

v.5.00

HTRI Xchanger Suite

Uživatelský Manuál



Autor:

Bc. Tomáš Šimeček

Brno 2011

Rev. 0

PŘEDMLUVA

Program, k němuž je tento uživatelský manuál vypracován, patří k nejmodernějším nástrojům pro efektivní a precizní návrh i kontrolu široké škály aparátů pro přenos a výměnu tepelné energie – tepla. Jeho praktické využití je převážně v projekčních kancelářích, jejichž mateřským oborem průmyslu se stala petrochemie, chemie či rafinerie.

K jeho korektnímu ovládání je nutná znalost základních principů, matematických vztahů a fyzikálně-chemických vlastností materiálů všech zastoupených oborů procesního inženýrství. Převážně pak důkladná znalost tepelných a hydraulických pochodů společně s fyzikální chemií tvoří základ, který je nutné bezpodmínečně ovládat. V dalším tedy budeme předpokládat tyto znalosti a k tomu bude přizpůsoben i výklad.

Tento uživatelský manuál bude sloužit jako pomůcka při výuce nově zakládaného vysokoškolského předmětu na VUT – ÚPEI v Brně. Jeho součástí tak jsou i příklady určené k procvičení uživatele HTRI. Ty jsou nedílnou součástí manuálu a jsou situovány na jeho konci. K prohloubení znalostí a schopnosti efektivně ovládat a pracovat s programem, jsou jeho součástí navíc i řešené příklady s podrobným popisem. Tyto příklady jsou reálného průmyslového zadání tzn. že výměníky již pracují v reálném provozu a k jejich návrhu byl použit program HTRI.

Autor

OBSAH

1.	ÚVOD.....	4
2.	ZAČÍNÁME S PROGRAMEM HTRI	5
2.1.	ÚVOD DO PROSTŘEDÍ PROGRAMU.....	5
2.2.	VOLBA TYPU ZAŘÍZENÍ.....	10
2.3.	VOLBA METODY VÝPOČTU.....	12
3.	ROZŠÍŘENÉ FUNKCE PROGRAMU	13
3.1.	KOMPLETNÍ NABÍDKA HLAVNÍ LIŠTY	13
3.2.	KOMPLETNÍ NABÍDKA PRACOVNÍ LIŠTY	16
3.3.	ZÁLOŽKY A JEJICH MOŽNOSTI	18
3.4.	NASTAVENÍ PROGRAMU	23
4.	NÁVRH VÝMĚNÍKU TEPLA.....	28
4.1.	AIR COOLER	28
4.1.1.	GEOMETRY	29
4.1.2.	PROCESS.....	43
4.1.3.	FLUID PROPERTIES.....	45
4.1.4.	DESIGN	51
4.1.5.	CONTROL	56
4.1.6.	OTHERS	64
4.2.	ECONOMIZER	74
4.2.1.	GEOMETRY	75
4.2.2.	PROCESS.....	75
4.2.3.	FLUID PROPERTIES.....	76
4.3.	PLATE AND FRAME EXCHANGER.....	77
4.3.1.	GEOMETRY	79
4.3.2.	PROCESS.....	84
4.3.3.	FLUID PROPERTIES.....	85
4.3.4.	DESIGN	85
4.3.5.	CONTROL	88
4.4.	SHELL AND TUBE EXCHANGER	90
4.4.1.	GEOMETRY	93
4.4.2.	PIPING	109
4.4.3.	DESIGN	112
4.4.4.	CONTROL	114
5.	CO SE JINAM NEVLEZLO A JE DOBRÉ VĚDĚT	116
5.1.	DETAILED PIPING.....	116
6.	PRAKTICKÉ VÝPOČTY	119
6.1.	TRUBKOVÝ VÝMĚNÍK S PŘEPÁŽKOVÝM SYSTÉMEM	119
6.2.	VZDUCHOVÝ CHLADIČ	123
6.3.	PŘÍČNĚ OBTÉKANÝ SVAZEK TRUBEK	127
6.4.	DESKOVÝ VÝMĚNÍK TEPLA.....	131

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	157
--------------------------------------	------------

1. ÚVOD

Žijeme v době, kdy si běžný život bez moderních zařízení nedokážeme představit. Málo kdo z nás si však dokáže uvědomit kolik vědeckého bádání a neúspěchu je na pozadí všech těchto vynálezů. Cílem tohoto uživatelského manuálu je seznámení se s profesionálním softwarem HTRI Xchanger Suite (dále jen „HTRI“) a s jeho pomocí ukázat, jak je možné řešit návrh, kontrolu nebo simulaci tepelného výměníku.

Řekne-li se tepelný výměník, pak si zajisté každý vybaví obrovský aparát, většinou kovové výroby, to ovšem není příliš korektní představa v návaznosti s napsanou myšlenkou v prvních řádcích o moderních zařízeních. Pro nás technology samozřejmě pojmem tepelný výměník rozumíme aparát sloužící k výměně tepelné energie libovolných rozměrů, je tedy zřejmé, že i v dnešní době nanotechnologie je zapotřebí se problematikou přenosu tepla seriózně zajímat a to nejen na vědecké úrovni! Bez znalostí této problematiky bychom například nebyli schopni užívat osobní počítače, neboť jeho komponenty je potřeba chladit a zde se dostáváme k úvodní myšlence, kdy není vždy v zájmu technologa navrhovat mohutné aparáty, ale naopak je snaha k minimalizaci materiálové spotřeby a rozměrů, což pohání řadu dalších, nejen strojírenských, oborů kupředu.

Při hlubším zamyšlení se tedy jeví následující závěr celé myšlenky: najít při návrhu tepelného výměníku takové řešení, při kterém bude materiálová úspora co největší, rozměry aparátu co nejmenší a to vše při zachování potřebného tepelného výkonu. Pak je zřejmé, že výrobní i provozní náklady budou v uspokojivé výši, tedy minimální možné.

Autor

2. ZAČÍNÁME S PROGRAMEM HTRI

Program HTRI je plně profesionální program zaměřen výhradně na návrh a kontrolu aparátů sloužících k přenosu a výměně tepla. Jeho součástí je tepelný a hydraulický výpočet aparátu, který zohledňuje jeho navrhovanou geometrii. Srdcem programu jsou na reálných průmyslových aplikacích ověřené výpočtové vztahy, které jsou pravidelně aktualizovány. Program obsahuje rovněž bohatou databázi chemicko-fyzikálních vlastností pracovních látek, materiálů trubek, rozměrů trubek a hrdel, ale také např. data k deskám výměníku dodávaných světovými výrobci (např. AVP, Alfa Laval).

Program v závislosti na zvoleném typu výpočtu a druhu výměníku tepla požaduje specifická vstupní data, které lze zadat buď z jeho databáze nebo „ručně“, což znamená, že uživatel může modifikovat libovolné parametry dle požadavků zadání.

HTRI umožňuje výpočet několika druhů aparátů současně, což z něj dělá velice univerzální a komplexní nástroj. Rovněž nabídka zpracování výstupních údajů je značně rozsáhlá, kromě různých grafických závislostí, grafů a samozřejmě přehledného výstupního formuláře, nabízí i 2D / 3D výkres aparátu, možnost využití výstupu zpětně jako vstupních dat či export a import z celé řady simulačních programů.

Software se při práci snaží docílit co nejlepšího výsledku řadou optimalizačních metod a to tak, že si na základě zadaných parametrů vyhodnocuje průběžně výsledky a vyobrazí právě ten, který je nejbližší zadaným parametrům. Řízení výpočtového algoritmu je z části umožněno i uživateli a je tak tedy možno korigovat výsledek podle aktuální potřeby uživatele. Jedná se zejména o oblast geometrie aparátu, kdy je například možná definice maximálního přípustného rozměru např. výšky, šířky aparátu atd.

Plnohodnotný manuál a help je součástí programu a práce s ním je pohodlná a snadná. Další potřebné dotazy stejně jako podporu lze směřovat na webové stránky výrobce.

2.1. ÚVOD DO PROSTŘEDÍ PROGRAMU

Pro úspěšnou práci s programem je nutné seznámit se s jeho prostředím a možnostmi nastavení. Prvním a de facto zásadním rozhodnutím je správná volba typu zařízení, to proto, že tato volba zpřístupní specifické rozhraní, ve kterém se bude daný aparát počítat. Je patrné, že toto rozhraní bude pro každý typ aparátu různé.

Na obr.2.1 je zobrazeno úvodní okno, které se objeví při spuštění programu HTRI. Popíšme si tedy jeho základní části.

ZÁHLAVÍ (TITLE BAR):

V záhlaví je uvedeno o jaký typ aplikace se jedná, její verze popř. opravný balíček (V tomto případě je tedy spuštěna aplikace HTRI Xchanger Suite ve verzi 5.00 s nainstalovaným opravným balíčkem – service packem – 2). Při spuštění již konkrétní úlohy je v hranatých závorkách uveden název úlohy (název souboru uloženého na disku).

HLAVNÍ LIŠTA (MENU BAR):

V její nabídce najdeme „klasické“ možnosti nastavení jaké jsme zvyklí vidat u všech moderních aplikací. Jejich popis bude podrobně vysvětlen dále v kapitole.

PRACOVNÍ LIŠTY (TOOLBARS, BUTTONS):

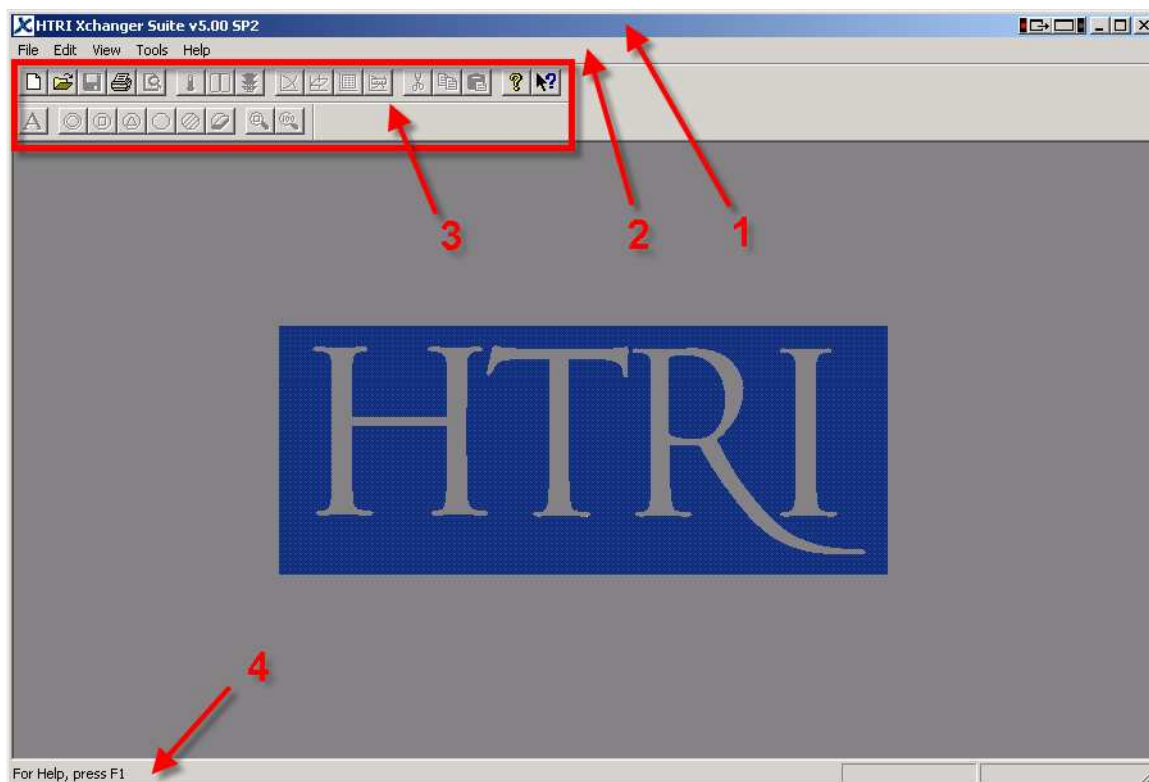
V úvodním okně jsou přístupné pouze tyto ikony:

NEW (CASE):	nový dokument (nová úloha).
OPEN (CASE):	otevřít stávající úlohu.
PRINT:	tisknout stávající úlohu.
ABOUT:	informace o programu HTRI.
HELP:	nápověda.

Funkce jsou notoricky známé a není nutné je tedy podrobně popisovat. Zbývající ikony jsou zašedlé, tedy nepřístupné (budou přístupné a vysvětleny později).

INFORMAČNÍ LIŠTA (STATUSBAR):

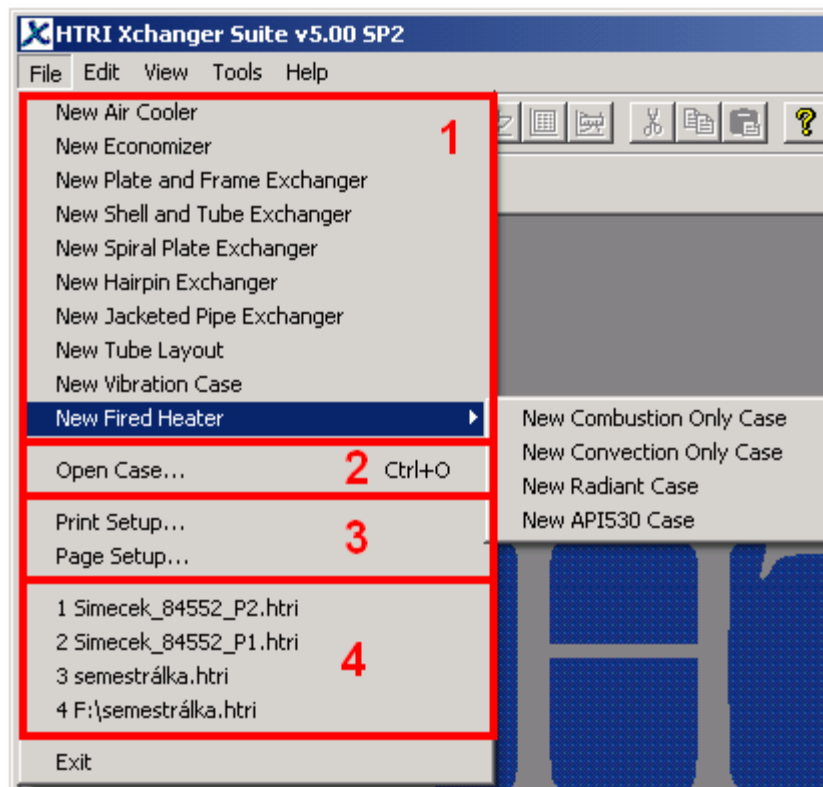
Je umístěna ve spod okna programu. V jejím levém rohu je zobrazena nápověda, další popisy jsou viditelné až při spuštění úloze následovně: vprostřed je umístěn indikátor změn vstupních parametrů, který je buďto prázdný (žádná změna vstupních dat) nebo ke změně vstupních dat došlo, pak se vyobrazí popisek „modified“. V pravém rohu je analogicky vyobrazen indikátor výstupních parametrů informující o průběhu, konci nebo přerušení úlohy.



Obr.2.1 Úvodní okno programu HTRI

NABÍDKA FILE:

V této nabídce najdeme základní funkce pro práci se souborem. Pro větší názornost ji rozdělme do 5-ti oken představujících dílčí elementární funkce (obr.2.2), ty pak lze charakterizovat následovně:



Obr.2.2 Základní nabídka práce se soubory v HTRI

➤ OKNO 1:

Zde se nacházejí všechny dostupné možnosti nových úloh. Program lze zakoupit s podporou jen vybraných typů úloh (např. jen Shell and Tube Exchanger). Více o typu a podpoře úloh v další kapitole.

➤ OKNO 2:

Otevře již rozpracovanou úlohu. V programu se tedy lze vracet k rozpracované úloze/úlohám. Tato volba je totožná s tlačítkem „open“ na pracovní liště.

➤ OKNO 3:

Print Setup:

Slouží k základnímu nastavení tiskárny, tisk. papíru a orientace papíru při tisku. Rovněž lze v tomto menu nastavit tisk pomocí síťové tiskárny, její konfiguraci a povolení přístupu k ní.

Page Setup:

Slouží k základnímu nastavení rozvržení tiskového papíru resp. k nastavení rozvržení výstupních reportů programu. Lze tedy pomocí tohoto menu zadat zarovnání stránky, jednotku, kterou bude program (k tomuto nastavení) používat a také zda se výstupní list bude tisknout s horizontálním nebo vertikálním zarovnáním. Další možnost je zapnutí / vypnutí tisku ohraničení a názvu pracovního souboru.

➤ OKNO 4:

Jsou k dispozici naposledy otevřené úlohy pro rychlý a snadný přístup stejně jako je tomu u známých programů (např. MS Office atd.).

➤ OKNO 5:

Exit. Slouží k ukončení práce s programem.

NABÍDKA EDIT:

V režimu, kdy není definovaná úloha k řešení je možné pouze omezené a obecné nastavení. Viz obr.2.3 níže.



Obr.2.3 Editace v programu HTRI při jeho startu

Program Settings:

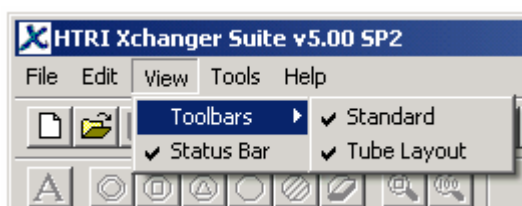
V tomto módu jsou k dispozici tři záložky: reports, properties a interfaces. Jednotlivá nastavení budou podrobněji probrána při konkrétním typu úlohy.

Custom Unit Sets:

Ve výchozím nastavení programu je k dispozici přednastavený set jednotek (SI,US,MKH). Program ovšem dovoluje definovat vlastní nastavení jednotek. Toho lze využít např. při scénářích, kdy se různé jednotky mezi SI a US (např. délkové rozměry v SI soustavě, zbytek v soustavě US atd.).

NABÍDKA VIEW:

V režimu, kdy není definovaná úloha k řešení je možné obecné nastavení. Viz obr.2.4.



Obr.2.4
Vzhled programu HTRI při jeho startu

- Toolbars: Nabídka se rozděluje mezi dvě podnabídky:
- Standard: Umožňuje zobrazit / skrýt první lištu se standardními ikonami.
Tube Layout: Umožňuje zobrazit / skrýt druhou (dolní) lištu s ikonami.
- Status Bar: Umožňuje zobrazit / skrýt spodní lištu (informační lištu).

NABÍDKA TOOLS:

Tato nabídka nástrojů je stálá po celou dobu práce s programem bez ohledu na zvolený typ úlohy. Její možnosti jsou na obr.2.5.

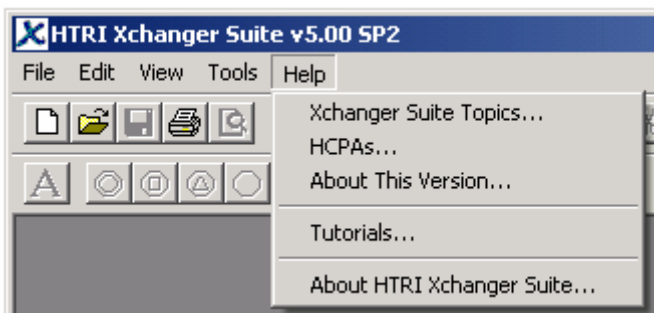


Obr.2.5 Nabídka nástrojů v programu HTRI

- Exchanger Selector: Nástroj slouží k rychlému a předběžnému návrhu typu aparátu, kdy pro zadané základní parametry program navrhne vhodný typ aparátu. K tomu je nutné ve třech krocích postupně zadávat data a na poslední kartě se objeví výsledek návrhu, přičemž lze tento návrh vložit jako vstupní data pro novou úlohu.
- Quick Calc Tools: Souhrnný nástroj, který po spuštění nabízí dvě aplikace ve dvou záložkách. První z nich je jednoduchý převaděč jednotek široké škály fyzikálních veličin. Druhá záložka nabízí, na základě čtyř základních dat o potrubí, návrh jeho základních rozměrů. Tato aplikace je ovšem počítána pouze v soustavě jednotek US.
- Htriview: Jednoduchý prohlížeč úloh bez možnosti jejich modifikace.

NABÍDKA HELP:

Zahrnuje základní rady a informace o programu. Její dostupnost je z každého typu úlohy. Lze ji kdykoli vyvolat stisknutím tlačítka F1. Její možnosti jsou na obr.2.6.

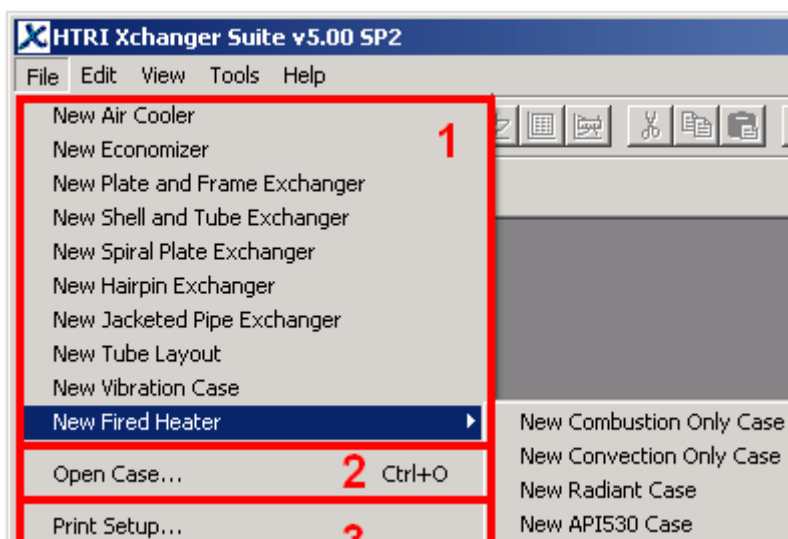


Obr.2.6
Nápověda v programu HTRI

<u>Xchanger Suite:</u>	Vyvolá klasickou on-line nápovědu s rejstříkem, vyhledávačem a popisem. Umožňuje tisknout nalezené informace atd.
<u>HCPAs:</u>	Připojí uživatele na webové rozhraní (ovšem načítané z disku), ve kterém se intuitivním prohledáváním dostane k problému. U tohoto způsobu je k dispozici i návrh řešení problému.
<u>About This Ver.:</u>	Zobrazí informace o užívaném programu a to včetně srovnání s předchozí verzí, jejími částmi i opravnými balíčky.
<u>Tutorials:</u>	Nabízí krátký úvod do různých typů úloh s názornou aplikací na příkladu. Je vhodný především pro začínající uživatele.
<u>About Suite:</u>	Zobrazí stručné informace o aktuálně užívané verzi a to včetně smluvních podmínek užívání programu, sériové číslo, licence a verze opravného balíčku.

2.2. VOLBA TYPU ZAŘÍZENÍ

Na obr.2.7 je v okně 1 znázorněna nabídka dostupných nových úloh (v tomto případě ve variantě s předplacenou plnou verzí programu HTRI).



Obr.2.7
Nabídka nových úloh

New Air Cooler: Spustí úlohu pro návrh, kontrolu nebo simulaci vzduchového chladiče. Program, jak již bylo řečeno výše, je možné zakoupit s rozdílnou nabídkou úloh. Aby je bylo možné identifikovat, používá program specifického označení, které je pro každou úlohu jiné. V případě této možnosti je nutností mít zakoupenou licenci s označením „Xace“.

New Economizer: Spustí úlohu pro návrh, kontrolu nebo simulaci aparátu s příčně obtékaným svazkem trubek. V tomto případě je rovněž nutné mít zakoupenou licenci s označením „Xace“.

- Plate&Frame HE: Spustí úlohu pro návrh, kontrolu nebo simulaci deskového výměníku tepla. V tomto případě je nutné mít zakoupenou licenci s označením „Xphe“.
- Shell&Tube HE: Spustí úlohu pro návrh, kontrolu nebo simulaci výměníku se svazkem trubek v plášti. Pro tuto možnost volby je nutné mít zakoupenou licenci s označením „Xist“.
- Spiral Plate HE: Spustí úlohu pro návrh, kontrolu nebo simulaci spirálového typu výměníku tepla. Zde je nutné mít zakoupenou licenci s označením „Xspe“.
- Hairpin HE: Spustí úlohu pro návrh, kontrolu nebo simulaci výměníku se svazkem trubek do „U“. V tomto případě nese licence označení „Xhpe“.
- Jacketed Pipe HE: Spustí úlohu pro návrh, kontrolu nebo simulaci základního typu výměníku – trubka v trubce. V tomto případě je nutné mít zakoupenou licenci s označením „Xjpe“.
- Tube Layout: Tato nabídka spustí samostatný, rigorózní návrh uspořádání trubek pro S-T výměník tepla. V tomto případě nese licence označení „Xtlo“. Tuto funkci lze kombinovat nejen s S-T typy výměníků, ale i s aparáty z kategorie „Xace“.
- Vibration Case: Tato úloha umožňuje analyzovat vibrace vznikající prouděním média v jednom z potrubí ve svazku trubek. V tomto případě je nutné mít zakoupenou licenci s označením „Xvib“. Metoda je dosti náročná pro množství požadovaných dat a je tedy určena pro uživatele s vysokou znalostí zadané problematiky.
- Fired Heater: Spustí úlohu pro návrh, kontrolu nebo simulaci aparátu pro přenos tepla pomocí jedné z níže uvedené podnabídky. V tomto případě je nutné mít zakoupenou licenci s označením „Xfh“.
- Combustion: Úloha umožňuje kalkulaci spalování paliva za přítomnosti oxidantu. Je možné ji pustit separátně i současně se simulačním výpočtem.
- Convection: Slouží ke kalkulaci konvekční části aparátu. Výpočet se provádí přírůstkovou metodou podél délky toku média. Zohledňuje jak lokální přenos tepla, tak tlakovou ztrátu. Jako doplněk metody lze užít propočet komínové části aparátu (pece).
- Radiant: Tato úloha kalkuluje radiační část aparátu. Před spuštěním je ovšem nutno nadefinovat, v jakém prostoru k radiaci dochází. Program nabízí celkem tři možnosti a to: válcový prostor, box a samostatnou zónu, v níž dochází k přenosu tepla radiací. Pokud

uživatel nezadá žádnou z možností, je přednastavena hodnota pro válcový prostor.

API 530: Program spustí úlohu, v níž je nutno zadat jednu ze základních vstupních hodnot. Jde o hodnoty: koeficient přestupu tepla na vnitřní straně aparátu, teplotu potrubí, požadovanou tloušťku potrubí a nebo životnost potrubí. Na základě zvolené hodnoty k výpočtu, program spustí průvodce, jenž uživatele dovede do zdárného konce kalkulace.

2.3. VOLBA METODY VÝPOČTU

V programu označeno jako „*Case Mode*“. Jde po výběru varianty úlohy o druhou nejdůležitější a nejpodstatnější volbu, která ovlivní požadavky na vstupní data, volbu algoritmu výpočtu i samotný výstup dat. Při výběru je tedy nutné být dosti obezřetný.

Rating: Kontrolní výpočet pro geometricky zcela přesně specifikovaný aparát a jeho součásti. Slouží k určení tepelného výkonu a tedy potřebuje k výpočtu značný objem procesních dat.

Simulation: Simulace probíhá na obdobné bázi jako rating s tím rozdílem, že k jejímu výpočtu není nutné zadávat tolik procesních dat. Výstupem a cílem je pak určení výstupních teplot a posléze i maximálního dosažitelného tepelného výkonu aparátu.

Classic Design: Návrh, při kterém není nutné zadávat všechny procesní data, ale ani tak geometrii. Program je na základě stručných vstupních dat schopen dopočítat neznámé parametry a navrhnout optimální řešení. Tato varianta je vhodná spíše pro rychlý odhad než pro precizní návrh aparátu.

Grid Design: Návrh, při kterém má uživatel podrobnou kontrolu nad počtem i typem vstupních dat a je mu tak umožněno detailně a precizně nastavit přesné hranice, ve kterých má daný aparát fungovat. Jde tedy o specifický návrh, jehož výstupem je optimalizace všech zadaných parametrů.

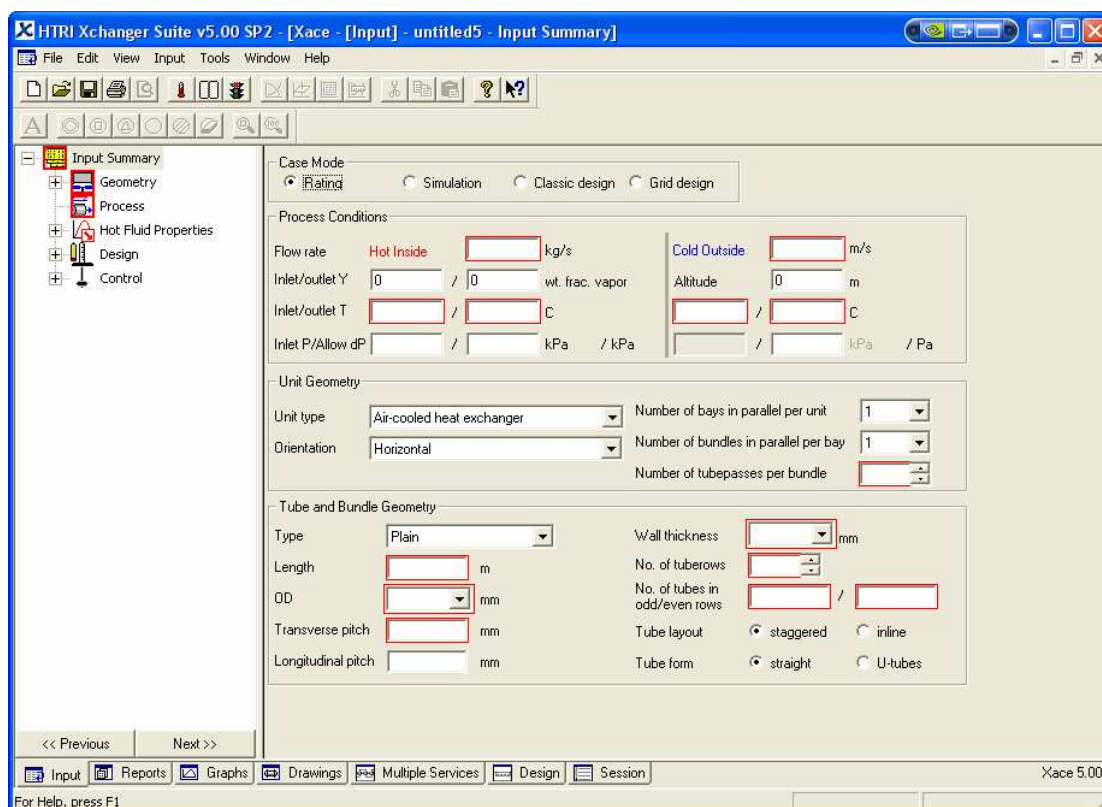
3. ROZŠÍŘENÉ FUNKCE PROGRAMU

Po seznámení se s základním druhem funkcí programu a jeho ovládání při spuštění, je na místě představit si jeho rozšířené ovládací prvky a nabídky při otevření konkrétního druhu úkolu. Jak bude níže uvedeno, nabídka funkcí je dosti rozsáhlá a je tedy na uživateli, aby si při řešení nového úkolu vybral tu pasáž, která pojednává o dané problematice.

V dalším bude uvedeno obecné ovládání, nastavení a možnosti všech druhů funkcí bez ohledu na typ otevřené úlohy, jednotlivé funkce budou dosti podobné pro obdobné úlohy.

3.1. KOMPLETNÍ NABÍDKA HLAVNÍ LIŠTY

Na obr.3.1 je znázorněno hlavní okno po otevření nové úlohy (v našem případě jde o vzduchový chladič).



Obr.3.1 Hlavní okno nové úlohy (modulu)

Už na první pohled je patrné, že oproti úvodnímu oknu při spuštění programu, přibýlo mnoho nových možností a funkcí. Nyní nastal čas si je detailně přiblížit.

NABÍDKA FILE:

Nabídka bude obsahovat stejné možnosti jaké jsou na obr.2.2 rozšířené o tyto:

Close Case: uzavře aktuální úlohu, program zůstává aktivní.

<u>Save Case:</u>	uloží aktuální úlohu i s výstupními daty. Není-li pojmenována, program nabídne následující možnost „save case as“.
<u>Save Case as:</u>	uloží aktuální úlohu i s výstupními daty pod novým názvem.
<u>Import Case:</u>	umožní načtení simulační úlohy z podporovaného formátu. Při prvním použití této funkce umožní program načtení připravených ukázkových úloh.
<u>Export Case as:</u>	uloží aktuální úlohu i s výstupními daty do uživatelem zvoleného podporovaného formátu.
<u>Print Case:</u>	vytiskne vstupní data (formát „xxx.DAT“).

Nabídka se může dále lišit podle typu zvolené úlohy, pak je možno setkat se i s těmito možnostmi nabídky „**File**“:

<u>Export Monitor as:</u>	uloží monitor aktuální úlohy do souboru podporovaného formátu.
<u>Export Report as:</u>	uloží souhrn(y) výstupních dat aktuální úlohy (úloh) do podporovaného formátu.
<u>Export Graph as:</u>	uloží graf aktuální úlohy do souboru podporovaného formátu.
<u>Export Drawing:</u>	uloží výkres aktuální úlohy do souboru podporovaného formátu.
<u>Save Monitor as:</u>	uloží monitor aktuální úlohy pod novým názvem.
<u>Run Case:</u>	spustí úlohu se zadanými vstupními údaji.
<u>Run All Cases:</u>	spustí všechny úlohy se zadanými vstupními údaji.
<u>Print Report:</u>	vytiskne aktuálně zobrazený report nebo s funkcí „Print Multiple Report“ vytiskne jeden či více výstupních reportů.
<u>Print Graph:</u>	vytiskne aktuálně zobrazená graf.
<u>Print Drawing:</u>	vytiskne aktuálně zobrazený výkres.
<u>Print Monitor:</u>	vytiskne aktuální návrh monitoru.
<u>Print Preview:</u>	zobrazí náhled tisku. Tato funkce je nedostupná u některých typů úloh.

NABÍDKA EDIT:

Nabídka bude obsahovat stejné možnosti jaké jsou na obr.2.3 rozšířené o tyto:

Data Units: umožní nastavit globální jednotkový systém (předdefinovaný).

Nabídka se může dále lišit podle typu zvolené úlohy, pak je možno setkat se i s těmito možnostmi nabídky „**Edit**“:

Copy Output

Geometry

to Input:

funkce umožňuje vložit výsledek geometrie aparátu z ukončené kalkulace do nové úlohy jako vstupní hodnotu.

Cut:

odstranění údaje z aktivního dokumentu. V operačním systému Windows je obsah přemístěn do schránky.

Copy:

kopie výběru je vložena do schránky.

Paste:

vložení obsahu schránky do označeného pole. Při výběru dojde k přepsání původních dat.

Add Text:

umožňuje vložit uživatelem definovaný text do výkresu.

Edit Text:

umožňuje editovat uživatelem vložený text ve výkresu.

Delete Text:

smaže uživatelem vložený text ve výkresu.

NABÍDKA VIEW:

Nabídka bude obsahovat stejné možnosti jaké jsou na obr.2.4 rozšířené o tzv. „**View Menu**“, které není nic jiného, než nabídka záložek. Tato nabídka bude podrobně popsána v kapitole 3.3.

NABÍDKA WINDOW:

Nabídka obsahuje běžnému uživateli dobře známé funkce pro návrh a rozložení oken pro efektivnější práci s několika soubory najednou. Uvedme tyto funkce bez jejich dalšího podrobnějšího popisování.

- New Window
- Cascade
- Tile Horizontally
- Tile Vertically
- Arrange Icons

3.2. KOMPLETNÍ NABÍDKA PRACOVNÍ LIŠTY

Pro rychlou práci s programem je k dispozici sada několika nejužívanějších funkcí ve formě ikon umístěných v oblasti tzv. pracovní lišty. Jejich dostupnost je dána typem úlohy a také typem aktuální nabídky, pohledu atd. Kompletní seznam je uveden na obr.3.2.

	Begins new case		Copies selection
	Opens an existing case		Pastes from clipboard
	Saves current active case		About
	Prints currently selected item (output, graphic, etc.)		What's This help
	Shows selected item as it appears when printed		Add text tool
	Changes global units		Tie rod tool
	Logs runs in Session view		Impingement rod tool
	Runs case		Dummy tube tool
	Selects graph properties to display		Tube tool
	Selects plane for 3D property data		Remove tube tool
	Shows graph data		Zoom into area
	Modifies graph appearance		Zoom to 100%
	Cuts selection		

Obr.3.2 Přehled ikon pracovní lišty

<u>New Case:</u>	spustí nabídku nových úloh (modulů).
<u>Open Case:</u>	otevře vybranou úlohu.
<u>Save Current:</u>	uloží stávající úlohu.
<u>Print Item:</u>	vytiskne aktuálně označený objekt (graf, výstup atd.).

<u>Show Item:</u>	náhled tisku aktuálně označeného objektu.
<u>Change Gl.Units:</u>	změna globálních jednotek.
<u>Logs Run in S.V.:</u>	zaznamená výpočet v okně sekcí.
<u>Run Case:</u>	spustí výpočet aktuální úlohy.
<u>Graph Properties:</u>	slouží k výběru objektů určených k vykreslení.
<u>Select Plane:</u>	slouží k výběru objektů určených k 3D vykreslení.
<u>Graph Data:</u>	zobrazí grafické údaje v přehledné tabulce.
<u>Graph Appear.:</u>	modifikace místa výskytu (vykreslení) grafu.
<u>Cut Selection:</u>	vyjmutí výběru do schránky.
<u>Copy Selection:</u>	uložení kopie výběru do schránky.
<u>Paste From:</u>	vložení dat uložených ve schránce.
<u>About:</u>	zobrazí informace o programu, jeho verzi a licenci.
<u>What's This:</u>	nápověda ve formě ukazatele myši.
<u>Add Text:</u>	vloží textové pole do vybrané oblasti.
<u>Tie Rod:</u>	v „Tube Layout“ umožní rozvržení spojovacích tyčí.
<u>Impingement Rod:</u>	v „Tube Layout“ umožní rozvržení narážecích tyčí.
<u>Dummy Tube:</u>	v „Tube Layout“ umožní fiktivních tyčí.
<u>Tube Tool:</u>	v „Tube Layout“ spustí nástroj pro návrh uspořádání trubek.
<u>Remove Tube:</u>	v „Tube Layout“ umožní odstranění trubek.
<u>Area Zoom:</u>	přiblíží na velikost okna definovaného tahem kurzoru.
<u>100% Zoom:</u>	přiblíží na 100% velikost pracovního okna.

3.3. ZÁLOŽKY A JEJICH MOŽNOSTI

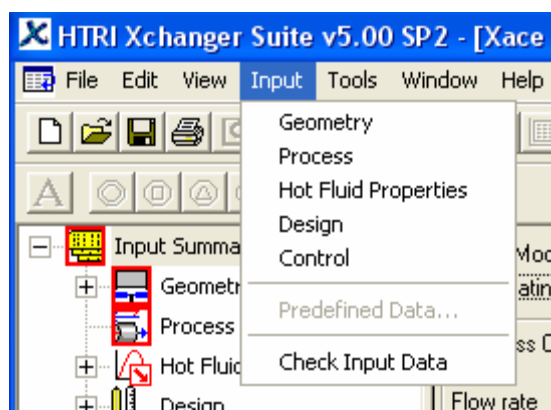
Ve spodní části programu nad informační lištou se nachází souhrn záložek sloužících k rychlému a snadnému přechodu mezi jednotlivými pohledy a tedy i nabídkami. Ke každé záložce je možné se dostat i pomocí funkce „View“ v hlavní nabídce a proto se můžeme setkat i s označením „View Menu“, jde však vždy o záložky. Jejich přehled je na obr.3.3.



Obr.3.3 Záložky v programu HTRI

ZÁLOŽKA INPUT:

Je dostupná vždy pouze pro konkrétní typ úlohy a obsahuje možnosti uvedené na obr.3.4. Slouží k zadávání dat pro zvolený typ úlohy. Pro snazší a rychlejší zadávání dat je k nabídce možno přistupovat i prostřednictvím kořenového adresáře v levém sloupci, jak je vidět na obr.3.1 výše (str.13).



Obr.3.4 Možnosti vkládání vstupních dat

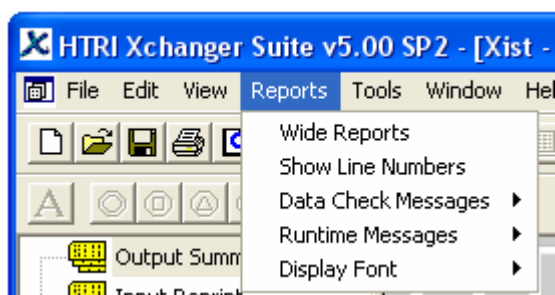
- | | |
|--------------------------|---|
| <u>Geometry:</u> | zobrazí panel se souhrnným výčtem požadovaných vstupních dat pro geometrii aparátu (jako např. plášť, trubky, hrdla atd.). |
| <u>Process:</u> | zobrazí panel se souhrnným výčtem požadovaných vstupních dat pro proces (jako např. průtok, teplota, zanášení atd.). |
| <u>HF Properties:</u> | zobrazí panel se souhrnným výčtem požadovaných vstupních dat pro horké médium (jako např. typ, název, fáze, bod varu atd.). |
| <u>Design:</u> | umožní nastavit metodu výpočtu tzv. „Case Mode“. |
| <u>Control:</u> | zobrazí panel se souhrnným výčtem požadovaných vstupních dat pro ovládání výpočtu (jako např. metoda, vibrace atd.). |
| <u>Check Input Data:</u> | zkontroluje, zda jsou zadána všechna nezbytná data k výpočtu. O výsledku informuje program zobrazením zprávy v dolním okně. |

Nabídka se může dále lišit podle typu zvolené úlohy, pak je možno setkat se i s těmito možnostmi nabídky „**Input**“:

- Piping: zobrazí panel se souhrnným výčtem požadovaných vstupních dat pro potrubí. Tato nabídka je přístupná pouze pro vařáky, neboli reboilery.
- CF Properties: zobrazí panel se souhrnným výčtem požadovaných vstupních dat pro chladné médium (jako např. typ, název, fáze, bod varu atd.).
- Predefined Data: funkce umožní vyplnit data zadaná v dřívějších úlohách. K tomu, aby bylo možné funkci využít, musí tato data existovat.

ZÁLOŽKA REPORTS:

Po přepnutí se na záložku reportů se v hlavní nabídce objeví možnost úpravy a práce s nimi. Tato nabídka obsahuje následující možnosti:

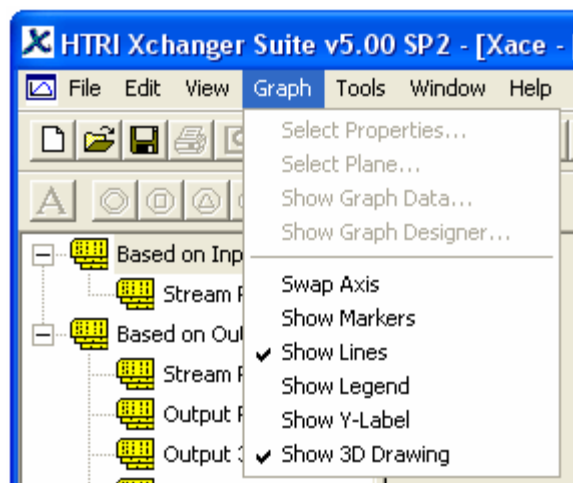


Obr.3.5 Nabídka Reportů

- Wide Reports: umožňuje nastavit orientaci papíru při tisku reportu na landscape.
- Show Line Numbers: zapnutí / vypnutí zobrazení popisu (číslování) potrubních větví.
- Data Check Messages: nastavení úrovně zobrazení kontrolních zpráv.
- Runtime Messages: nastavení úrovně zobrazení zprávy o době běhu programu.
- Display Font: umožňuje nastavit velikost celého výstupního formuláře.

ZÁLOŽKA GRAPHS:

Program umožňuje nejen textové výstupy dat, ale rovněž grafické. Mezi nejlépe srozumitelný výstup patří graf. Jeho možnosti nastavení a úprav jsou znázorněny na následujícím obr.3.6.

