

TEPELNÉ VÝMĚNÍKY

 **ZVU** Engineering a.s., člen skupiny ZVU

OBSAH

1	ÚVOD	3
2	KONCEPCE TRUBKOVÝCH VÝMĚNÍKŮ	4
2.1	Komplexní řešení.....	4
2.2	Druhy tepelné výměny	5
2.3	Standardní typy výměníků a jejich použití	7
2.4	Konstrukční materiály, normy	10
2.5	Navrhování tepelných výměníků, rozměry	11
3	VÝROBA, INSTALACE A PROVOZ	13
3.1	Výroba.....	13
3.2	Instalace.....	13
3.3	Provoz	15
4	SERVIS, MODERNIZACE	16
4.1	Pozáruční servis	16
4.2	Modernizace	16

1 ÚVOD

ZVU Engineering projektuje a dodává výměníky tepla pro různé provozní aplikace zejména v chemickém a energetickém průmyslu. Mnoholetá tradice při realizaci dodávek zařízení tohoto typu a rozsáhlé know-how v oblasti návrhu tepelných zařízení umožňují specialistům-výpočtářům navrhovat a realizovat technicky náročné výměníky podle specifických požadavků procesních technologií zákazníků.

ZVU Engineering patří mezi významné dodavatele trubkových tepelných výměníků. Během působení, jako člen skupiny ZVU, ZVU Engineering navrhl, dodal, instaloval a uvedl do provozu více jak 60 kusů tepelných výměníků.

Konstrukce tepelných výměníků ZVU Engineering se vyznačuje dlouhodobě ověřenými konstrukčními prvky a uzly, které zásadně ovlivňují efektivitu a životnost výměníků jako celku. Konkrétní řešení vycházejí z požadavku dodržení výkonových parametrů a kladou si za cíl realizovat u zákazníků spolehlivé dodávky s dlouhodobou spolehlivostí.

Proto je věnována zvýšená pozornost řešení uzlů spojení trubkovic s výměníkovými trubkami, spojům pláště s trubkovicemi resp. přírubami výměníku apod.

Dodávky ZVU Engineering tvoří především trubkové a speciální výměníky vyrobené z uhlíkatých ocelí, nerezových ocelí, slitinových ocelí a barevných kovů. Provozní tlaky těchto tepelných výměníků se pohybují v rozmezí pracovních tlaků vakuum až 20 MPa a provozních teplot mínus 200 °C až 850 °C.



Obr. 1 Výměníky pro petrochemický provoz

2 KONCEPCE TRUBKOVÝCH VÝMĚNÍKŮ

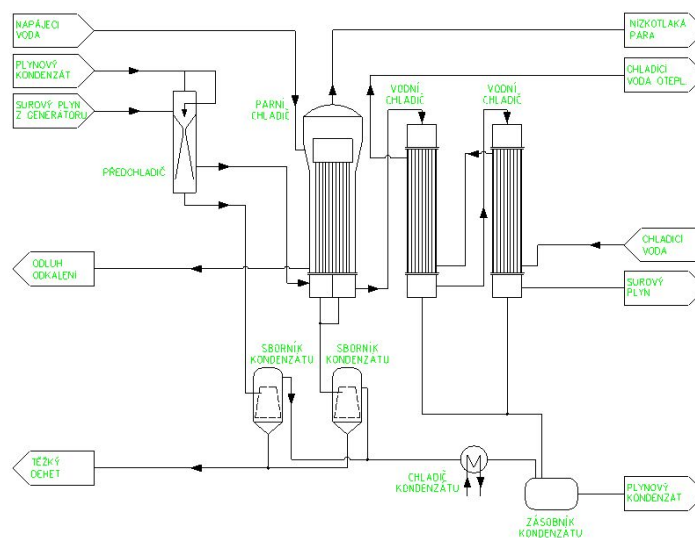
2.1 Komplexní řešení

ZVU Engineering dlouhodobě působí na tuzemském i světovém trhu jako dodavatel komplexních systémů výměny tepla, právě tak však i jako dodavatel dílčích systémů a jednotlivých výměníků.

Předností ZVU Engineering je především schopnost komplexního řešení provozních souborů výměny tepla, to znamená řešení problematiky nejen z hlediska prosté fyzikální výměny tepla, ale i řešení z hlediska ekonomiky provozu a údržby komplexního souboru.

