deskový	TS6-FMC (model)	max. 12	práce s sanitačními roztoky
trubkový	ViscoLine (řada)	-	práce s sanitačními roztoky
	PharmaLine (řada)	0,3 až 8,5	příprava čisté vody
	Pharma-X (řada)	0,3 až 1,3	farmaceutické vodní systémy
	Pure Cooler (model)	-	chadič
spirálový	ALSHE LTL (řada)	2 až 30	rekuperace tepla
	ALSHE LTL60 (řada)	až 123	rekuperace tepla
	ALSHE Cond (řada)	1 až 56	kondenzace
	ALSHE STW; ALSHE STS (řady)	max. 27,7; cca 100	práce s kaly
CIAT			
lamelový	SPN	-	vzduchotechnika
deskový - rozebíratelný	ITEX	cca 1,6 až 534	ohřev/chlazení
trubkový	CORELIS	-	výparník/kondenzátor
SECESPOL			
trubkový	H	1,5	malé instalace
	S	cca 3	topné systémy
	JAD	2 až 77	průmyslové aplikace
	JAD X	max 58	chazení oleje
	B-Line	0,1 až 1,97	Bazénové aplikace
	TI	0,34 až 1,38	
	EVO	0,26 až 1,19	
	P-line	max. 15,1	farmaceutický průmysl
HAD	0,6 až 18,4	průmyslové procesy	
deskový - pájený	L-Line	0,84 až 20,4	krbové římsy
	R-Line	-	chladičí zařízení
	SafePLATE	-	chemický průmysl
	LUNA	-	procesy s pitnou vodou
deskový - skládaný	PHE	-	klimatizace, centrální vytápění

Tab. 5.11: Produkce firem Racioterm s.r.o., Reflex, G-MAR s.r.o., Step TRUTNOV a.s.

Výrobce Typ výměníku	Název řady/modelu	Teplosměnná plocha [m ²]	Možno použít:
Racioterm s.r.o.			
trubkový	KVP RACIOTERM	-	ohřev užitkové vody
Reflex			
deskový - pájený	Reflex longtherm	liší se v závislosti na modelu	podlahové vytápění až průmyslové aplikace
G-MAR s.r.o.			
deskový - letovaný	standartní řada M	-	kondenzátor/výparník
deskové - rozebíratelné	Veritherm	-	příprava užitkové vody
trubkový	G-MAT	-	potravinářsky a textilní průmysl
spalinový	G-SPAL	0,035 a 0,19	procesy se spalinami
Step TRUTNOV a.s.			
trubkový - plášťový	VT	-	není uvedeno

Bližší informace lze, ve většině případů, najít v materiálech výrobců; např. výkonové rozsahy, rozměry, možnosti připojení apod.

6 POROVNÁNÍ SROVNATELNÝCH VÝMĚNÍKŮ

Vzhledem k tomu, kolik výrobců tepelných výměníků v České republice je, nelze srovnávat kompletní produkce jednotlivých společností mezi sebou. Abychom uvedli alespoň nějaké srovnání, porovnáme několik výměníků s podobným využitím a konstrukcí.

Jako konstrukční kategorie byly zvoleny pájené deskové výměníky, které má ve svém sortimentu většina výše uvedených společností. Jako typická aplikace byl zvolen ohřev užitkové vody, čímž se cílová oblast se trochu zúžila. Z primárně dostupné firemní literatury a webových stránek výrobců tyto parametry splňují výměníky od společností Alfa Laval, SECESPOL, některé výměníky od G-MAR s.r.o. a Reflex.

U Alfa Laval tyto parametry splňuje především řada CB, avšak u většiny modelů z této řady nejsou dostupné výkonové charakteristiky, a to ani velikost teplosměnné plochy. Jednou výjimkou je výměník modelu CBH16. Typová řada L-Line bude zástupcem výměníků firmy SECESPOL. Jako zástupce výměníků společnosti G-MAR, byly vybrány výměníky typu M12 a M18. Reflex bude zastupovat nejvíce výměníků, neboť právě pro přípravu teplé užitkové vody mají nejvíce výkonových hodnot.