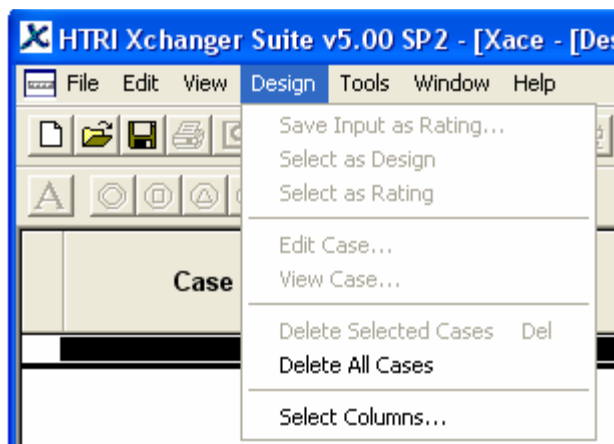


Obr.3.6 Možnosti práce s grafy

- | | |
|---------------------------|---|
| <u>Select Properties:</u> | slouží k výběru objektů určených k vykreslení. |
| <u>Select Plane:</u> | slouží k výběru objektů určených k 3D vykreslení. |
| <u>Show Graph Data:</u> | zobrazí grafické údaje v přehledné tabulce. |
| <u>Graph Designer:</u> | spustí nástroj pro návrh a úpravu parametrů grafu a jeho výstupu. |
| <u>Swap Axis:</u> | zamění osou X za Y a opačně. Tato funkce je možná pouze v 2D. |
| <u>Show Markers:</u> | vypne / zapne zvýraznění hlavních bodů grafu. |
| <u>Show Lines:</u> | vypne / zapne vykreslení spojnic hlavních bodů grafu. |
| <u>Show Legend:</u> | vypne / zapne zobrazení legendy grafu. |
| <u>Show Y-Label:</u> | vypne / zapne popis Y-ové osy grafu. |
| <u>Show 3D Drawing:</u> | vypne / zapne vykreslení grafu do 3D. |

ZÁLOŽKA DESIGN:

Návrh je jedním z klíčových aspektů při řešení úloh v HTRI. Správné nastavení a výběr je nesmírně důležitou fází, při které by měl být uživatel obzvláště obezřetný a znalý v dané problematice. Jeho možnosti jsou zobrazeny na obr.3.7 níže.

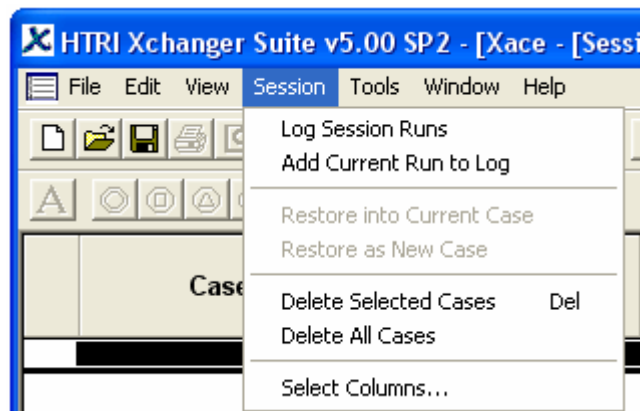


Obr.3.7 Možnosti návrhu v HTRI

<u>Save Input as:</u>	uloží vstupní data aktuální úlohy do souboru (xxx.DAT).
<u>Select as Design:</u>	vybere označenou úlohu jako návrh.
<u>Select as Rating:</u>	vybere označenou úlohu jako kontrolní výpočet.
<u>Edit Case:</u>	spustí vybranou úlohu s možností modifikace geometrie aparátu uživatelem.
<u>View Case:</u>	zobrazí výstupní reporty vybrané úlohy.
<u>Delete Selected:</u>	smaže vybraný (označený) návrh.
<u>Delete All Cases:</u>	smaže všechny aktuální návrhy.
<u>Select Columns:</u>	slouží k výběru sloupců pro návrhový monitor.

ZÁLOŽKA SESSION:

Zvolíme-li v hlavním menu nabídku „View“, je možné přepnout se do „Session View“, pak se v hlavním menu objeví nabídka zobrazena na obr.3.8.



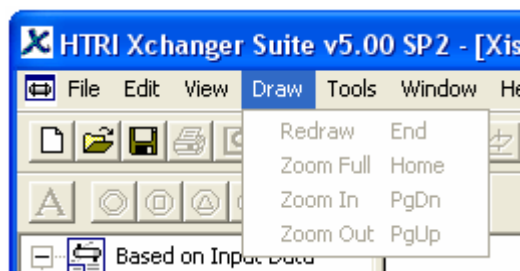
Obr.3.8 Možnosti nabídky sekcí

- | | |
|----------------------------|--|
| <u>Log Session Runs:</u> | zapne / vypne možnost ukládání všech sekcí spuštěných kalkulací nebo přepočtů návrhů. Výsledky jsou poté zobrazeny v záložce. |
| <u>Add Current Log:</u> | přidá (ručně) aktuální úlohu do logu (záznamu) sekcí. |
| <u>Restore Into Curr.:</u> | obnoví vstupní data ze zaznamenaných úloh do aktuální úlohy. Pro tuto funkci je nutné mít v nastavení povoleno obnovování dat. |
| <u>Restore as New:</u> | obnoví vstupní data ze zaznamenaných úloh do nové úlohy. Pro tuto funkci je nutné mít v nastavení povoleno obnovování dat. |
| <u>Delete Selected:</u> | smaže vybranou (označenou) sekci. Tato možnost nijak neovlivní aktuálně zadané hodnoty. |
| <u>Delete All Cases:</u> | smaže všechny sekce z logu (záznamu). Tato možnost opět nijak neovlivní aktuálně zadané hodnoty. |
| <u>Select Columns:</u> | slouží k výběru sloupců pro monitor sekcí. |

V dalším budou uvedeny nabídky, které úzce souvisejí s určitým typem úlohy a jsou tedy dostupné jen pro některé specifické případy. Nicméně jsou to nabídky, které je nutno popsat podrobněji, neboť se objevují u nejčastěji řešených typech úloh. Jako příklad lze uvést návrh výměníku tepla typu trubka v trubce, S&T výměník nebo vzduchového chladiče.

ZÁLOŽKA DRAW (Xist):

Je dostupná pouze pro úlohy typu „Xist“ v záložce „**Drawings**“ při návrhu a / nebo korekci výkresu po ukončeném výpočtu. Možnosti jsou viditelné na obr.3.9.



Obr.3.9 Možnosti výkresového menu

<u>Redraw:</u>	příkaz pro opětovné vykreslení aktuálního výkresu.
<u>Zoom In:</u>	přiblíží (opticky zvětší) část aktuálně zobrazeného výkresu.
<u>Zoom Out:</u>	oddálí (opticky zmenší) část aktuálně zobrazeného výkresu.
<u>Zoom Full:</u>	přizpůsobí velikost výkresu aktuální velikosti okna.
<u>Zoom Area:</u>	přiblíží (opticky zvětší) uživatelem definovanou část aktuálně zobrazeného výkresu. Tato funkce je dostupná jen pro „Xtlo“.

ZÁLOŽKA SHELLS (Xist):

Tato nabídka je dostupná pouze pro úlohy typu „Xist“ v záložce „**Shells in Series**“. K zpřístupnění funkce je zapotřebí mít vybrán jeden plášť ze série. Poté se objeví následující menu.

Use Summary Unit Input: výběr vstupní souhrnné jednotky pro plášť.

ZÁLOŽKA LAYOUT (Xace, Xist, Xtlo):

Jedná se o velice specifické možnosti úprav a nastavení, většinou dostupných z input menu a bude jim tedy věnován prostor v kapitolách pojednávajících o aplikacích tří typů: „Xace“, „Xist“ a „Xtlo“.

3.4. NASTAVENÍ PROGRAMU

Při prvotním spuštění programu jsou přednastaveny mnohé funkce a možnosti tak, aby bylo možné s programem vůbec efektivně pracovat. Při bližším seznámení se se však může stát, že takto předdefinované nastavení nemusí vyhovovat konkrétní řešené úloze. Pak je nutno toto nastavení korigovat, je však nutno mít na paměti, že zásahy do tohoto nastavení jsou uloženy pro všechny stávající i budoucí úlohy! Na obr.3.10 je zobrazeno hlavní okno se všemi záložkami, a tedy možnostmi, nastavení. K tomuto nastavení se dostaneme z hlavní nabídky přes menu „**Edit-Program Settings**“.



Obr.3.10 Hlavní nabídka nastavení programu (záložka reportů)

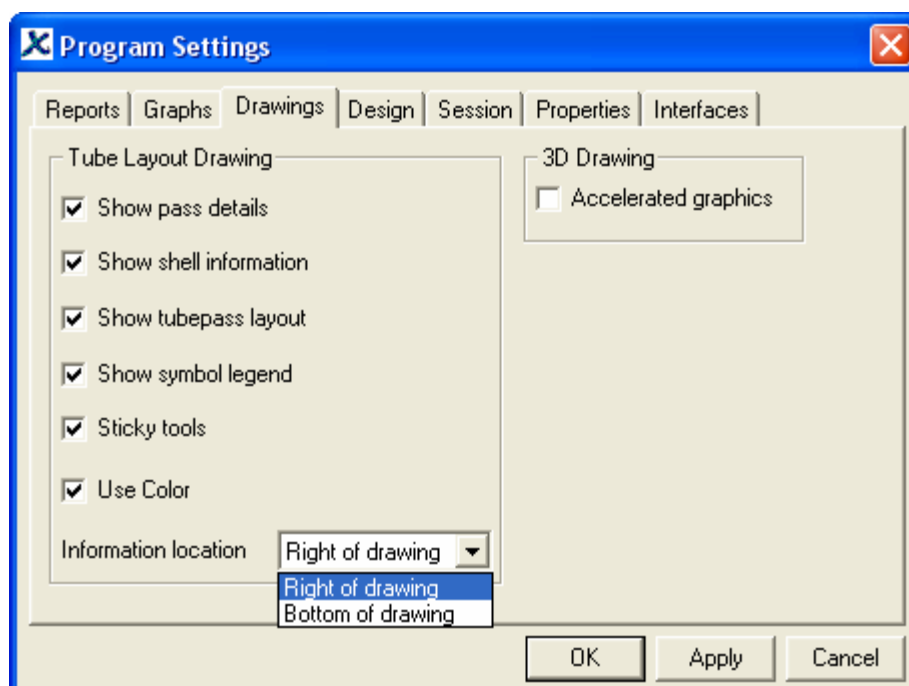
Na první pohled je první záložka dosti podobná nabídce „**Reports**“ na obr.3.5 s tím rozdílem, že zde je navíc možnost nastavení jazyka, tisk / export firemního loga a standardu výstoppního reportu. Tyto položky není nutno dále rozepisovat, jsou všeobecně známé.

GRAPHS:

Toto nastavení obsahuje nejdůležitější možnosti z nabídky na obr.3.6.

DRAWINGS:

Toto nastavení nabízí řadu možností pro vykreslování informací na výkresech jak je znázorněno na obr.3.11.

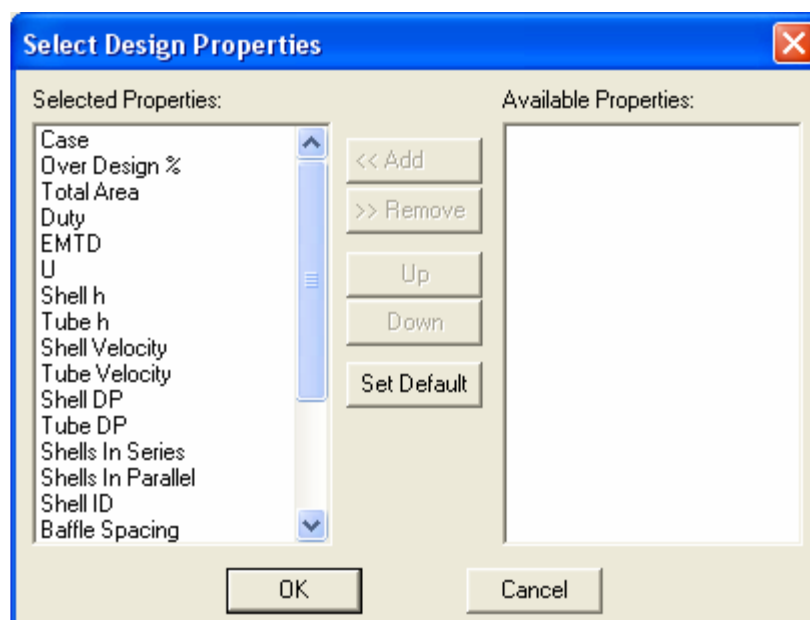


Obr.3.11 Nastavení vlastností výkresů

<u>Pass Details:</u>	zapne / vypne zobrazení počtu trubek v každém chodu.
<u>Shell Information:</u>	zapne / vypne zobrazení legendy s popisem geometrie pláště.
<u>Tubepass Layout:</u>	zapne / vypne zobrazení lokace chodu v trubkovnici.
<u>Symbol Legend:</u>	zapne / vypne zobrazení legendy použitých symbolů.
<u>Sticky Tools:</u>	dovoluje vložení několika druhů objektů do návrhu rozložení bez nutnosti přenastavení vkládacích údajů.
<u>Use Color:</u>	zapne / vypne vykreslování výkresů v barevném rozlišení (jinak se výkresy vykreslují standardně černobíle).
<u>Info Location:</u>	umožňuje nastavit lokaci, kde bude umístěna legenda.
<u>3D Accelerate:</u>	zapne / vypne akceleraci vykreslování výkresu s využitím grafické karty počítače (musí být podporováno VGA počítače).

DESIGN:

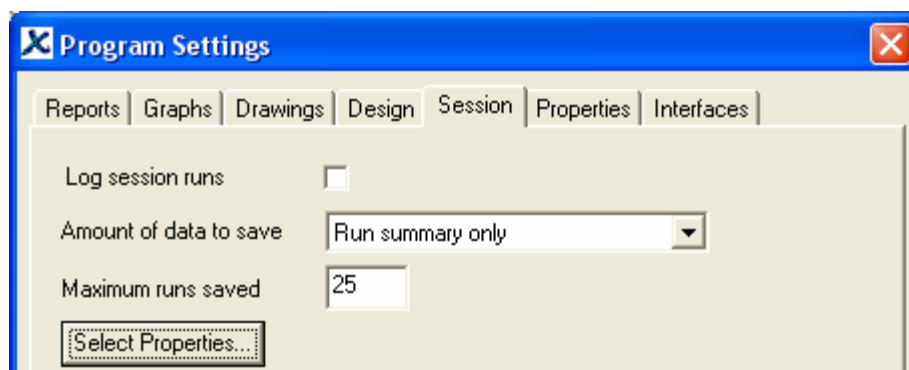
Toto nastavení dovoluje uživateli modifikovat vzhled záložky „**Design**“ resp. dovoluje přidat nebo přeskládat jednotlivé sloupce tabulky. Na obr.3.12 je zobrazen seznam takto podporovaných sloupců reprezentujících vždy jednu ze základních vlastností / informací.



Obr.3.12 Nastavení návrhového panelu (záložky)

SESSION:

Možnosti nastavení sekcí jsou uvedeny na obr.3.13 a vysvětleny níže.



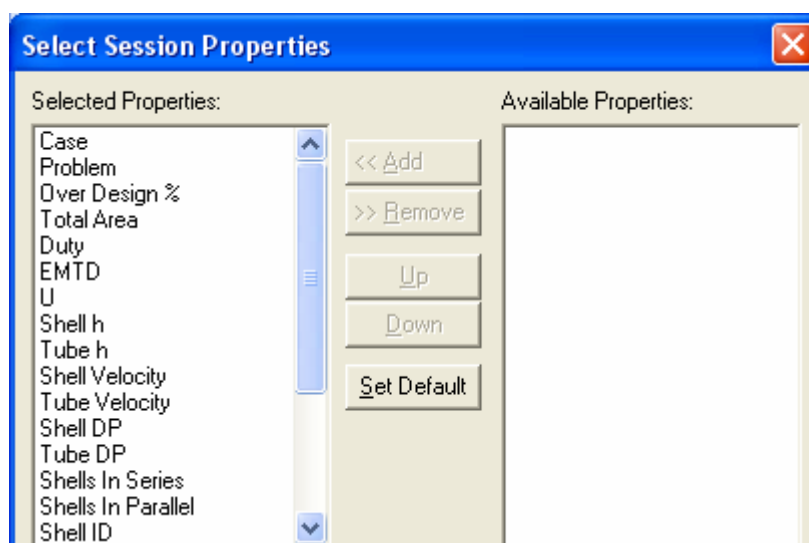
Obr.3.13 Nastavení sekcí (záložky)

Session Run Log: zapne / vypne možnost ukládání všech sekcí spuštěných kalkulací nebo přepočtů návrhů. Výsledky jsou poté zobrazeny v záložce.

Data Amount: umožňuje nastavit množství dat, která budou uložena. Nabízeny jsou dvě možnosti: „Run Summary“ uloží jen souhrn výstupních dat, kdežto „Summary & Restore“ uloží celý návrh uspořádání.

Maximum Runs: slouží k nastavení počtu ukládaných kalkulací. Je možno zadat libovolnou hodnotu s ohledem na velikost paměti RAM.

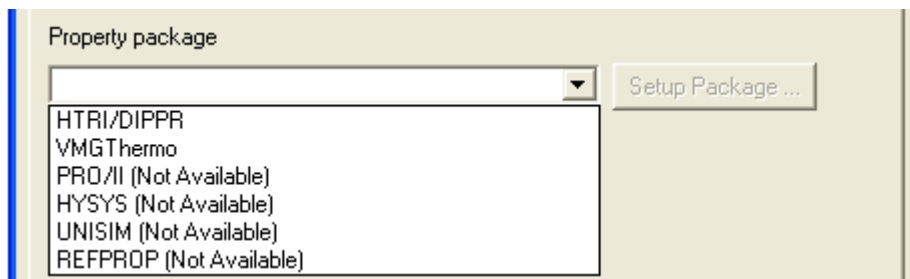
Po kliknutí na možnost „**Select Properties...**“ se objeví okno velmi podobné tomu na obr.3.12. Jeho možnosti a funkce jsou obdobné, tedy dovolují modifikovat resp. přeskládat a nebo přidat jednotlivé údaje do tabulky v záložce sekcí. Viz následující obr.3.14.



Obr.3.14 Nastavení vlastností panelu sekcí (záložky)

PROPERTIES:

Jedná se o specifické nastavení, kdy jako vstupní data lze použít výstup z některých simulačních programů, které program HTRI podporuje!



Obr.3.15 Ukázka podporovaných simulačních programů

INTERFACES:

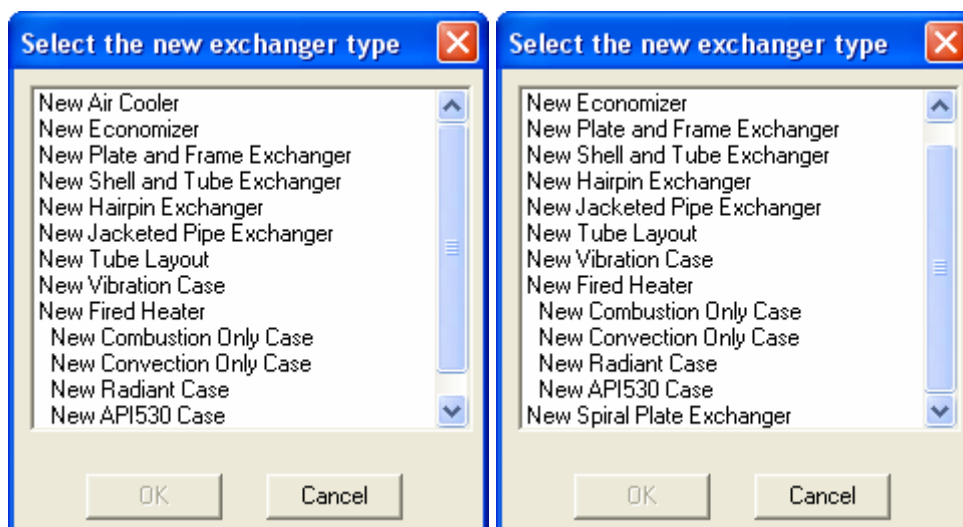
Je-li nainstalován program v několika verzích současně na jednom počítači a/nebo je na disku přítomen tzv. „**Aspen Plus DLL**“ soubor, je možno v programu nastavit jaký simulační a výpočtový algoritmus bude použit neboli jaké rozhraní bude použito. Jako standardní volba je přednastavena „poslední verze“, tedy ta, která byla oficiálně vydána jako poslední a nabízí tak nejmodernější a nejpřesnější metody výpočtů a simulací.



Obr.3.16 Nastavení rozhraní programu HTRI

4. NÁVRH VÝMĚNÍKU TEPLA

Po seznámení se s základním ovládáním a nastavením programu přichází srdce celého tohoto manuálu a tím je samotný návrh aparátu. Jak již bylo napsáno, v programu HTRI je k dispozici široká paleta druhů aparátů pro přenos a výměnu tepla. Jejich výčet je přehledně znázorněn na obr.4.1.1 níže. Dále v kapitole budou postupně podrobně popsány některé z těchto aparátů a jak bude vidět, mnohé budou mít dosti obdobné způsoby návrhu. Bylo by ale velkou chybou domnívat se, že obdobný způsob návrhu značí i obdobný způsob výpočtu či dokonce funkci daného aparátu! Při návrhu je zapotřebí vždy korektně a precizně posoudit účel a využití navrhovaného aparátu nebo jeho části!



Obr.4.1.1 Přehled typů aparátů (nových úloh)

V dalším bude velice často užito zkratk pro jednotlivé typy nových úloh dle seznamu uvedeném v kapitole 2.2. Jedná se především o zkratky „licenci“, které jsou kombinací typu aparátu a názvu programu jako například:

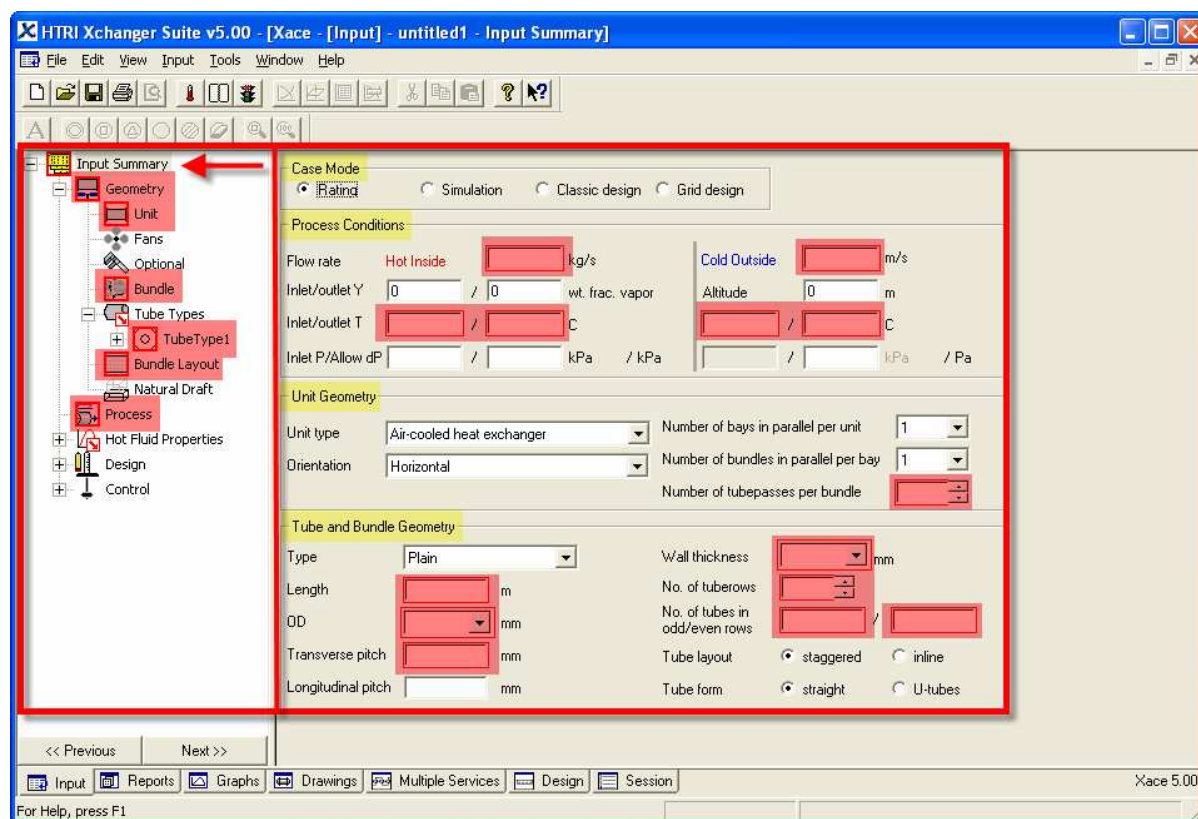
„Xace“ značí typ úlohy v HTRI Xchanger Suite („X“) a Air Cooler („ace“).

Je tedy více než vhodné dostat tyto zkratky do všeobecného podvědomí v případě, že se uživatel bude s programem potkávat častěji nebo bude-li tvořit náplň jeho práce. Program pod těmito zkratkami například nabízí uložení daných úloh na disk.

4.1. AIR COOLER

Vzduchový chladič patří bezesporu k jednomu z nejvíce průmyslově používaných aparátů pro výměnu tepla. Zpravidla bývá jeho využití v procesech, kde je zapotřebí ochladit poměrně značný objem média, k tomu se využívá až několika ventilátorů, které jsou schopny zajistit dostatečný přísun vzduchu jakožto chladicího média. Vzduch jako chladicí médium je využíván především proto, že nic nestojí, avšak je ho zapotřebí velké množství, což nutně vede k tomu, že vzduchový chladič o vyšším výkonu dosahuje velkých rozměrů a tedy i cena

za výrobení takového aparátu bude nutně vyšší. Je tedy snahou navrhnout takový aparát, aby jeho výkon byl zajištěn při co nejkompaktnějších rozměrech a tedy i s co nejnižšími náklady.



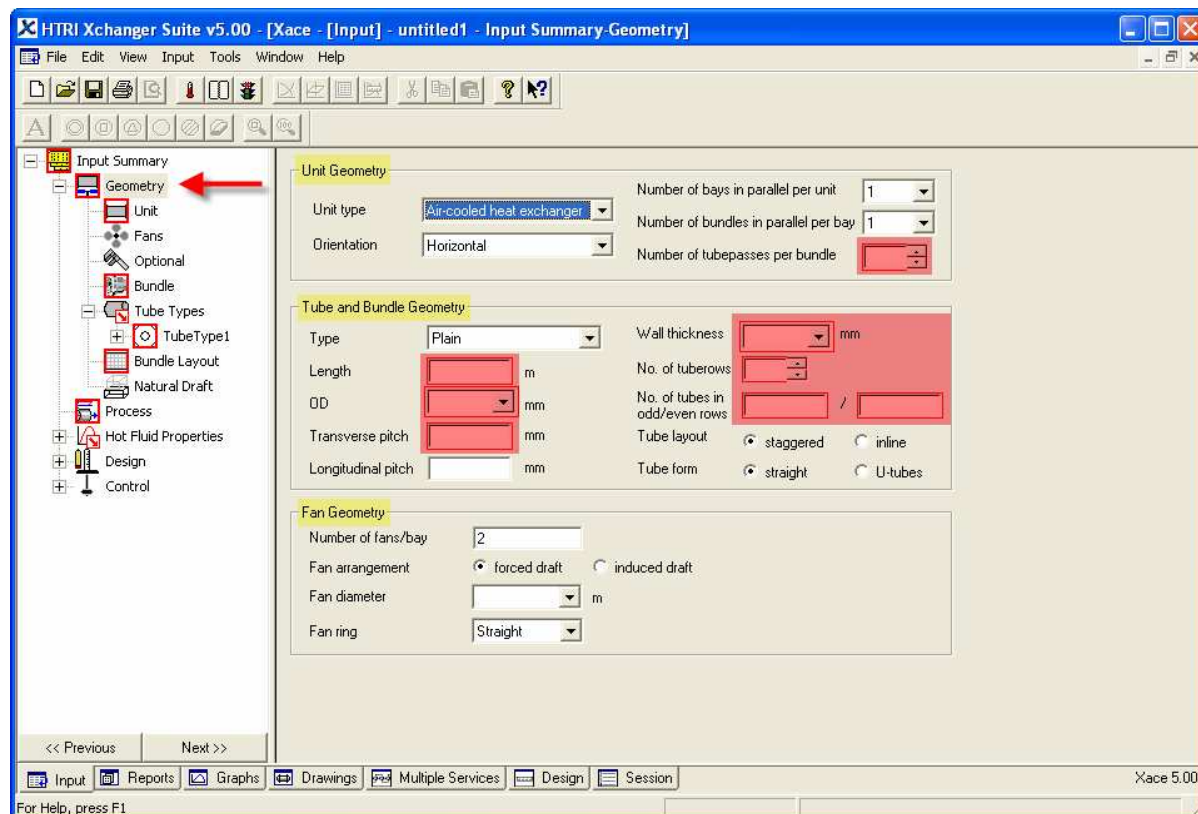
Obr.4.1.2 Nová úloha vzduchového chladiče

Na obr.4.1.2 je vidět okno pro zadání vstupních parametrů pro úlohu nového chladiče. Na první pohled je pracovní část rozdělena přehledně do dvou částí – navigačního sloupce v levé části a oblasti pro vkládání dat. Všimneme si, že některá pole jsou červeně orámována, takto označená pole je nutné zadat vždy, zbývající data (v neoznačených polích) není nutno zadávat, program je k výpočtu nevyžaduje. Označování polí je vyhodnocováno vždy, dojde-li k vložení údaje do pole. Je tedy zřejmé, že se data vložená do různých polí vzájemně ovlivní a tedy počet červeně označených polí se průběžně mění. K tomuto faktu dále přispívá i to, že úvodní okno nové úlohy představuje jen souhrn vstupních dat a tedy zobrazuje jen některá z celkových dat. Pro detailnější pochopení provázanosti dat je nutné nalistovat v navigační části konkrétní specifikaci.

Navigační (stromové) okno bude pro všechny typy úloh dosti podobné a jeho části si tedy přiblížíme podrobněji.

4.1.1. GEOMETRY

Správně navržený aparát zajistí nejen požadovanou funkčnost, ale ovlivní pořizovací i provozní náklady. Je zřejmé, že hlavně v případě vzduchového chladiče, kdy se vzduchu využívá jako chladicího média, jehož příprava nepředstavuje vyšší náklady, bude hlavním faktorem pro optimální nákladovost výkon aparátu a s tím spojená geometrie jeho součástí. Na obr.4.1.3 jsou zobrazeny jednotlivé dílčí podskupiny (v navigační části) a podrobnější pole pro zadání základní geometrie chladiče a jeho komponent.



Obr.4.1.3 Souhrn požadovaných dat pro geometrii chladiče

UNIT GEOMETRY:

Základní geometrii chladiče lze v tomto okně zadat v několika málo krocích, úplné zadání je pak možno doplnit v příslušných podpasážích pomocí navigačního sloupce.

Unit Type: viz obr.4.1.4 níže.

Orientation: na výběr je horizontální, vertikální a šikmé uložení. Vertikální je nutno doplnit o polohu vstupu, zda je na horní či spodní části.

Bays per Unit: počet bloků o šířce jednoho ventilátoru, které obsahuje celá jednotka (aparát). Program umožňuje zadat hodnotu 1 až 99.

Bundles per Bay: počet svazků trubek, které obsahuje jeden blok.

Tubes per Bundle: počet trubek, které obsahuje jeden svazek. Maximální dovolený počet je 1440.

TUBE & BUNDLE GEOMETRY:

Geometrie trubek a jejich svazků je základem účinného přenosu i prostupu tepla. Pak je nutno věnovat tomuto kroku patřičnou pozornost!

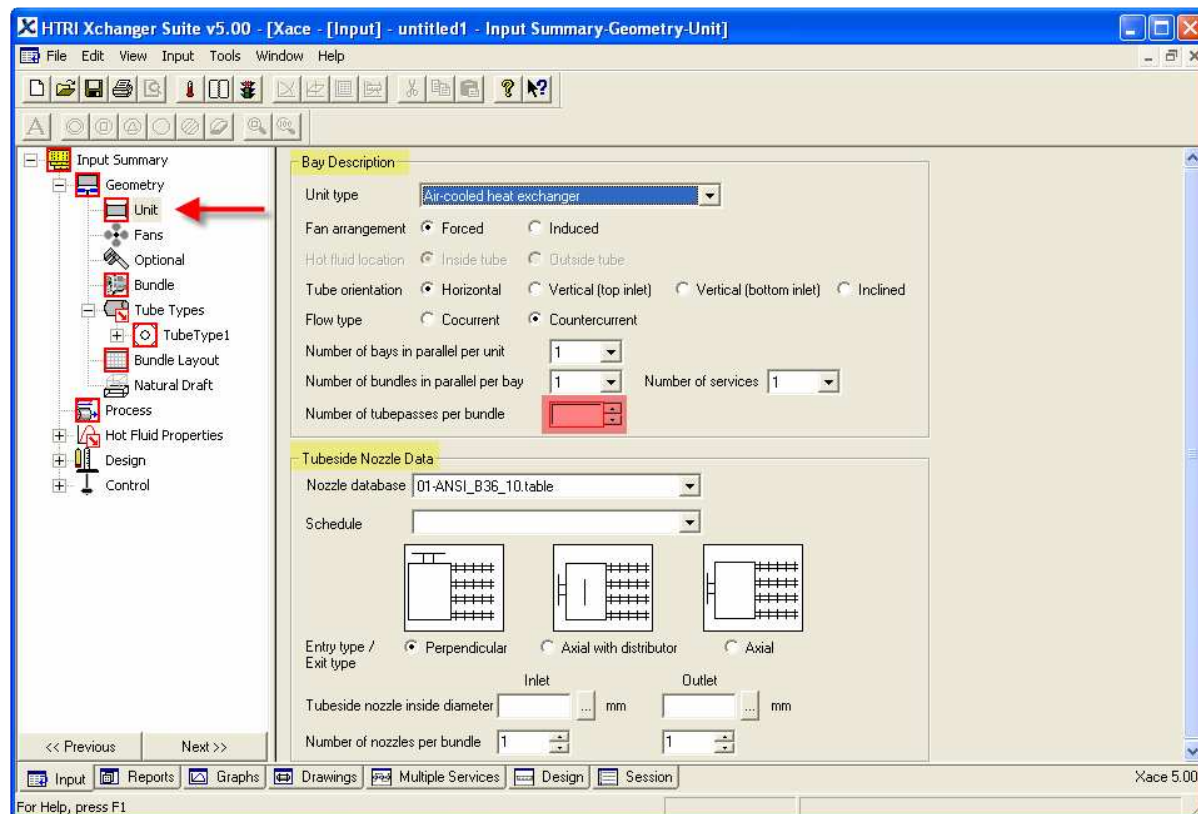
<u>Type:</u>	lze vybrat jednu ze tří přednastavených variant:
PLAIN:	hladký typ potrubí bez žebrování či jiné korekce teplosměnné plochy.
LOW FINNED:	žebrovaný typ potrubí. Délka a výška žebrování se mění, stejně tak i světlost potrubí.
HIGH FINNED:	žebrovaný typ potrubí. Délka i výška žebrování je konstantní po celé délce potrubí stejně tak jako jeho světlost.
<u>Length:</u>	celková délka potrubí ve svazku trubek.
<u>OD:</u>	vnější průměr potrubí. Pro „Low Fin“ se uvádí hodnota průměru bez žebrování resp. vnější průměr nežebrované části potrubí.
<u>Trans. pitch:</u>	rozteč trubek v příčném (horizontálním) směru.
<u>Long. pitch:</u>	rozteč trubek v podélném (vertikálním) směru.
<u>Wall thickness:</u>	průměrná tloušťka stěny. Pro „Low Fin“ se zadá tloušťka stěny nežebrované části potrubí.
<u>Tuberows:</u>	počet řad potrubí ve svazku trubek. Program umožňuje nastavit maximální počet 60, doporučené minimum jsou 4.
<u>Tubes in Odd:</u>	celkový počet potrubí v lichých řadách.
<u>Tubes in Even:</u>	celkový počet potrubí v sudých řadách.
<u>Tube Layout:</u>	uspořádání trubek. Volit lze buď střídavé uspořádání nebo uspořádání v řadě za sebou („Staggered“ resp. „Inline“).
<u>Tube Form:</u>	tvár potrubí. Volit lze buď přímé nebo „do U“ („Straight“ resp. „U-Tubes“).

FUN GEOMETRY:

V souhrnu lze zadat i základní údaje k ventilátorům. Více k této problematice poté nabízí podkapitola „**Fans Panel**“, o které bude pojednáno níže (obr.4.1.5).

<u>Number of:</u>	celkový počet ventilátorů v jednom bloku („Bay“).
<u>Fan Arrangement:</u>	viz obr.4.1.5 níže.
<u>Fan Diameter:</u>	průměr ventilátoru. Přednastavena hodnota 40% značí pokrytí svazku trubek lopatkou ventilátoru.
<u>Fan Ring:</u>	viz obr.4.1.5 níže.

Další podkapitolou resp. panelem je nastavení jednotky vzduchového chladiče, kterou je možné specifikovat podle obr.4.1.4 níže. Některé hodnoty bylo možno zadefinovat již výše v souhrnném vstupním panelu (obr.4.1.2).



Obr.4.1.4 Nastavení geometrie jednotky chladiče

BAY DESCRIPTION:

Unit Type:

lze vybrat jeden ze tří základních typů:

AIR COOLED HE:

přednastavený typ programu. Vzduchový chladič s chladným médiem vně trubek.

ECONOMIZER:

horké médium může být uvnitř i vně trubek.

NATURAL DRAFT:

v podstatě se jedná o chladič bez větráků, nebo-li lze ji simulovat prvním typem HE s nastavením vypnutých ventilátorů.

Fan Arrangement:

lze vybrat jednu ze dvou možností:

FORCED DRAFT:

označení pro zapojení ventilátoru pod jednotku.

INDUCED DRAFT:

označení pro zapojení ventilátoru nad jednotku.

HF Location:

v případě vzduchového chladiče není možné přenastavit.

Tube orientation:

viz obr.4.1.3 okno „Unit Geometry-Orientation“.

Flow Type: lze vybrat jednu ze dvou možností uspořádání proudů:

COCURRENT: souproudé uspořádání
COUNTERCURRENT: protiproudé uspořádání

Bays per Unit: viz obr.4.1.3 okno „Unit Geometry-Bays per Unit“.

Bundles per Bay: viz obr.4.1.3 okno „Unit Geometry-Bundles per Bay“.

Tubes per Bundle: viz obr.4.1.3 okno „Unit Geometry-Tubes per Bundle“.

No. of Services: v případě paralelního zapojení více svazků do téhož výstupu je možno definovat i více servisů v rozmezí hodnot 1 až 99.

TUBESIDE NOZZLE DATA:

Nozzle Database: databáze hrdel, skrze kterou lze definovat potrubní standard. Je k dispozici přednastavená sada těchto standardů, program však umožňuje i její rozšíření uživatelem.

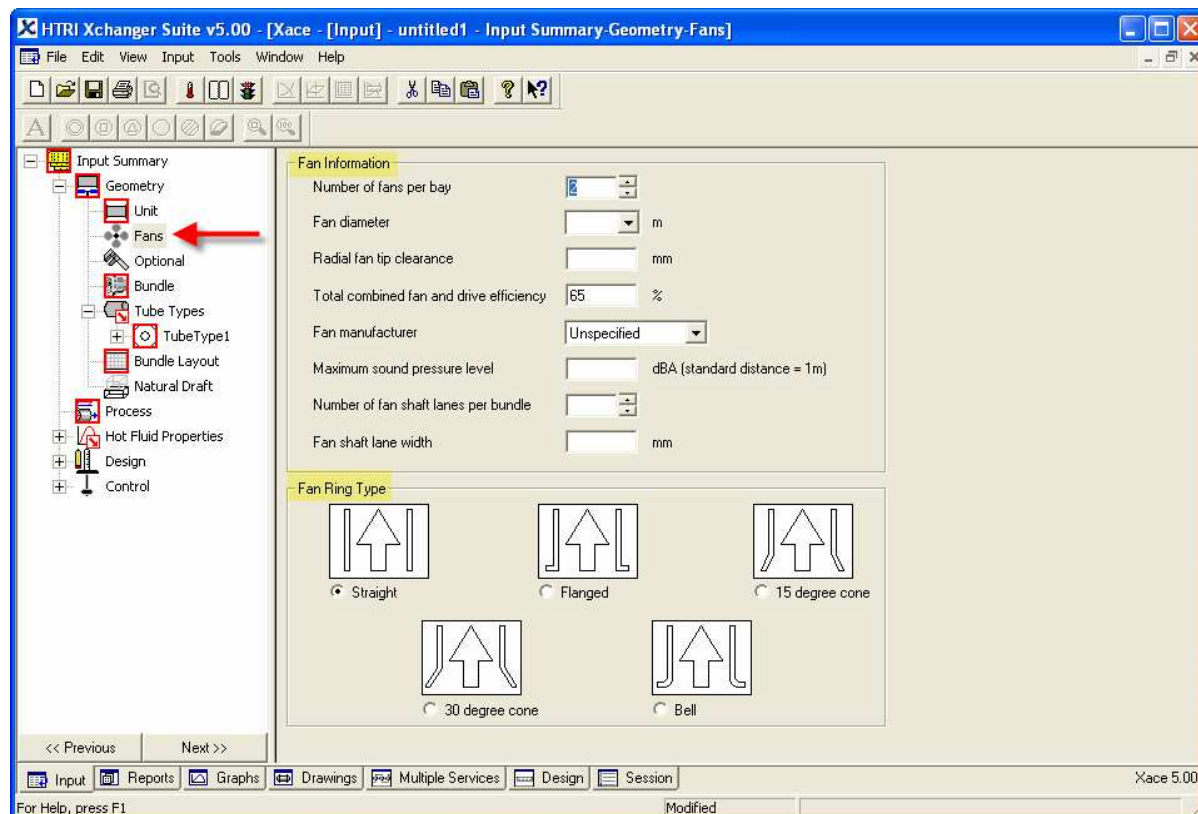
Schedule: na základě zvolené databáze hrdel je (u některých typů) možno zvolit konkrétní velikost (a typ) hrdel ze seznamu.

Entry / Exit Type: umožňuje nastavit vzájemnou orientaci vstupních a výstupních hrdel. Z nabídky lze vybrat tyto možnosti uspořádání: kolmé, axiální nebo axiální s distributorem.

Tubeside Nozzle ID: slouží k nastavení vnitřního průměru hrdla. Je možno definovat vlastní hodnotu nebo vybrat ze seznamu (Schedule) na základě vybraného potrubního standardu (databáze).

Nozzles per Bundle: počet vstupních a výstupních hrdel vztažený na jeden svazek.

V následujícím panelu je možno podrobně zadefinovat vlastnosti ventilátoru chladiče. Nabídka možností je zobrazena na obr.4.1.5 níže.



Obr.4.1.5 Detailní nastavení ventilátoru vzduchového chladiče

FAN INFORMATION:

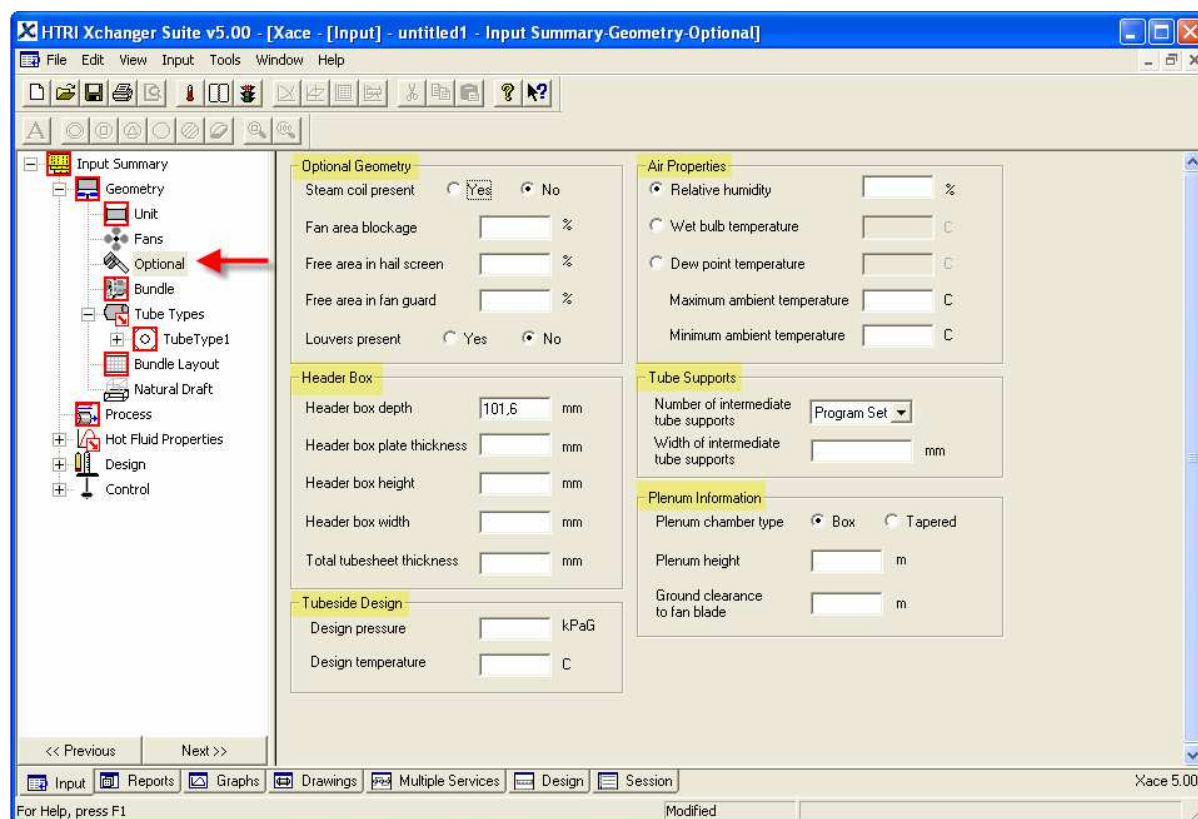
- Fans per Bay:* celkový počet ventilátorů v jednom bloku („Bay“).
- Fan Diameter:* průměr ventilátoru. Přednastavena hodnota 40% značí pokrytí svazku trubek lopatkou ventilátoru.
- Radial Clearance:* Vůle v radiálním směru mezi špičkou lopatky ventilátoru a jeho stěnou. Údaj slouží k výpočtu tlak. ztrát. Není-li hodnota vyplněna je použita hodnota dle API.
- Total Efficiency:* celková účinnost ventilátoru a jeho pohonu.
- Fan Manufacturer:* zadání konkrétního výrobce ventilátoru. Je-li vybrán jeden ze seznamu, program použije k výpočtu datový soubor s údaji od výrobce bez jakékoliv modifikace.
- Maximum SPL:* definuje povolenou hranici hlučnosti ventilátoru na vzdálenost jednoho metru.
- Lanes per Bundle:* počet vodících tyčí hřídele ventilátoru procházejících skrze svazek trubek.
- Shaft Lane Width:* definuje „nejširší“ rozměr těchto tyčí, nebo-li průměr hřídele.