Z pohledu uživatele se doporučuje, aby již v počáteční fázi koncepčního návrhu systému výměny tepla kontaktoval odborné pracovníky ZVU Engineering a společně navrhli neoptimálnější řešení celého provozního souboru výměny tepla.

Příkladem komplexního řešení provozního souboru výměny tepla je provozní soubor chlazení plynu s využitím vedlejší výroby páry, kdy bylo nutné zohlednit jak provozní velikost tepelných výměníků, tak i požadavek na výrobu páry, řízený odvod kondenzátů a ekonomické náklady na chladicí vodu.



Obr. 2 Chlazení generátorového plynu z tlakového zplyňování uhlí

V rámci komplexního řešení souboru výměny tepla ZVU Engineering aplikuje standardní trubkové výměníky, podrobně popsány dále, které umožňují minimalizovat investiční náklady.

V mnoha případech však standardní výměníky nevyhovují technologickému procesu výměny tepla a je nutné v rámci komplexního řešení použít odlišná řešení, jedinečná pro daný technologický proces. Speciální tepelné výměníky jsou výměníky odvozené ze standardních typů tepelných výměníků, koncepčně však uzpůsobené charakteru výměny tepla a procesním médii. Příklady některých typů speciálních tepelných výměníků ZVU Engineering jsou popsány níže.

2.2 Druhy tepelné výměny

2.2.1 Kapalina, plyn – kapalina, plyn

Přestupy tepla mezi kapalinou nebo plynem na jedné straně a kapalinou nebo plynem na druhé straně jsou poměrně obsáhle zpracovány a existují dlouhodobě praxi ověřené vztahy, které umožňují poměrně přesně určit nutnou výměnou plochu.

Podmínkou stanovení optimální výměnné plochy z hlediska vztahu investičních nákladů a provozních nákladů je odborné stanovení podmiňujících parametrů, kterými jsou zejména průtočná rychlost médií, teplotní gradient, způsob zapojení tepelných výměníků apod.

Na základě dlouholetých praktických zkušeností a provozních měření má ZVU Engineering k dispozici rozsáhlou databázi různých variant, které umožní volit nejoptimálnější variantu uspořádání tepelných výměníků.



Obr. 3 Výměníky kapalina-kapalina

2.2.2 Plyn, kapalina – kapalina var

Přestupy tepla mezi kapalinou nebo plynem na jedné straně a kapalinou ve stavu varu na druhé straně lze s využitím nejmodernějších výpočtových programů rámcově dobře navrhovat. Odborná literatura obsahuje řadu výpočtových modelů.

Nicméně u praktických aplikací většinou nelze jednoznačně a přesně definovat, zda okrajové podmínky pro návrh výměnné plochy a konkrétní výpočtový vztah plně odpovídají teoretickým předpokladům.

Proto je nutné teoretické výpočtové vztahy korigovat na základě vlastního know-how, získaného hodnocením skutečných provozů.

Významnou roli při návrhu tepelných výměníků, v nichž dochází ke změně skupenství varem pracovní látky, hraje problematika prostoru pro vývin páry, prostoru pro odloučení strhávané neodpařené kapaliny a cirkulace vlastní kapaliny ve výparníku. Tyto skutečnosti výrazně ovlivňují rozměrové dimenzování tepelného výměníku.

ZVU Engineering navrhl, dodal a zprovoznil značné množství tepelných výměníků reboilerového typu (horizontálního i vertikálního provedení). Pomocí těchto provozních

referencí získal know-how, které je neopominutelnou podmínkou realizace tepelných výměníků tohoto druhu přestupu tepla.



Obr. 4 Výměník / kotel s výrobou páry

2.2.3 Plyn, kapalina – plyn, pára kondenzace

Pro řešení mechanismu přestupu tepla mezi kapalinou nebo plynem na jedné straně a parou ve stavu kondenzace na druhé straně platí v plné míře výše definované poznámky, tj. stav, kdy velmi zřídka lze řešit zadanou úlohu použitím výpočtových modelů v dokonalé shodě s učebnicovými příklady.

Významnou roli při návrhu takovýchto tepelných výměníků hraje problematika řízeného odvodu kondenzátu, přítomnost inertní plynné fáze, způsob zanášení teplosměnné plochy.

Technici ZVU Engineering měli možnost aplikovat a zpětně potvrdit a korigovat výpočty totální či parciální kondenzace par při mnoha konkrétních dodávkách. Tato skutečnost umožnila dosáhnout společnosti respektovaného postavení mezi dodavateli, schopnými řešit tato zadání.