Teplotní rozsahy okruhů se pohybují kolem těchto hodnot: primár 80/60 °C a sekundár 10/55 °C. Pokud nebyla teplosměnná plocha známa, ale byly známy parametry jako max. počet desek a plocha jedné desky, byla teplosměnná plocha dopočtena:

$$S = n \cdot S_{desky} \quad (6.1)$$

kde n je počet desek ve výměníku a S_{desky} je plocha jedné desky v m². Do srovnání nebyly zahrnuty rozměrové parametry, jelikož mají malý vliv na celkové předané teplo ve výměníku. Tyto parametry jen určují, kam a jak výměník připojit, či jestli se do dané aplikace vůbec vejde.

Vzhledem k tomu že výměníky L-line od společnosti SECESPOL nemají v dostupných zdrojích uvedeny výkony, musíme přistoupit k výpočtu výkonu dle předpokládaného provozu. Pokud budeme uvažovat výše uvedené teplotní rozsahy, bude střední logaritmický teplotní spád cca 24,63 °C. K tomu bychom mohli použít rovnici (4.3), chybí součinitel prostupu tepla; [3] uvádí, že pro aplikace s médii voda-voda (vzhledem k modelovému příkladu ohřev vody) je tento součinitel v rozsahu 850–1700 W/m²K. Pro výpočet byl zvolen průměr krajních hodnot, a to 1275 W/m²K.

Výpočet tlakových ztrát a průtoku závisí na velkém počtu parametrů, jako např. na tlaku pod jakým kapalina proudí, hustotě kapaliny, její rychlosti, na ztrátách v trubkách a tvarových prvcích. Vzhledem k tomu, že snad jen kromě hustoty, se budou všechny tyto veličiny lišit výměník od výměníku a budou převážně závislé na provozních podmínkách, a ty přesně neznáme ani u výměníků řady CB od Alfa Laval (zde byly hodnoty tlakové ztráty a průtoků uvedeny), tak nebudeme tyto parametry určovat. Výsledné hodnoty by neměly žádnou vypovídací hodnotu vůči výměníkům CB. Další nevýhodou je, že u většiny výrobků, kromě několika výměníků firmy G-MAR s.r.o., neuvádí výrobci jejich pořizovací ceny.

Všechny vybrané výměníky lze tedy porovnat jen z pohledu přeneseného výkonu za zadaných podmínek. Nejlépe vycházejí výměníky řady L-Line od společnosti SECESPOL, jejichž výkony se pohybují ve většině případů v jednotkách stovek kW. V tomto srovnání dominuje výměník LA34 s výkonem cca 640 kW. Vysoké hodnoty výkonů výměníků L-Line jsou dány tím, že mají větší počty desek, což samozřejmě vede ke zvýšení výkonu. Výměník LA34 sice v rámci řady má menší počet desek, ale tuto nevýhodu kompenzuje větší plochou jedné desky. Velké výkony mají i některé výměníky od společnosti Reflex (rhc 40/40, rhc 40/50, rhc 40/60), ale jinak se pohybujeme spíše v rámci desítek kW, což vychází z předpokladu použití při ohřevu užitkové vody. Výměníky od firmy G-MAR

vyšly v tomto porovnání nejhůře, s výkony max. 8 kW. Výměníky od Alfa Laval a Reflex jsou ve většině případů srovnatelné.