FAN RING TYPE:

Fan Ring Type: definuje geometrii náběhového prstence ventilátoru na sání. Lze vybrat jednu z následujících možností provedení:

STRAIGHT:	přímé provedení bez úpravy náběhové hrany.
FLANGED:	přírubové nebo-li s okraji.
15 DEGREE CONE:	s kuželovým náběhem se sklonem 15°.
30 DEGREE CONE:	s kuželovým náběhem se sklonem 30°.
BELL:	náběh upravený do zvonu (zaoblen).

V následujícím panelu je možno definovat doplňující informace ke geometrii, ale také k provozním podmínkám nebo uložení a podpěrám trubek atd. Kompletní možnosti jsou na obr.4.1.6.



Obr.4.1.6 Doplňující údaje ke vzduchovému chladiči

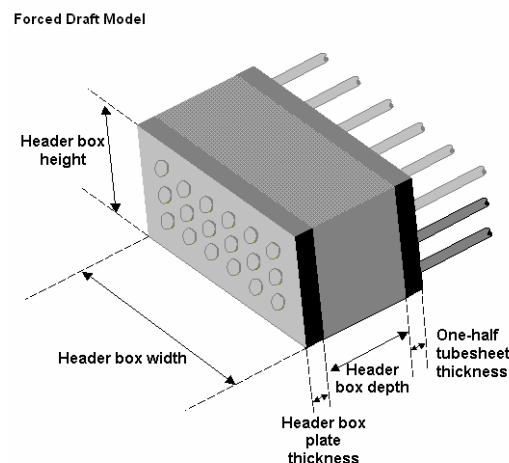
OPTIONAL GEOMETRY:

<u>SC present:</u>	umožňuje zapnout / vypnout přítomnost topného článku.
<u>Fan Area Blockage:</u>	plocha bránící proudění média vlivem přítomnosti motoru atd.
<u>Free Area in HS:</u>	volná plocha „hail screen“ není dobře popsána. Viz web HTRI.
<u>Free Area in FG:</u>	volná plocha mříže ventilátoru.

Louvers present: umožňuje zapnout/vypnout přítomnost žaluzií na chladiči.

HEADER BOX:

HB Depth: hloubka komory.
HB Plate Thickness: tl. plechu komory.
HB Height: výška komory.
HB Width: šířka komory.
Total Tubesheet Thickness: celková tl. trubkovnice.



TUBESIDE DESIGN:

Design Pressure: návrhový (výpočtový) tlak (přetlak).
Design Temp.: návrhová (výpočtová) teplota.

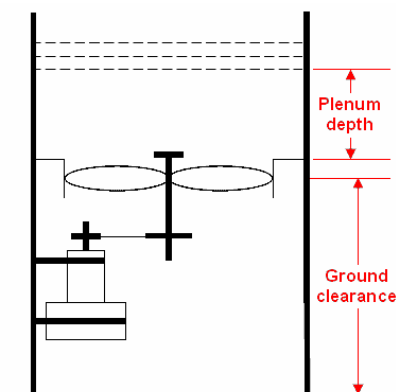
AIR PROPERTIES:

Relative Humidity: relativní vlhkost vzduchu na vstupu. Je-li zadána, není možné zadat následující hodnoty teplot rosného bodu a počátku varu.
Wet Bulb Temp.: teplota bodu počátku varu vlhkého vzduchu. Je-li zadána, pak není možné zadat relativní vlhkost a teplotu rosného bodu.
Dew Point Temp.: teplota rosného bodu vzduchu. Je-li zadána, pak není možné zadat relativní vlhkost a teplotu bodu počátku varu.
Max Amb. Temp.: maximální teplota okolí.
Min Amb. Temp.: minimální teplota okolí.

TUBE SUPPORTS:

Number of: umožňuje zadat počet podpor potrubí. Hodnotu lze zadat ručně nebo ji nechat stanovit programem. Je-li zadána, program sníží adekvátně teplosměnnou plochu.
Width of Support: šířka podpor. Slouží k dopočtu plochy, o kterou se teplosměnná plocha sníží vlivem podpor.

PLENUM INFORMATION:

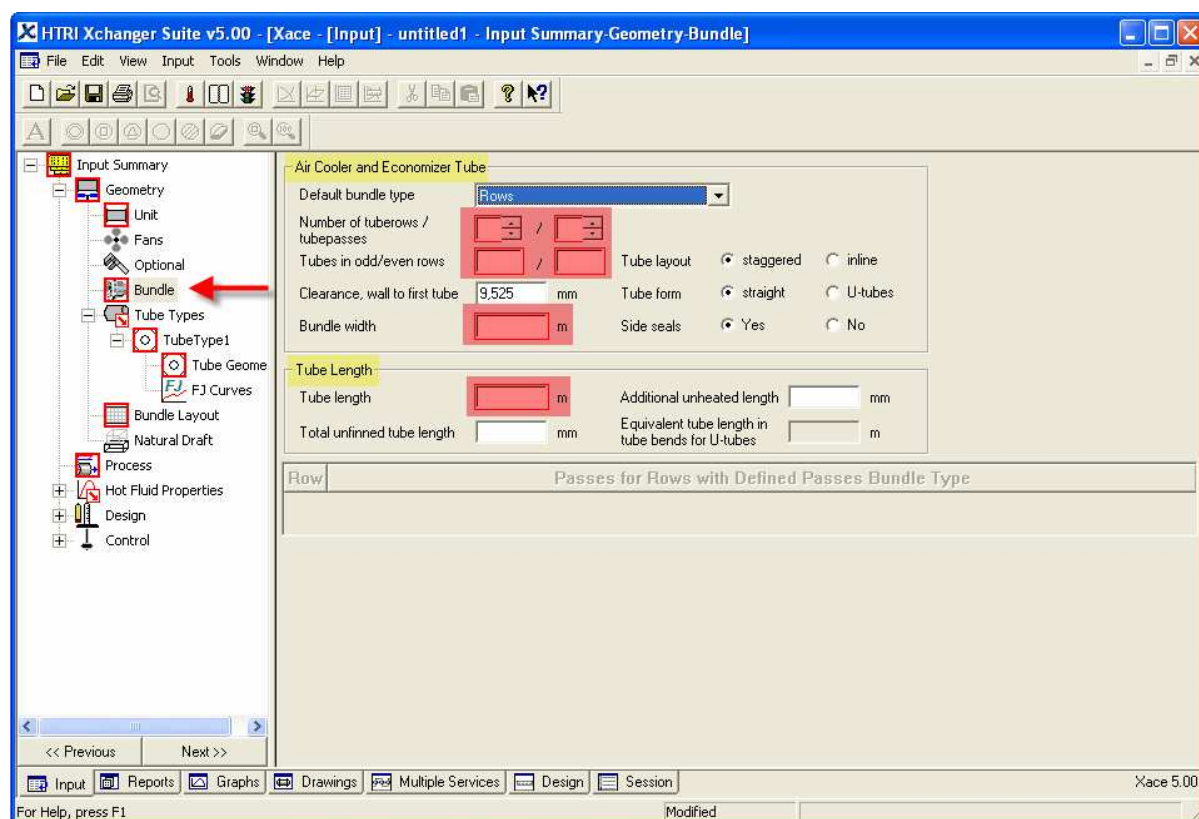


Chamber Type: typ vzduchové skříně. Na výběr je box nebo provedení se zúžením.

Plenum Height: výška vzduchové skříně.

Ground Clearance: umožňuje zadat vzdálenost lopatky ventilátoru od podstavy. Je-li malá, způsobuje tlakové ztráty.

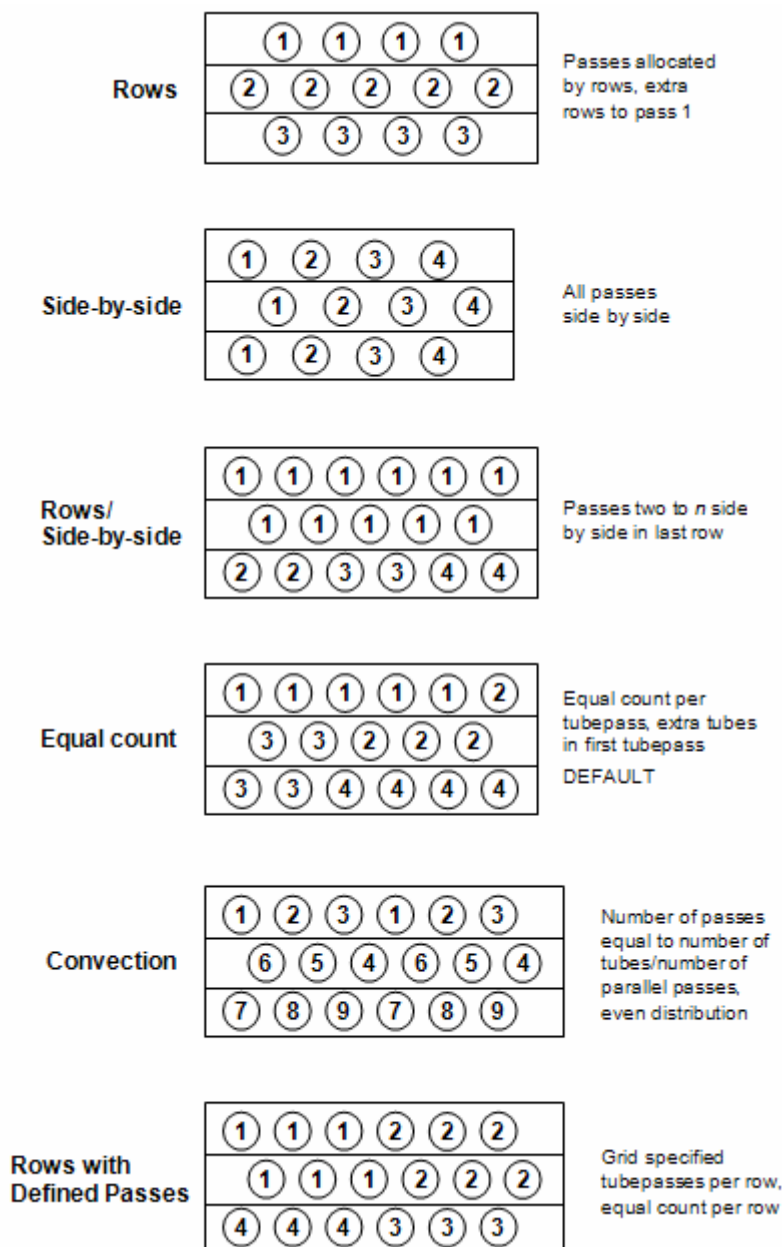
Na obr.4.1.7 je zobrazen panel pro definici typu a geometrie svazků trubek. Jedná se o jednu z klíčových pasáží při řešení zadaného úkolu, a proto je nezbytné nastavit požadovaná data korektně a obezřetně.



Obr.4.1.7 Detailní nastavení ventilátoru vzduchového chladiče

AIR COOLER TUBE:

Bundle Type: viz následující popis na obr.4.1.8.



Obr.4.1.8 Jednotlivé typy uspořádání svazků trubek

ROWS:	trubky jednotlivých chodů jsou řazeny v řadách.
SIDE BY SIDE:	trubky jednotlivých chodů řazeny vedle sebe.
ROWS/SBS:	kombinace předešlých dvou typů uspořádání.
EQUAL COUNT:	každý chod má stejný počet trubek (mimo první).
CONVECTION:	počet chodů je shodný s počtem buď trubek nebo paralelních chodů nebo počtu sudých řad trubek.
DEFINED PASSES:	definovaný počet chodů na řadu a trubek v řadě.

- Tube rows / passes: definuje počet řad trubek na počet chodů. V praxi se neužívá méně než 4 řady / chod. Program dovoluje rozmezí 1 až 60.
- Tubes in O/E rows: počet trubek v lichých a sudých řadách.
- Clearance: volný prostor mezi stěnou a první trubkou.
- Bundle Width: šířka svazku trubek.
- Tube Layout: uspořádání trubek. Volit lze buďto střídavé uspořádání nebo uspořádání v řadě za sebou („Staggered“ resp. „Inline“).
- Tube Form: výběr tvaru potrubí. Volit lze trubky buď přímé nebo „do U“ („Straight“ resp. „U-Tubes“).
- Side Seals: zohledňuje přítomnost postranního těsnění (výstupků).

TUBE LENGTH:

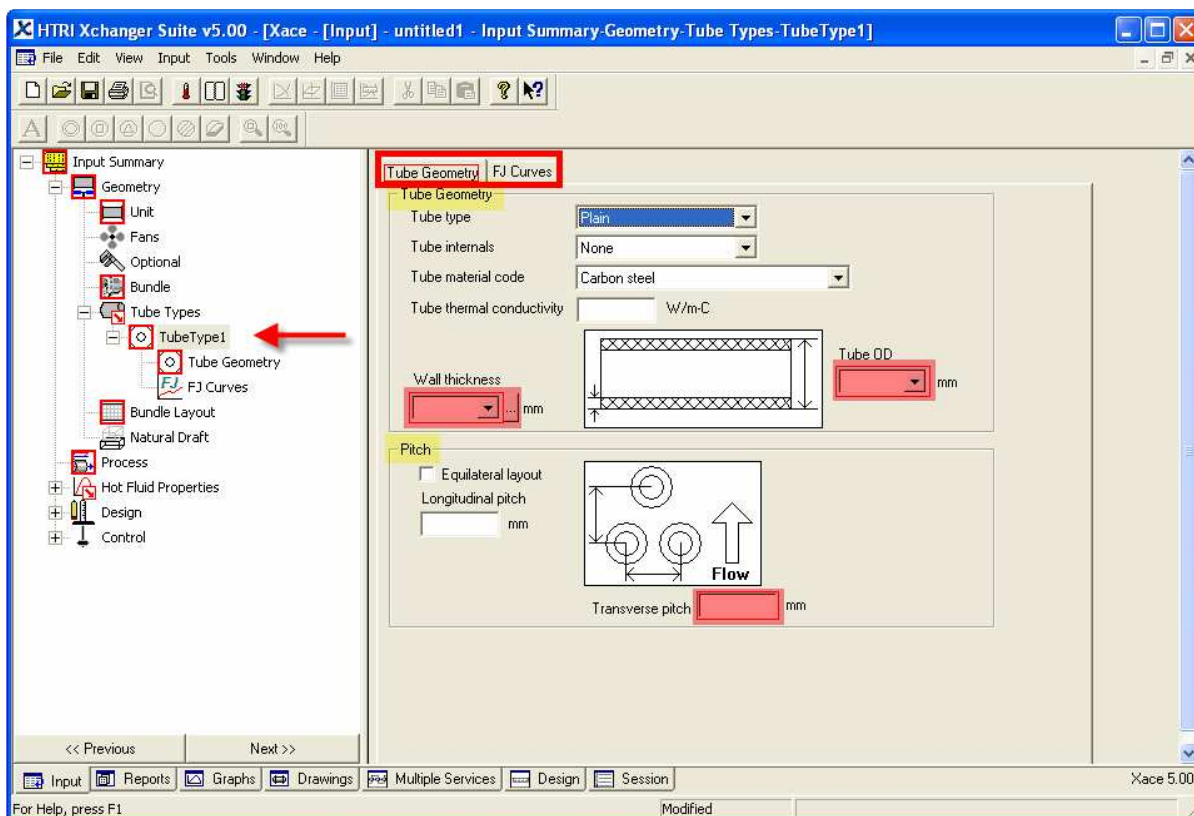
- Tube Length: celková délka potrubí ve svazku trubek.
- Total Unfinned L.: celková délka nežebrované části trubek ve svazku.
- Add. Unheated L.: délka netopené části trubek ve svazku. Jde o součet tl. stěny trubkovnice a délek trubek pod jejich podporama.
- Equivalent Length: dostupná pouze pro svazek trubek „do U“. Jde o ekvivalentní délku trubky v ohybu resp. délku rozvinutého „kolena“.

Následující panel „**Tube Types**“ nabízí přehled použitých typů trubek. Nabídku je možné rozšířit až na devět (9) druhů jak ukazuje obr.4.1.9. Přidáním dalších typů trubek se dále rozšíří podnabídka zobrazena na obr.4.1.10 o tolik pozic, kolik typů trubek je zadefinováno v panelu „Tube Types“. Jednotlivé typy jsou pak seřazeny dle pole „Tube Name“.

	Tube Name	Tube Type	Tube Internal
1	TubeType1	Plain	None
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Obr.4.1.9 Jednotlivé typy trubek

V naší ukázce je zdefinovaný jediný typ trubek označený jako „*Tube Type 1*“, proto je na obr.4.1.10 zobrazena podnabídka pod stejnojmenným označením. Každá tato podnabídka je dále rozdělena do dvou záložek (označeny červeným rámečkem). Přístup k nim je možný i skrze kořenovou strukturu v levé části okna.



Obr.4.1.10 Detailní nastavení jednotlivých typů trubek

TUBE GEOMETRY:

Tube Type:

lze vybrat jednu ze tří přednastavených variant:

PLAIN:

hladký typ potrubí bez žebrování či jiné korekce teplosměnné plochy.

LOW FINNED:

žebrovaný typ potrubí. Délka a výška žebrování se mění, stejně tak i světlost potrubí.

HIGH FINNED:

žebrovaný typ potrubí. Délka i výška žebrování je konstantní po celé délce potrubí stejně tak jako jeho světlost.

Tube Internals:

lze vybrat jednu ze tří přednastavených variant výplně trubek:

NONE:

bez výplně.

TWISTED TAPE:

kovový pruh stočený do šroubovice.

MICRO-FIN:

vnitřní žebrování trubky.

Tube Material Code: materiál, ze kterého je vyrobeno potrubí. K dispozici je celá řada materiálů shrnuta v seznamu. Není-li zadán žádný materiál z nabídky, je nutno vyplnit následující pole.

Therm. Conductivity: není-li vybrán materiál trubek, je nutno zadat tepelnou vodivost materiálu.

Wall Thickness: průměrná tl. stěny trubky. Je možno zadat jak přesnou hodnotu, tak pomocí tlačítka vpravo vybrat nejužívanější tloušťky nebo zadat hodnotu v BWG (Birmingham Wire Gage).

Tube OD: vnější průměr potrubí. Pro „Low Fin“ se uvádí hodnota průměru bez žebrování resp. vnější průměr nežebrované části potrubí.

PITCH:

Equilateral Layout: je-li toto pole zaškrtnuté, program znemožní zadání následného pole a jeho hodnotu dopočítá ze vztahu: „Longitudinal Pitch“ = $0,866 * „Transverse Pitch“$.

Long. pitch: rozteč v podélném (vertikálním) směru.

Trans. pitch: rozteč v příčném (horizontálním) směru.

Záložka „*FJ Curves*“ nabízí vložení dat dle následujícího obr.4.1.11.

Airsides			
Point number	Reynolds number	f-Factor	j-Factor
1			
2			
3			
$f, j = aRe^b$		a	
		b	

Tubesides			
Point number	Reynolds number	f-Factor	j-Factor
1			
2			
3			
$f, j = aRe^b$		a	
		b	

Obr.4.1.11 Korelace FJ křivek

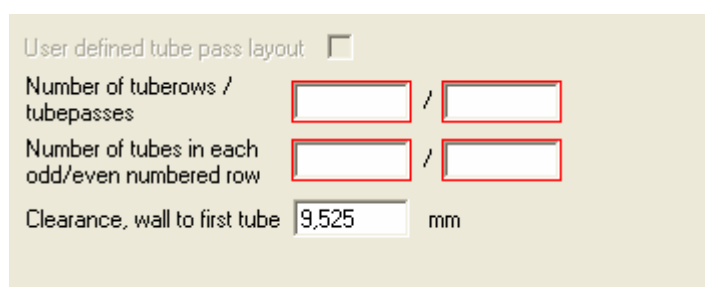
AIRSIDE / TUBESIDE:

F-Factor: neboli „*Friction Factor*“ je součinitel tření pro dané *Re*.

J-Factor: neboli „*Heat Transfer*“ je přenášené teplo pro dané *Re*.

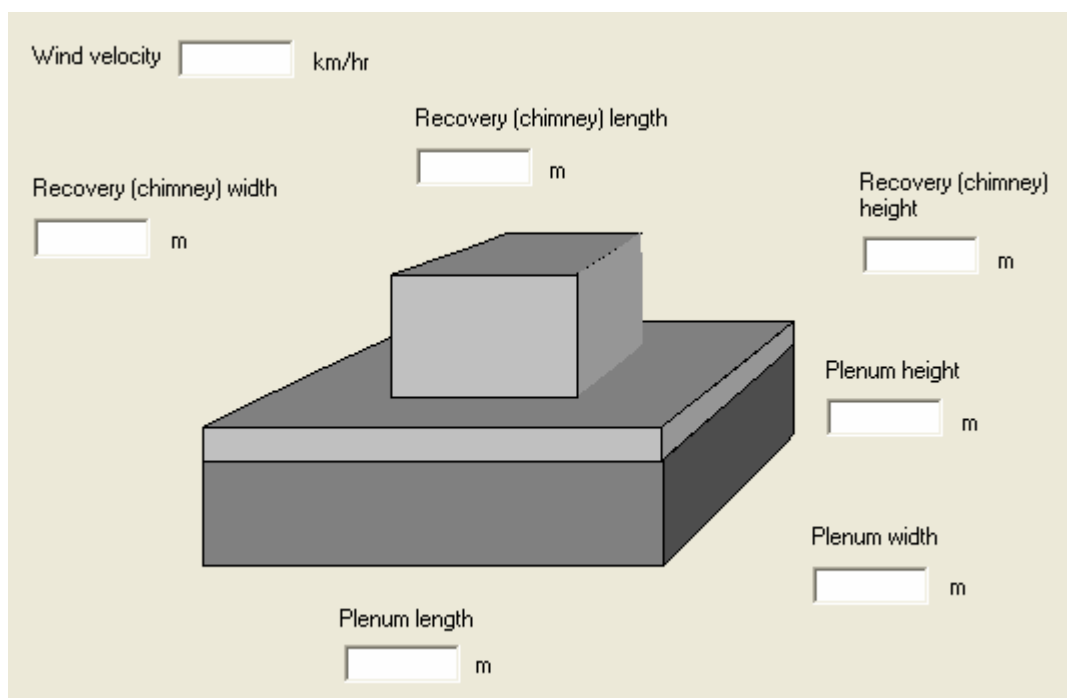
Konstanty *a* a *b* slouží k výpočtu jednotlivých FJ faktorů v závislosti na Reynoldsově čísle *Re*. Je-li zadána libovolná z nich, pak musí být zadána i druhá zbývající konstanta.

Dalším panelem je „**Bundle Layout**“. Vyplnění tohoto panelu je povinné. Rozsah dat potřebných k vyplnění je zobrazen na obr.4.1.12. Tato data již bylo možné vyplnit dříve (obr.4.1.7) v sekci „*Air Cooler Tube*“.



Obr.4.1.12 Nastavení geometrie a složení svazku trubek

Posledním panelem ve struktuře „**Geometry**“ je možnost nastavení vlastností chladiče s přirozeným tahem, tedy bez ventilátorů. Viz obr.4.1.13 níže.



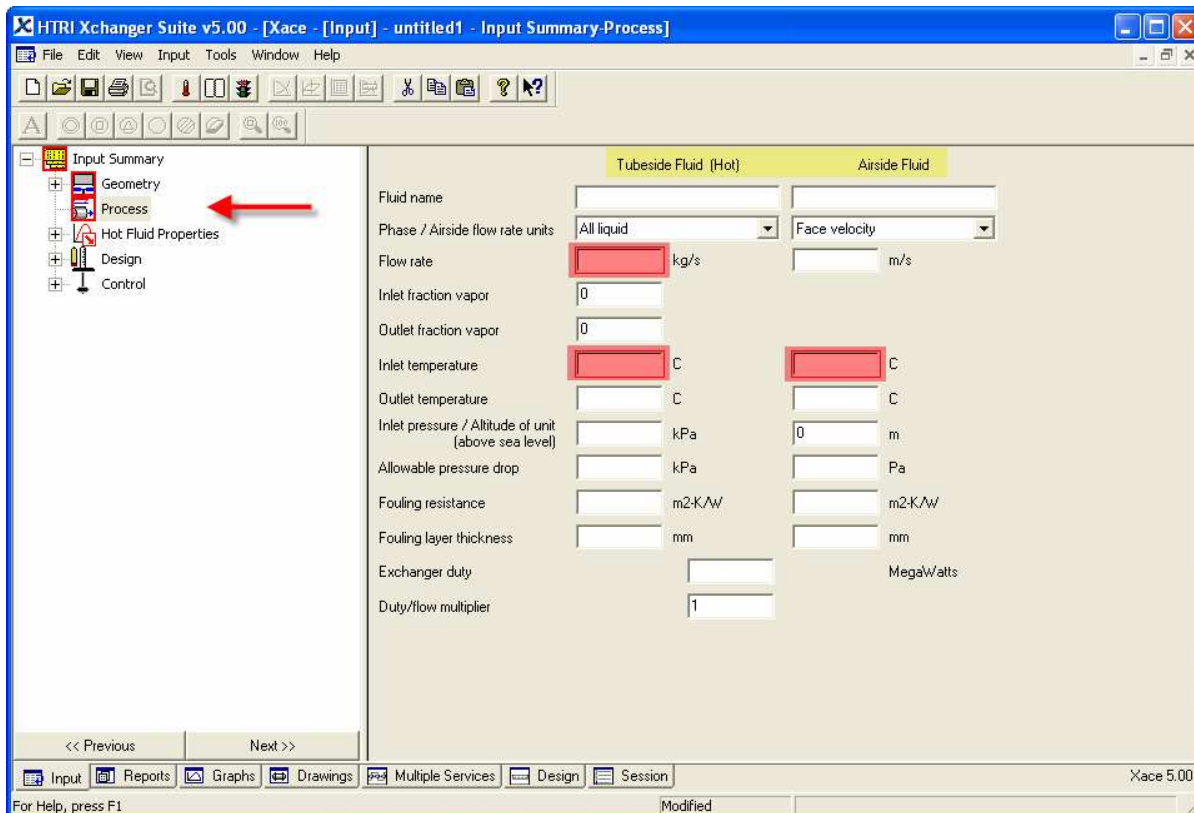
Obr.4.1.13 Nastavení vzduchového chladiče s přirozeným tahem

NATURAL DRAFT:

<u>Wind Velocity:</u>	rychlost větru. Momentálně program s touto hodnotou nepočítá a ignoruje ji.
<u>Recovery Length:</u>	délka skříně vytvářející komínový tah.
<u>Recovery Width:</u>	šířka skříně vytvářející komínový tah.
<u>Recovery Height:</u>	výška skříně vytvářející komínový tah.
<u>Plenum Length:</u>	délka vzduchové skříně vzduchového chladiče.
<u>Plenum Width:</u>	šířka vzduchové skříně vzduchového chladiče.
<u>Plenum Height:</u>	výška vzduchové skříně vzduchového chladiče.

4.1.2. PROCESS

Jedno z nejdůležitějších oken je to, ve kterém se zadávají procesní data jednotlivých úloh. Toto okno je prakticky neměnné pro jakýkoliv typ úlohy a v budoucnu se na něj bude dost často odkazovat. Souhrn procesních dat je vidět na obr.4.1.14.



Obr.4.1.14 Přehled možností vložení procesních dat

AIRSIDE / TUBESIDE FLUID:

Fluid Name: název pracovní látky. Pro další práci je vhodné si pracovní látky pojmenovat pro snazší orientaci.

Phase: určuje fázi pracovní látky na straně trubek.

CONDENSING: médium v trubkách kondenzuje.
ALL VAPOR: médium je po celou pracovní dobu v plynné fázi.
ALL LIQUID: médium je po celou pracovní dobu kapalina.

Airside F.R. Units: nastavení jednotek průtoku vzduchu. Závisí na zvoleném typu jednotkového systému (US, SI, MKH). Uvedené jednotky v SI:

MASS FLOW RATE: hmotnostní průtok (kg/s).
ACTUAL F.R.: aktuální průtok (actual m³/s).
FACE VELOCITY: rychlost proudění vzduchu (m/s).
STANDARD F.R.: průtok za normálních podmínek (suchý vzduch při 21,11 °C a 101,325 kPa v m³/s).

Flow Rate: průtoky pracovních látek. Vzduch viz výše.

Inlet Fraction V.: dostupné pouze pro kondenzující médium v trubkách. Udává se podíl parní (plynné) frakce na vstupu.

Outlet Fraction V.: dostupné pouze pro kondenzující médium v trubkách. Udává se podíl parní (plynné) frakce na výstupu.

Inlet Temperature: vstupní teplota pracovních látek.

Outlet Temperature: výstupní teplota pracovních látek.

Inlet Pressure: vstupní tlak pracovní látky na straně trubek.

Altitude of Unit: nadmořská výška polohy vzduchového chladiče.

Allowable P.D.: dovolené tlakové ztráty pracovních látek.

Fouling Resistance: odpor pracovních látek vlivem zanášení.

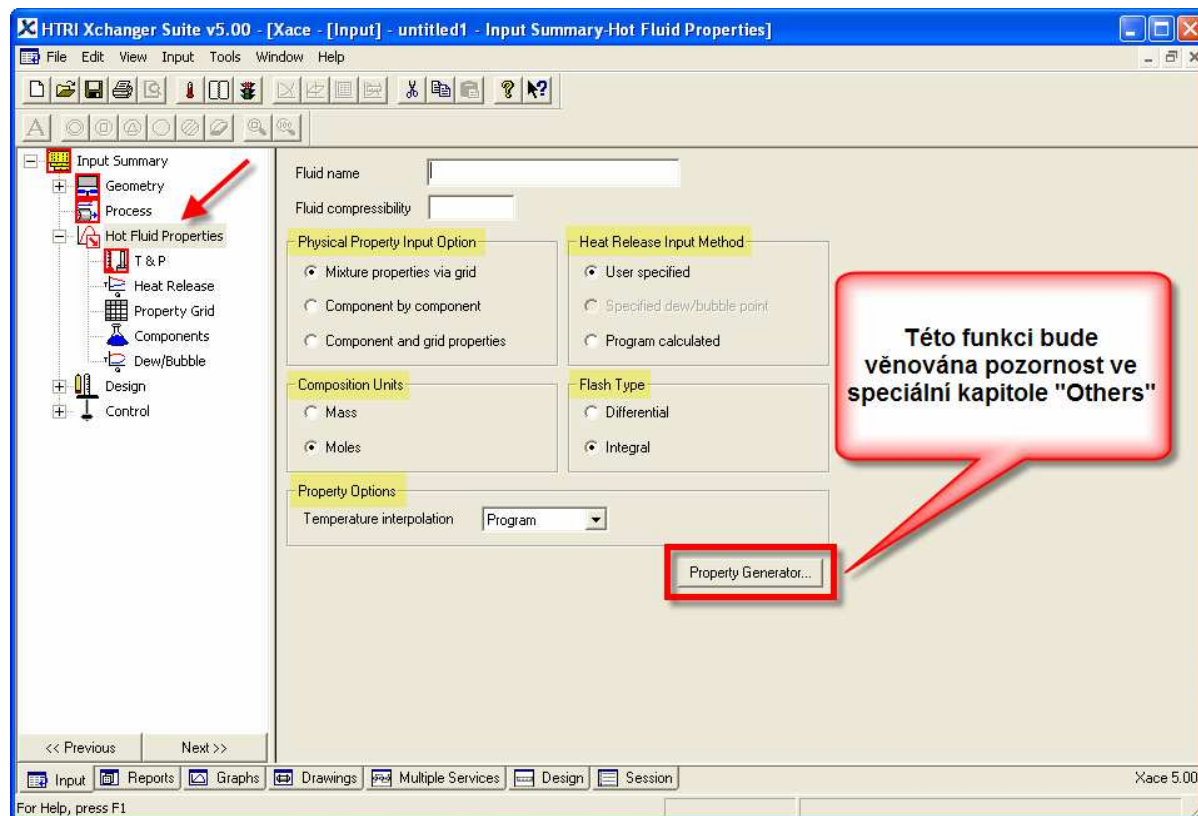
Fouling L.T.: tloušťka vrstvy zanesení.

Exchanger Duty: tepelný výkon vzduchového chladiče.

Duty/Flow: poměr mezi výkonem a průtokem. Slouží ke kontrole výměníku a značí, zda je nadkapacitní či podkapacitní bez modifikace vstupních dat.

4.1.3. FLUID PROPERTIES

Další kapitola bude zaměřena na definování vlastností horkého média. Pro vzduchový chladič je dostupné nastavení pouze pro toto médium. V dalších úlohách je ovšem možné definovat i chladné médium, jehož nabídka je totožná s následujícím panelem na obr.4.1.15.



Obr.4.1.15 Přehled vlastností horkého média

HF PROPERTIES:

Fluid Name: název pracovní látky. Pro další práci je vhodné si pracovní látky pojmenovat pro snazší orientaci.

Compressibility: kompresibilní faktor. Není-li vyplněn pro plynnou fázi média, program počítá dle pravidel ideálního chování plynu.

PP INPUT OPTION:

Definuje metodu vkládání fyzikálních vlastností média jako je jeho viskozita nebo hustota. Na metodě závisí, která data budou označena jako nezbytná (červený rám).

Mixture via Grid: metoda dovoluje vkládat fyzikální vlastnosti směsi postupně do několika kroků. Každý z nich je vztažen na určitou teplotu a tlak. Doporučeno pro reálné směsi pracovního média.

- Comp. by Comp.: metoda dovoluje vkládat složení směsi po jednotlivých jejích komponentách. K definici směsi tak slouží seznam jednotlivých komponent s údaji o fyzikálních vlastnostech každé z nich. Tato metoda je vhodná především pro čisté látky nebo směsi. Každá složka lze zadat z interní databáze programu, je-li dostupná, což urychlí a usnadní vkládání potřebných dat.
- Component & Grid: kombinace předešlých metod. Dovoluje definovat fyzikální vlastnosti jednotlivých složek směsi při zadané teplotě a tlaku.

HR INPUT METHOD:

Vkládání fyzikálních vlastností pracovního média je vždy závislé na uvolněném teplu a metodě jeho zadávání. V rovnovážném stavu je pak možné vybírat z následujících možností metod. Na volbě záleží, která data budou označena jako nezbytná.

- User Specified: uživatel má možnost vlastního výběru. Pak je možné si zvolit jednu z výše uvedených metod vkládání fyzikálních vlastností pracovního média. Dále je nutné zadat entalpii a hmotnostní podíl parní frakce daného média.
- Dew / Bubble point: metoda je dostupná pouze pro zadávání fyzikálních vlastností média metodou „Component by Component“. Je nutno zadat rosný bod a bod počátku varu pracovního média.
- Program Calcul.: metoda je dostupná pouze pro zadávání fyzikálních vlastností média metodou „Component by Component“.

COMPOSITION UNITS:

- Mass: složení pracovního média bude v hmotnostních jednotkách.
- Moles: složení pracovního média bude v molárních jednotkách.

FLASH TYPE:

- Integral: předpokládá chemicko-tepelnou rovnováhu pracovního média při dvoufázovém toku. Tedy parní a kapalná fáze je dokonale promíchána.
- Differential: předpokládá separátní rozložení parní a kapalně fáze média.

PROPERTY OPTIONS:

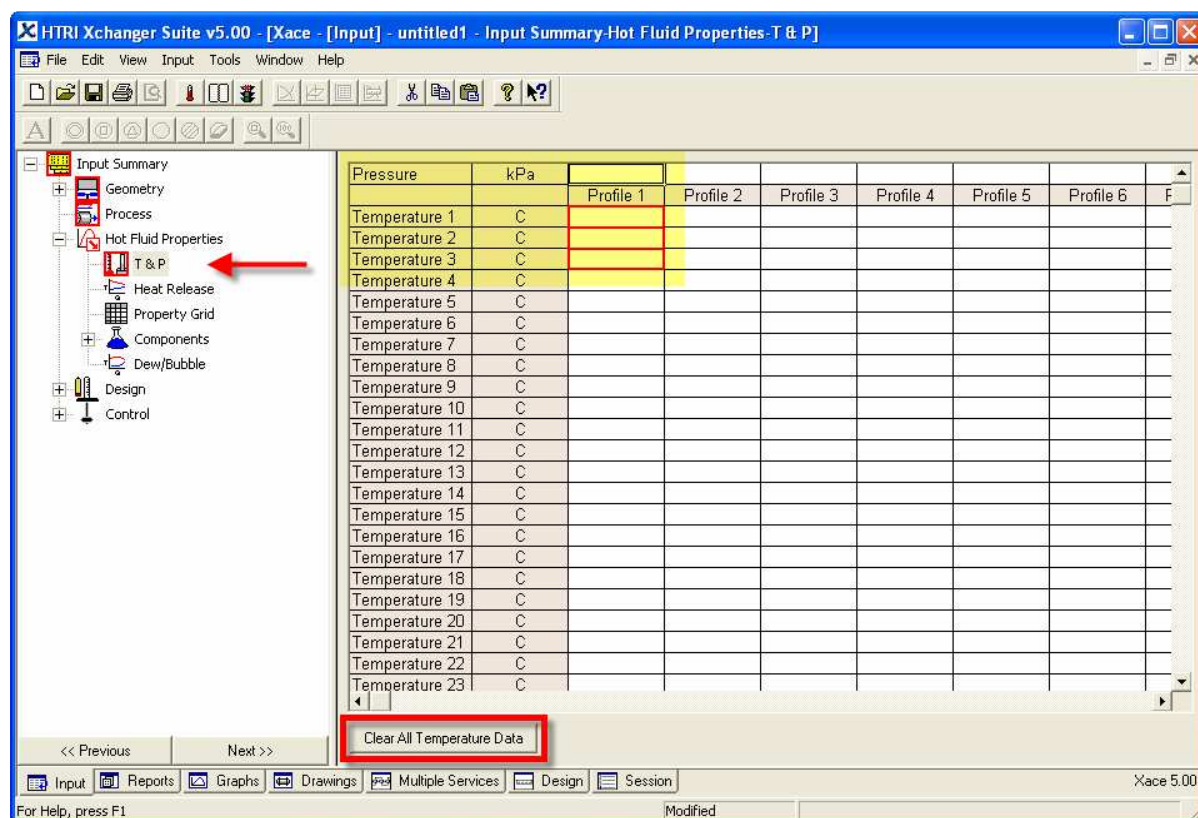
Temp. Interpolation: na výběr je jedna ze čtyř možností.

PROGRAM:	k interpolaci bude použita přednastavená metoda programu. Ten ve verzi 5.0 užívá kvadratickou.
LINEAR:	k interpolaci bude použita lineární metoda.
QUADRATIC:	budou použity postupy dostupné do verze HTRI 4.0 a starší.
CUBIC:	nejpřesnější metoda.

Volba interpolační metody je závislá především na objemu vstupních dat. Jsou-li k dispozici body teplot ve větším objemu a vhodně reprezentují teplotní křivku, je doporučen lineární výpočet popř. kvadratický. Kubická metoda je sice nejpreciznější, ale také vyžaduje kvalitní a přesná data s precizně reprezentující teplotní křivkou. Velká mezerovitost mezi body může vést k nesmyslným výsledkům v okolí jednotlivých bodů.

Pro všechny metody je důrazně doporučeno využití grafických zobrazení závislostí, které jsou součástí programu a jsou dostupné vždy ze záložky „**Graphs**“. Na grafech je totiž možné spatřit jmenované nedostatky metod popř. jejich chyby mnohem snadněji.

Zbývající možnost zadání vlastností pracovního média s použitím funkce „**Property Generator**“ bude podrobně popsána v kapitole 4.1.6.



Obr.4.1.16 Přehled teplotních profilů

Na obr.4.1.16 je vidět tabulka v programu HTRI sloužící k zadefinování jednotlivých teplotních profilů. Těch může být až dvanáct (12). Každý teplotní profil je zadán pro určitý tlak a je k němu možné vepsat až třicet (30) teplotních bodů.

Ve spodní části okna je tlačítko „**Clear All Temperature Data**“, které slouží pro hromadné vymazání všech teplotních profilů (dat).

Heat release entered as: Specific enthalpy

Pressure Profile 1		
Temperature C	Enthalpy kJ/kg	Weight Fraction Vapor

1

Clear All Heat Release Data

Obr.4.1.17 Vkládání hodnot specifických entalpií

Na obr.4.1.17 je zobrazen následující panel „**Heat Release**“ pro nastavení vstupních dat pro sestavení křivky pro uvolněné teplo zadáním specifické entalpie pracovního média. Tedy vložení hodnoty entalpie pro zadaný teplotní bod.

Druhou možností vložení dat je metoda vstupních výkonů. Pro zadaný výkon a tedy průtok pracovního média se změní hodnota celkové entalpie pro zadaný teplotní bod. Tento model je zobrazen na obr.4.1.18.

Heat release entered as: Total duty from inlet based on flow of kg/s

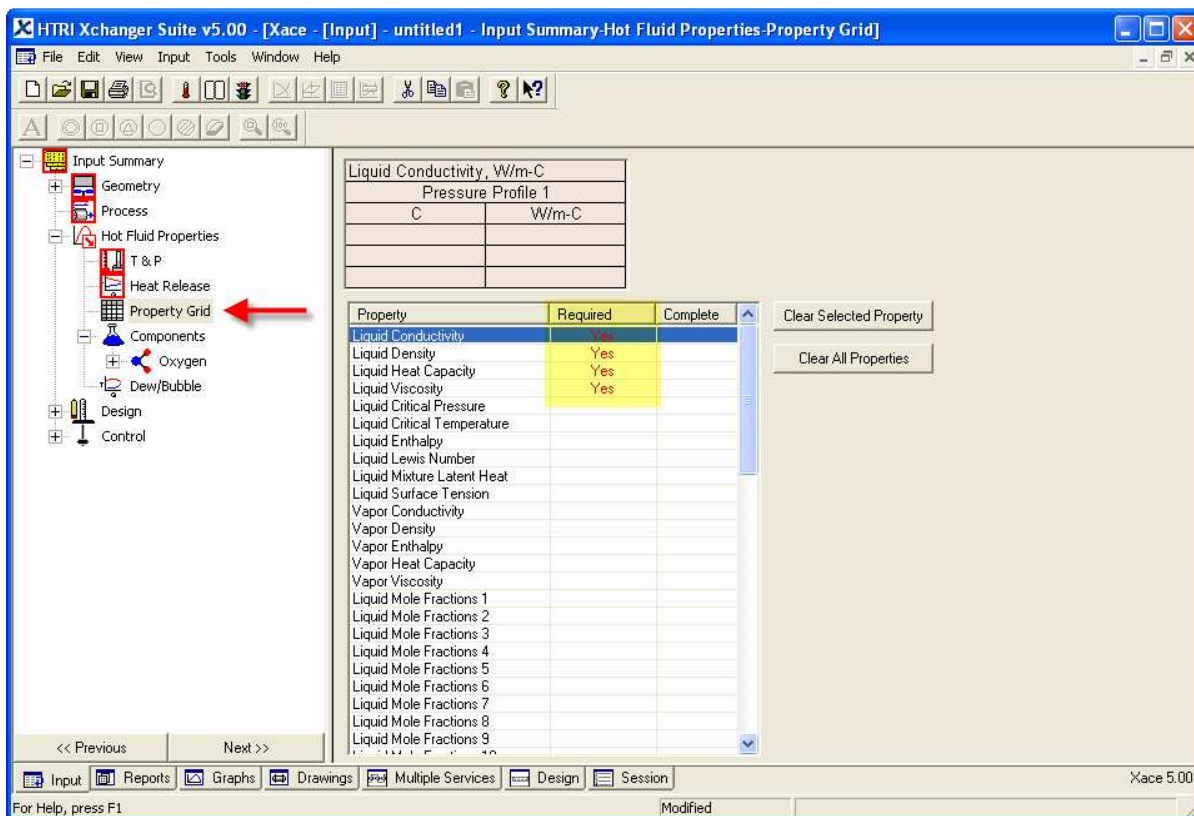
Pressure Profile 1		
Temperature C	Duty Watts	Weight Fraction Vapor

1

Clear All Heat Release Data

Obr.4.1.18 Vkládání hodnot vstupních výkonů

V dalším panelu je možné zadat vlastnosti pracovního média. V závislosti na typu zvolené metody vkládání fyzikálních vlastností (obr.4.1.15) jsou požadovány upřesňující data. Jejich výčet přehledně zobrazen v matici na obr.4.1.19. Okno nyní nevyžaduje dalšího popisu. Podrobné vlastnosti budou popsány na praktickém příkladě v kapitole 6.