ZVU Engineering navrhl, dodal a zprovoznil značné množství tepelných výměníků s kondenzací parních složek (horizontálního i vertikálního provedení). Pomocí těchto provozních referencí získal know-how, které je neopominutelnou podmínkou realizace tepelných výměníků tohoto druhu přestupu tepla.



Obr. 5 Svazek výměníku s kondenzací

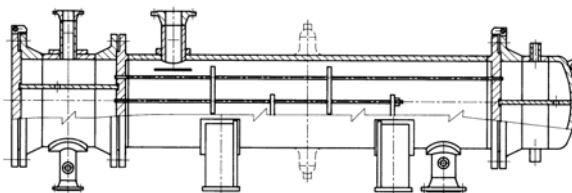
2.3 Standardní typy výměníků a jejich použití

2.3.1 Trubkové výměníky s pevnými trubkovicemi respektive s kompenzátorem v plášti

Trubkové výměníky s pevnými trubkovicemi jsou použity pro takové provozní parametry, kdy teploty a tepelná roztažnost materiálu teplosměnných trubek a pláště výměníku nevyvolávají dilatační disproporce a nedochází tak v důsledku rozdílné roztažnosti k nadměrnému zatížení trubek a trubkovic. V opačném případě musí být aplikován kompenzátor v plášti výměníku.

Tento typ výměníku je relativně konstrukčně jednoduchý, nicméně nedoporučuje se pro aplikování v provozních případech, kdy v důsledku charakteru média v dochází k usazování nečistot v mezitrubkovém prostoru.

Vzhledem k nemožnosti mechanického čištění vnějšího povrchu trubek musí být možno případné nánosy odstranit chemickým čištěním.

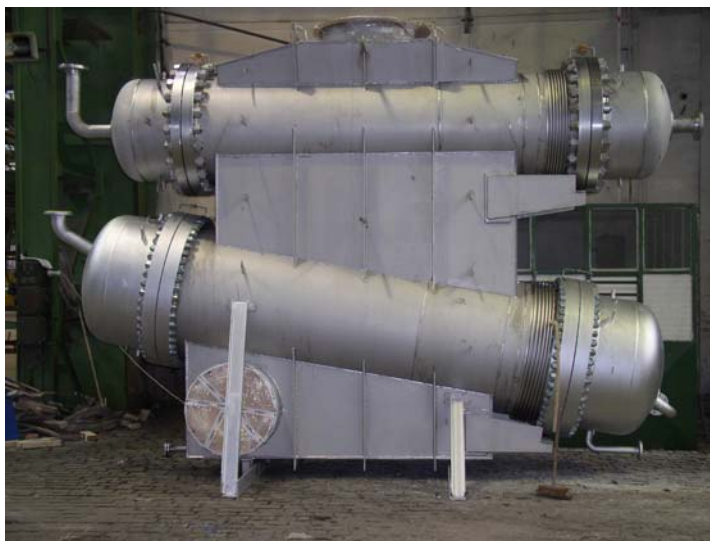


Obr. 6 Výměník s pevnými trubkovicemi resp. s kompenzátorem v plášti

Výměníky tepla jsou určeny k výměně tepla mezi dvěma pracovními látkami (kapalnými i plynnými) v průmyslové energetice, petrochemii, chemickém a potravinářském průmyslu, zařízení pro ekologii atd.



Obr. 7 Výměník s pevnými trubkovicemi a kompenzátorem v plášti

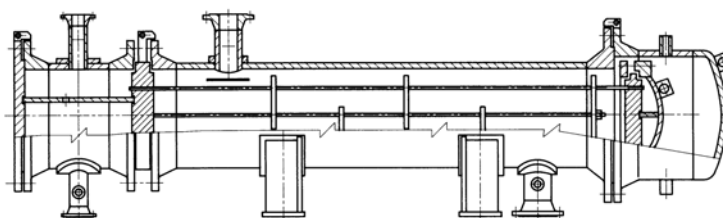


Obr.8 Výměník s pevnými trubkovicemi a kompenzátorem v plášti - dvojče

2.3.2 Trubkové výměníky s plovoucí hlavou

Trubkové výměníky s plovoucí hlavou jsou používány pro takové provozní parametry, kdy tepelná roztažnost teplosměnných trubek a pláště výměníku je větší než povolená diference a docházelo by v důsledku rozdílné roztažnosti k nadměrnému zatížení trubek a trubkovic.