Tab. 6.1: Srovnání pájených deskových výměníků vhodných pro ohřev užitkové vody (převzato z [84, 85, 54,43])

Společnost	výměník	Max. počet desek [-]	teplo-směnná plocha [m ²]	Výkon [kW]	tlaková ztráta [kPa]	průtok [kg/h]	tlaková ztráta [kPa]	průtok [kg/h]	Cena [Kč]
G-MAR s.r.o.	M12-20	60	-	0,8	-	-	-	-	4075
	M12-50	60	-	2,43	-	-	-	-	6320
	M18-8	50	-	4	-	-	-	-	4161
	M18-10	50	-	6,4	-	-	-	-	4532
	M18-20	50	-	8	-	-	-	-	6242
Alfa Laval - CBH16	CBH16-9H	60	-	5	1,71	215,4	0,425	95,62	-
	CBH16-9H	60	-	10	6,35	430	1,58	191,2	-
	CBH16-13H	60	-	15	6,57	646,2	1,55	286,9	-
	CBH16-13H	60	-	20	11,3	861	2,69	382,5	-
	CBH16-25H	60	-	25	5,54	1077	1,3	478,1	-
	CBH16-25H	60	-	30	7,85	1292	1,75	573,7	-
SECESPOL L-Line	LA14	60	0,84	26,4	-	-	-	-	-
	LA22	60	1,32	41,5	-	-	-	-	-
	LA34	60	20,4	640,6	-	-	-	-	-
	LB31	150	4,65	146	-	-	-	-	-
	LB47	150	7,05	221,4	-	-	-	-	-
	LB60	150	9	282,6	-	-	-	-	-
	LC110	200	2,2	69,1	-	-	-	-	-
	LC170	200	3,4	106,8	-	-	-	-	-
	LD235	280	6,58	206,6	-	-	-	-	-
REFLEX	rhc 15/20	20	-	14	-	-	-	-	-
	rhc 15/30	30	-	24	-	-	-	-	-
	rhc 40/10	10	-	27	-	-	-	-	-
	rhc 40/20	20	-	54	-	-	-	-	-
	rhc 40/30	30	-	81	-	-	-	-	-
	rhc 40/40	40	-	106	-	-	-	-	-
	rhc 40/50	50	-	129	-	-	-	-	-
	rhc 40/60	60	-	151	-	-	-	-	-
	rhc 60/10	10	-	24	-	-	-	-	-
	rhc 60/14	14	-	33	-	-	-	-	-
	rhc 60/20	20	-	48	-	-	-	-	-
	rhc 60/24	24	-	57	-	-	-	-	-
	rhc 60/30	30	-	71	-	-	-	-	-

7 ZÁVĚR

Výměníky tepla jsou hojně používanou součástí nejrůznějších technologických procesů. Jejich univerzálnost spočívá v „jednoduchém“ principu funkce a velké variabilitě konstrukčního provedení.

Dá se říct, že na českém trhu převládají výměníky dvou základních konstrukcí, a to výměníky deskové a trubkové. Alespoň jeden z výměníků tohoto typu nabízí všechny vybrané firmy, i jediný výměníky z portfolia firmy Racioterm je výměník trubkový. Naproti tomu např. spirálové výměníky nejspíše nejsou tolik žádané a z vybraných společností pouze Alfa Laval nabízí výměníky tohoto typu ve své sériové produkci. Výkony výměníků na českém trhu se velmi liší. Lze si pořídit malé výměníky s výkonem v řádu jednotek a desítek kW (např. CBH16 od Alfa Laval má výkon od 5 do 30 kW) i velké výměníky (převážně vyrobeny na zakázku) s výkonem až v desetitisících kW.

V produkci deskových výměníků převažují dva typy - pájené a rozebíratelné. Pájené výměníky kromě firem Step TRUTNOV a.s., CIAT a Racioterm vyrábí všechny uvedené společnosti. U firmy Alfa Laval najdeme pájené výměníky pod typovou řadou CB či AC; SECESPOL nabízí řady R-Line, L-line, SafePLATE a LUNA. Firma Reflex se věnuje prakticky jen pájeným výměníkům. Společnost G-MAR tato zařízení prodává ve formě standartní řady obsahující výměníky M 12 až M 110. Z firem věnujících se zakázkové výrobě můžeme zmínit např. HENNLICH s.r.o.

Též pokud budeme potřebovat rozebíratelný výměník, máme možnost širokého výběru. Alfa Laval nabízí výměníky M10, T5, T8, T2, CIAT zase typovou řadu ITEX. PHE od společnosti SECESPOL nebo VERITHERM (VT 04,10,20,40,80) od G-MAR jsou další alternativou.