Obr.4.1.19 Matrice vlastností pracovního média

Na obr.4.1.20 je zobrazen panel „**Components**“. Jak již samotný název naznačuje, bude se jednat o specifikaci jednotlivých složek směsi pracovního média. Takto lze zadávat data pouze, je-li aktivní možnost vkládání fyzikálních vlastností „*Component by Component*“ a nebo „*Component and Grid Properties*“. Viz obr.4.1.15 výše. Postup je následující.

POZICE 1

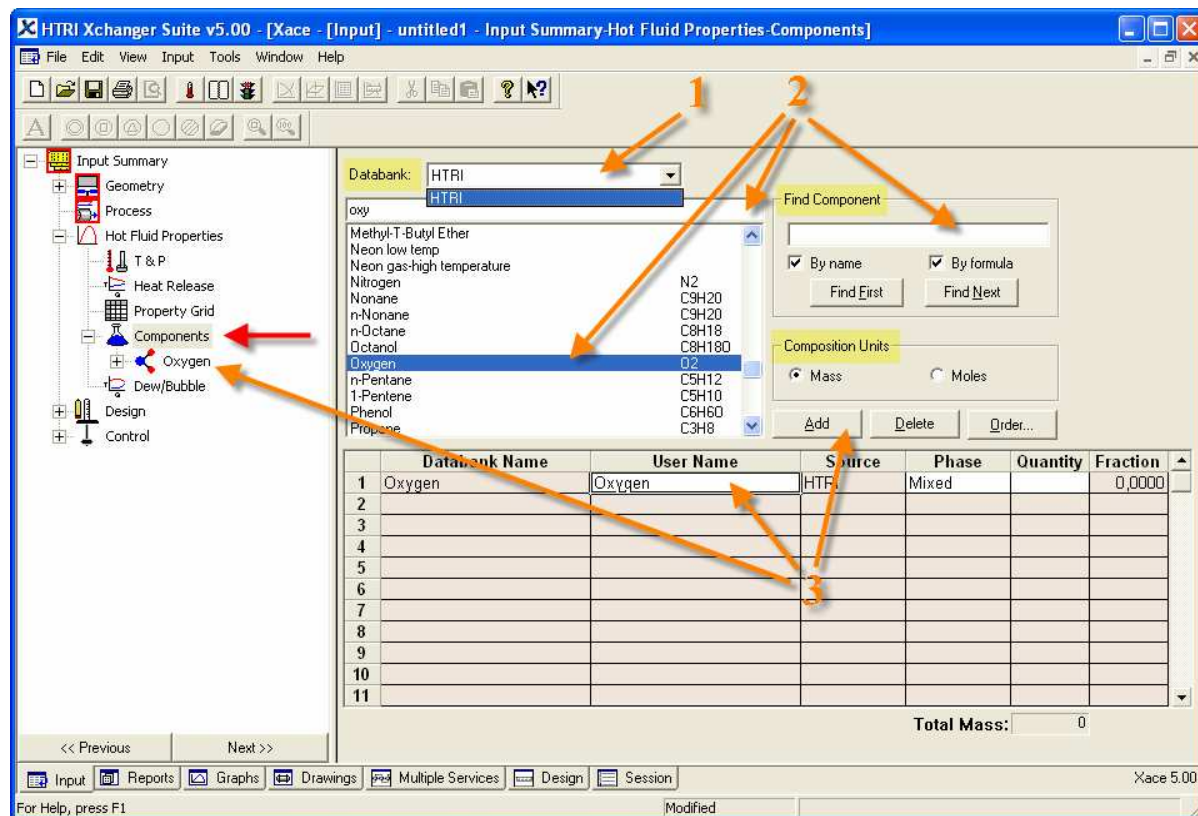
Volba databáze. Přednastavena je databáze látek HTRI.

POZICE 2

Vyhledávání jednotlivé složky (látky). Lze vyhledávat podle buď podle jména složky („*By name*“) nebo podle chemického vzorce („*By Formula*“).

POZICE 3

Po vložení (stisknutí tlačítka „*Add*“), se vyhledaná složka zobrazí v seznamu složek, ale také ve stromové struktuře. Tím se u ní aktivují další možnosti specifikace. Potom lze detailně zadat její vlastnosti – viz obr.4.1.21.



Obr.4.1.20 Specifikace složek pracovního média

Zadání detailních vlastností jednotlivé složky pracovního média bude podrobněji popsáno v kapitole 4.1.6.

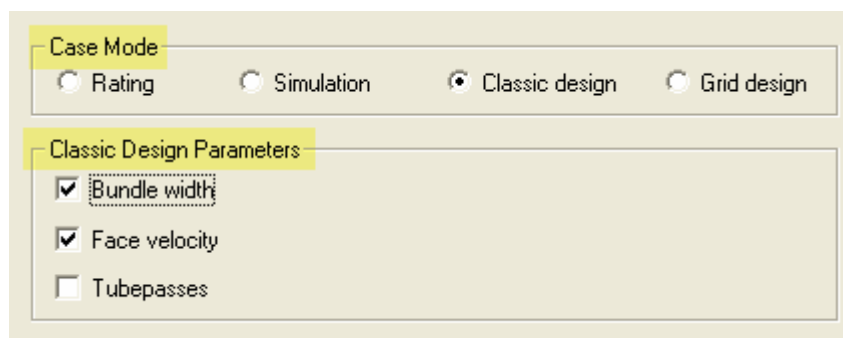
Poslední panel „*Dew / Bubble*“ je přístupný pouze pro danou metodu zadávání. Je-li zvolena, je nutno zadat teplotu rosného bodu při vstupním tlaku a teplotu bodu počátku varu pro výstupní tlak.

Constants	Vapor Properties	Liquid Properties	VLE Data
Molecular weight			
Critical pressure		kPa	
Critical temperature		C	
Critical compressibility			
Average latent heat		kJ/kg	
Hydrocarbon Option			
API gravity		deg API	
Watson characterization factor			
Liquid molecular weight			

Obr.4.1.21 Detailní specifikace složky pracovního média

4.1.4. DESIGN

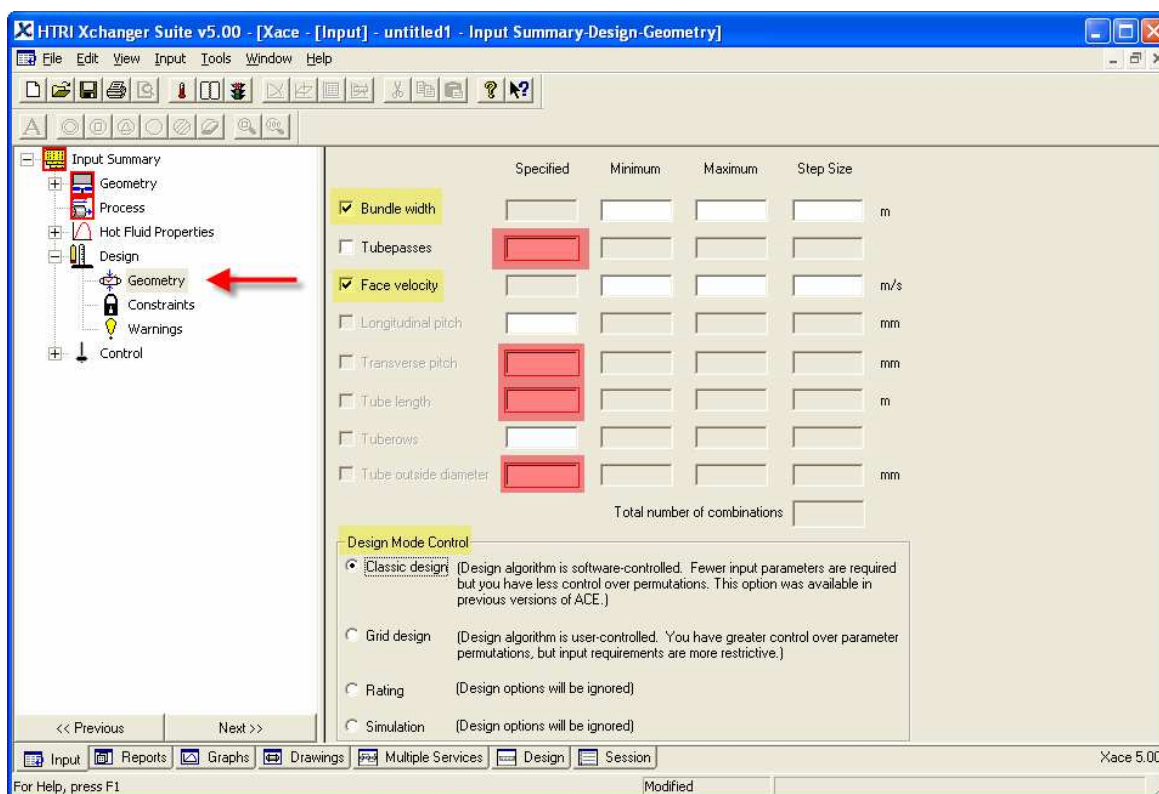
Následující kapitola je věnována metodám výpočtů v programu HTRI. Jejich popis byl probrán již v kapitole 2.3. Na následujícím obr.4.1.22 je zobrazeno úvodní souhrnné okno.



Obr.4.1.22 Detailní specifikace složky pracovního média

CLASSIC DESIGN PARAMETERS:

Následující nabídka je dostupná pouze pro návrh, tedy pro „Classic Design“ a „Grid Design“. Všechny parametry z této sekce jsou dostupné i z následujícího podpanelu „Geometry“, který je vyobrazen na obr.4.1.23. Pro názornost jsou zaškrtnuté parametry z obr.4.1.22 detailní specifikace složky pracovního média žlutě zvýrazněny i na obr.4.1.23.



Obr.4.1.23 Detailní specifikace návrhu geometrie vzduchového chladiče

BUNDLE WIDTH:

Zaškrtnutí tohoto checkboxu způsobí, že výpočtový algoritmus bude hlídat, zda šířka svazku trubek kolísá mezi zadanými hodnotami. Je-li zadána šířka v panelu „**Bundle Panel**“, pak bude tato hodnota podřazena zadaným hodnotám v této sekci.

Specified: nastavení je dostupné pouze pro „*Rating*“ nebo „*Simulation*“. Hodnota v tomto poli značí vzdálenost mezi hranami svazku trubek vyjma všech přírub. Zadáním hodnoty není možné dále definovat počet trubek v lichých/sudých řadách svazku. Jsou-li přesto vyplněna i tato pole, budou nadřazena zdejší hodnotě.

Minimum: minimální šířka svazku trubek. Není-li hodnota zadána, výpočet proběhne na základě normy API. V případě „*Grid*“ módu, tato hodnota vyplněna být musí.

Maximum: maximální šířka svazku trubek. Není-li hodnota zadána, pak výpočet proběhne na základě normy API. V případě „*Grid*“ módu, je hodnota povinná.

Step Size: velikost kroku, ve kterém se bude dělit rozdíl mezi minimální a maximální šířkou svazku trubek. Není-li rozdíl rovnoměrně dělitelný, program počítá s jistou odchylkou, vždy však v dané diferenci zadaných šířek svazku. Pro „*Grid*“ mód je hodnota povinná.

TUBEPASSES:

Zaškrtnutí tohoto checkboxu způsobí, že výpočtový algoritmus bude hlídat, zda počet chodů trubek odpovídá zadaným podmínkám. Je-li už tato hodnota zadána v „**Unit Panel**“, bude programem podřazena hodnotě zadané v této sekci. V případě „*Classic Design*“ módu, probíhá u vzduchového chladiče algoritmus i bez zaškrtnutého pole.

Specified: zadání počtu chodů trubek ve svazku. Je povoleno maximálně 1440 chodů. Pro návrh se hodnota zpravidla neuvádí. Je-li i tak zadána, program ji považuje jako přípustnou, nikoli nutnou.

Minimum: minimální počet chodů trubek ve svazku. Hodnota lze zadat jen v případě „*Grid Design*“ módu, pak je ovšem nutno zadat i dvě následující hodnoty.

Maximum: maximální počet chodů trubek ve svazku (1440). Hodnota lze zadat jen v případě „*Classic*“ nebo „*Grid*“ design módu.

Step Size: velikost kroku, ve kterém budou řazeny jednotlivé chody trubek ve svazku. Tato hodnota lze zadat jen v „*Grid Design*“ módu.

FACE VELOCITY:

Zaškrtnutí tohoto checkboxu způsobí, že výpočtový algoritmus bude hlídat, zda se rychlost vzduchu přicházejícího do svazku trubek pohybuje v zadaných podmínkách. V případě „*Classic Design*“ módu proběhne návrh v rozmezí zadaných hodnot. Není-li zadána žádná, pak program nahradí hodnotu vlastní přednastavenou hodnotou. Při „*Grid Design*“ módu program vyžaduje minimální, maximální hodnotu a krok.

Specified: zadání je možné pouze v režimu návrhu. Pak hodnota rychlosti vzduchu bude použita jako jediná zadaná pro návrh.

Minimum: minimální rychlost proudění vzduchu přicházejícího do svazku trubek. Zadání je možné pouze v režimu návrhu.

Maximum: maximální rychlost proudění vzduchu přicházejícího do svazku trubek. Zadání je možné pouze v režimu návrhu.

Step Size: velikost kroku, ve kterém se bude dělit rozdíl mezi minimální a maximální rychlostí proudění. Není-li rozdíl rovnoměrně dělitelný, program počítá s jistou odchylkou, vždy však v dané diferenci zadaných rychlostí. V „*Grid Design*“ módu je hodnota povinná.

LONGITUDINAL PITCH:

Zaškrtnutí tohoto checkboxu způsobí, že výpočtový algoritmus bude hlídat, zda se rozteč trubek v podélném (vertikálním) směru pohybuje v zadaných hodnotách. Tato funkce je dostupná pouze pro „*Grid Design*“ mód a je tedy nutno zadat všechny hodnoty až na „*Specified*“, která jako jediná není povinná.

Specified: zadání rozteče trubek v podélném (vertikálním) směru. Není-li hodnota zadána, program ji nahradí hodnotou ze své databáze.

Minimum: minimální rozteč trubek.

Maximum: maximální rozteč trubek.

Step Size: velikost kroku, ve kterém se bude dělit rozdíl mezi minimální a maximální roztečí trubek.

TRANSVERSE PITCH:

Jedná se obdobu předchozího nastavení s tím rozdílem, že zde se jedná o rozteč trubek v příčném (horizontálním) směru.

TUBE LENGTH:

Zaškrtnutí tohoto checkboxu způsobí, že výpočtový algoritmus bude hlídat, zda se délka trubek pohybuje v zadaných hodnotách. Funkce je dostupná pouze pro „*Grid Design*“ mód. Je-li zadána délka trubek v „***Bundle Panel***“, pak bude tato hodnota podřazena zadaným hodnotám v této sekci.

Specified: zadání délky trubek ve svazku trubek.

Minimum: minimální délka trubek ve svazku.

Maximum: maximální délka trubek ve svazku.

Step Size: velikost kroku, ve kterém se bude dělit rozdíl mezi minimální a maximální délkou trubek ve svazku. Zadáním této hodnoty, a obou předešlých, se definuje sada trubek, která bude použita při návrhu.

TUBEROWS:

Jedná se obdobu předchozího nastavení s tím rozdílem, že zde se jedná o počet řad trubek ve svazku trubek. Funkce je dostupná pouze pro „*Grid Design*“ mód. Pro návrh se užívá 4 až 60 řad trubek (méně než 4 řady se nedoporučují).

TUBE OUTSIDE DIAMETER:

Jedná se obdobu předchozích nastavení s tím rozdílem, že zde se jedná o hodnotu vnějšího průměru trubek. Funkce je dostupná pouze pro „*Grid Design*“ mód.

Posledním polem je „***Total Number of Combinations***“, tedy celkový počet možných kombinací dle zadaných parametrů. Pole není možné editovat, jeho hodnotu stanoví program.

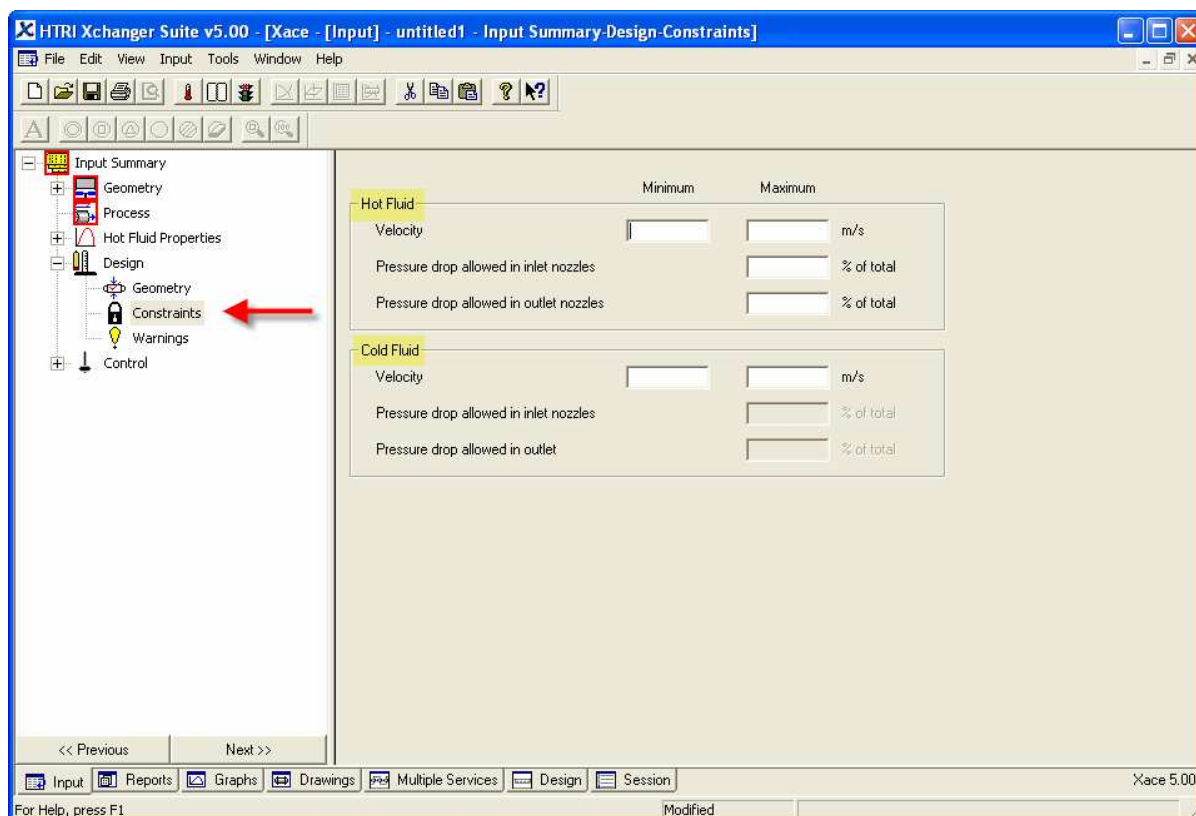
V poli „***Design Mode Control***“ je popis jednotlivých metod výpočtu pro rychlý a snadný přehled. Jeho překlad je uveden v kapitole 2.3.

Dalším panelem v pořadí je panel „***Constraints***“ tj. specifikace omezení pracovních médií. Pro vzduchový chladič jsou zanedbány některé parametry pro chladné médium, což je vidět na obr.4.1.24 níže.

Velocity: omezení na minimální a maximální rychlost proudění médií.

dP in inlet nozzles: omezení na povolenou tlakovou ztrátu na vstupních hrdlech.

dP in outlet nozzles: omezení na povolenou tlakovou ztrátu na výstupních hrdlech.



Obr.4.1.24 Panel omezení pro pracovní média

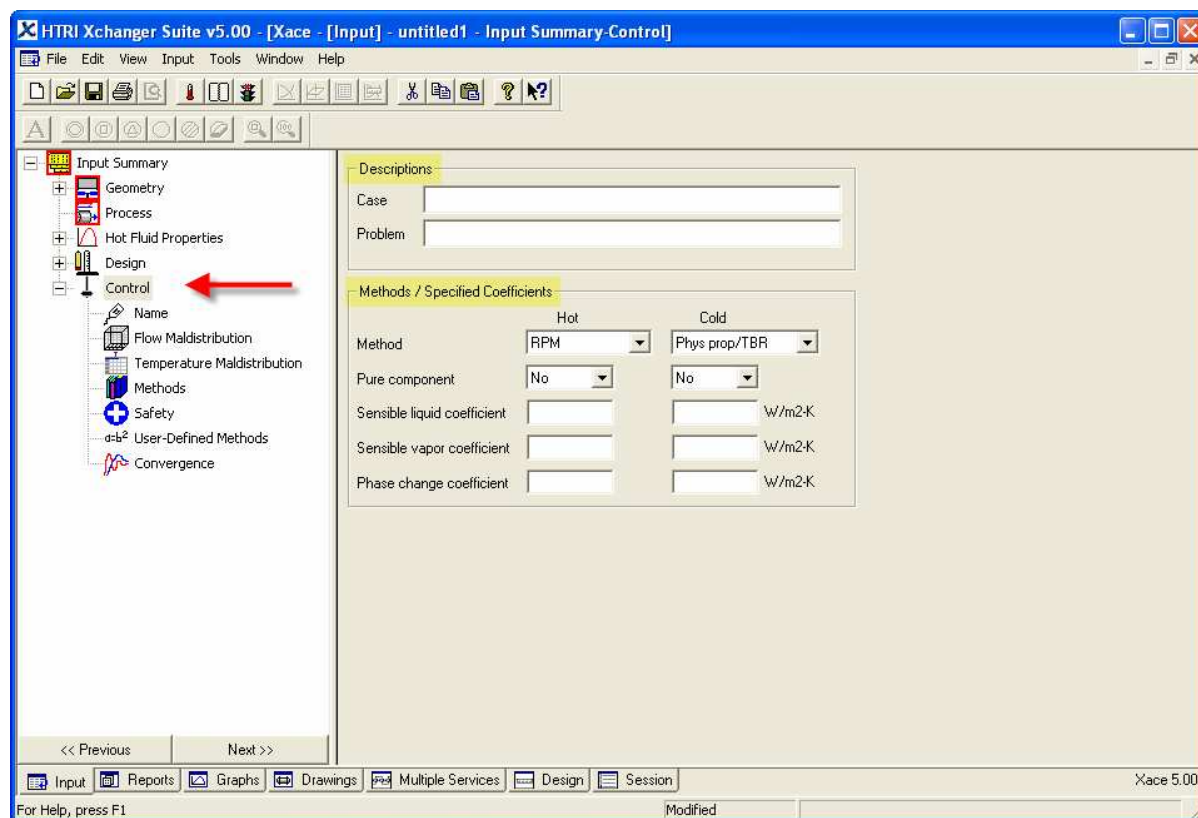
Posledním panelem je možnost nastavení varování pro případ nedodržení daných parametrů. Panel „**Warnings**“ má možnosti zadání zobrazeny na obr.4.1.25. Jde o hodnoty minimální a maximální teploty na stěně trubky pro chladné i horké pracovní médium.

	Minimum	Maximum	
Hot stream tube wall temperature			C
Cold stream tube wall temperature			C

Obr.4.1.25 Panel nastavení varování

4.1.5. CONTROL

Poslední položka ve stromové struktuře nese název „**Control**“. Úvodní okno panelu je zobrazeno na obr.4.1.26. Slouží k specifikaci doplňkových dat pro zadanou úlohu.



Obr.4.1.26 Úvodní okno kontrolního panelu

V poli „**Descriptions**“ je možné popsat (pojmenovat) jak řešený problém, tak celou úlohu. Tyto informace pak budou zobrazeny v záhlaví výstupních reportů. Tato funkce bývá využívána v případě, že se řeší více variant jedné úlohy.

Dalším polem je „**Methods / Specified Coefficients**“. V něm je možné definovat jednak různé koeficienty, ale především metody k dosažení tlakových ztrát a přenosu tepla. Všechny tyto údaje jsou nepovinné, doplňující a mají kontrolní charakter.

METHOD:

Bude popsáno níže viz obr.4.1.30.

SPECIFIED COEFFICIENTS:

Sensible Liquid:

koeficient přestupu tepla pro kapalnou fázi chladného a horkého média. Tato hodnota je nadřazena všem programem stanoveným (vypočteným) hodnotám.

Sensible Vapor: koeficient přestupu tepla pro plynnou fázi chladného a horkého média. Hodnota je nadřazena všem programem stanoveným (vypočteným) hodnotám.

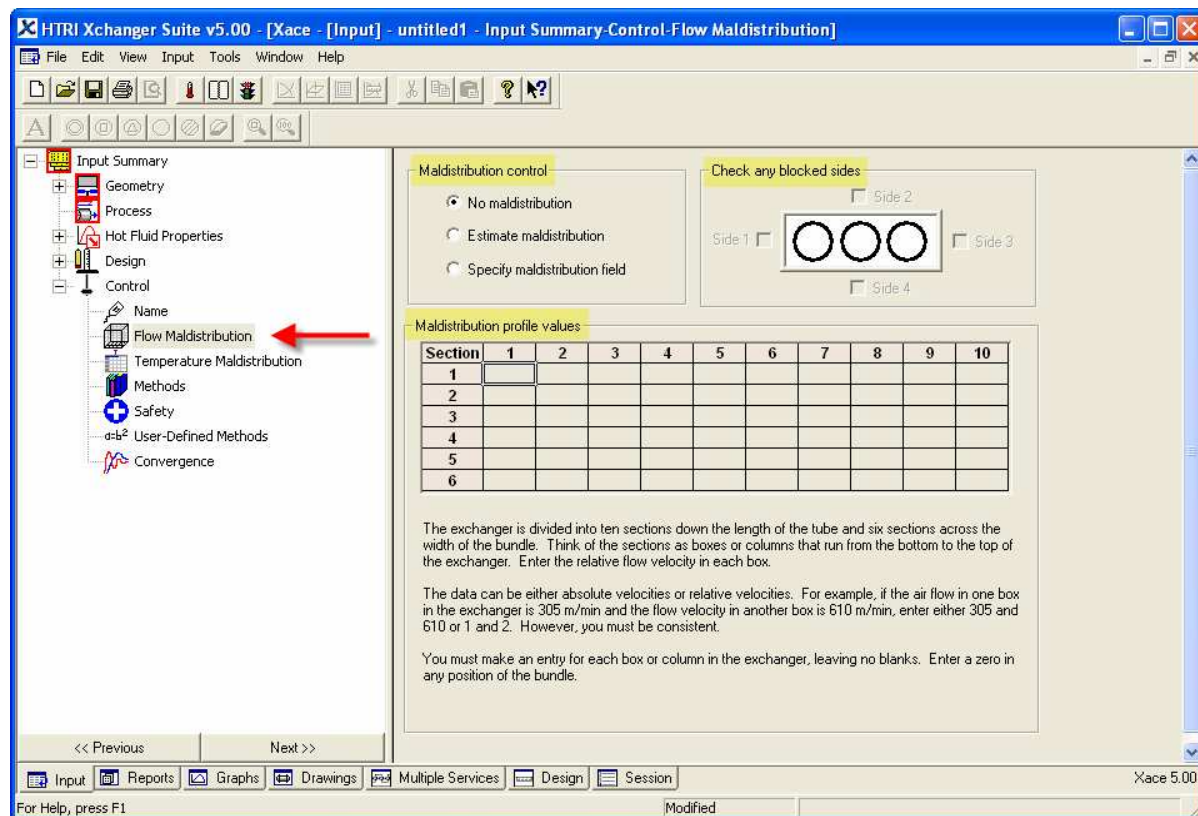
Phase Change: koeficient přestupu tepla pro oblast rozhraní fází chladného a horkého média. Hodnota je nadřazena všem programem stanoveným (vypočteným) hodnotám.

V následujícím panelu je možné úzce definovat a popsat řešenou úlohu. Funkce je vhodná v okamžiku, kdy se úloha řeší ve více variantách popř. je součástí rozsáhlé zakázky a je tedy možné vypsát pole jako „Job Number“ , „Reference Number“ atd. Tyto informace se uplatní spíše jako „administrativní“ součást úlohy. Pro řešení úlohy nemají praktický význam a nebudou tedy dále popsány. Zadávací okno je zobrazeno na obr.4.1.27.

The image shows a software interface with two main sections. The top section, titled 'Descriptions', has two text input fields: 'Case description' and 'Problem description'. The bottom section, titled 'Specification Sheet', contains several input fields: 'Job number', 'Item number', 'Reference number', 'Proposal number', 'Revision', 'Service', 'Customer', 'Plant location', and a large 'Remarks' text area.

Obr.4.1.27 Identifikace řešené úlohy

Další panel „**Flow Maldistribution**“ nabízí definovat distribuční síť průtoků vzduchu resp. vnějšího média. Ne vždy dochází k rovnoměrnému rozdělení průtoku vzduchu napříč celým svazkem trubek. Program HTRI nabízí tři schémata nastavení, která mohou nastat. Je ovšem nutno podotknout, že každé z nich má své specifické požadavky na zadání a je tedy nutno být dosti obezřetný v případě jeho volby. Všechny možnosti nastavení jsou znázorněny na obr.4.1.28.



Obr.4.1.28 Možnosti nastavení distribuce vzduchu uvnitř svazku trubek

MALDISTRIBUTION CONTROL:

No MD:

všechny výpočty předpokládají dokonalé rovnoměrné rozdělení vstupního proudu vzduchu do svazku trubek.

Estimate MD:

odhad distribuce vzduchu na vstupu do svazku trubek založený na výzkumných datech společnosti HTRI. Toto nastavení také umožní definovat pole „**Check any block sides**“, které slouží k definici a selekci stran, na nichž se mohou vyskytovat různé překážky pro vstup média. Metoda je založena na zkušebních datech získaných na jednotkách se třemi (3) ventilátory.

Specify MD Field:

Jsou-li dostupná data, je možné zadefinovat konkrétní distribuci a to pomocí relativních rychlostí proudění (průtoků) nebo absolutních rychlostí proudění. Vždy je však nutno dodržet vybraný typ a zadávat jej do všech polí stejně. Program rozdělí chladič na síť o deseti (10) sekcích po délce trubek a šest (6) sekcí napříč šířce svazku trubek. Všechna pole je nutné zadat!

CHECK ANY BLOCKED SIDES:

Toto pole je dostupné pouze je-li aktivní nastavení „*Estimate Maldistribution*“.

MALDISTRIBUTION PROFILE VALUES:

Toto pole je dostupné pouze je-li aktivní nastavení „Specify Maldistribution Field“.

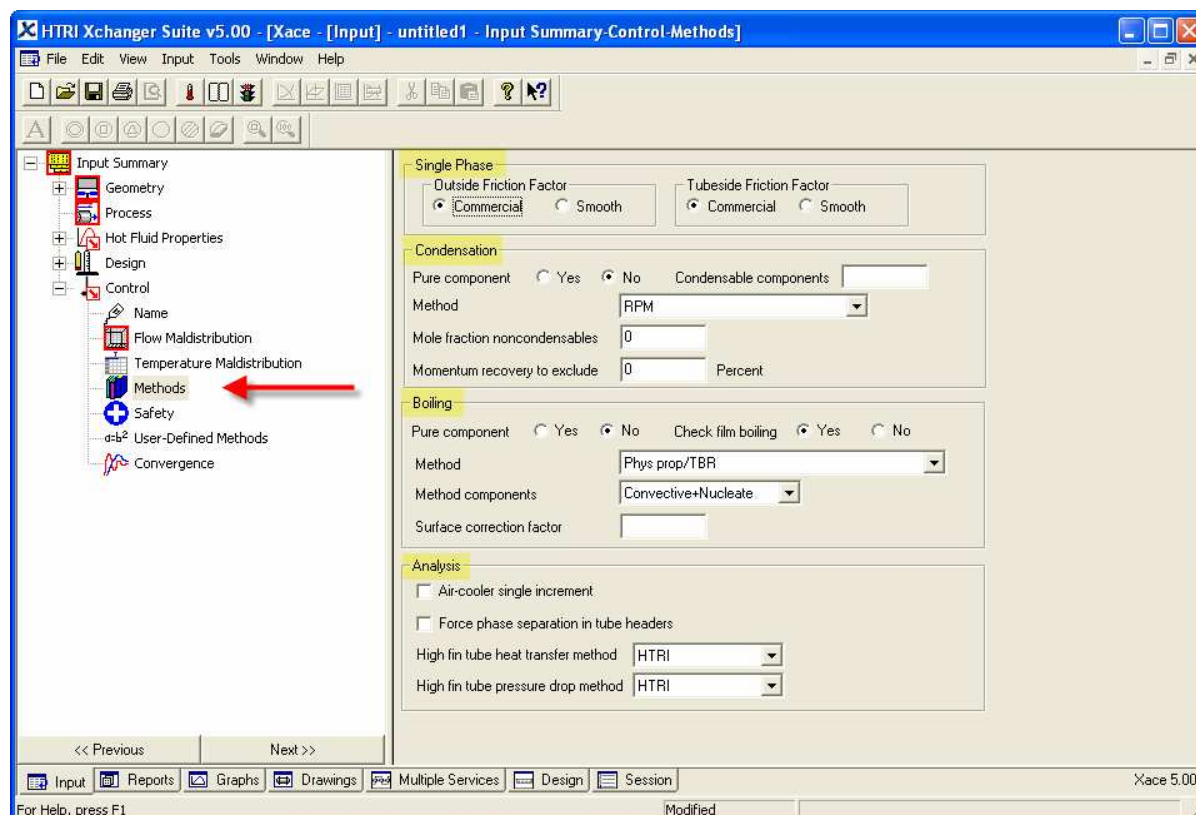
Obdobně jako v předchozí možnosti nastavení „Specify Maldistribution Field“, se i při definici vstupního teplotního profilu vzduchu rozdělí jednotka do sítě 10 x 6. Jedná se o rozměry jednotky (délka x šířka). Potom lze do každého pole vepsat hodnotu teploty vzduchu na vstupu do jednotky ve stupních Celsia. Síť je zobrazena na obr.4.1.29. Tento profil je nutno zadat v případě nerovnoměrném teplotním profilu a žádné pole nesmí zůstat prázdné!

Airside inlet temperature profile value

Section	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										

* Units = deg. C

Obr.4.1.29 Možnosti nastavení vstupního teplotního profilu vzduchu



Obr.4.1.30 Možnosti nastavení výpočetních metod

Na obr.4.1.30 je zobrazeno nastavení výpočetních metod k odhadu průběhu přenosu tepla a tlakových ztrát. Všechna pole jsou nepovinná. Nabídka se různí od jiných úloh a bude popsána vždy v dané úloze tak, aby byl vidět rozdíl v zadávání hodnot.

SINGLE PHASE:

- Outside F.F.: součinitel tření pro jednofázové vnější médium. V případě vzduchového chladiče je možná pouze hodnota „Commercial“.
- Tubeside F.F.: součinitel tření pro jednofázové médium uvnitř trubek. Metoda „Smooth Tube“ tzn. hladké trubky, vykazuje menší hodnoty součinitele tření.

CONDENSATION:

- Pure Component: specifikuje, zda se jedná o čistou látku (složku).
- Condensable Comp.: definuje počet složek, které mohou zkondenzovat.
- Method: metoda korelace. Slouží k určení koeficientu přenosu tepla při kondenzaci.
- RPM: metoda vyvinuta společností HTRI. Doporučena pro všechny případy, není-li kondenzující látkou pouze voda.
- LITERATURE: neupravená Ward-Silver-Bell rozdělovací metoda. Vhodná pro srovnání se zbývajících metodami. Nedoporučena.
- CPM: Metoda vyvinuta společností HTRI. Adaptace na teorii tenkých vrstev. Užívá se v případech, kdy dochází ke kondenzaci uhlovodíků v přítomnosti inertů. Metoda dává příliš malé výsledky oproti datům z výzkumu a bývá tak nahrazena metodou „RPM“.
- REFLUX: užití při vertikální poloze trubek, kdy parní fáze vstupuje zespod do trubek. Ke kondenzaci dojde na stěně trubek a kapalina je odváděna spodním odtokem. Metoda vyžaduje pečlivě zadané parametry geometrie a obezřetnost.
- ROSE-BRIGGS: speciální metoda poskytující zvýšenou přesnost kondenzace média v plášti na nízkožebrovaných trubkách. Popis metody je dostupný v reportu „HTRI CS-11“.
- AMMONIA-WATER: modifikace metody „CPM“ určená výhradně pro sloučeniny „čpavek-voda“.

DEHUMIDIFICATION: aplikace pouze pro systémy „vzduch-voda“. Jde o „Colburn-Houghen“ metodu, která využívá metody programu HTRI k určení koeficientů pro přenos tepla. Ty jsou pak kombinovány s celou řadou vztahů pro přenos hmoty.

APPROXIMATION: zjednodušená „RPM“ metoda. Uvažuje velikost koeficientu kondenzující vrstvy natolik vysokou, že ke kontrole systému dochází za pomoci korekce koeficientu přenosu tepla parní fáze.

Mole Fraction NC: molární podíl složek, které nekondenzují. Hodnota slouží pro metodu „RPM“ a je nutno ji zadat vždy, jsou-li součástí média inerty. Naopak, v případě kondenzace pouze vody, se hodnota neudává.

Momentum: HTRI doporučuje nastavit tuto hodnotu na 0.

BOILING:

Pure Component: specifikuje, zda se jedná o čistou látku (složku).

Check Film Boiling: zapne / vypne kontrolu výpočtu na var v mezní vrstvě jádra.

Method: metoda korelace. Slouží k určení koeficientu přenosu tepla při jádrovém varu.

PHYS PROP / BR: vychází se z fyzikálních vlastností média s tím, že dochází ke korekci rozsahu varu jádra směsi. To je vhodné pro hodnoty redukovaného tlaku menší než 0,6.

PHYS PROP / SCHL.: vychází se z fyzikálních vlastností média s tím, že dochází ke korekci směsi dle Schlündera. Je doporučena pro dvousložkové směsi, u kterých jsou k dispozici data o rovnovážném stavu.

PHYS PROP / TBR: vychází se z fyzikálních vlastností média s tím, že dochází ke korekci teoretického rozsahu varu jádra směsi. Jde o přednastavenou metodu.

HTRI F.F.E.: speciální metoda pro odpařovače. Kloubí metody HTRI a empirické korekční vztahy.

CHUN-SEBAN F.F.: obdoba předchozí metody s tím rozdílem, že tato kombinuje Chun-Seban metodu s empirickými korekčními vztahy.

REDUCED PROP / BR: vychází se z redukovaných fyzikálních vlastností média s tím, že dochází ke korekci rozsahu varu jádra směsi. Vyvinuto HTRI pro uhlovodíky při redukovaných tlacích menších než 0,6.

- Method Comp.: slouží k určení koeficientu přenosu tepla při jádrovém varu. Lze jej rozdělit na nukleovou („Nucleate“) složku a na konvekční („Convective“) složku. Je doporučeno používat kombinaci.
- Surface Cor.Fac.: korekční faktor plochy. Hodnota zde uvedená ovlivní pouze případy spojené s varem. Program hodnotu negeneruje, jsou-li tedy korekce nutné (zadané), je toto pole nutné vyplnit.

ANALYSIS:

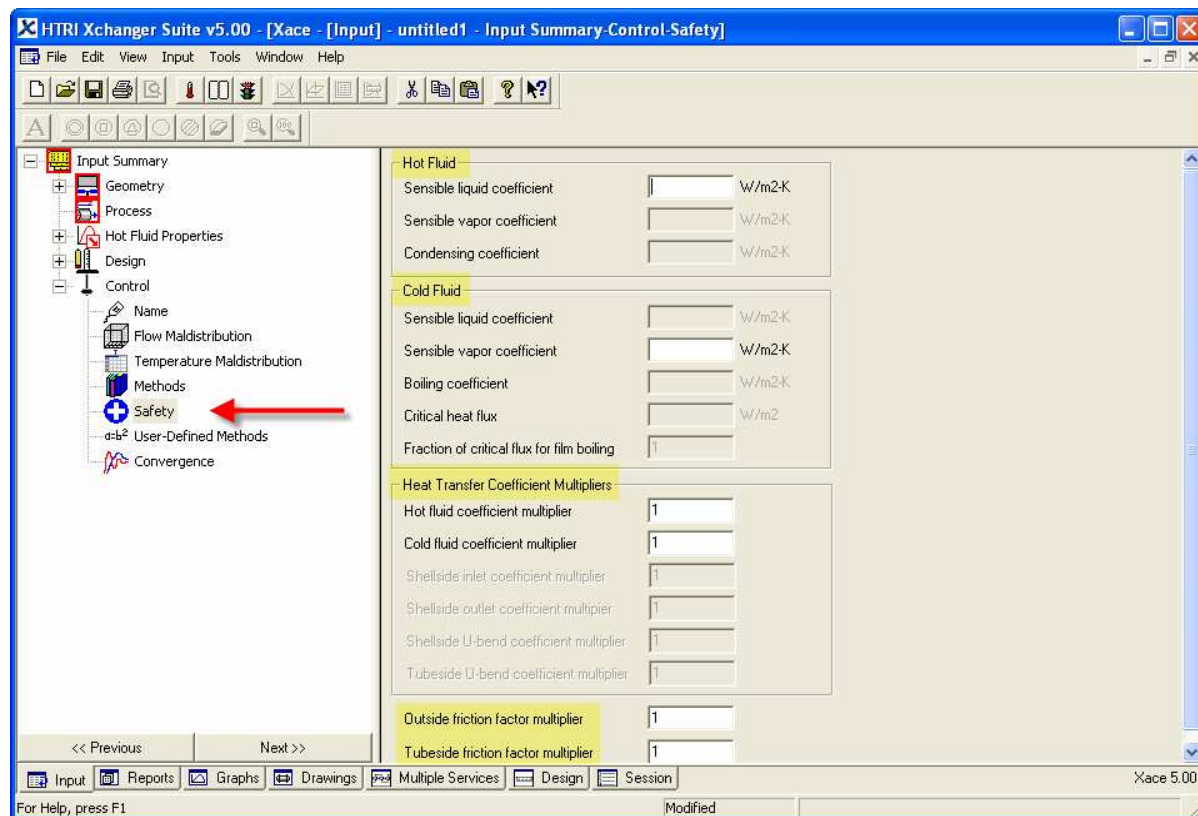
- AC Sing. Increment: přinutí program použít úsporný mód při výpočtech. Čas se tak zkrátí sdružením obdobných úkonů do jednoho. Tato funkce již nenachází uplatnění, neboť moderní PC jsou dosti vykonná a proto jej společnost HTRI nedoporučuje používat.
- Force Phase: přinutí program rozdělit jednotlivé fáze ve všech komorách. To se uskuteční tak, že kapalná fáze bude přiřazena spodním řadám trubek a parní pak horním řadám trubek. Metoda tak simuluje nejhorší možný případ a lze ji tak využít k „What If“ analýze.
- HT Method: volba analýzy přenosu tepla u žebrovaných trubek. Programem doporučená hodnota „HTRI“ je založena na datech evidovaných provozem již od roku 1962. Oproti tomu druhá metoda nazvaná „Literature“ vychází z teorie a mnohem menšího objemu dat.
- PD Method: volba analýzy tlakových ztrát žebrovaných trubek. Programem doporučená hodnota „HTRI“ je založena na datech evidovaných provozem již od roku 1962. Oproti tomu druhá metoda nazvaná „Literature“ vychází z teorie a mnohem menšího objemu dat.

Na obr.4.1.31 je zobrazeno nastavení bezpečnostních faktorů („**Safety**“) výměníku. Už na první pohled je zřejmé, že možnosti vyplnění dat budou značně limitovány předchozím nastavením jednotlivých částí výměníku.