Tento typ výměníku se dále doporučuje pro provozní případy, kdy v důsledku charakteru média dochází k usazování nečistot v mezitrubkovém prostoru. Po demontáži trubkového svazku z výměníku je možné mechanicky očistit vnější povrch teplosměnných trubek.



Obr. 9 Výměník s plovoucí hlavou

Výměníky tepla jsou určeny k výměně tepla mezi dvěma pracovními látkami (kapalnými i plynnými) v průmyslové energetice, petrochemii, chemickém a potravinářském průmyslu, zařízení pro ekologii atd.

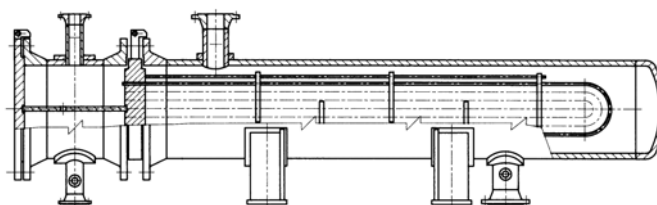


Obr. 10 Svazek vertikálního parního chladiče s plovoucí hlavou

2.3.3 Trubkové výměníky s U trubkami

Trubkové výměníky s U trubkami (nebo též výměníky vlásenkové) jsou také používány pro provozní parametry, kdy vzájemná tepelná roztažnost teplosměnných trubek a pláště výměníku je větší než povolená diference.

Tento typ výměníku má opět bezproblémově čistitelný trubkový svazek. ZVU Engineering vyprojektoval tento typ výměníků i pro aplikace s kondenzací vodní páry uvnitř vlásenkových trubek a dosáhl vynikajících provozních výsledků. Jsou zvládnuty technologie, kdy vlásenkové trubky jsou ve svazku instalovány s vyspádovanými rameny, aby mohl plynule odtékat tvořící se kondenzát.



Obr. 11 Výměník s U - trubkami

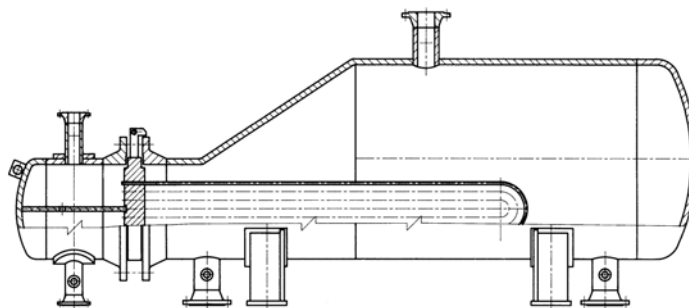
Výměníky tepla jsou určeny k výměně tepla mezi dvěma pracovními látkami (kapalnými i plynnými) v průmyslové energetice, petrochemii, chemickém a potravinářském průmyslu, zařízení pro ekologii atd.



Obr. 12 Výměník s U – trubkami

2.3.4 Reboilery

Trubkové výměníky reboilerového typu jsou použity pro případy, kdy v mezitrubkovém prostoru dochází k varu ohřivaného média a je nutné vytvořit dostatečnou volnou plochu pro vývin páry. Horní část prostoru pláště může být využita pro instalaci separačních vestaveb unášených kapek neodpařené kapaliny.



Obr. 13 Reboiler

Výměníky tepla jsou určeny k výměně tepla mezi dvěma pracovními látkami v průmyslové energetice, petrochemii, chemickém a potravinářském průmyslu, zařízení pro ekologii atd. z nichž jedna pracovní látka probíhá stádiem varu.

2.4 Konstrukční materiály, normy

2.4.1 Konstrukční materiály

Volba konstrukčních materiálů závisí především na charakteru jednotlivých procesních médií, jejich korozních vlastnostech a na tlakových a teplotních parametrech.

ZVU Engineering standardně pro výrobu výměníků používá uhlíkaté oceli, nerezové oceli a barevné kovy.

Ve speciálních případech ZVU Engineering používá i vysoce legované oceli, plátované oceli a slitinové oceli.

Při volbě vhodného konstrukčního materiálu ZVU Engineering vychází především z vlastních korozních sborníků, získaných na základě dlouholetých praktických zkušeností, které umožňují zvolit nejekonomičtější kombinaci konstrukčních materiálů. Volbu konstrukčních materiálů dále posuzují i specialisté metalurgové.