Výrobou trubkových výměníků se zabývají všichni uvedení výrobci, s výjimkou společnosti Reflex, která se, jak je uvedeno výše, věnuje pouze výměníkům deskovým. Trubkové výměníky společnosti Alfa Laval najdou uplatnění např. ve farmaceutickém průmyslu (příprava čisté vody aj.); proto také její výměníky nemají tak velkou teplosměnnou plochu, max. do 8,5 m². Též společnost dodává výkonný chladič Pure Cooler o výkonu až 1750 kW. Výměník Corelis je příkladem velkého 25 000 kW zařízení od společnosti CIAT. Společnost Racioterm s.r.o. je zastoupena jen kapilárovým trubkovým výměníkem. G-MAR dodává výměníky G-MAT, Step TRUTNOV a.s. velké plášťové výměníky. Velkou část portfolia firmy SECESPOL tvoří právě trubkové výměníky, jenž se dají využít jak pro práci s bazénovou vodou (TI, EVO), tak pro farmaceutické aplikace zastoupené řadou P-Line. Průmyslové využití najdou výměníky typu JAD a HAD.

Také srovnání několika modelů poukázalo na fakt, že produkce je v ČR rozsáhlá, avšak firemní literatura často neobsahuje např. výkonové charakteristiky a soustřeďuje se převážně na rozměrové proporce. Z tohoto si můžeme udělat představu pouze o tom, zda se výměník vejde do daného prostoru; jak bude pracovat nebo kolik tepla přenese, to už tyto parametry většinou neřeknou. Při nákupu výměníku by tak měla probíhat komunikace s výrobcem, či výpočtářem, který tyto parametry může určit.

Závěrem je třeba dodat, že kompletní produkci (poněvadž tato práce zdaleka neobsahuje všechny výrobce ani jejich výrobky) lze v naprosté většině případů najít na webových stránkách dané společnosti, v jejich podnikových prospektech a katalogích, či skrze komunikaci s výrobcem. Ve výběru může pomoci i fakt, že mnoho společností nabízí návrhářské programy, do kterých je možné zadat požadované parametry, na jejichž základě program zvolí vhodný výměník.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] KAKAÇ, Sadik. *Heat exchangers: selection, rating, and thermal design*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2002, 501 s. ISBN 08-493-0902-6.
- [2] JÍCHA, Miroslav. *Přenos tepla a látky*. 1. vyd. Brno: CERM, 2001, 160 s. ISBN 80-214-2029-4.
- [3] Výměníky tepla. *Regulus I Tepelná čerpadla, solární ohřev vody, úsporné topení* [online]. © 2010-2014 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/vymeniky-tepla>.
- [4] BERGMAN, T a Frank P. INCROPERA. *Fundamentals of heat and mass transfer*. 7th ed. / . Hoboken, NJ: Wiley, c2011, xxiii, 1048 p. ISBN 978-0470-50197-9.
- [5] *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://local.alfalaval.com/cs-cz/Pages/default.aspx>.
- [6] Alfa Laval ve zkratce. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://local.alfalaval.com/cs-cz/alcz/pages/alfa-laval.aspx>.
- [7] Alfa Laval Česká republika. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://local.alfalaval.com/cs-cz/alcz/alfa-laval-cr/pages/alfa-laval-cr.aspx>
- [8] Pájené deskové výměňky tepla Alfa Laval. [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/deskove/vytapeni/pajene/Documents/Pajene_vymeniky_Alfa_Laval.pdf.
- [9] T2: Deskový výměňky tepla. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/deskove/vytapeni/rozebiratelne/Documents/T2.pdf>
- [10] T5: Deskový výměňky tepla. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/deskove/vytapeni/rozebiratelne/Documents/T5.pdf>
- [11] M10: Rozebíratelný deskový výměňky tepla. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/deskove/vytapeni/rozebiratelne/Documents/Rozebiratelny_vymenik_Alfa_Laval_M10.pdf
- [12] Alfa Laval T8: Rozebíratelné deskové výměňky tepla. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/deskove/prumyslove/prozebiratelne/Documents/Katalogovy_list_Alfa_Laval_T8.pdf
- [13] AlfaNova: Celonerezové deskové výměňky tepla. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/deskove/vytapeni/celonerezove/Documents/AlfaNova_14_400.pdf
- [14] Vysoká účinnost i v náročných podmínkách: Svařované výměňky tepla Compabloc od Alfa Laval. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/deskove/vytapeni/svarovane/Documents/Brozura_vymeniky_Compabloc.pdf
- [15] Pájené deskové výměňky tepla: Produktová řada pro systémy chlazení. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky*