HOT/COLD FLUID:

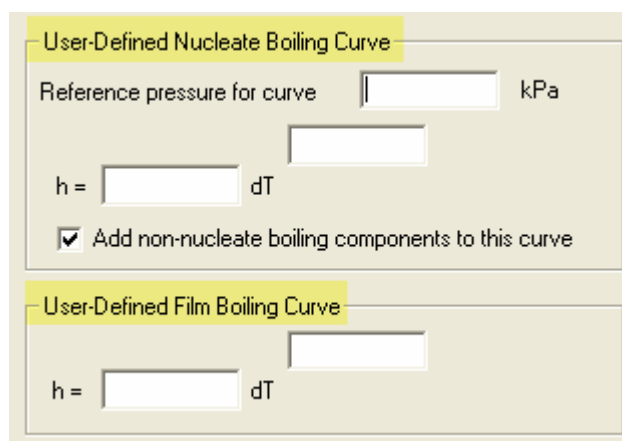
- Sensible L/V Coeff.: viz obr.4.1.26 výše.

V dalších polích se vyskytuje pojem „Multiplier“, což by se dalo přeložit jako obecný bezpečnostní součinitel. Pak je zřejmé i jeho funkce a to buď navýšit zadanou hodnotu v poli k větší bezpečnosti (hodnota součinitele je větší než 1) a nebo ponížít zadanou hodnotu v poli a dospět k nižší hodnotě bezpečnosti (hodnota součinitele je menší než 1). V praxi se využívá obou hodnot, neboť nás zajímá nejen nejbezpečnější hodnota, ale rovněž nejvíce nebezpečná (kritická) hodnota. Těch se poté využívá při posuzování bezpečnosti celého aparátu.



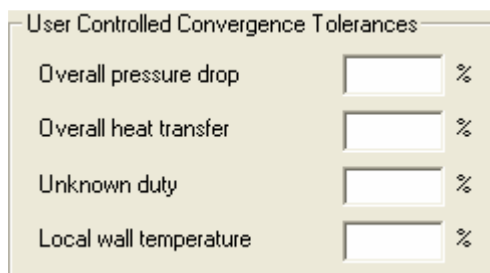
Obr.4.1.31 Nastavení bezpečnostních faktorů

Následující panel „*User-Defined Methods*“ je zobrazen na obr.4.1.32. V něm je možno definovat vlastní metodu posuzování přenosu tepla při jaderném varu. Vyskytující se údaje, nutné ke specifikaci metody, jsou čistě technologické pojmy, které jsou běžně užívány a není nutné je tedy překládat do češtiny.



Obr.4.1.32 Nastavení vlastní metody posuzování přenosu tepla při jaderném varu

Poslední panel z nabídky nese označení „*Convergence*“. Jedná se o okrajové (limitní) podmínky, ke kterým se program se svými vypočtenými hodnotami bude snažit přiblížit postupnou iterací.

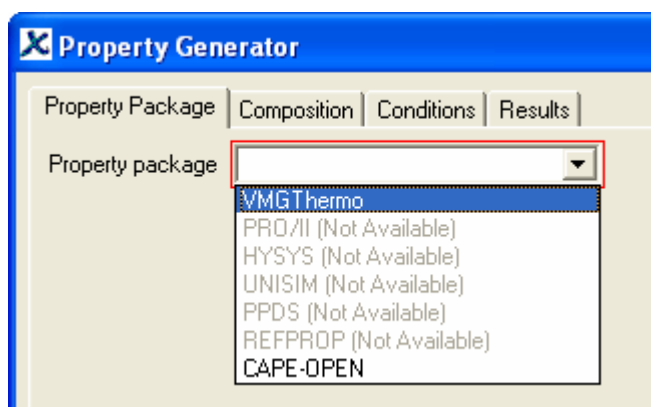


Obr.4.1.33 Definice okrajových podmínek

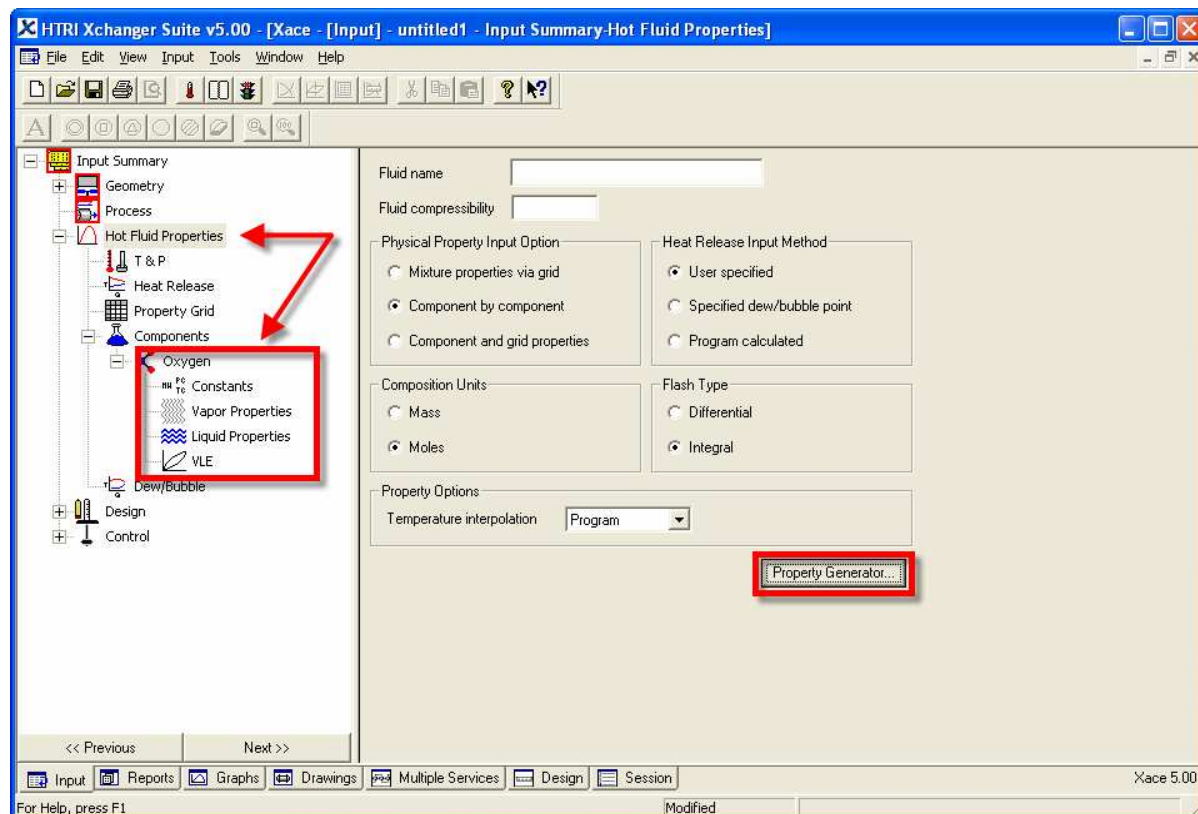
- Overall PD: program kontroluje výstupní hodnoty tlakových ztrát. Není-li pole zadáno, je přednastavena hodnota 20 %.
- Overall HT: program kontroluje vypočtenou a navrhovanou (odhadnutou) hodnotu tepelného výkonu. Čím nižší hodnota je zadána, tím je výpočet více omezující. Není-li pole zadáno, je přednastavena hodnota 1 %.
- Unknown Duty: slouží pro simulaci výměníku. Je nutno být obezřetný obdobně jako v bodě výš. Program ke správné konvergenci potřebuje jistou „vůli“. Není-li pole zadáno, je přednastavena hodnota 1 % z vypočteného výkonu.
- Local Wall Temp.: program kontroluje lokální teplotu stěny. Tato kontrola s sebou nese největší časovou zátěž výpočtu! Není-li pole zadáno, je přednastavena hodnota 0,1 %.

4.1.6. OTHERS

V následující kapitole budou blíže popsány funkce, které z důvodu přehlednosti a pro svoji rozsáhlost nebylo vhodné popsat dříve. Jedná se o specifikaci nastavení jednotlivých komponent (složek) pracovního média a využití generátoru fyzikálních vlastností média „**Property Generator**“. Přehled těchto nastavení je zobrazen na obr.4.1.35.



Obr.4.1.34 Nabídka možností funkce „Property Generator“



Obr.4.1.35 Přehled funkcí vlastností pracovního média

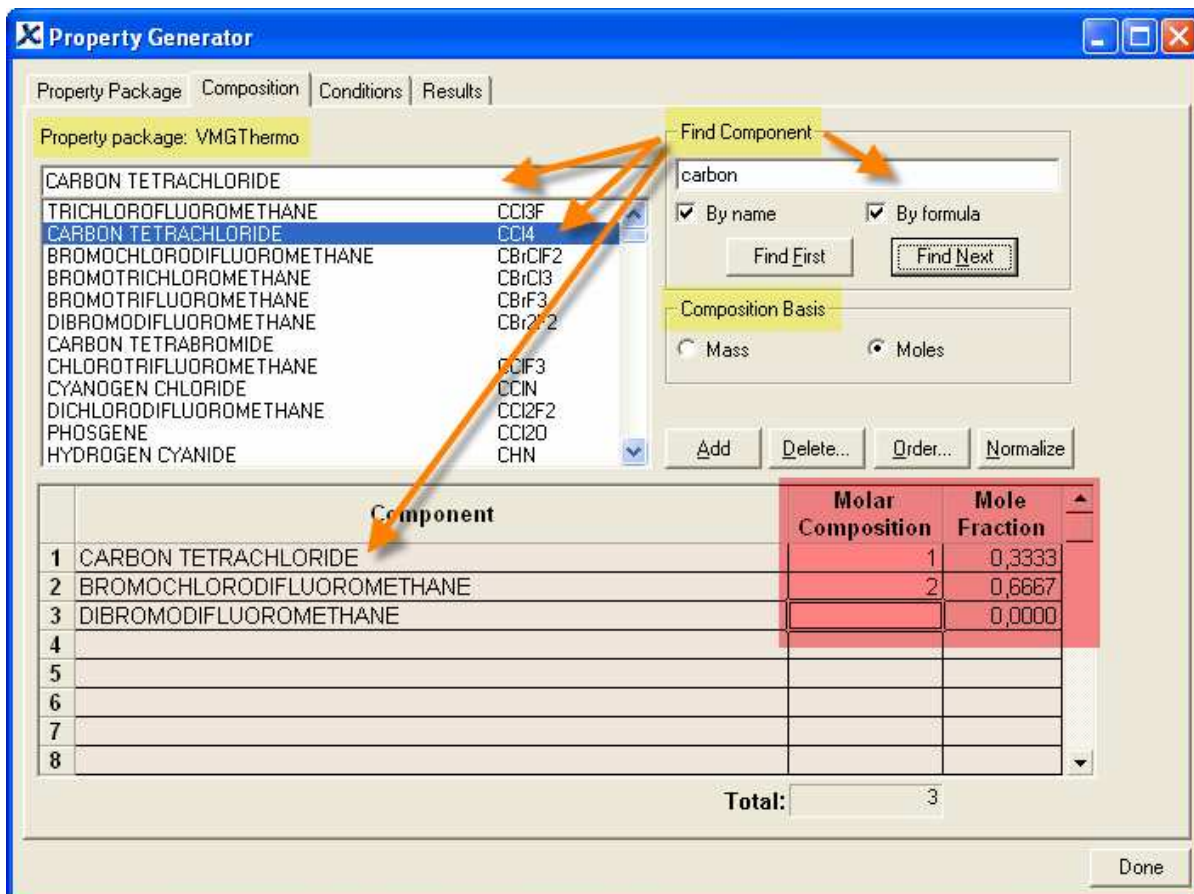
Na obr.4.1.34 je vidět okno, které se zobrazí po stisknutí pole „*Property Generator*“ na obr.4.1.35. Toto okno je rozděleno do čtyř (4) záložek.

PROPERTY PACKAGE:

balíček dostupných databází, které obsahují fyzikální data pro celou škálu pracovních látek. Balíčky je nutno instalovat zvlášť a rozsah nabídky je tak závislý na dostupnosti těchto instalací. V základu je možné najít balíček VMG Thermo (Virtual Materials Group). Podrobné informace jsou odkázány na webové stránky VMG. Viz help.

COMPOSITION:

Tato záložka je určena k definici složení dané komponenty pracovního média. Jak je vidět na obr.4.1.36, toto zadávání se provádí pomocí jednoduchého vyhledávače, který seřadí vybrané prvky do přehledné tabulky. V ní už pak jen zbývá určit zastoupení ve sloučenině v závislosti na vybrané možnosti „*Composition Basis*“. Seznam prvků je závislý na zvoleném balíčku vlastností „*Property Package*“ (v našem případě VMG Thermo). Tlačítko „*Order*“ nabízí úpravu pořadí prvků v tabulce, což ovšem nijak dále neovlivní jejich vlastnosti. Tato funkce tak pouze přispěje ke snadnější organizaci v případě rozsáhlých souborů sloučenin. Poslední tlačítko „*Normalize*“ pak přepočítá složení všech prvků sloučeniny tak, aby jejich výsledná suma byla rovna jedné.



Obr.4.1.36 Specifikace složení komponenty pracovní látky v generátoru vlastností

CONDITIONS:

Záložka je určena k definici podmínek, za kterých program vygeneruje fyzikální vlastnosti složky pracovního média. K tomu je nezbytně nutné zadefinovat teplotní vlastnosti při známém tlaku. Rozsah teplotních dat je dán přehlednou tabulkou, kterou doplňuje i legenda užitých zkratk. Po vyplnění této tabulky nedojde k automatické generaci fyzikálních vlastností. Ty jsou dostupné až po stisknutí tlačítka „Generate Properties“.

Přehled možností zadání těchto dat je zobrazen na obr.4.1.37.

Property Generator

Property Package | Composition | **Conditions** | Results

Temperature Point Method

☐ User defined temperatures
☒ Temperature range

Temperature Increment Method

☐ Equal temperature
☒ Equal fraction

Flash Method

☐ Differential
☒ Integral

☒ Adjust calculated points
☒ Insert bubble point if in temperature range
☒ Insert dew point if in temperature range
☐ Generate latent heat

Supercritical Conditions

Critical pressure: kPa
Supercritical phase: **Liquid**

Pressure, kPa									
Min. Temp., C	T		T		T		T		T
Max. Temp., C	T		T		T		T		T
Number of Points		10		10		10		10	

Temperature Codes:
T - Defined min/max temperature
B - Calculate bubble point
D - Calculate dew point
SC - Sub-cooled degrees below bubble point
SH - Super-heated degrees above dew point

Generate Properties

Done

Legenda užitých zkratk u zadávání teplotních dat

Obr.4.1.37 Definice fyzikálních podmínek pracovní složky

TEMPERATURE POINT METHOD:

Umožňuje uživateli vybrat mezi dvěma možnostmi definování teplotních bodů.

Temperature Range: tato metoda je zobrazena na obr.4.1.37. Uživatel definuje tlak, počáteční teplotu, koncovou teplotu a počet bodů mezi těmito teplotami.

User Defined: uživatel přesně definuje každý teplotní bod při určeném tlaku. Tabulka se pak rozroste až na 50 řádků, kde každý řádek značí jeden bod, ke kterému se připsí hodnota teploty za daného tlaku.

TEMPERATURE INCREMENT METHOD:

Umožňuje uživateli vybrat mezi dvěma možnostmi rozdělení teplotních bodů.

Equal Temperature: teploty jsou rovnoměrně rozděleny podle počtu teplotních bodů a tedy vzdálenost mezi nimi je pak konstantní. Tato metoda je

vhodná především pro jednofázová média a pro dvoufázová média s širokým varem.

Equal Fraction: program identifikuje oblast dvoufázového rozhraní a rozdělí ji na rovnoměrné díly hmotnostního podílu pární fáze média. Tato metoda je vhodná pro všechna média, avšak uplatnění nachází zejména u čistých komponent dvoufázového média a u médií s úzkým varem.

FLASH METHOD:

Umožňuje uživateli vybrat mezi dvěma metodami flashe. Volba nemá žádný vliv v případě jednofázového pracovního média.

Integral: metoda předpokládá dokonalou tepelno-chemickou rovnováhu média.

Differential: metoda předpokládá separaci jednotlivých fází dvoufázového pracovního média.

SUPERCRITICAL CONDITIONS:

Toto pole dovoluje uživateli definovat podmínky při generování nadkritických médií. Většina generátorů vykazuje zavádějící výsledky a proto program dovoluje nastavit tyto podmínky, které jej nutí najít takový výsledek, blížící se zadané fázi.

Critical Pressure: nad zadanou hodnotu tlaku bude každá hodnota nadkritická. Pak zůstane zachována pouze fáze označená níže.

Supercritical Phase: jsou ponechány pouze vlastnosti bodů odpovídajících zvolené fázi. To znamená, že všechny ostatní body jsou odstraněny. Lze zadat „Liquid“ nebo „Vapor“ hodnotu. Podle volby jsou pak v případě dvoufázového rozhraní všechny tyto body označeny za nadkritickou fázi (liquid nebo vapor).

ADJUST CALCULATED POINTS:

Tato možnost nastavení umožní, aby program automaticky odstranil duplicitní a nebo nevyhovující (špatné) teplotní body a entalpie. To může vést k případům, kdy takto odstraněný počet bodů způsobí, že počet bodů zbývajících je menší než požadovaný!

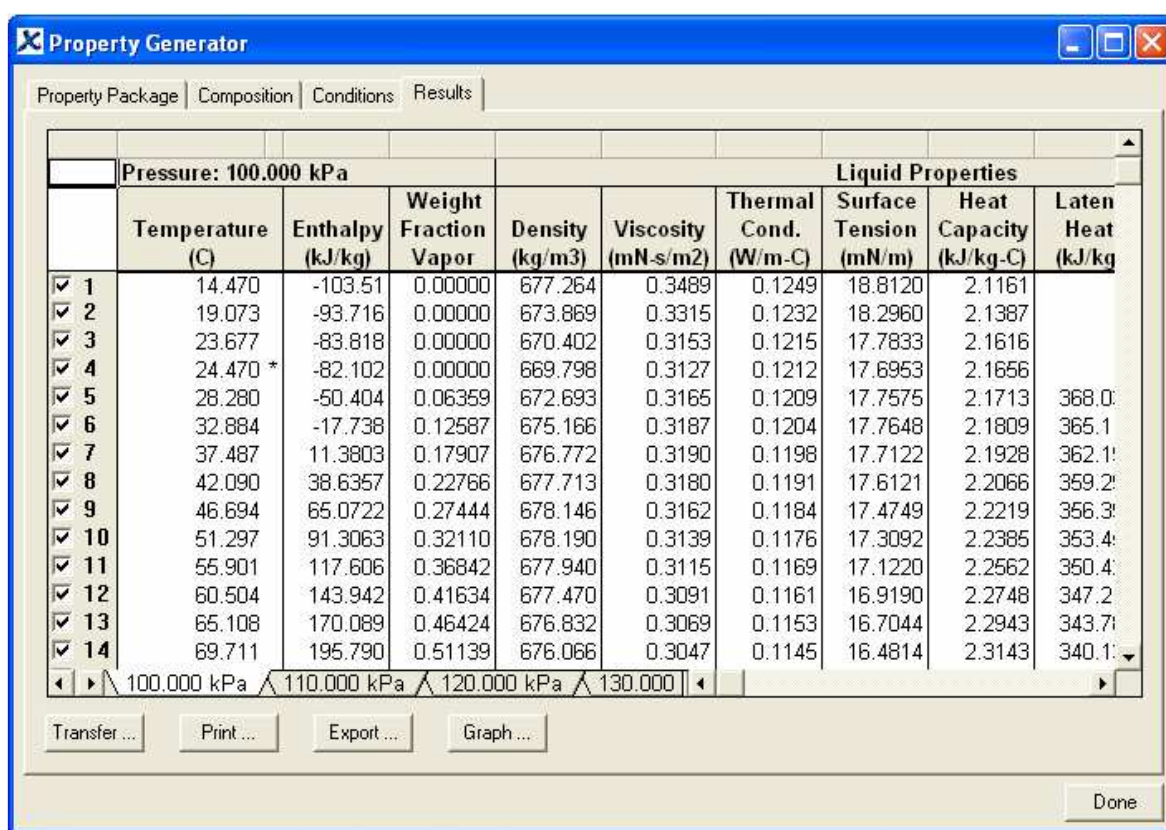
INSERT DEW/BUBBLE POINT IF IN TEMPERATURE RANGE:

Dovoluje vložit další teplotní bod (rosný nebo počátek varu) do zadaného teplotního rozsahu na přesně definovanou pozici.

GENERATE LATENT HEAT:

Volba generace latentního tepla je momentálně nedostupná v helpu, nicméně program upřednostňuje práci s hodnotami entalpie.

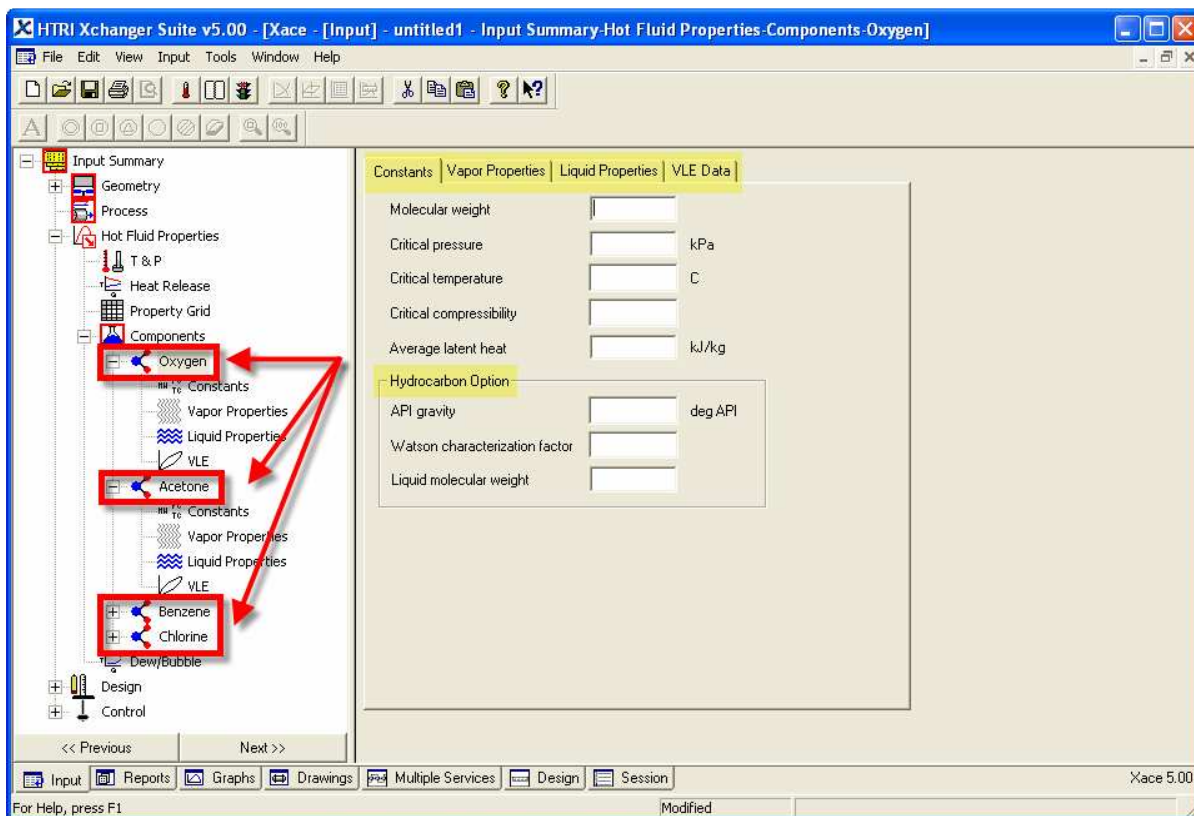
Poslední záložka „**Results**“ pak zobrazuje výsledné hodnoty generátoru v přehledné tabulce. Rovněž je pak možné s daty nakladat pomocí několika základních funkcí jako je export dat do jiného typu souboru (např. MS Excel), vykreslení vlastností do grafu, tisk nebo převod jen určitého objemu dat. Pro ukončení práce s generátorem slouží tlačítko „**Done**“. Po jeho stisknutí se data automaticky zanesou do aktuální úlohy a lze se k nim kdykoliv vracet. Tato data rovněž zůstanou dostupná i po uložení úlohy do klasického formátu „xxx.HTRI“.



Pressure: 100.000 kPa				Liquid Properties					
	Temperature (C)	Enthalpy (kJ/kg)	Weight Fraction Vapor	Density (kg/m3)	Viscosity (mN-s/m2)	Thermal Cond. (W/m-C)	Surface Tension (mN/m)	Heat Capacity (kJ/kg-C)	Latent Heat (kJ/kg)
✓ 1	14.470	-103.51	0.00000	677.264	0.3489	0.1249	18.8120	2.1161	
✓ 2	19.073	-93.716	0.00000	673.869	0.3315	0.1232	18.2960	2.1387	
✓ 3	23.677	-83.818	0.00000	670.402	0.3153	0.1215	17.7833	2.1616	
✓ 4	24.470 *	-82.102	0.00000	669.798	0.3127	0.1212	17.6953	2.1656	
✓ 5	28.280	-50.404	0.06359	672.693	0.3165	0.1209	17.7575	2.1713	368.0
✓ 6	32.884	-17.738	0.12587	675.166	0.3187	0.1204	17.7648	2.1809	365.1
✓ 7	37.487	11.3803	0.17907	676.772	0.3190	0.1198	17.7122	2.1928	362.1
✓ 8	42.090	38.6357	0.22766	677.713	0.3180	0.1191	17.6121	2.2066	359.2
✓ 9	46.694	65.0722	0.27444	678.146	0.3162	0.1184	17.4749	2.2219	356.3
✓ 10	51.297	91.3063	0.32110	678.190	0.3139	0.1176	17.3092	2.2385	353.4
✓ 11	55.901	117.606	0.36842	677.940	0.3115	0.1169	17.1220	2.2562	350.4
✓ 12	60.504	143.942	0.41634	677.470	0.3091	0.1161	16.9190	2.2748	347.2
✓ 13	65.108	170.089	0.46424	676.832	0.3069	0.1153	16.7044	2.2943	343.7
✓ 14	69.711	195.790	0.51139	676.066	0.3047	0.1145	16.4814	2.3143	340.1

Obr.4.1.38 Ukázka výsledků generace fyzikálních vlastností

Druhou metodou zadávání fyzikálních vlastností pracovního média je pak metoda zadávání vlastností dílčích složek tohoto média. Na obr.4.1.39 je znázorněn případ čtyř-složkového pracovního média. Pro každou složku je nutno zvlášť vyplnit všechny záložky s potřebnými údaji.



Obr.4.1.39 Specifikace vlastností složek pracovního média

CONSTANTS:

Záložka je určena k specifikaci nezávislých konstant pro čistou složku pracovního média. Hlavní parametry jsou uvedeny níže.

Molecular Weight: molární hmotnost dané složky.

Critical Pressure: definuje kritickou hodnotu tlaku dané složky.

Critical Temp.: definuje kritickou hodnotu teploty dané složky.

Critical Compress.: definuje kritickou hodnotu kompresibilního faktoru pro danou složku.

Average Lat. Heat: udává průměrnou hodnotu latentního tepla při odpařování dané složky pracovního média.

HYDROCARBON OPTION:

V tomto poli je možné zadat limitovaný objem dat, která budou sloužit k odhadu fyzikálních vlastností složky pracovního média. Tato metoda je určena především pro těžké typy uhlovodíků a tam, kde nejsou dostatečně známá data pro zbývající varianty výpočtu.

API Gravity: udává je-li daná složka lehčí nebo těžší než voda. Hodnota 10 je mezní, je-li hodnota vyšší než 10, pak je složka lehčí a plove na povrchu vody. Ačkoli jde o bezrozměrnou hodnotu, udává se v tzv. API stupních.

Watson Factor: vyjadřuje přiblížení k parafinickému indexu složky pracovního média. Velké hodnoty se vyznačují vysokým stupněm nasycení uhlovodíků.

Liquid Mol. Weight: molekulární hmotnost kapaliny těžkých uhlovodíků.

V záložce „**Vapor Properties**“ se zadávají vlastnosti parní fáze složky pracovního média za referenčních teplot. Je-li vybraná složka součástí HTRI databáze, není nutné zadat žádnou z níže uvedených hodnot. V opačném případě je možno vložit data pro jednu nebo obě referenční teploty. Pak je nutno zadat všechny pole kromě entalpie, která je nepovinná. Jednotlivé vlastnosti jsou natolik známé pojmy, že není nutný jejich překlad do češtiny.

Constants	Vapor Properties	Liquid Properties	VLE Data
Reference temperature			C
Density			kg/m3
Viscosity			mN-s/m2
Thermal conductivity			W/m-C
Heat capacity			kJ/kg-C
Enthalpy			kJ/kg

Obr.4.1.40 Specifikace vlastností parní fáze pracovního média

Constants	Vapor Properties	Liquid Properties	VLE Data
Reference temperature			C
Density			kg/m3
Viscosity			mN-s/m2
Thermal conductivity			W/m-C
Heat capacity			kJ/kg-C
Enthalpy			kJ/kg
Surface tension			mN/m

For a user-defined component in a two-phase fluid, surface tension is a recommended input. The program will estimate a value if a value is not specified, but the estimated value may not be accurate for your fluid.

Obr.4.1.41 Specifikace vlastností kapalné fáze pracovního média

V následující záložce „**Liquid Properties**“ se obdobným způsobem vkládají vlastnosti kapalné fáze složky pracovního média. Viz obr.4.1.41. Oproti předcházejícímu obr.4.1.40 je zde navíc možnost definovat povrchové napětí a jak stojí v poznámce pod tabulkou, tato hodnota je doporučena v případě uživatelem specifikované složky pro dvoufázové pracovní médium. Dále v ní stojí, že není-li tato hodnota zadána, program se jí pokusí navrhnout, ovšem neručí za její správnost resp. přesnost.

Poslední záložka „**VLE Data**“ slouží ke specifikaci fázové rovnováhy mezi kapalnou a parní fází. Pro složky zadané z HTRI nebo DIPPR databáze jsou údaje nepovinné. Jsou-li přesto zadány, dojde k jejich přepisu (hodnoty z databáze jsou ignorovány). Údaje je nutné zadat v případě, kdy je zvolena varianta výpočtu teplotní křivky „*Program Calculated*“ a pracovní médium je v oblasti změny fáze. Pak je na výběr jedna ze tří možností specifikace.

The screenshot shows the 'VLE Data' tab in the software interface. It contains three main sections for data entry:

- K-Value Data:** Includes a table for 'Temperatures C' and 'Pressures kPa' with three rows each. Below this are 'Van Laar Constants' for 'A' and 'B'.
- Vapor Pressure Data:** Includes input fields for 'Temperature' (C) and 'Vapor pressure' (kPa).
- Antoine Constants:** Includes input fields for 'A' (kPa) and 'B, C' (C), with the formula $\ln(VP) = A + B / (T + C)$ displayed above.

Obr.4.1.42 Specifikace rovnovážného stavu pracovního média

K-VALUE DATA:

V této záložce je možné specifikovat molární podíl parní a kapalné fáze složky média.

Temperatures: zadání dvou různých referenčních teplot. Pro zadání 0 °C je nutno zapsat hodnotu 0,001.

Pressures: zadání referenčního tlaku. Pokud je hodnota rovna 0, program bere hodnoty „K-Value“ za hodnoty při vstupním tlaku.

VAPOR PRESSURE DATA:

Tlak par pro danou složku pracovního média.

Temperatures: zadání dvou nebo tří různých referenčních teplot. Pro zadání 0 °C je nutno zapsat hodnotu 0,001.

Vapor Pressures: tlak par pro zadané referenční teploty. Hodnoty musí být různé a je důrazně doporučeno nevkládat stejnou hodnotu tlaku par pro různou referenční teplotu.

ANTOINE CONSTANTS:

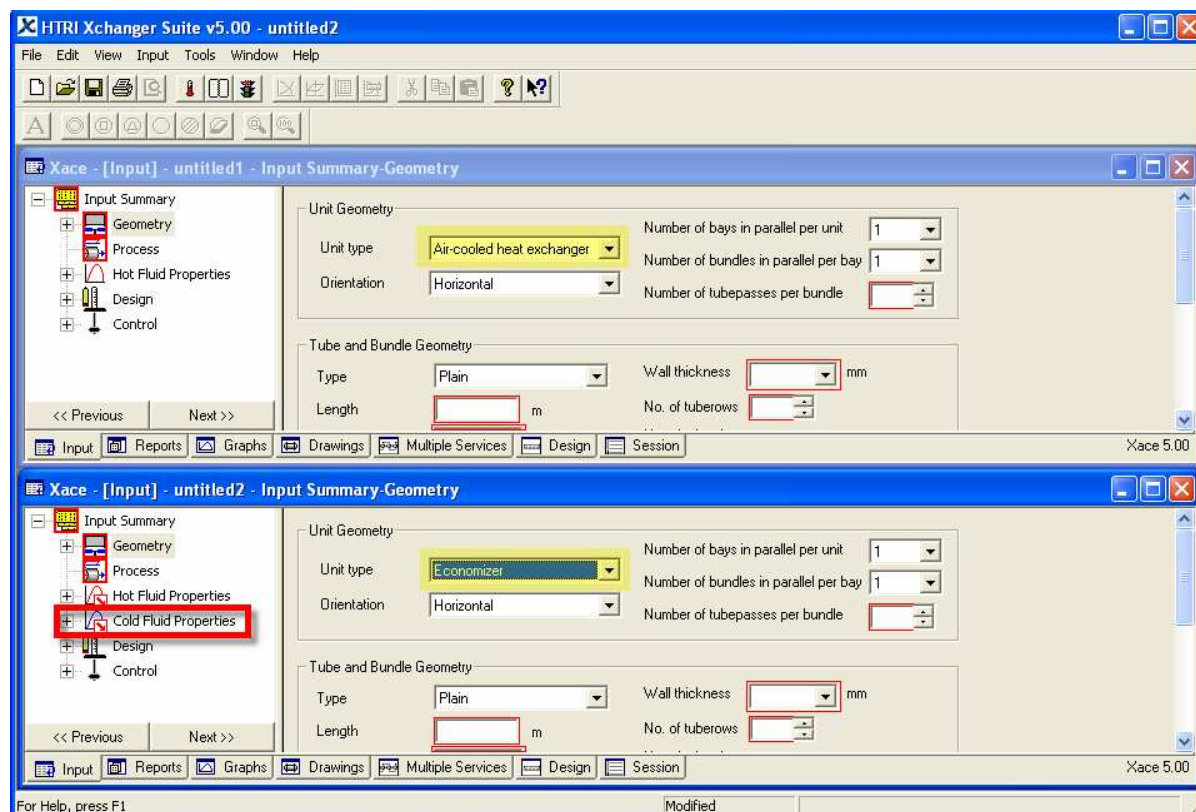
Je nutno zadat všechny tři (3) konstanty. Tyto hodnoty budou použity pro generaci tlaku par pro výpočet „*K-Value*“.

Na závěr této kapitoly je nutno dodat, že všechny zde zobrazené a popsané postupy, metody a vztahy jsou popsány obecně. Při řešení úloh se pak uživatel setká s rozšířenou verzí těchto možností a funkcí v závislosti na obtížnosti a rozsahu řešené problematiky. Vstupní a souhrnná okna projdou jen minimální změnou, kdežto výstupy (reporty, grafy atd.) budou nabízet široké možnosti úprav. K těmto rozšířeným údajům bude přihlédnuto v kapitole o praktickém užití programu HTRI při řešení tepelného aparátu.

V dalších kapitolách se na obdobné funkce, mezi různými typy výměníků, bude často odkazovat a je proto vhodné věnovat čas a projít si základní možnosti ovládání a nastavení v této kapitole podrobně a důkladně.

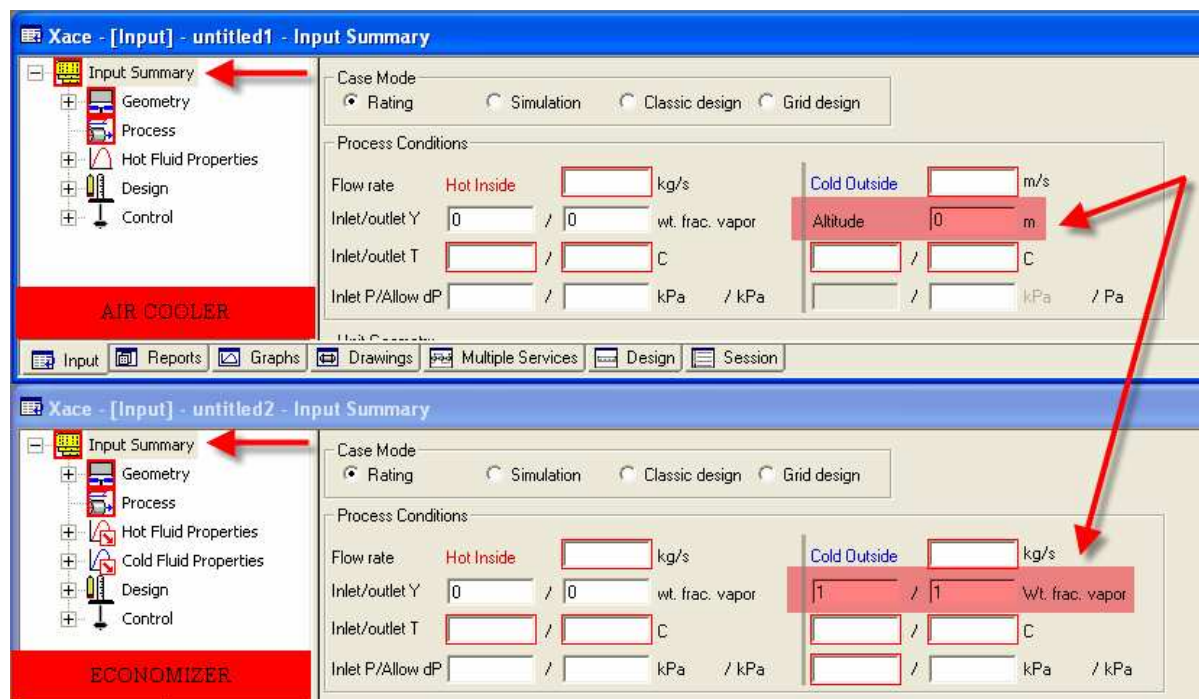
4.2. ECONOMIZER

V návaznosti na předešlou kapitolu budou zde uvedené popisy pouze doplňkem popř. změnou oproti předešlému typu výměníku tepla. Pojmem „Economizer“ společnost HTRI označuje výměník s příčně obtékaným svazkem trubek. Jeho nastavení se nepříliš odlišuje od nastavení vzduchového chladiče jak je patrné z obr.4.2.1. Na první pohled je rozdíl pouze v přítomnosti nastavení vlastností chladného média. To se ovšem zadává stejným způsobem jako médium horké a nejde tedy o žádnou „funkci navíc“ v pravém slova smyslu.



Obr.4.2.1 Porovnání zadávacích oken pro geometrii „Xace“ výměníků

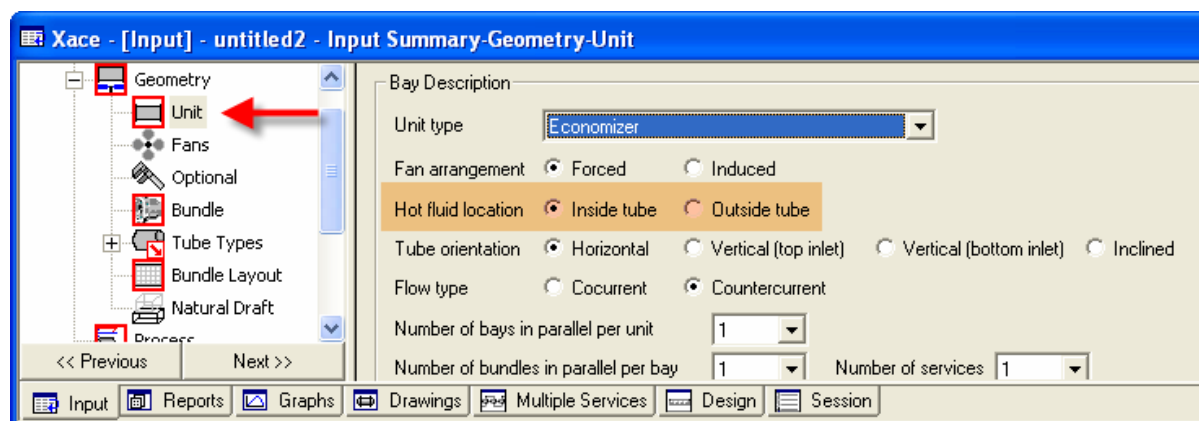
Na následujícím obr.4.2.2 je zobrazeno okno s porovnáním jednotlivých vstupních souhrnných panelů pro oba „Xace“ výměníky. Jediným rozdílem je opět přítomnost média navíc v případě ekonomizéru. To je nutno zadat stejným způsobem jako druhé (horké).



Obr.4.2.2 Porovnání vstupních polí pro „Xace“ výměníky

4.2.1. GEOMETRY

Na obr.4.2.3 je zřetelně vidět jediná změna v nastavení jednotky, která je zvýrazněna v oranžovém pruhu. Je zde nutno definovat, zda horké pracovní médium bude proudit vně či uvnitř trubek. To je ale také jediná odlišnost z celého panelu geometrie oproti vzduchovému chladiči!



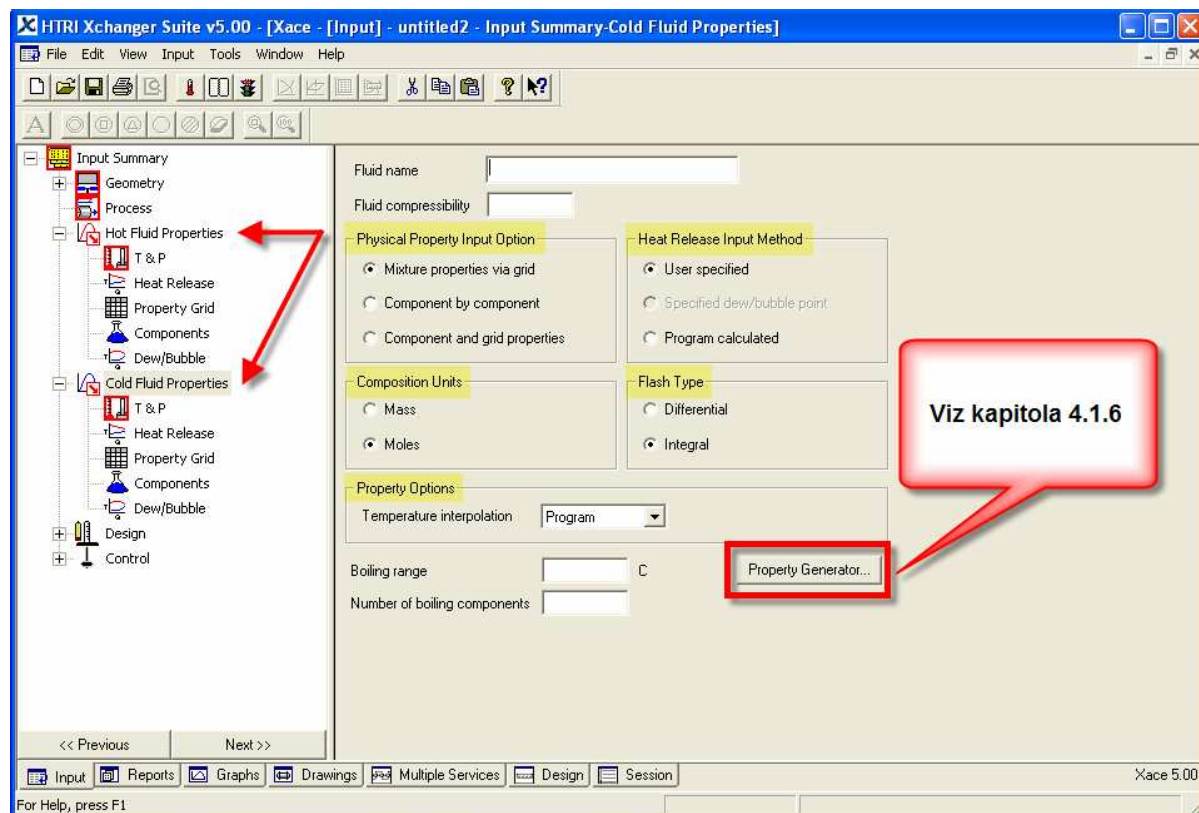
Obr.4.2.3 Nastavení jednotky výměníku

4.2.2. PROCESS

Tento panel je naprosto totožný s panelem vzduchového chladiče. Viz kapitola 4.1.2.