2.4.2 Normy

ZVU Engineering má dlouholeté zkušenosti s dodávkami tepelných výměníků pro tuzemské i zahraniční zákazníky. Na základě těchto zkušeností může ZVU Engineering realizovat dodávky tepelných výměníků jak podle tuzemských norem ČSN (samozřejmě s respektováním požadavků Směrnice evropského parlamentu a rady č. 97/23/ES – PED), EN norem, tak i podle zahraničních mezinárodně uznávaných norem jako např. ASME a GOST.

Veškeré dodávané výměníky odpovídají nejnovějším doporučením TEMA.

2.5 Navrhování tepelných výměníků, rozměry

2.5.1 Rozměrový návrh výměníků

Rozměrový návrh tepelných výměníků vychází z nutné velikosti teplosměnné plochy.

Optimální stanovení teplosměnné plochy hraje významnou roli v otázce investičních nákladů. Stanovení teplosměnné plochy vyžaduje poměrně značné zkušenosti a to zejména při náročnějších operacích výměny tepla, jakými jsou např. stavy varu a kondenzace.

Optimální stanovení teplosměnné plochy je poměrně časově náročné a nelze je realizovat bez patřičných výpočtových softwarů a obsáhlé databáze fyzikálně-chemických vlastností různých médií, pomocí nichž je možné vyhodnotit možné varianty řešení a zvolit variantu nejvýhodnější.

Z hlediska dlouhodobého provozu je nutná velikost teplosměnné plochy zásadně ovlivněna faktorem znečišťování teplosměnné plochy. Faktor znečištění teplosměnné plochy lze odhadnout pro jednotlivá média pouze na základě dlouhodobé praxe a provedených provozních měření.

ZVU Engineering v průběhu své dlouholeté praxe navrhl, uvedl do provozu a odzkoušel značný počet tepelných výměníků. Praktické zkušenosti a provozně ověřené hodnoty umožnily ZVU Engineering zpracovat, pro vlastní potřebu, výpočtové manuály a softwary stanovení velikosti tepelných výměníků pro širokou škálu provozních podmínek.

2.5.2 Předběžný odhad

Pro účely předběžného orientačního odhadu investičních nákladů může uživatel pro první přiblížení použít směrných hodnot součinitelů přestupu tepla, které jsou uvedeny v této publikaci a které vyhovují pro část praktických případů.

Nicméně je nutné tyto hodnoty brát jako hodnoty směrné, které v každém konkrétním případě musí být ověřeny spolehlivým výpočtem.

Médium I Horká strana	Médium II Studená strana	Součinitel přestupu tepla (W/m² K)
voda	voda	850 - 1600
plyn	voda	20 - 270
lehký olej	voda	350 - 900
těžký olej	voda	60 - 300
voda	solanka	580 - 1150
plyn	solanka	20 - 280
kondenzace vodní páry	voda	2000 - 4400
vodní pára	vypařování vody - var	2000 - 4400

2.5.3 Parametry

Trubkové výměníky tepla ZVU Engineering dodává v rozsahu následujících parametrů:

Parametry	Jednotky	Hodnoty
teplota	°C	-200 až +600
tlak	MPa	plné vakuum až 10
průměr	mm	273 až 4 000
teplosměnná plocha	m ²	5 až 10 000
hmotnost	kg	do 120 000