- [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/deskove/chladirenstvi/vymeniky-chlazení/Documents/Alfa_Laval_Pajene_vymeniky_chlazení.pdf
- [16] Deskové výměníky tepla FrontLine™: FrontLine™. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/deskove/hygienicke/frontline/Documents/FrontLine.pdf>
- [17] Nejlepší volba pro provozní aplikace: BaseLine Deskové výměníky tepla. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/deskove/hygienicke/baseline-clip3/Documents/BaseLine.pdf>
- [18] Kompletně z nerezové oceli a konstruovány pro páru: TS6-FMC Deskové výměníky tepla - Gasketed. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/deskove/hygienicke/radaTS/Documents/TS6-FMC.pdf>
- [19] ALSHE LTL: Standardní spirálové tepelné výměníky pro aplikace kapalina/kapalina. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/spiralove/Documents/Katalogovy_list_ALSHE_LTL.pdf
- [20] ALSHE LTL60: Svařovaný spirálový tepelný výměňník. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/spiralove/Documents/Katalogovy_list_ALSHE_LTL60.pdf
- [21] ALSHE Cond: Standardní spirálový tepelný výměňník pro dvoufázové aplikace. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/spiralove/Documents/Katalogovy_list_ALSHE_Cond.pdf
- [22] ALSHE STW – Compact and efficient: Standard Spiral Heat Exchangers for sludge/water. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/spiralove/Documents/Katalogovy_list_ALSHE_STW.pdf
- [23] ALSHE STS – compact and efficient: Spiral heat exchanger. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/spiralove/Documents/Katalogovy_list_ALSHE_STS.pdf
- [24] Řada trubkových tepelných výměňníků od společnosti Alfa Laval: ViscoLine™ CIP. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/trubkove/trubviscoline/Documents/ViscoLine.pdf>
- [25] Pharma-line: Výměník tepla Pharma-line s dvojitou trubkovnicí. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/trubkove/trubpharmaline/Documents/Pharma-line.pdf>
- [26] Pharma-X: Pharma-X Chladič na odběrném místě pro farmaceutické vodní systémy. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/trubkove/trubpharmax/Documents/Pharma-X.pdf>
- [27] Pure Cooler - Trubkový výparník pro suchou expanzi: Vysoce účinný výparník optimalizovaný pro použití s chladivem R134a. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky*

- tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/trubkove/Documents/Katalogovy_list_PureCooler.pdf
- [28] Přenos tepla - Alfa Laval. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantační odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/pages/prenos-tepla.aspx>
- [29] *Tepelné čerpadlo od společnosti CIAT* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.ciat.cz/>
- [30] Společnost Ciat - CIAT. *Tepelné čerpadlo od společnosti CIAT* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.ciat.cz/spolecnost-ciat>
- [31] Výměníky tepla - CIAT. *Tepelné čerpadlo od společnosti CIAT* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.ciat.cz/vymeniky-tepla>
- [32] Lamelové výměňky - CIAT. *Tepelné čerpadlo od společnosti CIAT* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.ciat.cz/vymeniky-tepla/lamelove-vymeniky>
- [33] Rozebíratelné deskové výměňky ITEX - CIAT. *Tepelné čerpadlo od společnosti CIAT* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.ciat.cz/vymeniky-tepla/rozebiratelne-deskove-vymeniky-itex>
- [34] *Gasketed plate heat exchanger. Tepelné čerpadlo od společnosti CIAT* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://www.ciat.fr/intranet/docroot/fichiers/telechargement.php?f=5ca6ac80636073c8358efd09b93db8bd.pdf>
- [35] Trubkové výměňky - CIAT. *Tepelné čerpadlo od společnosti CIAT* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.ciat.cz/vymeniky-tepla/trubkove-vymeniky>
- [36] *Racioterm s.r.o.* [online]. © 2011- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.racioterm.cz/>
- [37] O nás. *Racioterm s.r.o.* [online]. © 2011- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.racioterm.cz/o-nas>
- [38] Výrobky Racioterm. *Racioterm s.r.o.* [online]. © 2011- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.racioterm.cz/katalog-produktu/vyrobky-racioterm>
- [39] *KVP: kapilárový výměňky tepla.* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://www.racioterm.cz/files/tinymce/files/Vyrobky/KVP.pdf>
- [40] *Reflex: Expanzní systémy, zásobníkové ohříváče vody, výměňky tepla...* [online]. © 2006-2015 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.reflexcz.cz/>
- [41] Profil firmy: Reflex. *Reflex: Expanzní systémy, zásobníkové ohříváče vody, výměňky tepla...* [online]. © 2006-2015 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.reflexcz.cz/cz/profil-firmy>
- [42] Výrobky: Reflex. *Reflex: Expanzní systémy, zásobníkové ohříváče vody, výměňky tepla...* [online]. © 2006-2015 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.reflexcz.cz/cz/vyrobky>
- [43] *TECHNICKÉ PODKLADY Reflex: pro projektanty Díl 4, část – i. Reflex: Expanzní systémy, zásobníkové ohříváče vody, výměňky tepla...* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: http://www.reflexcz.cz/?download=tk/i_longtherm.pdf
- [44] *SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK* [online]. © 2012- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.secespol.com/cz/>
- [45] Historie - O firmě - SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK. *SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK* [online]. © 2012- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.secespol.com/cz/o-firmie/historie.html>

- [46] Produkty - SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK. *SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK* [online]. © 2012- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.secespol.com/cz/produkty.html>
- [47] JAD™: Výměníky tepla. [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://www.secespol.com/pub/cz/uploaddocs/katalogi/jadcz4-net.pdf>
- [48] B-line - Bazénové výměníky - Trubkové - Výměníky tepla - Produkty - SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK. *SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK* [online]. © 2012- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.secespol.com/cz/produkty/v-m-niky-tepla/trubkove/bazenove-v-m-niky/b-line.html>
- [49] TI - Bazénové výměníky - Trubkové - Výměníky tepla - Produkty - SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK. *SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK* [online]. © 2012- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.secespol.com/cz/produkty/v-m-niky-tepla/trubkove/bazenove-v-m-niky/ti.html>
- [50] EVO - Bazénové výměníky - Trubkové - Výměníky tepla - Produkty - SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK. *SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK* [online]. © 2012- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.secespol.com/cz/produkty/v-m-niky-tepla/trubkove/bazenove-v-m-niky/evo.html>
- [51] P-200.190.08 - Trubkové - Výměníky tepla - Produkty - SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK. *SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK* [online]. © 2012- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.secespol.com/cz/produkty/v-m-niky-tepla/trubkove/p-line/p-200.190.08,109,996.html>
- [52] Custom-made - Trubkové - Výměníky tepla - Produkty - SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK. *SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK* [online]. © 2012- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.secespol.com/cz/produkty/v-m-niky-tepla/trubkove/custom-made.html>
- [53] HAD: trubkové spirálové výměníky tepla. *SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://www.secespol.com/pub/cz/uploaddocs/katalogi/had-cz-net.pdf>
- [54] L-LINE: Výměníky tepla. *SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://www.secespol.com/pub/cz/uploaddocs/katalogi/l-linecz7-net.pdf>
- [55] R-LINE: Výměníky tepla. *SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://www.secespol.com/pub/cz/uploaddocs/katalogi/folderr-linecz4-net.pdf>
- [56] SafePLATE™: Výměníky tepla. *SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://www.secespol.com/pub/cz/uploaddocs/katalogi/safeplate-cz7-net.pdf>
- [57] LUNA: deskové výměníky tepla pájené nerezem. *SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK* [online]. [cit.