4.2.3. FLUID PROPERTIES

Jak je vidět na obr.4.2.4 nastavení vlastností pracovních látek je naprosto totožné s předchozím typem výměníku. Zde je navíc nutno specifikovat i chladné médium, jehož struktura zadávání je opět stejná. Nic se nemění ani na funkci „**Property Generator**“. Té byla věnována kapitola 4.1.6.



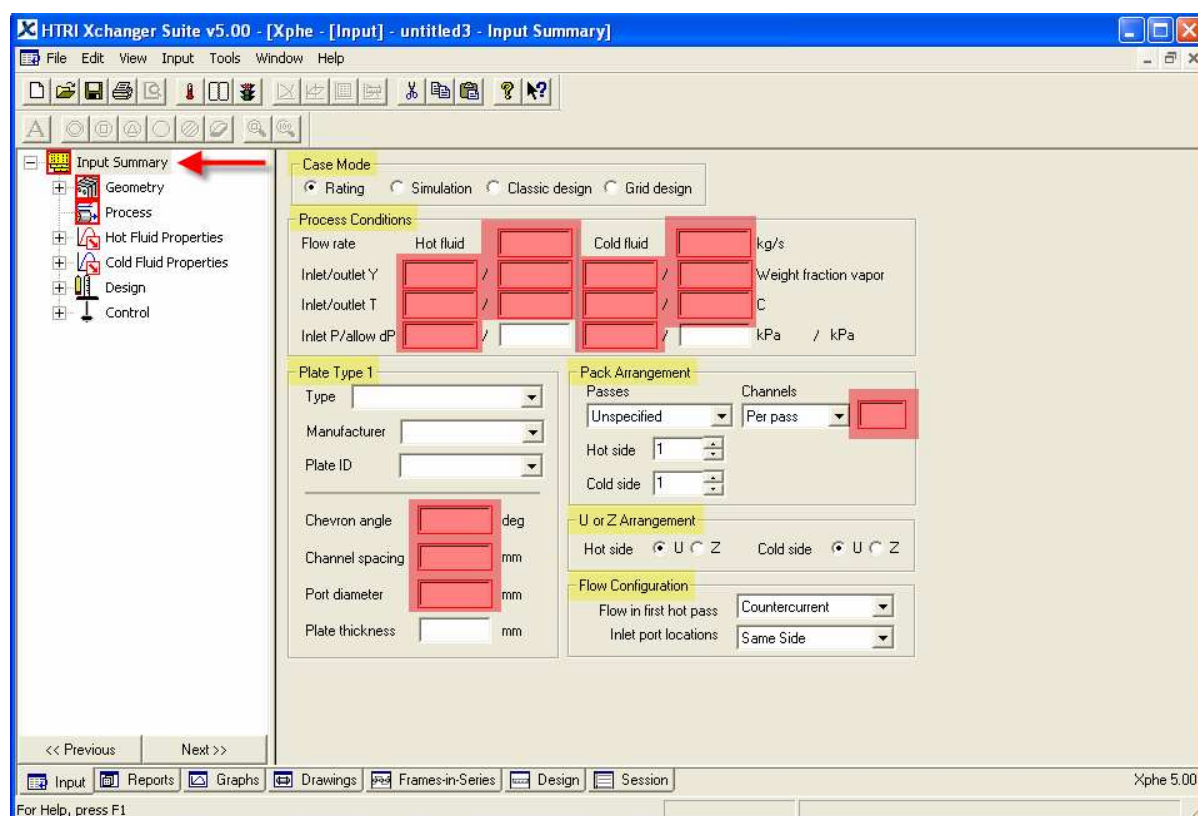
Obr.4.2.4 Nastavení vlastností pracovních látek

Zbývající panely resp. funkce jsou neměnné a nebudou proto uváděny. Pro úplnost výkladu jen připomeňme, že se jedná o panel „**Design**“ a „**Control**“. Oba jsou zobrazeny na obr.4.2.4 v levé části okna ve stromové struktuře.

4.3. PLATE AND FRAME EXCHANGER

Deskový výměník patří mezi hojně užívané typy výměníků především pro svoji spolehlivost, kompaktnost a možnosti využití v řadě chemických a potravinářských aplikací. Jeho návrh patří k jednomu z nejvíce problematických návrhů vůbec, neboť pro něj nejsou natolik dostupná data a standardy jako je tomu např. u trubkových výměníků tepla.

Při řešení návrhu deskového výměníku se zpravidla zadávají jen nejdůležitější data pro bilanci a geometrii. Výstupy pak slouží výrobcí jako podklady pro jeho vlastní návrh a konečná konstrukční úprava pak bývá zpravidla výsledkem jeho práce (tedy zda se výměník bude dodávat ve svařované podobě, rozebíratelné atd.).



Obr.4.3.1 Souhrnný vstupní panel deskového výměníku

CASE MODE:

Totožná nabídka jako u výměníků „Xace“. Viz kapitola 2.3 (str.12).

PROCESS CONDITIONS:

Totožná nabídka jako u výměníků „Xace“. Viz kapitola 4.1.2 (str.43).

PLATE TYPE 1:

Type: aktuálně je k dispozici pouze balík „Horizontal Herringbone“.

<u>Manufacturer:</u>	jsou na výběr výrobci desek ze seznamu, který je součástí HTRI databáze.
<u>Plate ID:</u>	výběr konkrétního typu desky z balíku „Type“. Tento výběr s sebou nese i základní nastavení (viz níže).
<u>Chevron Angle:</u>	úhel vyjadřující šípovitost desek. Je měřen od vertikály!
<u>Channel Spacing:</u>	dvojnásobek této hodnoty udává vzdálenost mezi dvěma body v nejširším místě se sebou sousedících desek.
<u>Port Diameter:</u>	průměr připojovacích otvorů výměníku.
<u>Plate Thickness:</u>	tloušťka materiálu desek. Desky jsou dostupné v rozmezí 0,4 až 0,9 mm tloušťky s přírůstkem 0,1 mm. Výchozí údaj je 0,6 mm.

PACK ARRANGEMENT:

<u>Passes:</u>	počet chodů teplého a chladného média (maximum je 6). Jsou tyto možnosti:
UNSPECIFIED:	počet chodů zvolí program sám a to nezávisle na dostupných dat.
SINGLE PASS:	pro každé médium je nastaven jeden chod. Pak již nelze měnit počet chodů u každého média.
SYMMETRIC PASSES:	souměrně s počtem chodů u jednoho média se mění i počet chodů u druhého média.
<u>Channels:</u>	definuje metodu rozdělení balíku desek na jednotlivé kanály (soubory desek) se stejným relativním tokem mezi pracovními médii. Lze vybrat jednu z možností.
PER PASS:	zadaná hodnota bude použita jako počet kanálů v každém z chodů.
TOTAL:	zadaná hodnota bude rovnoměrně rozdělena do všech kanálů v závislosti na celkovém počtu chodů obou médií.
USER DEFINED:	uživatel zadá přesný počet kanálů na každý chod. Počet kanálů pro obě média musí být totožný!

U OR Z ARRANGEMENT:

Uspořádání zapojení vstupu a výstupu pracovního média. Detailě bude popsáno níže.

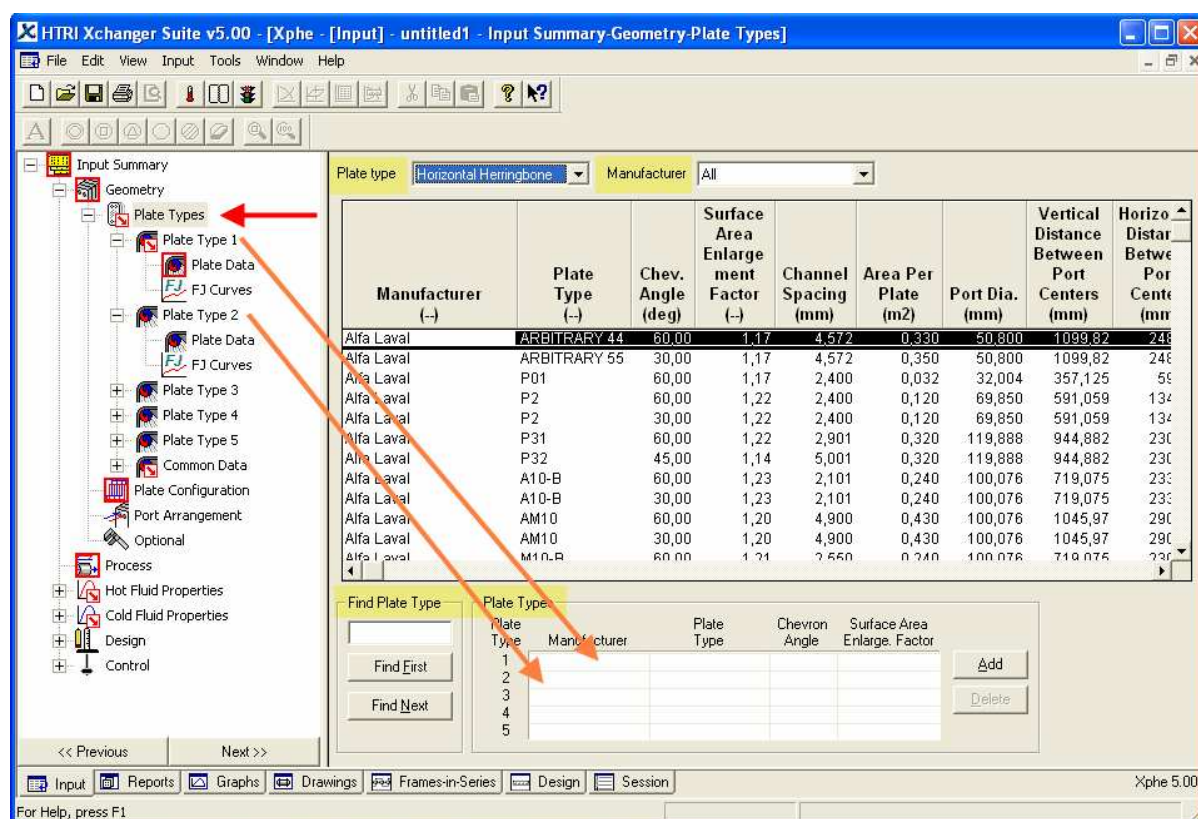
FLOW CONFIGURATION:

<u>Flow in First Pass:</u>	definuje o jaký režim toku, v prním chodu s horkým médiem, se jedná. Lze vybrat protiproud nebo souproud.
----------------------------	---

Inlet Port Location: určuje umístění vstupů pracovních médií. Lze vybrat, zda jsou tyto vstupy na stejné straně nebo proti sobě napříč výměníkem. Společně s předešlým polem tak lze získat čtyři kombinace.

4.3.1. GEOMETRY

Následující panel „**Geometry**“ neobsahuje žádná pole navíc oproti předešlému. Tím byl tedy popsán kompletně. Podpanel „**Plate Types**“ umožňuje zadat jednotlivé typy desek a jejich vlastnosti. To lze udělat několika způsoby, např. výběrem z databáze výrobců (okno uprostřed) a nebo definováním vlastních desek (oranžové šipky). Obě možnosti zachycuje obr.4.3.2.



Obr.4.3.2 Specifikace typu desek

Při zadávání vlastních desek je nezbytně nutné doplnit další údaje, především pak teplosměnnou plochu jedné desky a materiál, ze kterého je deska vyrobena. Na obr.4.3.3 jsou tato pole zobrazena (červeně orámována). Zbývající pole jsou nepovinná a není tedy nutné je vyplňovat.

The screenshot shows the 'Plate Data' tab in the HTRI Xchanger Suite software. The 'Plate Geometry' section includes fields for Manufacturer, Plate ID, Chevron angle (with a red box around the input field), Plate thickness, Area per plate (with a red box around the input field), and Surface area enlargement factor. The 'Plate Material' section includes a dropdown for Material (set to '316 Stainless steel (17 Cr, 12 Ni)') and a field for Thermal conductivity. The 'FJ Curves' tab is also visible, showing a table for User-defined f- & j-curves with columns for Reynolds number, f-Factor, and j-Factor. The 'Area per plate' field is highlighted with a red box.

Obr.4.3.3 Nastavení vlastností desek

Obr.4.3.3 zachycuje obě záložky podpanelu „**Plate Type 1**“. Stejným způsobem se pak vyplní vlastnosti u případně dalších typů desek označených jako „**Plate Type 2**“ atd.

PLATE GEOMETRY:

Téměř všechna pole bylo možné definovat v panelu geometrie, viz obr.4.3.1, kromě:

Area per Plate: teplosměnná plocha jedné desky.

Surface En. Factor: faktor zohledňující tvarovou členitost desky a tedy i její povrch. Lze zadat hodnotu v rozmezí 1 až 1,25. Přednastavena hodnota je 1,17.

PLATE MATERIAL:

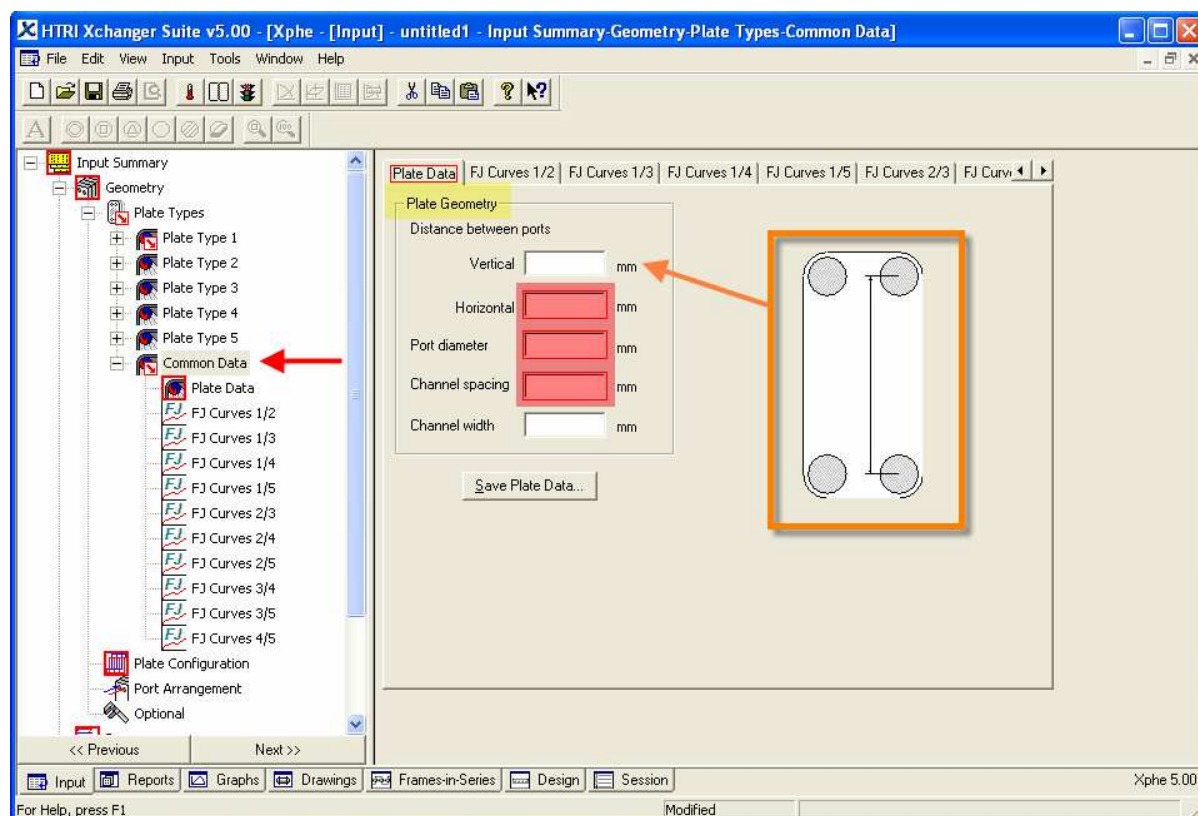
Material: materiál, ze kterého je vyrobena deska. Lze vybrat ze seznamu databanky HTRI. Pokud není možné nalézt požadovaný, pak je nutno zadat „*Not in Databank*“ a vyplnit následující pole.

Thermal Cond.: tepelná vodivost materiálu, ze kterého je deska vyrobena.

USER DEFINED F-J CURVES:

Této problematice byla věnována pasáž u vzduchového chladiče. Viz obr.4.1.11 (str. 41).

Na obr.4.3.4 je zobrazen podpanel „**Common Data**“, ve kterém je nutno specifikovat detailní geometrii desek. K orientaci mezi pojmy slouží názorný obrázek (oranžový rám), na kterém se mění kóta v závislosti na doplňovaném parametru desky.



Obr.4.3.4 Nastavení geometrie desek

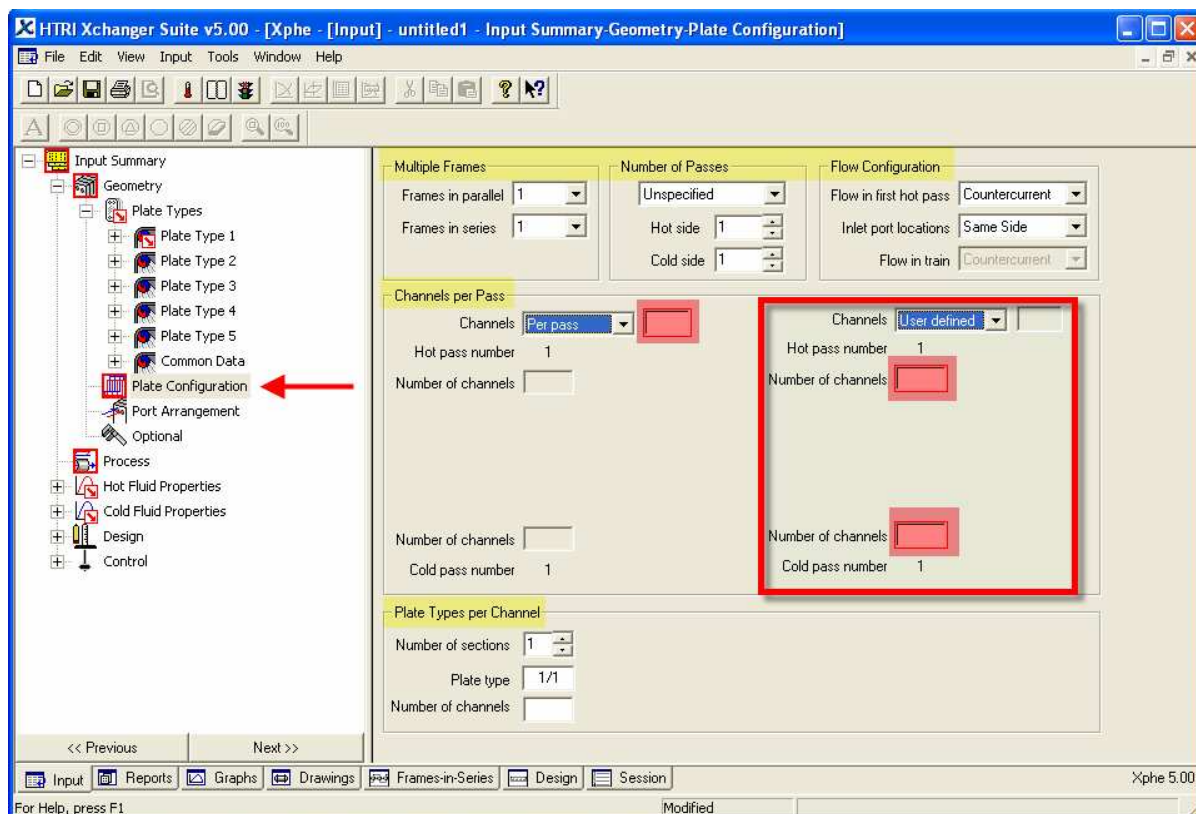
PLATE GEOMETRY:

- | | |
|--------------------------------|--|
| <u>Vertical:</u> | vertikální rozteč mezi otvory pro vstup / výstup média. |
| <u>Horizontal:</u> | horizontální rozteč mezi otvory pro vstup / výstup média |
| <u>Port Diameter:</u> | průměr otvoru pro vstup / výstup média. |
| <u>Channel Spacing:</u> | vůle mezi kanály jednotlivých desek. Dvojnásobek této hodnoty udává vzdálenost mezi dvěma body v nejširším místě se sebou sousedících desek. |
| <u>Channel Width:</u> | šířka kanálu nikoli desky! Tedy největší vzdálenost mezi dvěma krajními body otvorů pro vstup/výstup médií. |

F-J CURVES:

Této problematice byla věnována pasáž u vzduchového chladiče. Viz obr.4.1.11 (str. 41).

Další podpanel „**Plate Configuration**“ nabízí možnosti jakými definovat uspořádání desek v balíku (výměníku) popř. několik balíků desek, jsou-li dostupné. Níže popsané části jsou ty, které nebylo možné zadat v předchozích panelech (převážně obr.4.3.1).



Obr.4.3.5 Nastavení uspořádání desek

MULTIPLE FRAMES:

V případě zapojení více výměníků současně je nutno brát v potaz, že program uvažuje výměníky stejných vlastností / geometrie. Jsou-li zapojeny různé výměníky, je nutno postupovat podle návodu v helpu programu.

Frames in Parallel: udává kolik výměníků je současně paralelně zapojeno. Zadat lze maximálně hodnotu 99.

Frames in Series: udává kolik výměníků je současně zapojeno do série. Lze zadat maximálně 99 výměníků.

FLOW CONFIGURATION:

Pole bylo možno definovat již u obr.4.3.1 v souhrnném panelu. Jediná (nedostupná) položka je „*Flow in Train*“, která je dostupná pouze při zapojení více než jednoho výměníku do série. Je závislá na parametru „*Flow in 1st Hot Pass*“. Určuje režim toku pracovních médií, podrobné informace v helpu.

CHANNELS PER PASS:

Pole bylo možno definovat již u obr.4.3.1 v souhrnném panelu. Červeně orámovaná část není součástí tohoto pole! Byla vložena pouze jako ilustrativní ukázka závislosti požadovaných vstupních dat na volbě nastavení zadání kanálů na počtu chodů.

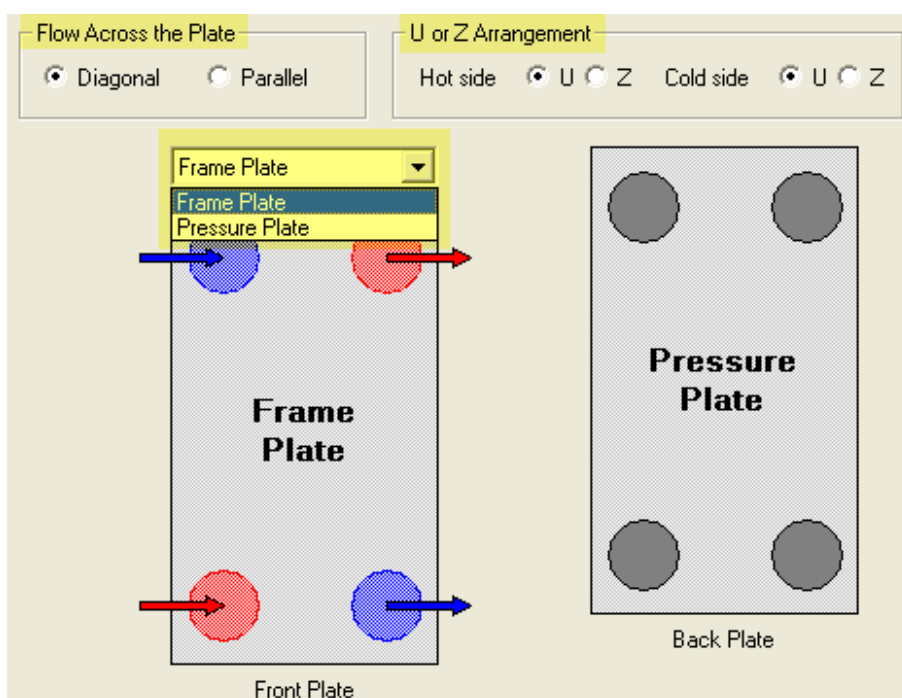
PLATE TYPES PER CHANNEL:

Udává uspořádání druhů desek napříč celému balíku. Je-li specifikován pouze jeden typ desek, pak je použit u všech desek. Jsou-li specifikovány dva druhy desek, pak je možné uspořádat je 1/1, 1/2, 2/2, kde první číslo značí první typ desky a druhé naopak druhý typ desky. Takto lze postupovat i při vyšším počtu desek.

Number of Sections: udává kolik druhů různých desek je v jednom balíku. Maximum je 12 druhů desek.

Plate Type: udává kombinaci desek v jedné sekci balíku (např. 1/1, 2/2 atd.)

No. of Channels: udává počet kanálů v jedné sekci. Součet všech kanálů ve všech sekcích musí být roven celkovému počtu kanálů obou médií.



Obr.4.3.6 Nastavení uspořádání chodů desek

Předposledním panelem v struktuře „Geometry“ je panel „**Port Arrangement**“. V něm je možné definovat vzájemné uspořádání chodů desek a jejich vstupních / výstupních otvorů pro média. Při specifikaci se interaktivně mění oba orientační obrázky a je tak ihned jasný význam jednotlivých zapojení. Proto není nutný další podrobný popis.

Na obr.4.3.7 je zobrazen poslední podpanel „**Optional**“. V něm lze zadat doplňující údaje jako je materiál těsnění, délka stažených desek atd.

Obr.4.3.7 Definice charakteristik balíku desek

4.3.2. PROCESS

Specifikace procesních vlastností je obdobná jako u výměníků „Xace“. Viz kapitola 4.1.2 (str.43). Odpadá možnost zadat nadmořskou výšku u chladného média, je nutno zadat vstupní tlak, stejně jako průtok tohoto média. Zbývající pole jsou shodná.

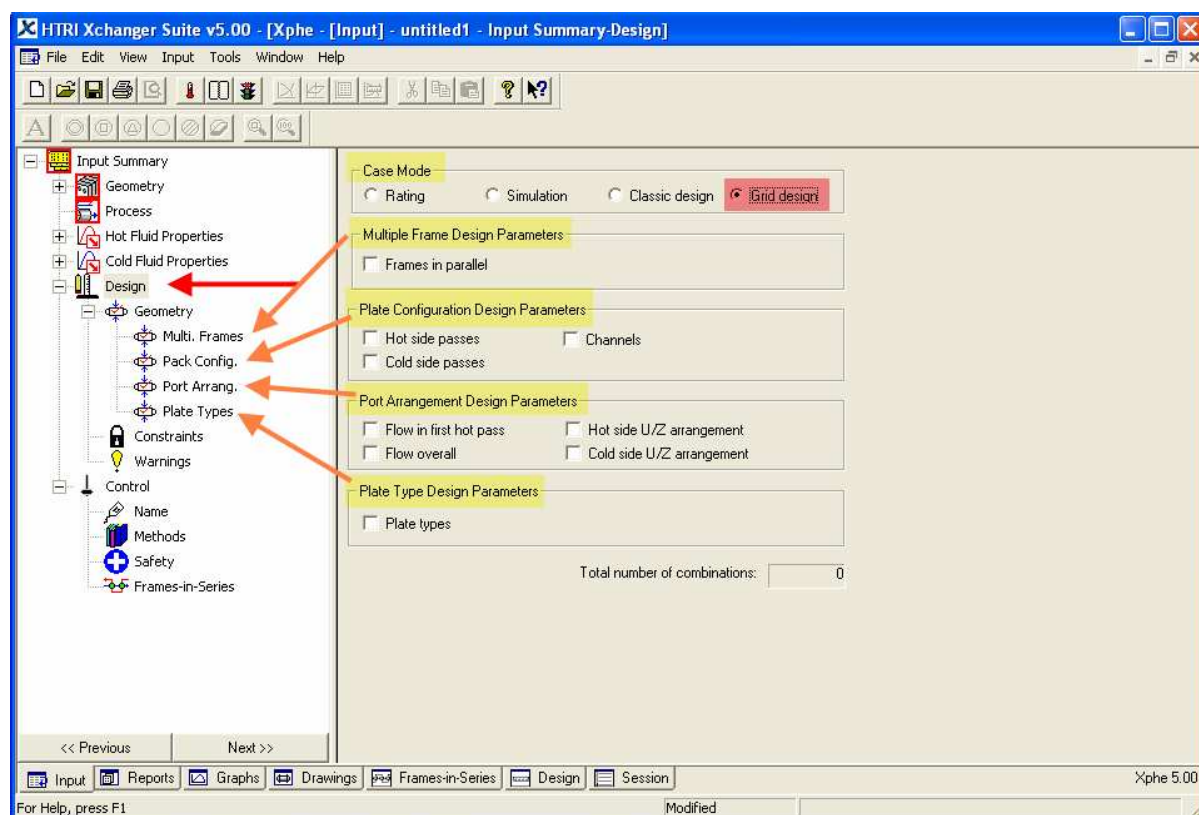
Obr.4.3.8 Specifikace procesních vlastností deskového výměníku

4.3.3. FLUID PROPERTIES

Specifikace vlastností pracovních médií je naprosto totožná s předcházejícími typy výměníků. Bližší informace je možné nalézt v kapitole 4.1.3 (str. 45) a 4.1.6 (str. 64).

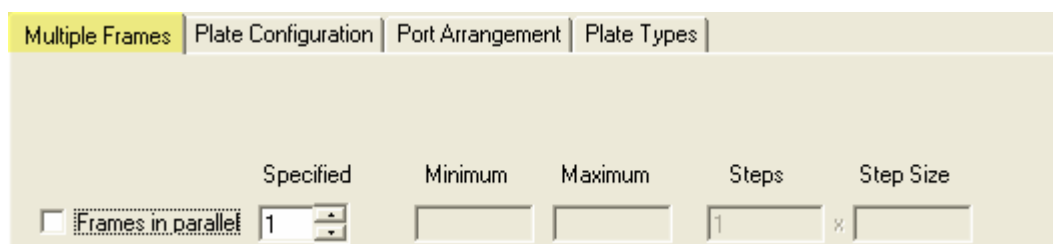
4.3.4. DESIGN

Oproti předešlým typům výměníků, je tato pasáž zcela specifická. Proto je zapotřebí se jí více věnovat. Celá nabídka možností je dostupná pouze v módu „Grid Design“ (viz kap. 2.3 na str.12). Tato nabídka je totožná s následujícím podpanelem „*Geometry*“.



Obr.4.3.9 Nastavení metody výpočtu a její limitace

Podpanel „*Multiple Frames*“ je zobrazen na obr.4.3.10. Slouží k definici dělení paralelně zapojených výměníků. Program v tomto rozdělení bude hledat nejlepší řešení.



Obr.4.3.10 Nastavení rozsahu dělení paralelně zapojených výměníků

Podpanel „**Plate Configuration**“ je zobrazen na obr.4.3.11. Slouží k definici dělení jednotlivých chodů a kanálů. Obdobně jako v předešlém případě, i zde bude program hledat nejlepší řešení v zadaných intervalech hodnot. Je nutno specifikovat nejmenší počet chodů, největší povolený počet chodů a počet kroků (a jejich velikost), ve kterých bude výpočet probíhat.

	Specified	Minimum	Maximum	Steps	Step Size
☒ Hot side passes	1	1	1	1	1
☐ Cold side passes	1			1	
☐ Channels	User defined			1	

Obr.4.3.11 Nastavení rozsahu dělení chodů

Podpanel „**Port Arrangement**“ je zobrazen na obr.4.3.12. Je určen ke specifikaci vlastností toků. Zadané hodnoty budou považovány za požadované a program s nimi bude vytvářet různé kombinace řešení. Pojmy zde uvedené již byly popsány v kapitole 4.3.1.

	Specified	Options
☐ Flow in first hot pass	Countercurrent	☐ Countercurrent ☐ Cocurrent
☐ Flow overall	Same Side	☐ Countercurrent ☐ Cocurrent
☐ Hot side U/Z arrangement	U	☐ U ☐ Z
☐ Cold side U/Z arrangement	U	☐ U ☐ Z

Obr.4.3.12 Nastavení uspořádání a režimu toků

Poslední podpanel „**Plate Types**“ je zobrazen na obr.4.3.13. Není-li zaškrtnuté pole v pravém horním rohu, pak program použije hodnoty zadané v geometrii (obr.4.3.2). Je-li pole zaškrtnuté, bude program při návrhu používat různou kombinaci zadaných typů desek a hledat nejlepší řešení.

Multiple Frames | Plate Configuration | Port Arrangement | Plate Types

Plate type: Horizontal Herringbone ☒ Plate types

	Manufacturer	Plate Type	Chevron Angle
1	Alfa Laval	ARBITRARY 44	60,00
2	Alfa Laval	ARBITRARY 55	30,00
3	Alfa Laval	P01	60,00
4	Alfa Laval	P2	60,00
5	Alfa Laval	P2	30,00
6	Alfa Laval	P31	60,00
7	Alfa Laval	P32	45,00
8	Alfa Laval	A10-B	60,00
9	Alfa Laval	A10-R	30,00

Add Plate 1
Set Plate 2

Plate 1

Manufacturer	Plate Type	Chevron Angle

Plate 2

Manufacturer	Plate Type	Chevron Angle

Remove Plates Remove Plate 2 Total number of combinations: 1

Obr.4.3.13 Nastavení návrhu výpočtu pomocí typů desek

Podpanel „**Constraints**“ slouží k definici dalších omezení výpočtu. Možnosti zadání jsou zobrazeny na obr.4.3.14. Jmenovitě jde o omezení rychlosti proudění v kanálech, dále na vstupních / výstupních otvorech (hrdlech), tlakové ztráty v kanálech, tlakové ztráty na všech hrdlech a ekvivalentní smykové napětí. Stejná omezení lze definovat i na chladném médiu.

	Minimum	Maximum	
Hot Fluid			
Channel velocity			m/s
Port velocity			m/s
Channel pressure drop			% of total
Port pressure drop			% of total
Equivalent shear stress			kPa

Obr.4.3.14 Definice omezujících podmínek výpočtu

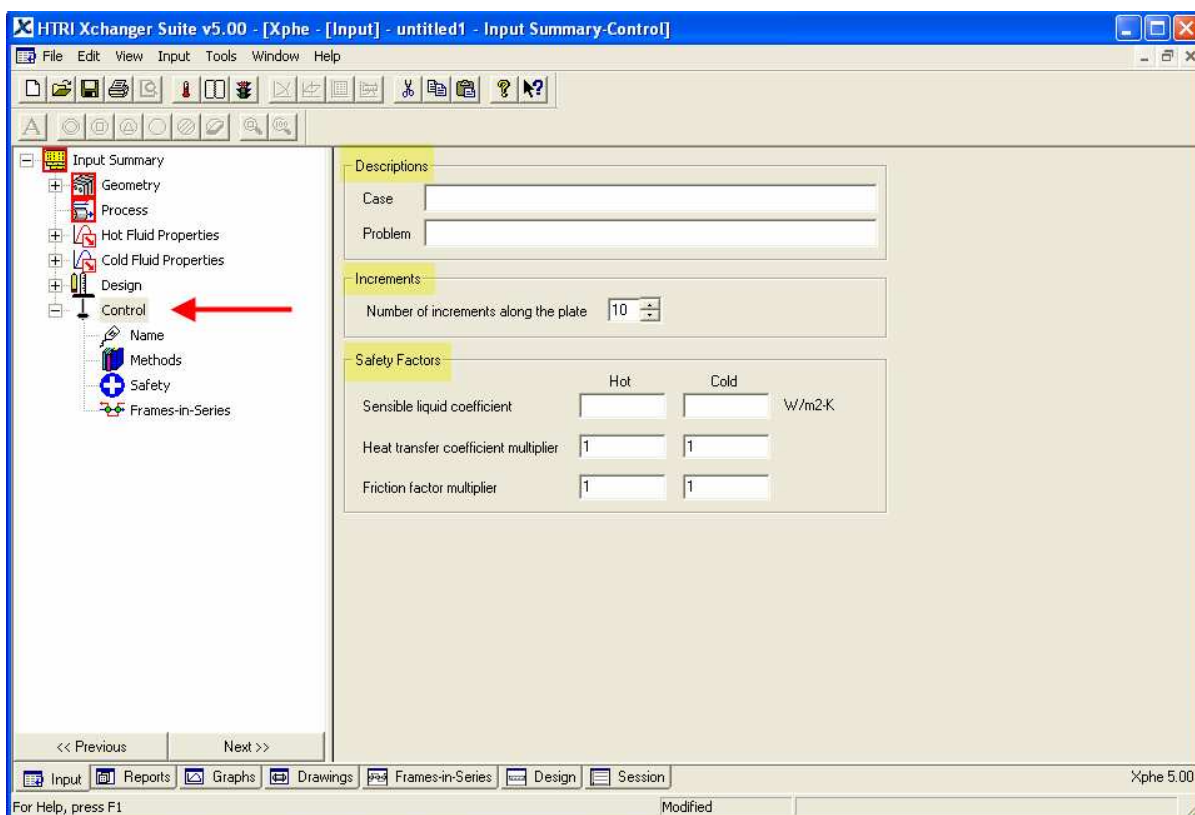
Podpanel „**Warnings**“ již tradičně umožňuje nastavit alarmy v případě překročení určité teploty. Konkrétně pro teploty stěn desek na straně obou pracovních médií a teploty, které musí snášet materiál pod povrchem vrstvy zanášení, je-li přítomné.

	Minimum	Maximum	
Hot stream plate wall temperature			C
Cold stream plate wall temperature			C
Plate type 1 metal temperature			C
Plate type 2 metal temperature			C

Obr.4.3.15 Nastavení alarmů

4.3.5. CONTROL

Kontrolní panel nabízí stejné možnosti nastavení jako předešlé typy výměníků s tím rozdílem, že některá pole jsou upravena pro teplosměnné segmenty – desky. V této kapitole budou popsány převážně tyto odlišnosti, všechna ostatní pole lze vyplnit dle kapitoly 4.1.5 (str. 56).



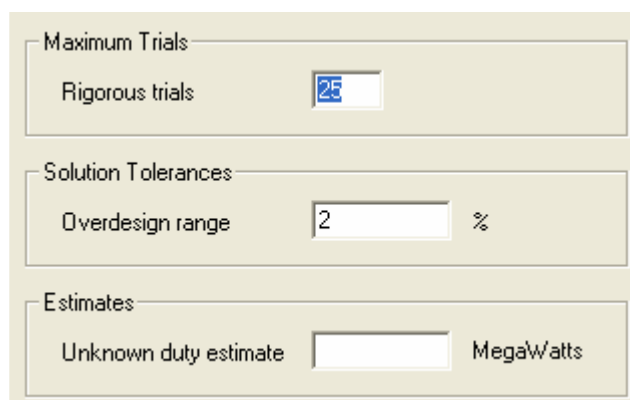
Obr.4.3.16 Úvodní okno kontrolního panelu

INCREMENTS:

Hodnota uvedená v tomto poli znamená do kolika segmentů bude rozdělena každá z teplosměnných desek ve směru toku pracovního média. V každé z těchto oblastí pak program vypočítá přenos tepla a tlakovou ztrátu v závislosti na lokálních vlastnostech pracovního média. Program akceptuje zadání hodnot v rozmezí 1 až 10.

Podpanel „**Name**“ nezaznamenal žádné změny a v dalším podpanelu „**Methods**“ je dostupné nastavení pro výše popsané „**Increments**“. Rovněž další podpanel „**Safety**“ není nutno více rozepisovat, neboť obsahuje jen modifikace polí z předcházejících typů výměníků.

Až poslední podpanel „**Frames in Series**“, jehož podoba je zobrazena na obr.4.3.17, je naprosto specifickým nastavením pro deskový výměník tepla. Dovoluje nastavit ovládací prvky v případě sériového zapojení více výměníků.



Obr.4.3.17 Úvodní okno kontrolního panelu

MAXIMUM TRIALS:

Specifikuje maximální počet iteračních pokusů ke konvergenci při výpočtu výměníku.

SOLUTION TOLERANCES:

Specifikuje maximální povolený rozsah overdesignu mezi libovolnými dvěma „rámy“ ze sériově zapojených výměníků.

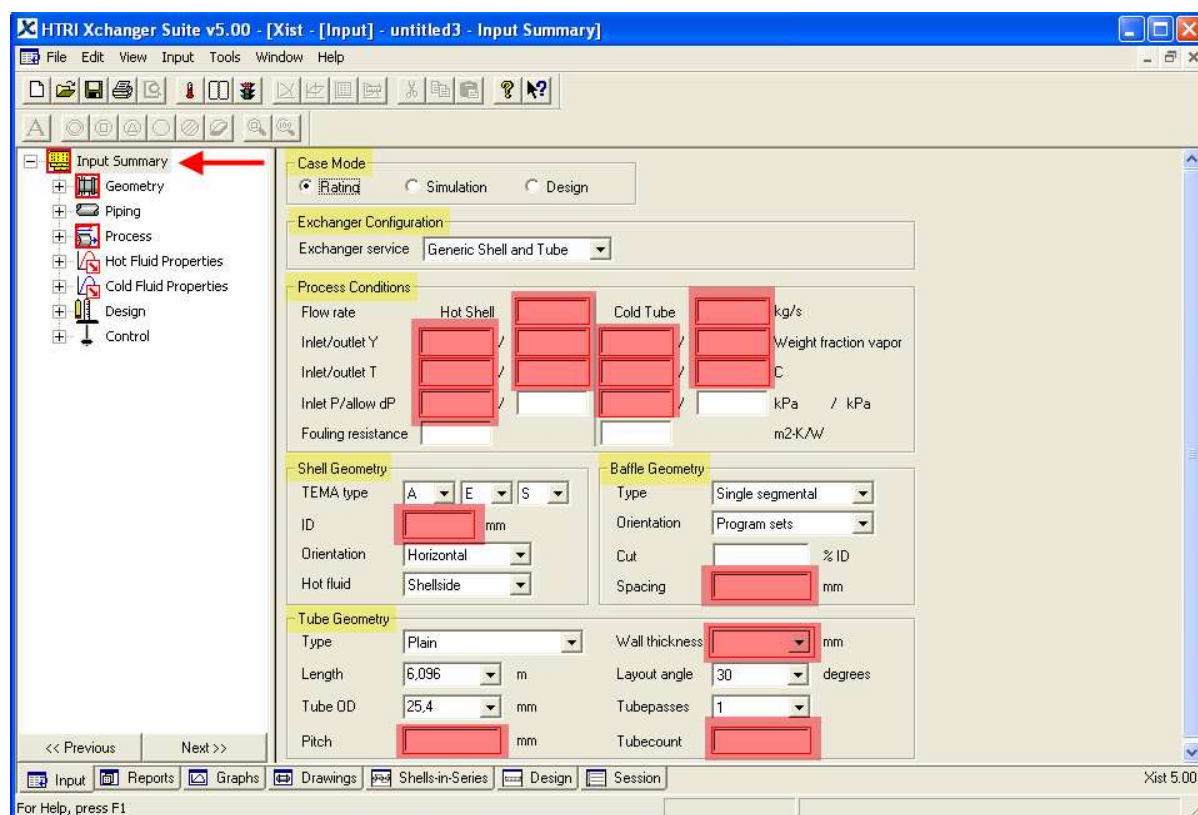
ESTIMATES:

Odhad neznámého tepelného výkonu.

4.4. SHELL AND TUBE EXCHANGER

Jako poslední typ výměníku tepla bude popsán v praxi nejužívanější typ tj. trubkový výměník s přepážkovým systémem. Díky tomu jsou snadno dostupná data a standardy pro jeho úspěšné řešení. Nejznámějším a celosvětově nejrozšířenějším standardem pro trubkové výměníky se stala TEMA [3]. Program HTRI na tento standard velice úspěšně navazuje se svými praxí ověřenými hodnotami a vztahy a proto bývají jeho výsledky velice přesné a pro projektanta nesmírně přínosné.

V této kapitole budou popsány a uvedeny už jen ty parametry, které nebylo možné popsat na žádném z předchozích typů výměníku. Kapitoly jako je „Process“ či „Hot / Cold Fluid Properties“ tedy nebudou vůbec zahrnuty, neboť jsou identické se všemi předešlými.



Obr.4.4.1 Úvodní okno souhrnného panelu

EXCHANGER CONFIGURATION:

Exchanger Service: definuje pro jaký servis má být daný výměník počítán. Jsou na výběr dvě možnosti. Podle toho jaká je zvolena se zpřístupní další nezbytné nastavení a „typy aparátů“ (např. reflux cond., evaporator, reboiler atd.).

GENERIC S&T: obecný trubkový výměník. Jde o přednastavenou variantu.