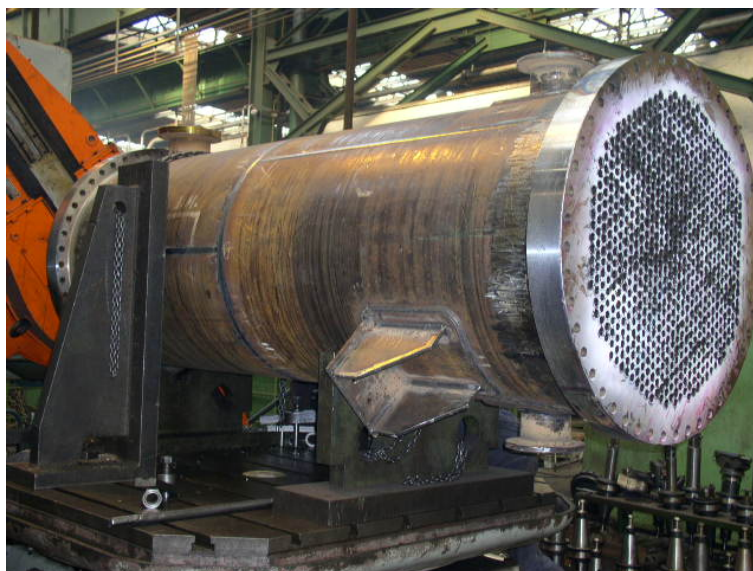
3 VÝROBA, INSTALACE A PROVOZ

3.1 Výroba

Výroba veškerých dílů tepelných výměníků probíhá pod přísným dozorem inspektora kvality ZVU Engineering. Kontrola jakosti vyráběných dílů je vždy kontrolována průběžně podle ověřeného a schváleného plánu jakosti.

Zvláštní pozornost je věnována postupům a výrobním uzlům, které výrazně ovlivňují spolehlivost a životnost tepelných výměníků, jako jsou např. jakost a identifikace materiálů, identifikovatelnost dílů, provedení pevnostního spoje pláště a trubkovnice, spoje výměňkových trubek s trubkovnicemi apod.

Na závěr výroby se standardně provádějí tlakové a těsnostní zkoušky za účasti zástupce uživatele.



Obr. 14 Výroba výměníku

3.2 Instalace

V závislosti na vnějších rozměrech se tepelné výměníky dodávají v kompletně smontovaném stavu s možností přímého usazení na stavební základy. ZVU Engineering zajišťuje kompletní instalační servis svých dodávek. Pokud se však klient rozhodne pro instalaci svými kapacitami dostává spolu s dodávkou k dispozici též podrobný návod pro montáž a zapojení.

V dohodnutých případech je možné dodat tepelné výměníky kompletně smontované a propojené na nosných rámech, včetně jejich vybavení potrubím, armaturami, přístroji provozního měření a regulace. Problémem není ani opatření zařízení tepelnou izolací.

Takto dodávané zařízení rozhodujícím způsobem ovlivňuje dobu montáže a v mnoha případech vyhovuje uživateli právě minimální doba potřebná pro instalaci z hlediska možné délky provozní odstávky souvisejícího zařízení.



Obr. 15 Instalace rekuperačního výměníku



Obr. 16 Instalace souboru výměníků chlazení generátorového plynu

Rozměrově větší zařízení je nutné s ohledem na dopravu a manipulaci dodávat v děleném provedení. Instalace takového zařízení je již relativně náročná a doporučuje se účast inženýra ZVU Engineering při instalaci.

V případě přání uživatele ZVU Engineering po dohodě zajišťuje a provádí kompletní instalaci tepelných výměníků formou „na klíč“.

3.3 Provoz

Po ukončení instalace je nutné provést podle předpisu ZVU Engineering a za účasti jeho inženýra funkční a provozní zkoušky.

Na přání uživatele ZVU Engineering provádí garanční a výkonové zkoušky, při nichž jsou sledovány a vyhodnocovány veškeré důležité procesní a technologické parametry prokazující kvalitu výměníků.



Obr. 17 Výměníky

4 SERVIS, MODERNIZACE

4.1 Pozáruční servis

Tepelné výměníky ZVU Engineering jsou řešeny a vyrobeny s ohledem na jejich maximální životnost.

Pokud jsou dodržovány provozní parametry předepsané ZVU Engineering nevyžadují tepelné výměníky žádnou speciální údržbu. ZVU Engineering však doporučuje periodicky sledovat teplotní křivky tepelných výměníků a v případě jejich výrazné odchylky od standardu provozních parametrů provést jejich kontrolu a případné vyčištění.

Periodicky se doporučuje kontrolovat i těsnost spojů majících vliv na funkci tepelného výměníku.

ZVU Engineering nabízí provádění pravidelných kontrol včetně výměny poškozených dílů.

4.2 Modernizace

Ačkoliv jsou tepelné výměníky konstruovány s funkční životností 15 let a více, je zřejmé, že technický pokrok a inovační změny postupují daleko rychleji.

ZVU Engineering na základě vlastního vývoje periodicky inovuje konstrukci a koncepci tepelných výměníků tak, aby vlastní provedení a design odpovídaly stávajícím trendům moderní techniky.

ZVU Engineering doporučuje uživatelům tepelných výměníků udržovat se ZVU Engineering trvalý kontakt a tím si zajistit průběžné informace o současných zlepšeních konstrukce a funkce jejich tepelných výměníků.