- 2015-05-23] Dostupné z: <http://www.secespol.com/pub/cz/uploaddocs/katalogi/luna-cz-net.pdf>
- [58] PHE: deskové výměníky tepla rozebíratelné. *SECESPOL – Ekonomizery, Wymienniki Ciepła Lutowane, Basenowe, Jad, Nierdzewne i Zasobniki - GDAŃSK* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://www.secespol.com/pub/cz/uploaddocs/katalogi/skrecane-cz-net.pdf>
- [59] *G-MAR PLUS s.r.o.* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/>
- [60] *G-MAR PLUS s.r.o.*: Profil společnosti. *G-MAR PLUS s.r.o* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/profil-spolecnosti/>
- [61] *G-MAR PLUS s.r.o.*: VATHERUS®. *G-MAR PLUS s.r.o* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/vatherus/>
- [62] *G-MAR PLUS s.r.o.*: VATHERUS® Konstrukce a použití. *G-MAR PLUS s.r.o* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/konstrukce-a-pouziti/>
- [63] *G-MAR PLUS s.r.o.*: Typ M12 (GBS 112). *G-MAR PLUS s.r.o* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/typ-m12-gbs-112/>
- [64] *G-MAR PLUS s.r.o.*: Typ L/M 18 (GBS 418). *G-MAR PLUS s.r.o* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/typ-l-m-18-gbs-418/>
- [65] *G-MAR PLUS s.r.o.*: Typ L/M/H 25 (GBS 525). *G-MAR PLUS s.r.o* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/typ-l-m-h-25-gbs-525/>
- [66] *G-MAR PLUS s.r.o.*: Typ L/M/H 57 (GBS 757). *G-MAR PLUS s.r.o* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/typ-l-m-h-57-gbs-757/>
- [67] *G-MAR PLUS s.r.o.*: Typ M 110 (GBS 911). *G-MAR PLUS s.r.o* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/typ-m-110-gbs-911/>
- [68] *G-MAR PLUS s.r.o.*: Trubkové výměníky. *G-MAR PLUS s.r.o* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/trubkove-vymeniky/>
- [69] *G-MAR PLUS s.r.o.*: Typ VT 04. *G-MAR PLUS s.r.o* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/typ-vt-04/>
- [70] *G-MAR PLUS s.r.o.*: Typ VT 10. *G-MAR PLUS s.r.o* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/typ-vt-10/>
- [71] *G-MAR PLUS s.r.o.*: Typ VT 80. *G-MAR PLUS s.r.o* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/typ-vt-80/>
- [72] *G-MAR PLUS s.r.o.*: G-SPAL 30. *G-MAR PLUS s.r.o* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/g-spal-30/>
- [73] *G-MAR PLUS s.r.o.*: G-SPAL 70. *G-MAR PLUS s.r.o* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/g-spal-70/>
- [74] *Step Trutnov a.s. | Kotle na biomasu | Nádoby* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.steptrutnov.cz/>
- [75] O společnosti, tlakové nádoby, kotle na biomasu, nádrže akumulční, výměníky, vzdušníky, kontejnerové kotelny | *Step Trutnov a.s. [74] Step Trutnov a.s. | Kotle na biomasu | Nádoby*[online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.steptrutnov.cz/o-spolecnosti.html>
- [76] Katalog výrobků. [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: <http://www.steptrutnov.cz/download/Katalog%20v%C3%BDrobn%C5%AF.pdf>
- [77] Tepelné výměníky | *Triangl. Homepage | Triangl* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.trianglhrob.cz/cs/vyrobni-program/energetika/tepelne-vymeniky/>
- [78] Tepelné výměníky | *3VKOVO - Kovovýroba Pavel Šulc. Zakázková kovovýroba, obrábění a zámečnictví 3VKOVO s. r. o.* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.sulcinox.cz/tepelne-vymeniky>