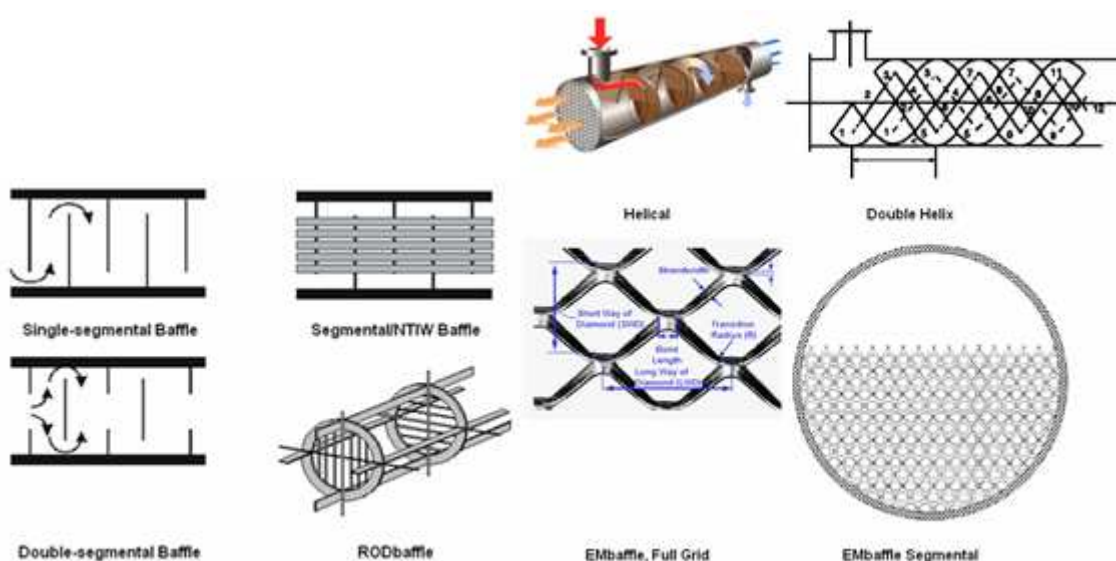
FLOODED EVAP.: zaplavený výparník. Budou dostupné nastavení pro tyto úzce specializované výměníky.

SHELL GEOMETRY:

<u>TEMA Type:</u>	definuje typ výměníku resp. jeho geometrii na základě TEMA standardu.
<u>ID:</u>	vnitřní průměr pláště. Hodnota musí být menší než 25 400 mm.
<u>Orientation:</u>	orientace výměníku. Lze vybrat horizontální, vertikální nebo nakloněnou orientaci.
<u>Hot Fluid:</u>	definuje v jaké části bude proudit horké pracovní médium. Lze vybrat mezi pláštěm a trubkami.

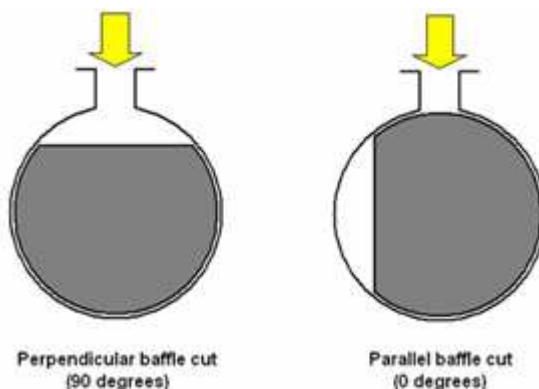
BAFFLE GEOMETRY:

<u>Type:</u>	definuje typ přepážek ve výměníku. V závislosti na tomto typu jsou pak dostupná další pole. Lze vybrat z několika druhů, pro snazší názornost jsou tyto typy zobrazeny na obr.4.4.2.
--------------	--



Obr.4.4.2 Typy přepážek v trubkovém výměníku

<u>Orientation:</u>	orientace výřezu přepážek vzhledem k pomyslné ose, která prochází skrze vstupní hrdlo pláště. Viz obr.4.4.3.
<u>Cut:</u>	udává kolik procent z průměru pláště bude odejmuto z přepážky pro proudící médium.
<u>Spacing:</u>	udává osovou vzdálenost dvou sousedících přepážek. Pole není dostupné pro TEMA X výměníky a výměníky bez přepážek.



Obr.4.4.3 Orientace prepážek

TUBE GEOMETRY:

Ačkoli toto pole je dostupné i u „Xace“ výměníků, dochází zde k poměrně rozsáhlé modifikaci možností a proto je nutné jej blíže popsat.

Type: definuje typ trubek, který bude použit ve svazku trubek. Vybírat lze z celkem pěti (5) následujících možností.

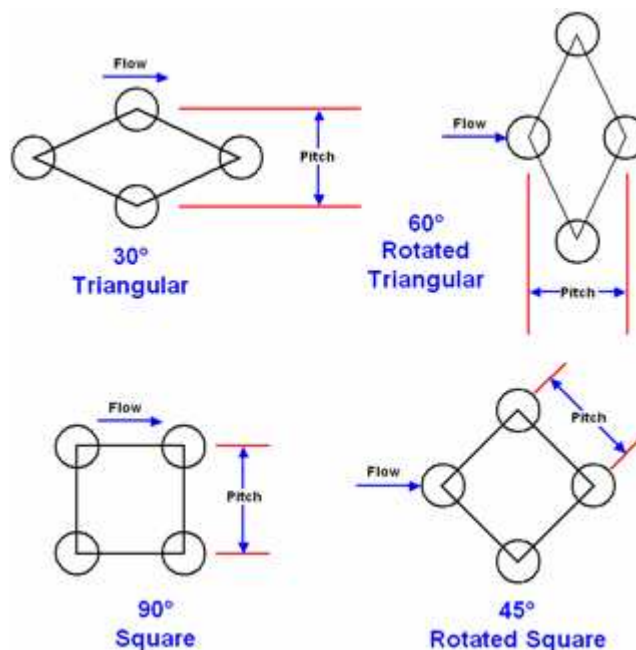
PLAIN:	hladké trubky.
LOW FINNED.:	nízkožebrované provedení trubek. Část trubky je hladká a část žebrovaná, ovšem pouze do výšky průměru hladké trubky (tedy redukuje vnitřní Φ).
LONGITUDINAL F.:	podélné žebrování trubek.
HIGH FLUX.:	jedná se o obchodní označení podélně žebrované trubky společnosti UOP.
WEILAND GEWA-KS:	zcela specifický typ žebrování po celkové délce trubky. Viz on-line help v programu.

Pitch: oproti „Xace“ výměníkům, kde bylo nutno zadat rozteče v obou směrech, je specifikace rozteče trubek u trubkového výměníku závislá na poli „Layout Angle“. Tato závislost je zobrazena na obr.4.4.4 níže.

Layout Angle: udává uspořádání trubek ve svazku vzhledem k jejich vzájemné orientaci a také vzhledem ke smyslu proudění média. Hodnota ovlivní i způsob definice rozteče. Na obr.4.4.4 je názorně tato závislost zobrazena.

Tubepasses: udává počet chodů trubek ve svazku trubek. Maximální možná hodnota je 16 chodů.

Tube count: počet trubek ve svazku.



Obr.4.4.4 Základní parametry uspořádání trubek

4.4.1. GEOMETRY

Podpanel „**Geometry**“ již neobsahuje žádné doplňující parametry, všechny šlo zadat v souhrnném panelu. Jeho prvním podpanelem je „**Shell**“, ve kterém lze detailně specifikovat geometrii pláště. Viz obr.4.4.5. Většina polí již byla obsažena v souhrnném panelu, zbývá jen popsat pole „**Multiple Shells**“, „**Flow Direction**“ a „**Hot Fluid Location**“.

The screenshot shows the **Geometry** panel with the following sections and controls:

- Case Mode:** Radio buttons for **Rating** (selected), **Simulation**, and **Design**.
- TEMA Type:** Three dropdown menus for **A**, **F**, and **U**.
- Shell Inside Diameter:** A text input field with a red border and the unit **mm**.
- Shell Orientation:** Radio buttons for **Horizontal** (selected), **Vertical**, and **Inclined**.
- Hot Fluid Location:** Radio buttons for **Shellside (Outside tubes)** and **Tubeside (Inside tubes)** (selected).
- Multiple Shells:**
 - Number of shells in parallel: **1**
 - Number of shells in series: **1**
 - Multi-shell configuration: A dropdown menu.
- Flow Direction:**
 - Flow in 1st tubepass: **Countercurrent**
 - Flow in train: **Countercurrent**

Obr.4.4.5 Specifikace geometrie pláště

MULTIPLE SHELLS:

Udává je-li zapojeno více výměníků současně. Pak lze definovat následující pole:

Shells in Parallel: počet výměníků zapojených paralelně.

Shells in Series: počet výměníků zapojených do série.

M-S Configuration: pole je dostupné pouze v případě zapojení do série a udává v jakém uspořádání jsou zapojeny jednotlivé chody pracovních médií.

FLOW DIRECTION:

U každého pole lze zadat buď souproud (cocurrent) nebo protiproud (countercurrent). Pole „*Flow in 1st Pass*“ udává proudění v prvním chodu trubek, pole „*Flow in Train*“ pak definuje proudění v případě sériového zapojení více výměníků.

HOT FLUID LOCATION:

Definuje v jakém prostoru bude proudit horké pracovní médium. Lze vybrat plášť (shellside) resp. vně trubek nebo trubky (tubeside) tj. uvnitř trubek.

Podpanel „**Reboiler**“ obsahuje specifické možnosti nastavení speciálního typu aparátu tzv. vařáku. Ty jsou zobrazeny na obr.4.4.6. Nabídka se mění v závislosti na TEMA typu.

The screenshot shows the 'Reboiler Data' configuration window. It contains several input fields and a dropdown menu. The 'Reboiler type' dropdown is open, showing three options: 'No piping specified', 'Thermosiphon reboiler' (which is highlighted in blue), and 'Forced flow reboiler'. Below the dropdown, there are input fields for 'Bundle diameter', 'Kettle diameter', 'Liquid level height/bundle diameter', 'Entrainment ratio', 'Number of boiling components', and 'Required liquid static head'. At the bottom of the panel, there is a section titled 'Inlet Pressure Location' with three radio buttons: 'At inlet nozzle' (which is selected), 'At column bottom', and 'At top of bundle'.

Obr.4.4.6 Specifikace reboileru (vařáku)

REBOILER DATA:

Reboiler Type: definuje druh reboileru a tedy metodu jeho specifikace. Typ lze zadat následovně:

NO PIPING SPEC.: konvenční S-T výměník.

THERMOSIPHON.: vyžaduje specifikaci panelu „*Piping*“. Ten bude podrobně popsán níže v této kapitole.

FORCED FLOW: vyžaduje rovněž specifikaci panelu „*Piping*“.

Bundle Diameter: pole je dostupné pouze je-li vybrán plášť TEMA K (Kettle). Pak je nutno zadat průměr svazku trubek.

Kettle Diameter: největší vnitřní průměr pláště reboileru.

Liquid Level Height: pole je opět dostupné pouze pro TEMA K plášť. Udává výšku hladiny kapaliny v tomto plášti.

Entrainment Ratio: udává množství kapaliny unášené ve výstupním parním proudu. Toto pole je opět dostupné pouze pro TEMA K plášť.

Boiling Comp.: počet složek pracovního média, které ovlivňují šířku varu.

Required L.S.H.: udává rozdíl mezi výškou hladiny kapaliny v nádrži a nejnižším bodem svazku trubek reboileru.

INLET PRESSURE LOCATION:

Udává lokaci bodu vstupního tlaku. Na výběr jsou následující možnosti.

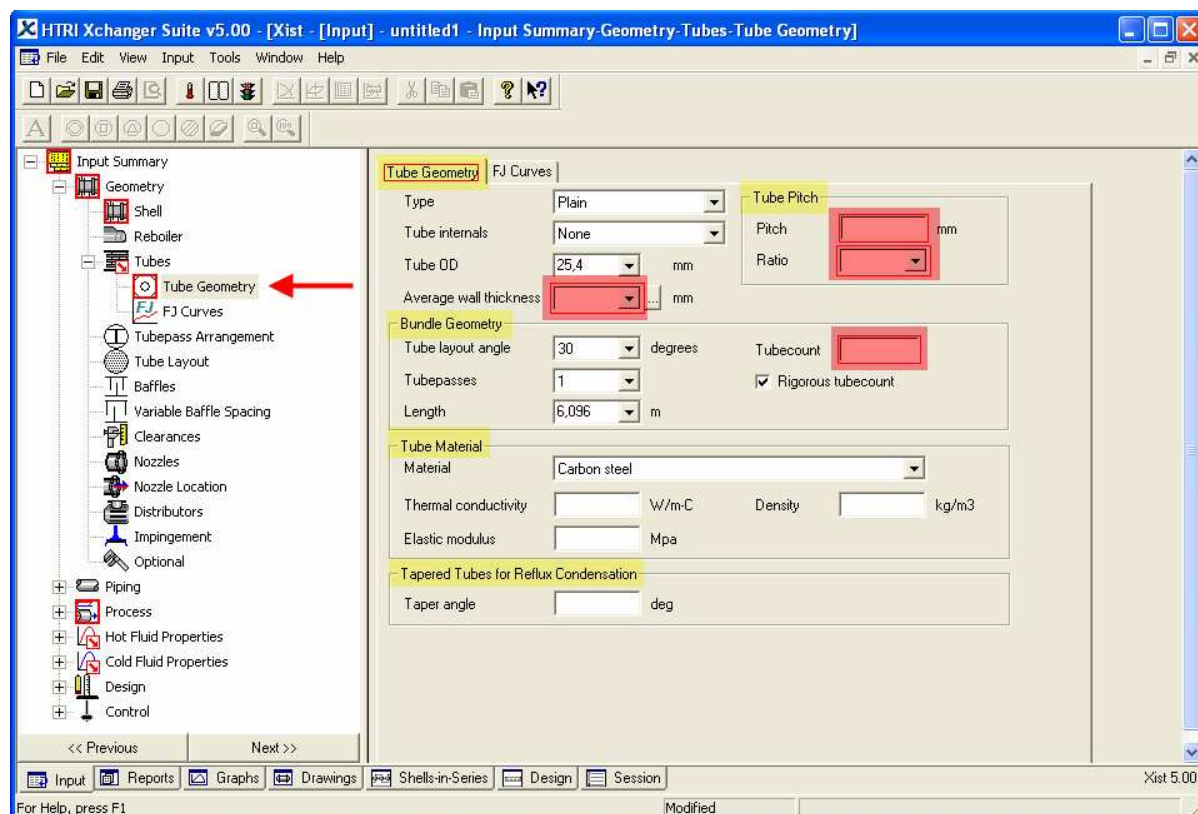
At Inlet Nozzle: na vstupním hrdle.

At Column Bottom: v nejnižším bodě kolony (nádrže).

At Top of Bundle: v nejvyšším bodě svazku trubek.

Na následujícím obr.4.4.7 je zobrazen podpanel „**Tubes**“. Jak napovídá samotný název, jde o nastavení trubek. Typ trubek, jejich vnější průměr a další parametry bylo možno zadat už v souhrnném vstupním panelu (viz obr.4.4.1).

První záložka „**Tube Geometry**“ je popsána níže, druhá záložka „**FJ Curves**“ byla podrobně popsána v pasáži u obr.4.1.11. U trubkového výměníku tepla je jen nutno rozlišit na jakou část bude metoda aplikována, zda na straně trubek či v plášti.



Obr.4.4.7 Specifikace trubek

TUBE GEOMETRY:

Parametry bylo možno definovat v souhrnném vstupním panelu (viz obr.4.4.1).

Tube Internals:

specifikuje vnitřní úpravu trubek. Lze vybrat mezi „*Twisted Tape*“, což značí přítomnost drátku po vnitřním obvodu trubky stočeného do šroubovice nebo „*Micro-Fin*“, což je žebrování uvnitř trubky. Poslední možností je „*None*“ – žádná úprava.

TUBE PITCH:

Pitch:

rozteč trubek. Je závislá na uspořádání trubek (viz obr.4.4.4).

Ratio:

udává poměr mezi roztečí a vnějším průměrem trubek. Pole je povinné a jeho hodnota se pohybuje od 1,25 do 1,5.

BUNDLE GEOMETRY:

Veškerá pole byla možno definovat v souhrnném vstupním panelu (viz obr.4.4.1). Checkbox „*Rigorous tubecount*“ slouží k detailnímu výpočtu počtu trubek. Při tomto způsobu se uvažuje s reálným rozvržením trubek. Pokud pole není zaškrtnuté, počítá program aproximačně tj. navrhne počet trubek ve svazku bez ohledu na jejich polohu.

TUBE MATERIAL:

<u>Material:</u>	materiál, ze kterého jsou vyrobeny trubky. Není-li možný výběr z databáze HTRI, jsou požadovány následující parametry.
<u>Thermal Cond.:</u>	tepelná vodivost materiálu trubek.
<u>Elastic Modulus:</u>	modul pružnosti materiálu trubek.
<u>Density:</u>	hustota materiálu trubek.

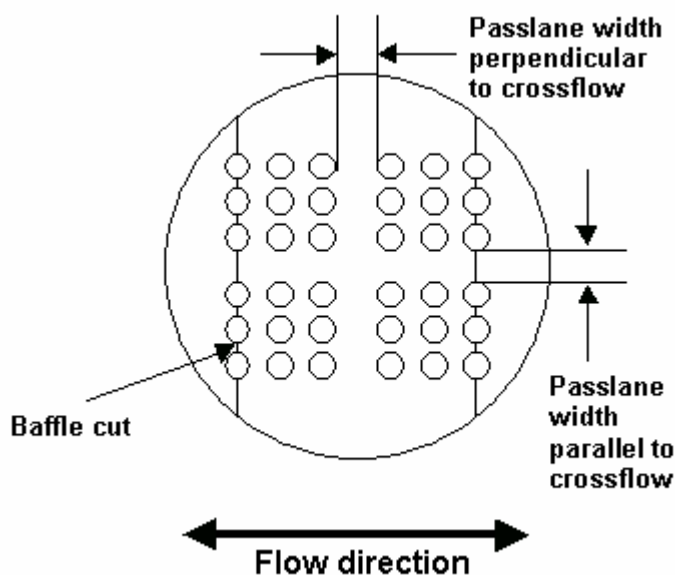
TAPERED TUBES FOR REFLUX CONDENSATION:

<u>Taper Angle:</u>	„náběhový“ úhel na spodní části trubek. Jde vlastně o výřez trubky sloužící ke zvýšení vstupní rychlosti média do trubek, aniž by došlo k zaplavení. Toto pole má tedy význam pouze u kondenzátorů, ve kterých dochází ke kondenzaci média. Úhel je měřen od horizontály vstupu.
---------------------	--

Na obr.4.4.8 je zobrazen následující podpanel „**Tubepass Arrangement**“, ve kterém je možné specifikovat uspořádání chodů trubek. První dva parametry „*Parallel / Perpendicular Passlanes*“ jsou detailně znázorněny na obr.4.4.9. Udávají počet a šířku volných pruhů (řad) vzhledem k režimu toku.

The image shows a software interface for specifying tube pass arrangements. It has two columns for 'Parallel Passlanes' and 'Perpendicular Passlanes'. Each column has 'Number' and 'Width' (mm) input fields. Below these are checkboxes for 'Force symmetric layout' and 'Force continuous cleaning lanes'. The bottom part shows 'Tubepass layout' and 'First tubepass location' with circular diagrams labeled 'Program Set'. At the very bottom is a dropdown for 'Tubes to remove for tie rods' set to 'Program set'.

Obr.4.4.8 Specifikace uspořádání chodů trubek



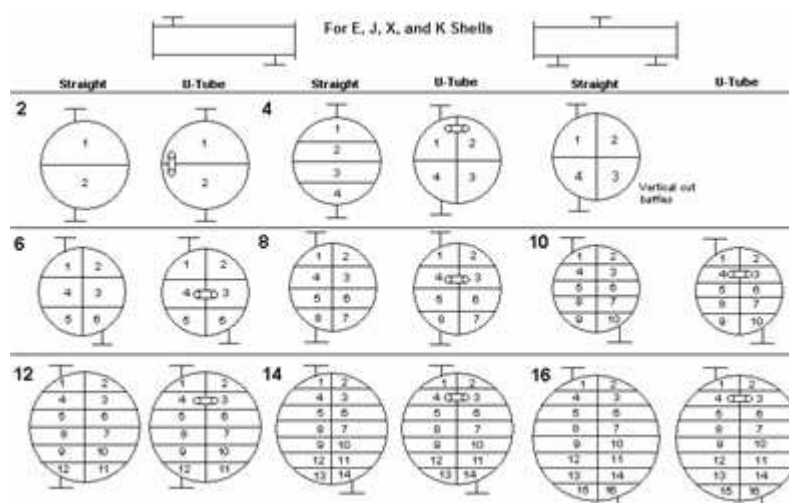
Obr.4.4.9 Řez napříč svazkem trubek

Force Symmetric: program bude nuceně hledat symetrické uspořádání tak, že vždy při rigorózním návrhu vyloučí přebytečné trubky z obou stran svazku.

Force Continous CL: program bude nuceně navrhovat takové uspořádání, při kterém bude možné zachovat řady pro průběžné čištění. Tato možnost je dostupná pouze pro symetrické uspořádání, tedy je-li volný prostor pod vstupním a výstupním hrdlem pláště totožný.

TUBEPASS LAYOUT:

Uspořádání chodů trubek v plášti. Maximum chodů je 16 v závislosti na typu pláště. Možné uspořádání pro pláště TEMA E, J, X a K je zobrazeno na obr.4.4.10.



Obr.4.4.10 Uspořádání chodů ve vybraných typech pláště

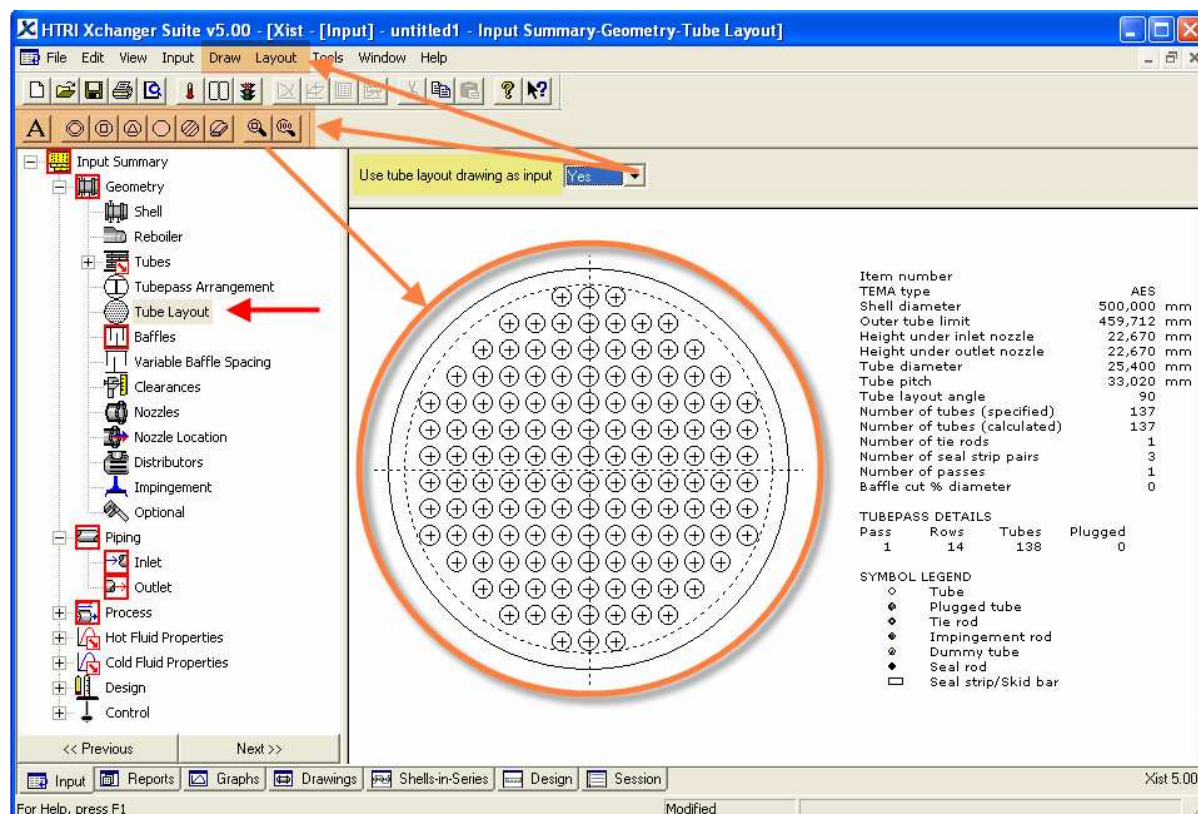
FIRST TUBEPASS LOCATION:

Udává polohu prvního chodu svazku trubek v plášti v závislosti na procesních a geometrických podmínkách.

TUBES TO REMOVE FOR TIE RODS:

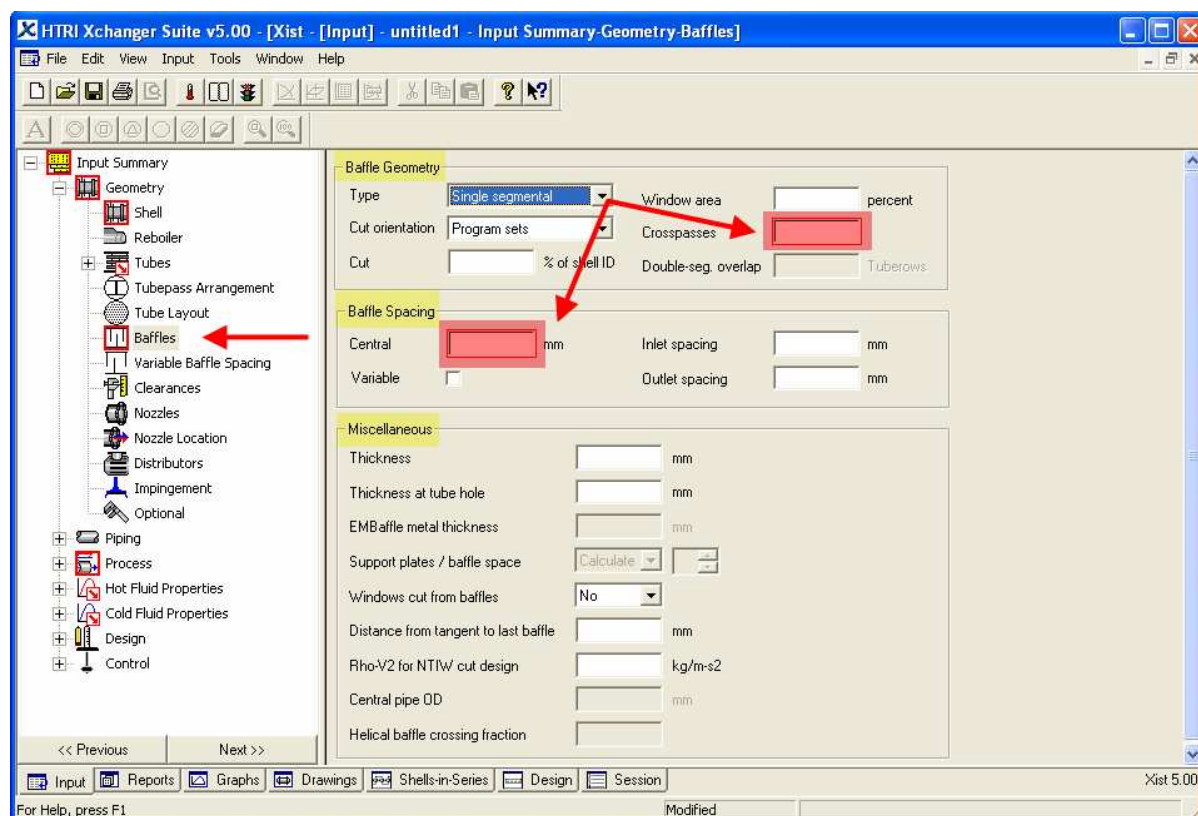
Specifikuje kolik trubek bude nahrazeno spojovacími tyčemi. Lze volit mezi „None“, tedy žádná nebo „User Set“, tedy zadáno uživatelem a nebo „Program Set“, tedy dle TEMA standardu. Tato varianta je výchozí.

Obr.4.4.11 zachycuje další z podpanelů „**Tube Layout**“, ve kterém je názorně možné určit detailní rozložení trubek napříč celému plášti. Jsou tak dostupné základní informace nejen o počtu trubek, ale i o geometrii uvnitř pláště. Aby bylo možné vidět toto rozložení, je nutné zadat, v panelu geometrie, vnitřní průměr pláště, průměr trubek a jejich rozteč. Navíc je zde možné graficky zcela libovolně navrhnout složení, polohu a počet jednotlivých typů trubek, těsnění, spojovacích tyčí atd. Každá změna zde ovlivní i příslušná pole v panelech.



Obr.4.4.11 Návrh rozložení trubek v plášti

Další podpanel „**Baffles**“ je určen ke specifikaci přepážek v plášti. Možnosti zadání jsou přehledně vidět na obr.4.4.12. Povinná pole se liší v závislosti na zvoleném typu těchto přepážek. Jejich přehled byl popsán v této kapitole (viz obr.4.4.2). Níže tedy budou popsána pouze dříve neuvedená pole.



Obr.4.4.12 Specifikace přepážek v plášti

BAFFLE GEOMETRY:

Window Area:

nemá opodstatnění, je-li zadána hodnota „Baffle Cut“. Jde o poměr mezi plochou trubek ve vyřízlém „okně“ a celkovou plochou trubek svazku v daném řezu.

Crosspasses:

udává počet kolikrát pracovní médium v plášti projde napříč celému svazku trubek.

Double-s. Overlap:

v případě více segmentových přepážek udává velikost jejich překrytí ve směru toku pracovního média v plášti.

BAFFLE SPACING:

Variable:

umožní nastavit proměnnou vzdálenost mezi přepážkami. Tato možnost zpřístupní podpanel „Variable Baffle Spacing“ pro další detailní nastavení.

Inlet Spacing:

udává vzdálenost první přepážky od osy vstupního hrdla pláště.

Outlet Spacing:

udává vzdálenost poslední přepážky od osy výstupního hrdla pláště.

MISCELLANEOUS:

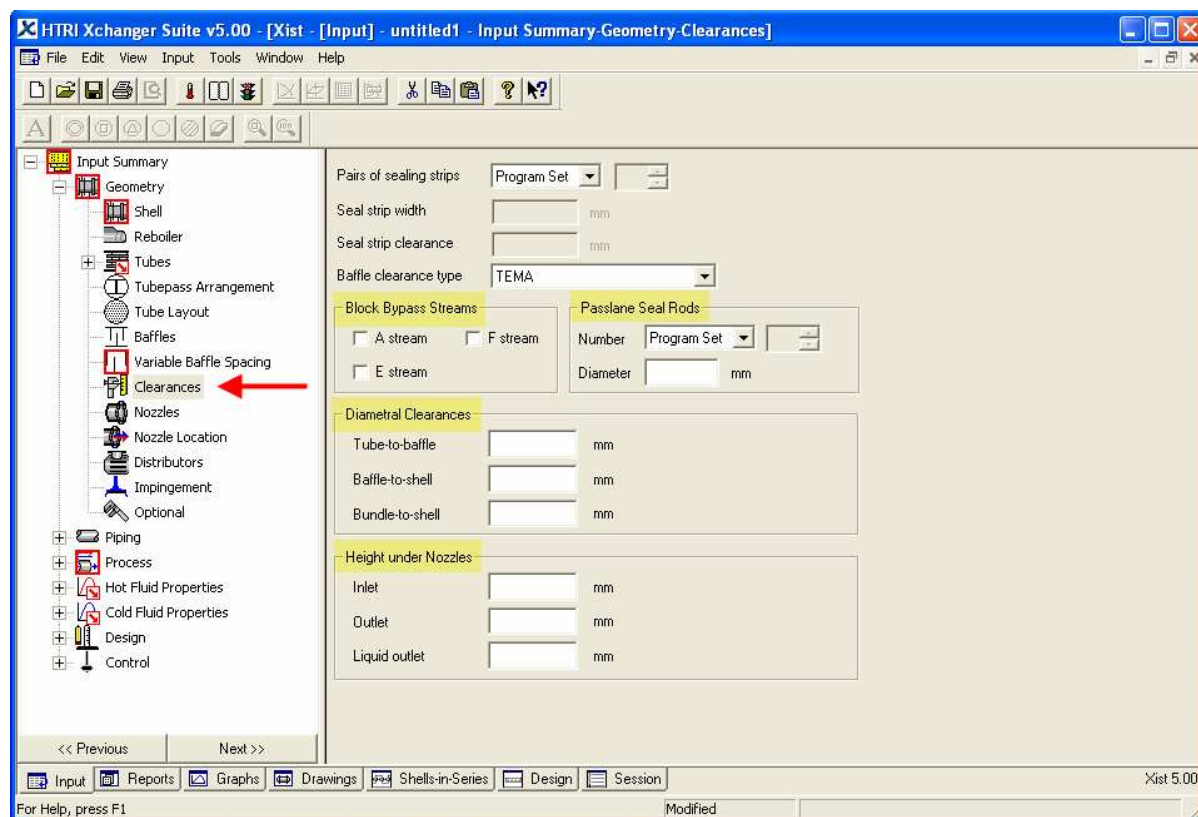
<u>Thickness:</u>	tloušťka přepážky v plášti.
<u>Thickness at T.H.:</u>	tloušťka přepážky v místě průchozích otvorů z trubkovnice pro těsnění.
<u>EMBaffle:</u>	počítáno programem. Udává tloušťku materiálu přepážky.
<u>Support Plates:</u>	udává počet podpor pláště na úkor prostoru pro přepážku.
<u>Windows Cut:</u>	zapne / vypne vysekávání oken z přepážkového plechu.
<u>Distance:</u>	je použito pouze v případě U-trubek. Udává vzdálenost mezi poslední (první) přepážkou a „tangentou“ zaoblení trubek.
<u>Rho-V2 design:</u>	slouží jako limitní faktor pro výpočet výřezu přepážek. TEMA udává doporučené rozmezí hodnot závislé na konstrukci pláště.
<u>Central Pipe OD:</u>	u starších typů výměníku se vyskytuje stěžení potrubí, které však není funkční a nijak nenapomáhá lepšímu využití geometrie. Dnes se již nepoužívá a není doporučeno. Pole specifikuje jeho vnější průměr.
<u>Helical Baffle:</u>	help HTRI neuvádí význam tohoto pole. Jde pravděpodobně o hodnotu velikosti poměrné části přepážky při jednom stoupání.

Na obr.4.4.13 je zobrazeno nastavení vlasností přepážek v případě, že je definována proměnná vzdálenost těchto přepážek. Program HTRI umožňuje nastavit až pět (5) různých vzdáleností přepážek, které se vyplní do jednoduché tabulky. Takto definované regiony jsou pak doplněny počtem průchoďů, vzdáleností přepážek a celkovou délkou. Při tomto režimu je nutno pamatovat na to, že nelze specifikovat vzdálenost přepážky od vstupního a výstupního hrdla a také, že je nutno zadat minimálně dva (2) regiony! V opačném případě není vhodné využívat tuto variantu specifikace.

Region	Crosspasses	Spacing (mm)	Length (mm)
Inlet			
1			
2			
3			
4			
5			
Outlet			
Totals:	0		0

Obr.4.4.13 Specifikace přepážek s proměnnou vzdáleností

Následující podpanel „***Clearances***“ slouží k definici volného prostoru v plášti. Tyto údaje jsou doplňující a není nutné je zadávat.



Obr.4.4.14 Definice volného prostoru v plášti

CLEARANCES:

- Pairs of S.Strips:* definuje počet párů těsnících pruhů (plechů, pásů). Lze zadat ručně uživatelem nebo nechat vypočítat programem.
- Seal Strip Width:* udává šířku těsnícího pruhu (pásu).
- Seal Strip Clear.:* help neuvádí popis. Pravděpodobně se jedná o volný prostor mezi jednotlivými plechy (po obvodě pláště).
- Baffle Clear. Type:* udává vůli mezi přepážkou a pláštěm. Lze zadat jednu ze čtyř (4) možností a to: „TEMA“ – hodnoty dle TEMA, „Large“ – 50 % navíc oproti TEMA, „Extra Large“ – 2x TEMA a nebo „Tight“ – polovina TEMA.

BLOCK BYPASS STREAMS:

- A Stream:* zablokuje obtokový proud, jdoucí po křivce A. Viz HTRI help. Tento proud nemá velký vliv na tepelný výkon výměníku.

E Stream: zablokuje obtokový proud, jdoucí po křivce E. Viz HTRI help.
Tento proud má velký vliv na tepelný výkon výměníku!

F Stream: zablokuje obtokový proud, jdoucí po křivce F. Viz HTRI help.
Tento proud má lokální vliv na tepelný výkon výměníku.

PASSLANE SEAL RODS:

Number: udává počet tyčí s těsněním napříč svazkem trubek paralelně
orientovaných k režimu toku.

Diameter: udává průměr těchto tyčí (těsnění).

DIAMETRAL CLEARANCES:

Tube to Baffle: vůle mezi trubkou a narážkou.

Baffle to Shell: vůle mezi narážkou a pláštěm.

Bundle to Shell: vůle mezi svazkem trubek a pláštěm.

HEIGHT UNDER NOZZLES:

Inlet: vzdálenost mezi první řadou trubek a vstupním hrdlem.

Outlet: vzdálenost mezi nejbližší trubkou a výstupním hrdlem.

Liquid Outlet: vzdálenost mezi nejbližší trubkou a výstupním hrdlem pro
odvod kapaliny (drain).

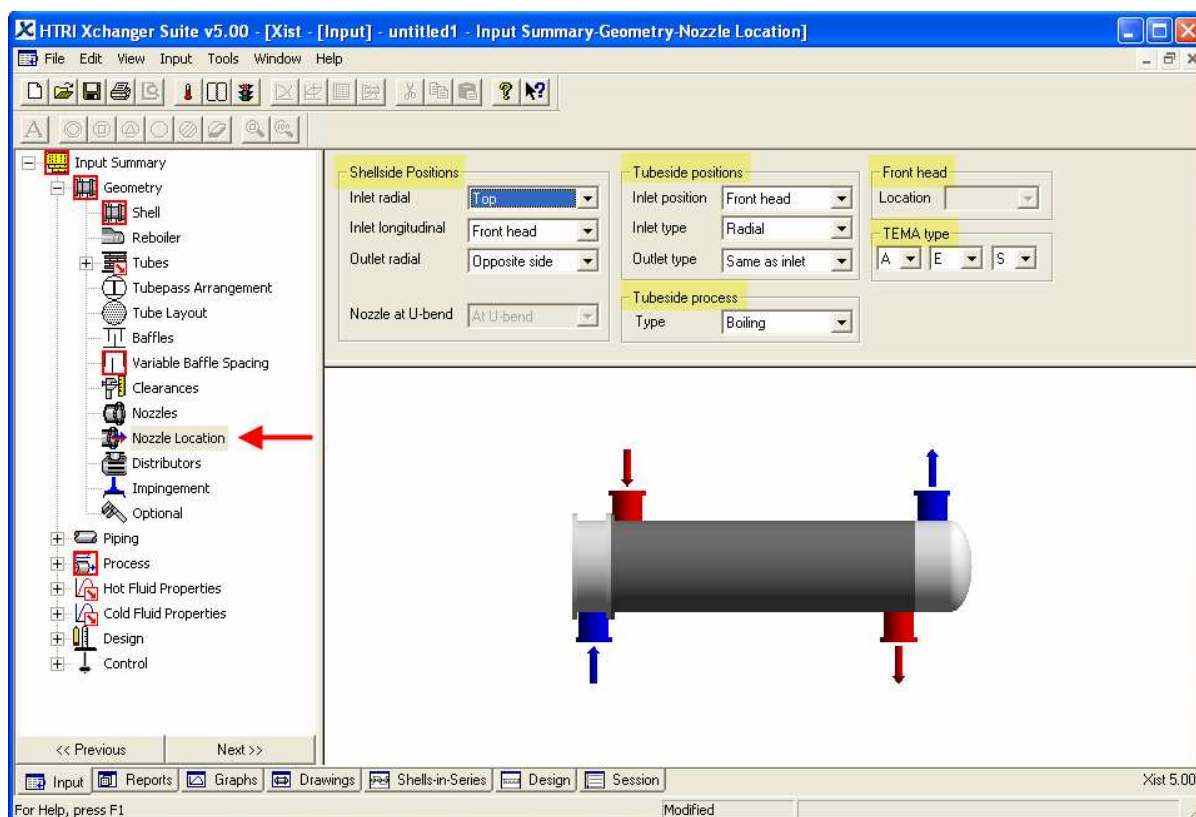
Následující podpanel „**Nozzles**“ slouží ke specifikaci jednotlivých hrdel jak na straně trubek, tak na straně pláště. S nastavením hrdel už bylo možné se setkat dříve (viz obr.4.1.4).

V tomto podpanelu je nejdůležitějším úkolem vybrat jednotlivé typy hrdel, to se dá snadno udělat výběrem z jednotlivých standardů uložených v databázi programu HTRI. Pak je možné postupně specifikovat vnitřní a vnější průměr hrdla na každé straně (trubky / plášť) a také jejich počet. Veškeré další parametry je snadnější a přehlednější definovat v dalším podpanelu „**Nozzle Location**“, kde je k dispozici přehledný náhled na toto umístění. Tento podpanel je zobrazen na následujícím obr.4.4.16.

	Shellside	Tubeside
Nozzle standard	01-ANSI_B36_10.tabl	01-ANSI_B36_10.tabl
Nozzle schedule		
Inlet ID		mm
Number at each position	1	1
Outlet ID		mm
Number at each position	1	1
Liquid outlet ID		mm
Inlet type		Radial
Outlet type		Same as inlet

Shellside Nozzle Locations	
Radial position on shell of inlet nozzle	Top
Longitudinal position on shell of inlet nozzle	At front head
Radial position on shell of outlet nozzle	Opposite side
Location of nozzle at U-bend	At U-bend

Obr.4.4.15 Nastavení vlastností hrdel



Obr.4.4.16 Nastavení rozvržení hrdel

SHELLSIDE POSITIONS:

Inlet Radial: udává polohu vstupního hrdla pro horizontální a nakloněné pláště. V případě vertikálního pláště nebude tato hodnota brána v potaz. Lze vybrat z následujících možností.

TOP: poloha hrdla nahoře je doporučena především pro kondenzátory a jedofázová pracovní média.
BOTTOM: poloha hrdel na spodní části pláště se preferuje u výměníků s varem pracovního média.
SIDE: hrdla jsou po stranách pláště.

PROGRAM DECIDES: program vybere umístění sám.

Inlet Longitudinal: udává vstup hrdla vzhledem ke kanálům a specifikuje tak režim toku pracovního média.

Outlet Radial: udává polohu výstupního hrdla vzhledem k poloze vstupního hrdla. Lze vybrat jednu z možností.

OPPOSITE SIDE: poloha hrdel bude proti sobě.

SAME SIDE: hrdla jsou na stejné straně pláště.

PROGRAM DECIDES: program vybere umístění sám.

TUBESIDE POSITIONS:

Inlet Position: udává polohu vstupního hrdla trubek na plášti. Lze vybrat mezi „Front Head“, tedy na přední hlavě nebo „Rear Head“, tedy na hlavě zadní. Tato volba má vliv na režim toku v prvním chodu trubek.

Inlet Type: definuje vstup pracovní látky vzhledem k ose pláště výměníku. Lze vybrat mezi radiálním a axiálním vstupem. U axiálního vstupu lze navíc přidat distributor.

Outlet Type: definuje výstup pracovní látky vzhledem k ose pláště. Pak lze vybrat mezi radiálním a axiálním výstupem. „Same as Inlet“ nastaví stejnou polohu, která je na vstupním hrdle.

TUBESIDE PROCESS:

V závislosti na procesních podmínkách uvnitř trubek program dokáže sám nastavit vzájemnou polohu hrdel. Jde hlavně o případ kondenzace, varu a dvoufázového toku.

FRONT HEAD:

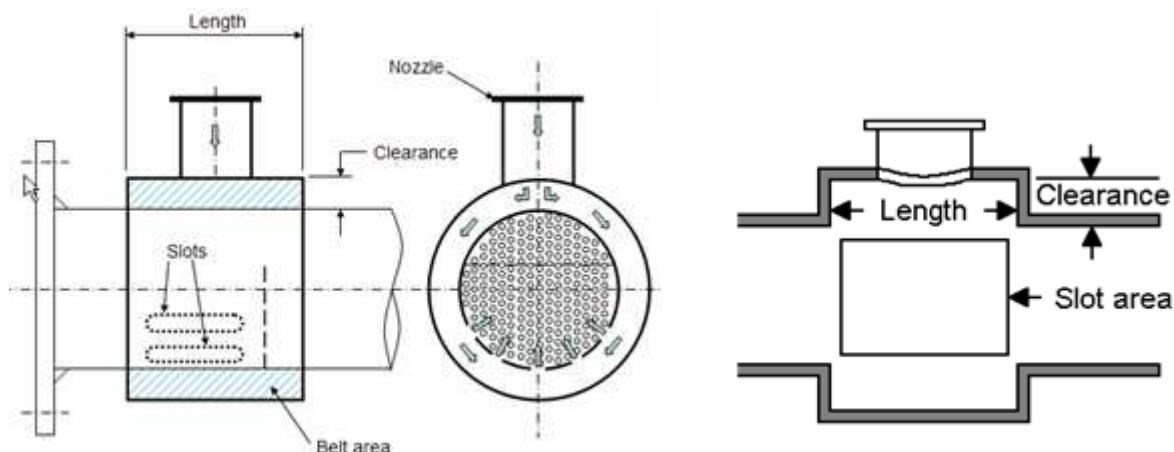
Je-li možnost aktivní, dovolí uživateli nastavit polohu přední hlavy výměníku.