- [79] Trubkové výměníky tepla: Produkty: HENNLICH. *HOME: HENNLICH* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <https://www.hennlich.cz/produkty/chladice-vymeniky-tepla-vymeniky-tepla-trubkove-vymeniky-tepla-8611.html>
- [80] Deskové výměníky tepla: Produkty: HENNLICH. *HOME: HENNLICH* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <https://www.hennlich.cz/produkty/chladice-vymeniky-tepla-vymeniky-tepla-deskove-vymeniky-tepla-8610.html>
- [81] TEPELNÉ VÝMĚNÍKY. [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: http://www.zvuengineering.cz/files/cz/brozury/Tepelne_vymeniky_brozura_revize_0.pdf
- [82] Deskové výměníky tepla Alfa Laval CBH16. [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/deskove/vytapeni/pajene/Documents/Selekcni_tabulky_CBH16.pdf
- [83] G-MAR PLUS s.r.o.: Trubkové výměníky Výkonové tabulky. *G-MAR PLUS s.r.o.* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/vykonove-tabulky/>
- [84] Aplikace bazén a TUV. *G-MAR PLUS s.r.o.* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/aplikace-bazen-a-tuv/>
- [85] Deskové výměníky tepla Alfa Laval CBH16: Ohřev bazénové vody, vytápění, příprava teplé vody, solární systémy. *Alfa Laval Česká republika - Výměníky tepla, výměňkové stanice, separátory, dekantální odstředivky* [online]. [cit. 2015-05-23] Dostupné z: http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos-tepla/deskove/vytapeni/pajene/Documents/Selekcni_tabulky_CBH16.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Jednotka	Význam
α	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$	součinitel přestupu tepla
ε	[-]	efektivnost výměníku
ε_r	[-]	poměrná zářivost šedého tělesa
$\eta_{\check{c}}$	[-]	účinnost čerpadla
η_{tot}	[-]	celková účinnost žebrovaného povrchu
λ	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$	tepelná vodivost
ρ	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$	hustota
σ	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}]$	Stefanova-Boltzmannova konstanta
c	$[\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$	měrná tepelná kapacita
C	$[\text{J}\cdot\text{K}^{-1}]$	tepelná kapacita
E	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}]$	zářivost tělesa
E_o	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}]$	zářivost ideálního zářiče
F	[-]	korekční faktor
h	$[\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}]$	měrná entalpie
\vec{i}	[-]	jednotkový vektor osy x
\vec{j}	[-]	jednotkový vektor osy y
\vec{k}	[-]	jednotkový vektor osy z
k	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$	součinitel prostupu tepla
\dot{m}	$[\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}]$	hmotnostní tok
NTU	[-]	number of transfer unit
Δp	[Pa]	tlaková ztráta
P	[W]	příkon
\dot{q}	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}]$	hustota tepelného toku
\dot{Q}	[W]	tepelný tok
\dot{Q}_{max}	[W]	maximální tepelný tok výměníkem
R	$[\text{K}\cdot\text{W}^{-1}]$	odpor přenosu tepla
R_{celk}	$[\text{K}\cdot\text{W}^{-1}]$	celkový odpor přenosu tepla
R_{zn}	$[\text{K}\cdot\text{W}^{-1}]$	odpor přenosu tepla vrstvou usazenin
S	$[\text{m}^2]$	plocha, teplosměnná
T	[K]	termodynamická teplota
T_o	[K]	termodynamická teplota okolí
T_w	[K]	termodynamická teplota tělesa
T_{∞}	[K]	termodynamická teplota tekutiny, která obtéká těleso
ΔT_{ln}	[K]	střední logaritmický teplotní spád
x	[m]	vzdálenost v ose x
y	[m]	vzdálenost v ose y
z	[m]	vzdálenost v ose z