Následující podpanel „**Distributors**“ slouží ke specifikaci prstencového distributoru na vstupním popř. výstupním hrdle. Možnosti jeho zadání jsou zobrazeny na obr.4.4.17.

Inlet		Outlet	
☐	Annular distributor present	☐	Annular distributor present
Length	mm	Length	mm
Clearance	mm	Clearance	mm
Slot area	mm ²	Slot area	mm ²

Obr.4.4.17 Nastavení prstencového distributoru

Pro jasnější představu jsou pak na obr.4.4.18 zakótovány hlavní rozměry (parametry), které jsou vyžadovány programem HTRI při specifikaci distributoru, je-li přítomen.



Obr.4.4.18 Rozměry prstencového distributoru

Následující obr.4.4.19 zachycuje podpanel „**Impingement**“, ve kterém se specifikují typy a základní geometrie nárazecích segmentů. Tyto segmenty se nachází na vstupu do pláště a mají za úkol chránit jednotlivé konstrukční části výměníku. O nutnosti užití těchto segmentů rozhoduje velikost součinu $\rho \cdot V^2$, jehož hodnota musí být menší než $2\,232\text{ kgm}^{-1}\text{s}^{-2}$. V opačném případě je nutné specifikovat níže uvedená pole.

The screenshot shows a software window titled "Impingement Device". It contains the following controls:

- "Impingement device present": A dropdown menu with "No" selected.
- "Impingement type": A dropdown menu with "Circular plate" selected.
- "Rho-V2 for impingement": A text input field followed by the unit "kg/m-s2".
- "Plate/nozzle diameter": A text input field followed by the unit "plate diameter/nozzle diameter ratio".
- "Plate thickness": A text input field followed by the unit "mm".
- "Plate height above tubes": A text input field followed by the unit "mm".
- "Plate length": A text input field followed by the unit "mm".
- "Plate width": A text input field followed by the unit "mm".
- "Rows of rods": A text input field with a small spinner control to its right.
- "Rod diameter": A text input field followed by the unit "mm".

Obr.4.4.19 Nastavení nárazecích segmentů

IMPINGEMENT DEVICE:

- Device Prsent:* udává, zda je nebo není přítomen nárazecí segment.
- Impengement Type:* udává typ tohoto segmentu (kruhový / obdélníkový plech, tyče)
- Rho-V2:* udává hodnoru tohoto součinu.
- Plate / Nozzle Dia.:* udává poměr mezi průměrem kruhového nárazecího plechu a průměru vstupního hrdla. Hodnota nesmí být menší než 1 a její doporučená hodnota je 1,1.
- Plate Thickness:* tloušťka nárazecího plechu.
- Height Above Tubes:* udává výšku plechu nad první trubkou svazku.
- Plate Length:* délka nárazecího plechu.
- Plate Width:* šířka nárazecího plechu.
- Rows of Rods:* počet řad nárazecích tyčí.
- Rod Diameter:* průměr nárazecí tyče.

Posledním podpanel panelu geometrie je „**Optional**“. Jako u všech předešlých typech výměníků, i zde je možné specifikovat doplňující parametry geometrie výměníku.

Exchanger style: TEMA

Total tubesheet thickness: mm

Tubesheet allowable stress: Mpa

Double tubesheet: No

Shell expansion joint: No

Floating head support plate: No

Support to head distance: mm

Full support at U-bend: No

Longitudinal baffle length: m

Insulated longitudinal baffle: No

Include setting plan drawing: ☒

Design Conditions

	Hot	Cold	
Temperature			C
Pressure			kPaG

Obr.4.4.20 Specifikace doplňujících parametrů geometrie

OPTIONAL:

Exchanger Style: udává jaký výměník bude „modelován“. V podstatě se dělí na dvě skupiny podle vnitřního průměru pláště na „TEMA R“ a na „Small“, přičemž zlom je na hodnotě 203,2 mm.

Tubesheet Thickness: udává hodnotu celkové tloušťky všech trubkovnic ve výměníku.

Tubesheet Stress: hodnota dovoleného napětí v tahu při návrhových podmínkách.

Double Tubesheet: udává, zda je použita dvojitá trubkovnice.

S. Expansion Joint: udává, zda je použit kompenzátor tepelné dilatace.

FH Support Plate: udává, zda je použita podpora plovoucí hlavy.

Support to Head: vzdálenost podpory a plovoucí hlavy.

Full Supp. at U-B.: definuje přítomnost podpory U-trubek a tím i lokaci hrdla.

Long. Baffle Length: délka podélné přepážky je definována u pláště bez přepážek a pláště typu TEMA F, G, H.

Insulated L. Baffle: udává, zda je podélná přepážka izolovaná či nikoliv.

Setting Plan Dwg.: je-li toto pole zaškrtnuté, pak program vygeneruje výkres po ukončeném výpočtu. Na tom budou zakótovány základní délky a rozteče hrdel a plástě.

DESIGN CONDITIONS:

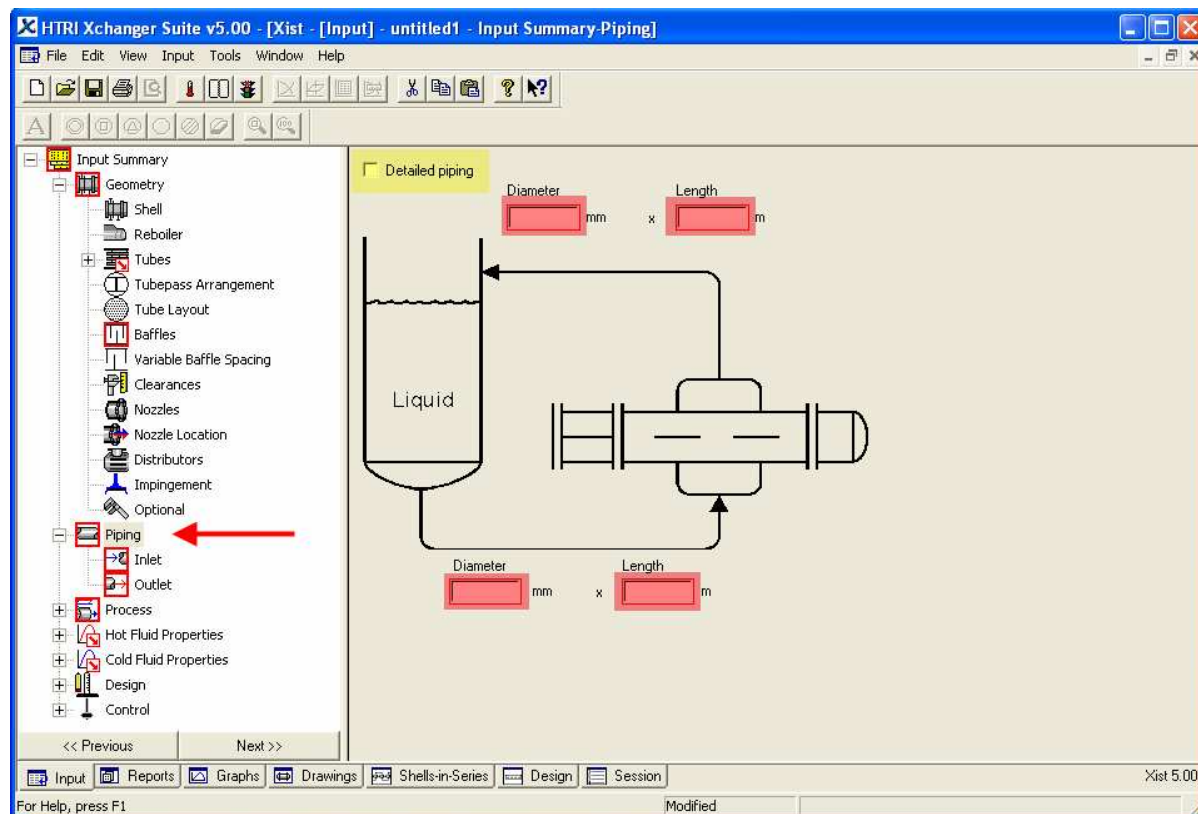
Specifikuje základní návrhové podmínky pracovních médií.

4.4.2. PIPING

Doposud nebylo možné se s tímto panelem setkat. Jde o naprosto specifické nastavení a dokonce ani v případě trubkového výměníku tepla není dostupné vždy. Tímto způsobem lze specifikovat pouze reboilery. Je tedy nutné mít nastaveno pole v podpanelu „Reboiler“ (viz obr.4.4.6). Pro běžné trubkové výměníky tedy není nabídka přístupná.

Na obr.4.4.21 je zobrazena ukázka horizontálně orientovaného reboileru, je zřejmé, že bude možné specifikovat i vertikální typ reboileru (jeho schémata není nutné zobrazovat).

Žlutě označené zaškrťovací políčko „**Detailed Piping**“ rozděluje možnosti zadávání geometrie potrubí na dvě zcela odlišné metody. Níže bude popsána varianta, která je vidět na tomto obrázku, tedy „odškrtnutá“. Varianta zadání pomocí detailní geometrie bude popsána v následující kapitole 5.



Obr.4.4.21 Specifikace geometrie potrubí

Na obr.4.4.22 je zobrazena podnabídka panelu „**Piping**“, konkrétně její vstupní část tedy „**Inlet Piping**“. Zde je nutno zadat parametry, které bylo možné zadat již v předcházející části. Zbývající pole nejsou nutná.

Obr.4.4.22 Specifikace geometrie vstupního potrubí

STRAIGHT PIPE LENGTHS:

- Main Inlet: celková délka rovného potrubí.
- Header Pipe: délka sběrného potrubí před vstupem do samotných hrdel, v případě horizontálního pláště je tato hodnota nulová.
- Nozzle Pipe: délka potrubí z „Header Pipe“ do každého z hrdel.
- Bend Allowance: zohlednění zaoblení (kolen, T-kusy atd.). Pokud není povoleno, je nutné k předešlým délkám připočítat hodnotu ekvivalentních délek těchto potrubních dílů.

PIPE DIAMETERS:

- Main Inlet: průměr přívodního potrubí (od kolony až do „Header Pipe“).
- Header Pipe: průměr sběrného potrubí. Není-li přítomno, pak je hodnota 0.
- Nozzle Pipe: průměr vstupních hrdel a jejich potrubí.
- Area Ratio: alternativní hodnota, není-li znám průměr přívodního potrubí. Program na základě poměru dopočítá průměr tohoto potrubí.

SHELLSIDE: zadaná hodnota vyjadřuje poměr průměru přív. potrubí ku průměru svazku trubek.

TUBESIDE: poměr průtočné plochy na vstupu ku celkové průtočné ploše v trubkách udává hodnotu tohoto ukazatele. Hodnoty bývají mezi 0,1 až 0,3.

NUMBER OF MAIN FEED LINES:

Specifikuje celkový počet hlavních přívodních potrubí.

FRACTIONAL PRESSURE DROP ACROSS INLET VALVE:

Udává velikost tlakových ztrát na vstupním ventilu nebo cloně. Velikost je podíl, kterým se ventil účastní na celkové tlakové ztrátě vstupu, svazku a výstupu z pláště.

Na obr.4.4.23 je zobrazena podnabídka panelu „**Piping**“, konkrétně její výstupní část tedy „**Outlet Piping**“. Parametry zde uvedené jsou obdobou výše popsaných parametrů pro „**Inlet Piping**“. Rozdíl je v posledních třech (3) polích.

Straight Pipe Lengths		Pipe Diameters	
Main outlet	m	Main outlet	mm
Header pipe	m	Header pipe	mm
Nozzle pipe	m	Nozzle pipe	mm
Bend allowance ☒ Yes ☐ No		Area ratio	

Number of return lines	1
Height of main pipe at exit	m
Exit vertical header height	m

Obr.4.4.23 Specifikace geometrie výstupního potrubí

NUMBER OF RETURN LINES:

Specifikuje celkový počet větví potrubí, které se vracejí do kolony. Tento počet musí být minimálně jedna (1), maximálně pak roven počtu hrdel na výstupu z pláště.

HEIGHT OF MAIN PIPE AT EXIT:

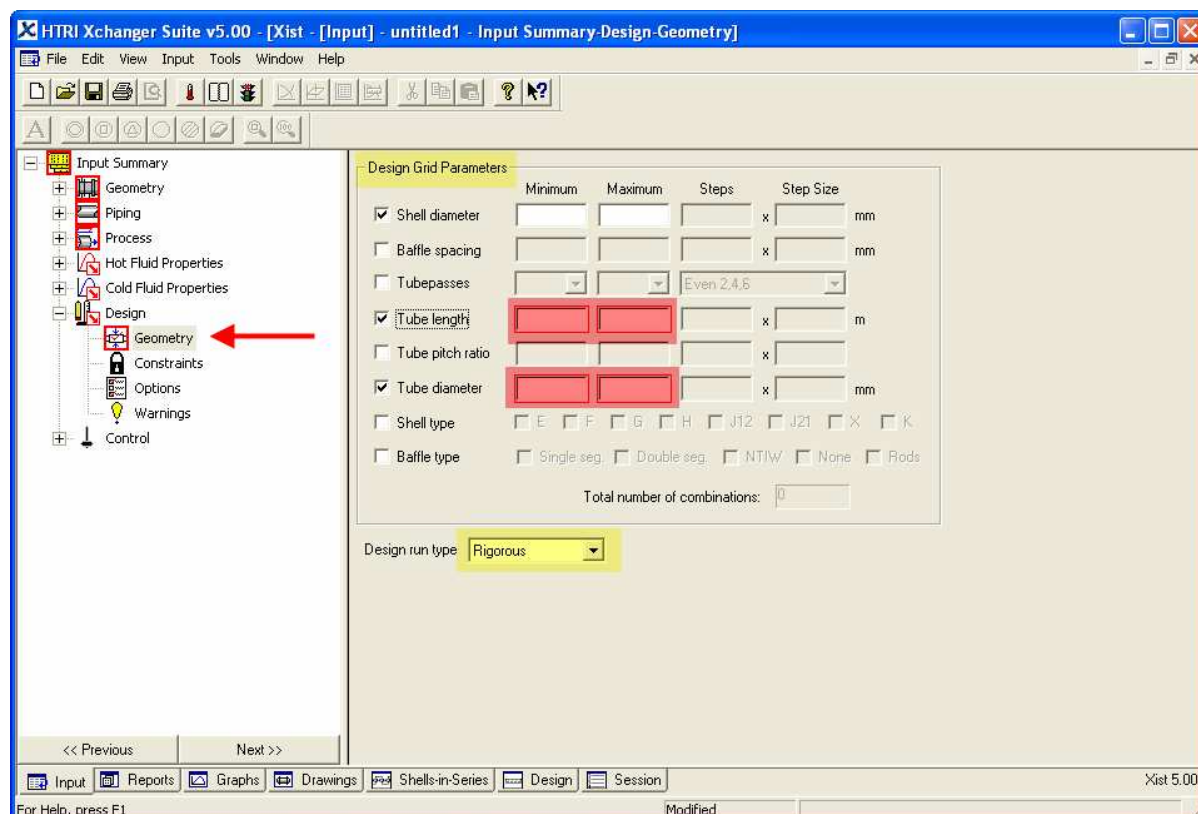
Udává výškový rozdíl mezi potrubní větví, která odchází z hrdla pláště a vstupuje do kolony.

EXIT VERTICAL HEADER HEIGHT:

Udává vertikální délku potrubí, které odchází z výstupního sběrného potrubí do hrdla na vstupu do kolony. Tato velikost není obecně totožná z předešlou!

4.4.3. DESIGN

Nabídka panelu „**Design**“ je velice podobná tomu, jenž byl u vzduchového chladiče. Ač se to zdá být na první pohled nesmyslné, opak je pravdou. Oba tyto výměníky budou mít totožné možnosti výpočtu trubkových segmentů a budou se lišit jen v základní geometrii. To však není překážkou, neboť ta se bude zadávat ve stejných limitech jako geometrie chladiče. Metodiku lze tedy úspěšně nastudovat v kapitole 4.1.4 (str. 51). Zde budou popsány odlišné pasáže mezi těmito typy výměníků tepla.



Obr.4.4.24 Nastavení parametrů návrhového výpočtu

Na obr.4.4.24 jsou zobrazeny možnosti nastavení návrhového výpočtu trubkového výměníku tepla. Jak již bylo napsáno výše, zadávání limitů probíhá stejně jako u předešlých typů výměníků, tedy zaškrtnutím parametru, který se má dodržet, specifikací jeho minimální a maximální přípustné hodnoty a stanovení velikosti kroku popř. počtu kroků, ve kterých jej má program propočítat. Při současném zaškrtnutí několika parametrů se ve spodní části v zašedlém poli ukazuje počet možných kombinací, tedy kolikrát program bude potřebovat přepočítat všechny vstupy tak, aby jejich kombinací našel nejlepší možné řešení.

Ve žlutém poli „**Design Run Type**“ je nabídka typu výpočtu. Lze volit mezi dvěma typy, které se od sebe liší především „precizností“ a tedy hlavně dobou potřebnou k jejich dokončení. „**Shortcut**“ je výpočet rychlý a ne tak přesný. „**Rigorous**“ je precizní, ale dlouho trvající výpočet dávající přesnější výsledky. Hodí se např. k výpočtu dvoufázových aplikací.

V rámci „**Grid Designu**“ lze limitovat průměr pláště, vzdálenost přepážek, typ pláště, počet chodů trubek, jejich délku, průměr, poměrový ukazatel a typ přepážek.

Následující podpanel „**Constraints**“ nabízí tytéž možnosti nastavení omezení pro pracovní média jako např. vzduchový chladič. Viz obr.4.1.24 (str. 55). Jediný výrazný rozdíl je v přítomnosti jednoho omezení navíc. Tím je „*Pressure Drop Allowed in Liquid Outlet Nozzles*“, tedy omezení maximální tlakové ztráty na výstupním hrdle odvaděče kapaliny tzv. drainu. Na obr.4.4.25 je ukázka tohoto nastavení pro horké pracovní médium. Druhé médium se nastaví analogicky.

Hot Fluid	
Velocity	[] m/s
Pressure drop allowed in inlet nozzles	[] % of total
Pressure drop allowed in outlet nozzles	[] % of total
Pressure drop allowed in liquid outlet nozzles	[] % of total

Obr.4.4.25 Nastavení omezení horkého pracovního média

Podpanel „**Options**“ umožňuje specifikovat dodatečná nastavení návrhového výpočtu, přepážek a sekvence chodů trubek.

Design Safety Factors	
Allowed oversize range	[] ---- [] %
Baffle Design Options	
Force end spacing equal to central	☐ Yes ☒ No
Minimize number of baffles	☐ Yes ☒ No
Crosspass design	Program control
Tubepass Design Options	
Tubepass design sequence	Even 2,4,6

Obr.4.4.26 Specifikace zvláštního nastavení

DESIGN SAFETY FACTORS:

Specifikuje rozsah povoleného oversize.

BAFFLE DESIGN OPTIONS:

Force End Spacing: v „*Shortcut*“ módu donutí program, aby vzdálenost přepážky od vstupního i výstupního hrdla byla rovna „*Central Spacing*“.

Minimize Number: program bude při výpočtu hledat řešení s nejmenším počtem přepážek při dodržení všech zbývajících zadaných parametrů.

Crosspass Design: program bude podle zadané hodnoty nucen najít takové řešení, které jí vyhoví. Je dostupné pouze pro „Shortcut“ mód výpočtu.

EVEN ONLY: hledá se výsledek se sudým počtem průchodů média v plášti. Výsledek může kolidovat se zadanou polohou hrdel.

ODD ONLY: hledá se výsledek s lichým počtem průchodů média v plášti. Výsledek může kolidovat se zadanou polohou hrdel.

PROGRAM DECIDES: program hledá nejlepší řešení v souladu se všemi zadanými hodnotami geometrie.

TUBEPASS DESIGN OPTIONS:

Specifikuje algoritmus, kterým jsou vybírány počty chodů trubek. Na výběr jsou tyto možnosti:

- Any (1,2,3,4,...) (1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16)
- Even (1,2,4,...) (1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16)
- Even (2,4,6,...) (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16)

Je dobře vidět, že od čtyř (4) a více chodů již tento algoritmus nenabízí volnost a dále pokračuje v konstantním kroku.

4.4.4. CONTROL

Pro bližší informace je možno nahlédnout do kapitoly 4.1.5 (str. 56). Zde budou jen odlišné pasáže oproti zbývajícím typům výměníků. Nastavení vibrací je vidět na obr.4.4.27

Axial tension loading Mpa

Added mass coefficient

Log decrement for damping

Instability threshold constant beta

Ratio of vapor specific heats

U-bend supports

Inlet/Outlet Vibration Supports

Include inlet vibration support ☐ mm

Include outlet vibration support ☐ mm

Distance from tubesheet to support

Obr.4.4.27 Nastavení kontroly vibrací

VIBRATION:

Axial Tension Load.: udává axiální tahové zatížení trubek.

Added Mass Coeff.: přídavný koeficient pro přenos hmoty vibracemi.

Log Decrement: tlumení vibrací. Program užívá vlastní metodu nebo TEMA.

Instability Treshold: udává konstantu prahu nestability β .

Ratio of Vapor S.H.: poměr specifických tepel slouží k výpočtu rychlosti zvuku a následně k jeho frekvenci.

U-Bend Supports: je-li zvolena zadní hlava stylu „U“, lze definovat počet podpor rovnoměrně umístěných v plášti v rozmezí 0 až 5.

INLET / OUTLET VIBRATION SUPPORTS:

Include Inlet V.S.: udává je-li přítomna podpora trubek na vstupní části svazku. Pokud ano, je nutno zadat vzdálenost podpory k trubkovnici.

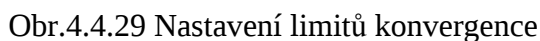
Include Outlet V.S.: udává je-li přítomna podpora trubek na výstupní části svazku. Pokud ano, je nutno zadat vzdálenost podpory k trubkovnici.

The screenshot displays a software configuration window with three main sections, each with a yellow header bar:

- Maximum Trials:** Contains two input fields. 'Shortcut trials' has a dropdown menu showing 'C'. 'Rigorous trials' has a text input field containing the number '25'.
- Solution Tolerances:** Contains one input field labeled 'Overdesign range' with the value '2' and a percentage symbol '%' to its right.
- Estimates:** Contains one input field labeled 'Unknown duty estimate' which is currently empty, followed by the unit 'MegaWatts'.

Obr.4.4.28 Nastavení pláště v sérii

Obr.4.4.28 zobrazuje možnosti nastavení výpočtu při sériovém zapojení několika plášťů resp. výměníků. „**Maximum Trials**“ uvádí maximální počet pokusů konvergence pro obě metody výpočtu. Pole „**Solution Tolerances**“ specifikuje rozsah možného overdesignu a poslední pole „**Estimates**“ nabízí odhad neznámého tepelného výkonu.



5. CO SE JINAM NEVLEZLO A JE DOBRÉ VĚDĚT

... aneb ukázky některých praktických zadání a řešení v programu HTRI.

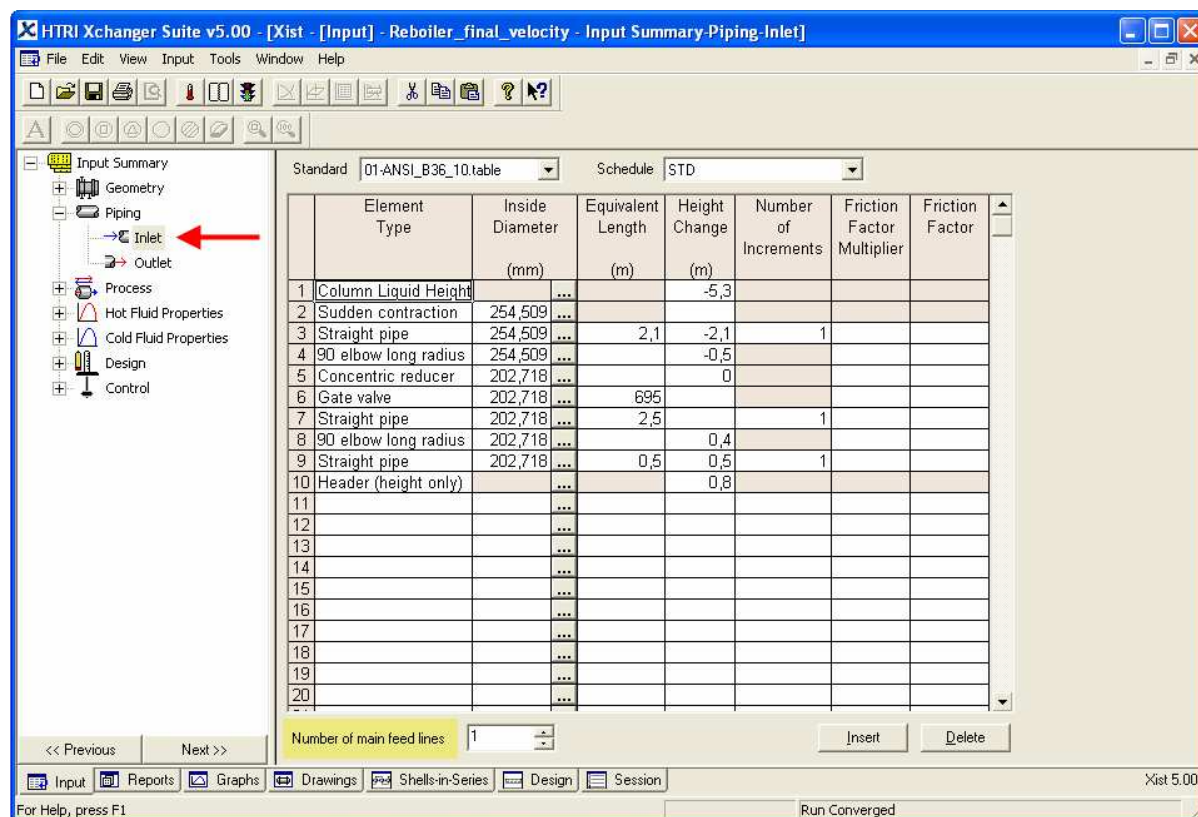
5.1. DETAILED PIPING

Je možné nastavit pouze u reboilerového typu trubkového výměníku tepla. V praxi je časté zadání pomocí schéma zapojení. Toho lze využít při specifikaci geometrie potrubí.



Vertikální reboiler na obr.5.1 se v programu HTRI specifikuje následně.

- 1) Panel „**Geometry**“, pole „*Shell Geometry Orientation*“ nastavit na vertikální.
- 2) Podpanel „**Reboiler**“, pole „*Reboiler Type*“ nastavit na „*Thermosiphon*“.
- 3) Panel „**Piping**“, pole „*Detailed Piping*“ zaškrtnout checkbox.
- 4) Specifikace vstupní části geometrie – viz obr.5.2.
- 5) Specifikace výstupní části geometrie – viz obr.5.3.



Obr.5.2 Specifikace vstupní části reboileru

LEGENDA:

Column Liquid H.: udává rozdíl výšek hladin.

Sudden Contraction: značí zúžení průměru, v tomto případě hrdlo.

Straight Pipe: rovný díl potrubí.

90 °C Elbow: koleno do pravého úhlu.

Concentric Reducer: redukce světlosti potrubí. „*Enlargement*“ je totéž jen opačně.

Gate Valve: ventil dané světlosti.

Header: sběrné potrubí. Není-li přítomno jde o vertikální výšku.

	Element Type	Inside Diameter (mm)	Equivalent Length (m)	Height Change (m)	Number of Increments	Friction Factor Multiplier	Friction Factor	
1	Header (height only)	...		0,5				
2	Sudden contraction	488,951	...					
3	Straight pipe	488,951	...	1	1			
4	Sudden enlargement	488,951	...					
5			...					
6			...					
7			...					
8								

Obr.5.3 Specifikace výstupní části reboileru

6. PRAKTICKÉ VÝPOČTY

Po detailním seznámení se s teoretickou částí ovládání programu a po důkladném rozboru jednotlivých typů výměníků tepla, přichází nejpodstatnější část práce s programem a tím je praktický výpočet výměníku. V této kapitole budou postupně představeny čtyři druhy výměníků tepla a popis jejich specifikace v programu HTRI. Bude se jednat o nejrozšířenější typy, v praxi užívaných, výměníků.

6.1. TRUBKOVÝ VÝMĚNÍK S PŘEPÁŽKOVÝM SYSTÉMEM

ZADÁNÍ PŘÍKLADU:

Úkolem je navrhnout trubkový výměník, který bude dochlazovat jeden z produktů destilace, konkrétně produkt MTBE, který má obdobné vlastnosti jako benzín. Jako chladicí médium bude použita voda.

Procesní údaje jsou známy stejně jako geometrie trubek – viz tab.6.1. Limitujícím faktorem je však prostor, ve kterém má daný výměník fungovat, je požadováno, aby jeho průměr nebyl vyšší než 0,7 m a délka musí být menší než 5 m. Je zřejmé, že s takto definovanými podmínkami je řešení zadání poněkud rozsáhlé a nabízí větší počet možných variant. Při návrhu je požadováno držet se standardu TEMA [3]. Posledním kritériem je požadovaná technologická rezerva ve výši 10 % tepelného výkonu výměníku.

Tab.6.1 Zadané hodnoty trubkového výměníku

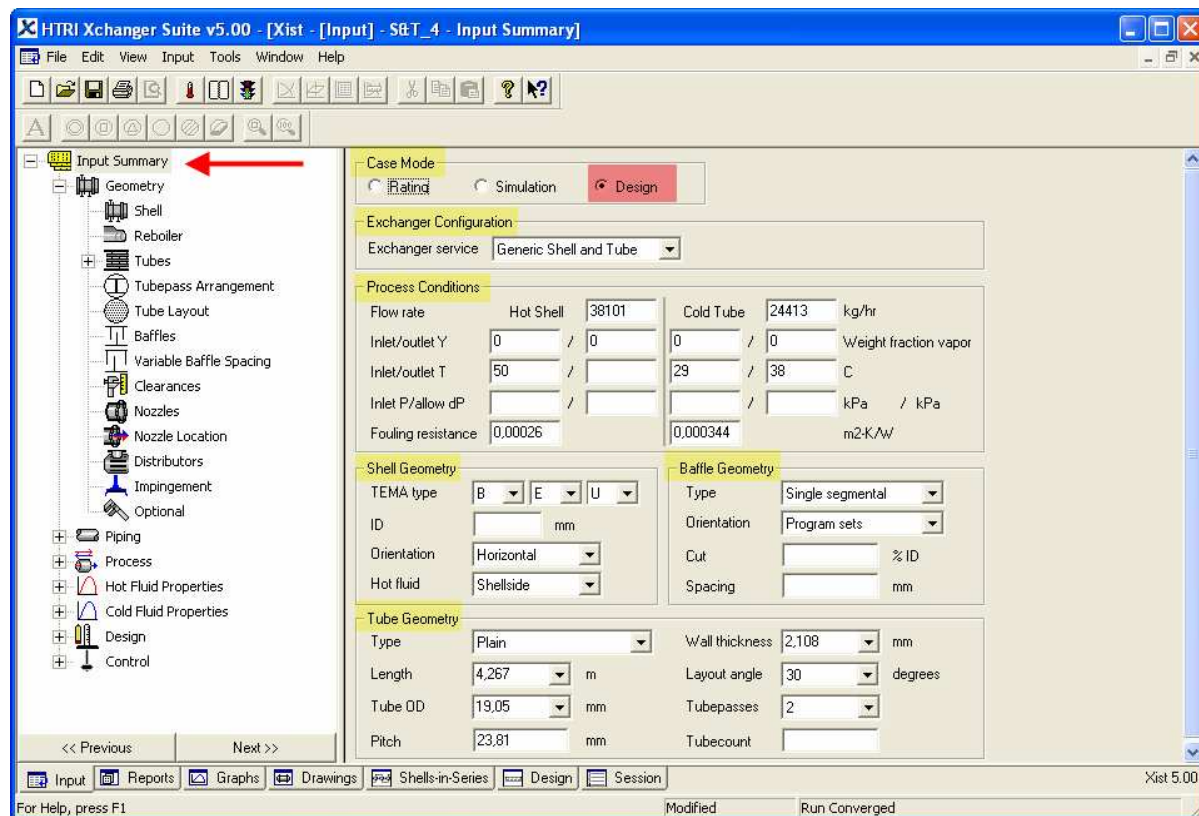
Procesní údaje	Průtok MTBE / vody:	38 101 / 24 413 kg/h
	Vstupní teplota MTBE / vody:	50/29 °C
	Vstupní teplota vody:	29 °C
	Zanášení na straně MTBE:	0,00026 Km ² /W
	Zanášení na straně vody:	0,000344 Km ² /W
Geometrie trubek	Vnější průměr trubek:	19,05 mm
	Uspořádání svazku trubek:	30 °C
	Rozteč trubek:	23,81 mm
	Počet chodů trubek (U-trubky):	2
	Materiál trubek:	Uhlíková ocel

POSTUP ŘEŠENÍ:

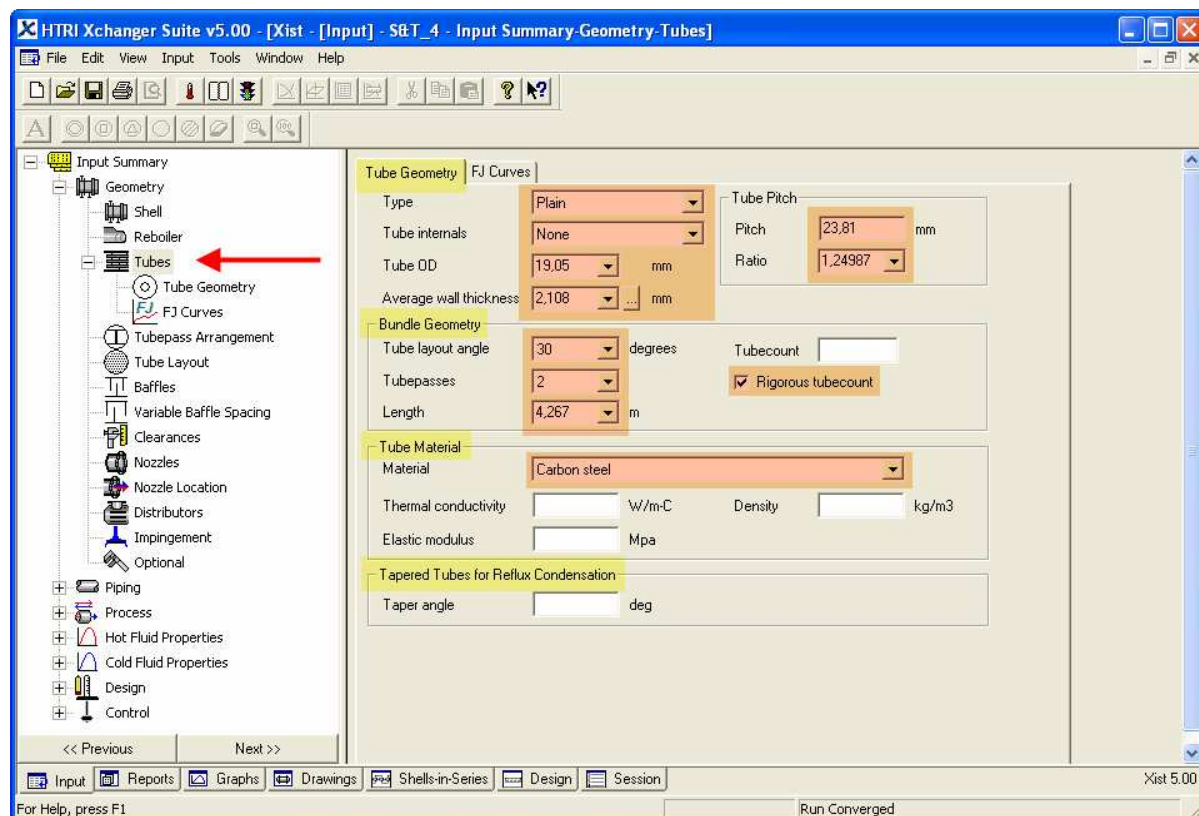
Nejprve spustíme novou úlohu trubkového výměníku a zvolíme typ výpočtu na „**Design**“. Poté začneme vyplňovat všechny zadané parametry, které lze v tomto okně zadat. Viz obr.6.1. Tím se zredukuje počet povinných polí v dalších pod / panelech na minimum.

Stačí už jen následovat „červené obdélníky“ bez kterých nebude možné spustit výpočet. Pokud jsme tak ještě neučinili, nastavíme jednotkový systém na SI a přejdeme na podpanel „**Shell**“, ve kterém pouze zkontrolujeme, zda máme nastaveny hodnoty paralelního a sériového zapojení na 1 a režim toků na protiproud. Ačkoli to není zadáno, předpokládáme proudění horkého média v plášti a horizontální polohu.

Podpanel „**Reboiler**“ necháme beze změny a vyplníme podpanel „**Tubes**“ dle obr.6.2.



Obr.6.1 Souhrnný panel pro zadávání dat trubkového výměníku



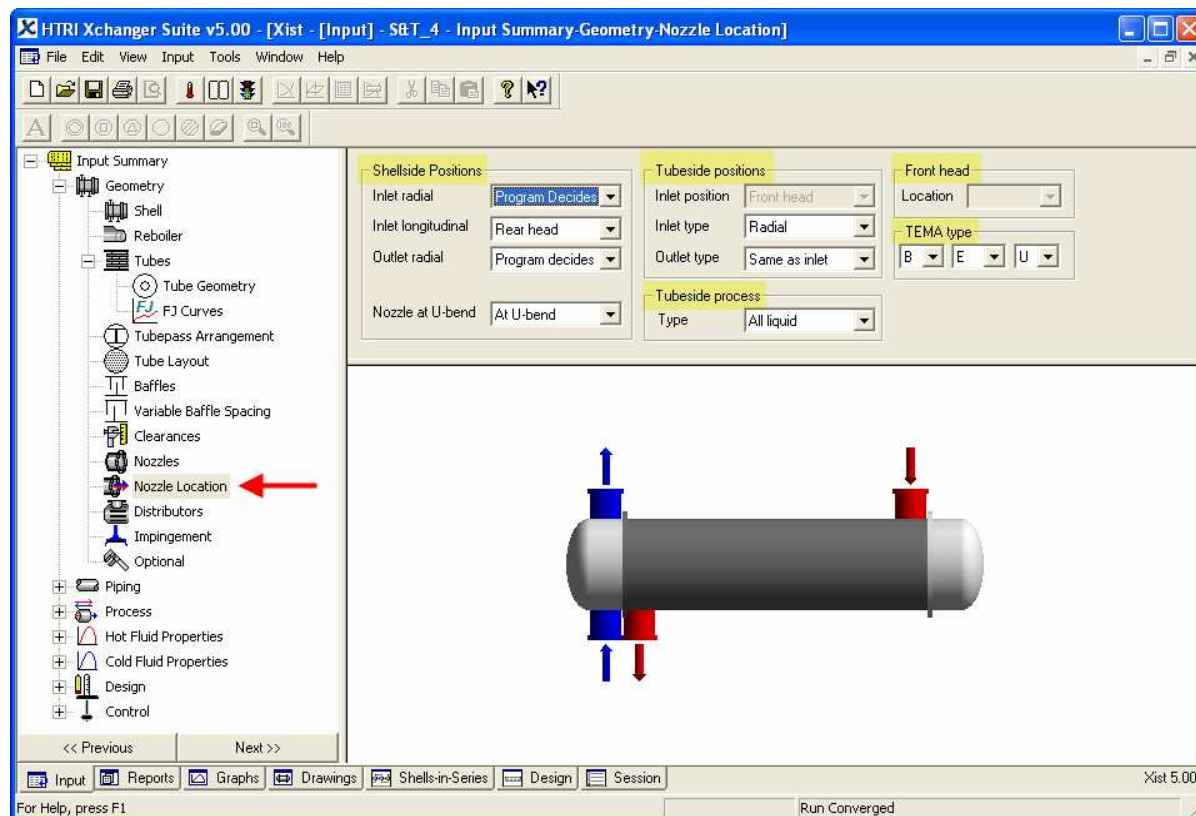
Obr.6.2 Nastavení vlastností trubek

Následující podpanely můžeme přeskočit a přejít až na podpanel „Nozzles“. V tomto podpanelu zvolíme typ hrdel, ačkoli nejsou žádná zadána, vybereme z nabízené databáze.

	Shellside	Tubeside
Nozzle standard	01-ANSI_B36_10.tabl	01-ANSI_B36_10.tabl
Nozzle schedule		
Inlet ID		
Number at each position	1	1
Outlet ID		
Number at each position	1	1
Liquid outlet ID		
Inlet type		Radial
Outlet type		Same as inlet

Obr.6.3 Nastavení typu hrdel

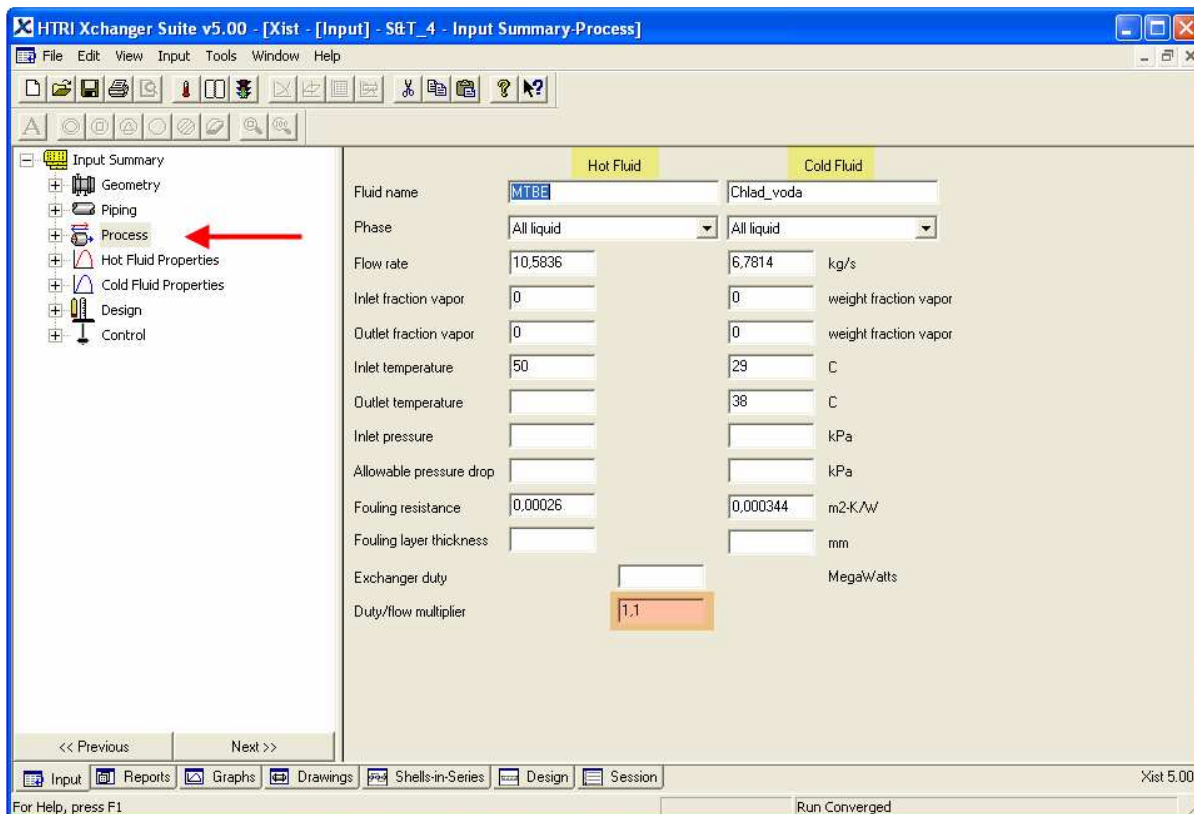
Po volbě typu hrdel přejdeme k jejich uspořádání, to je zobrazeno na obr.6.4. Zadání určuje pouze typ TEMA pláště, ale nic nám neříká o hrdlech. Ta lze nastavit do několika typů uspořádání. Nechejme přednastavenou variantu, nepředpokládáme kondenzaci ani var.



Obr.6.4 Nastavení uspořádání hrdel

To je ze zadání geometrie vše. Nic víc není nutné zadat a je jen na čtenáři jak hluboce se zajímá o zbylá pole. To nechejme na jeho uvážení.

Přejdeme na panel „**Process**“. Na obr.6.5 je vidět, že všechny hodnoty až na jednu jsou již zadány. Zbylá hodnota nám udává technologickou rezervu, též oversize. V zadání je podmínka navýšit výkon o 10 %.



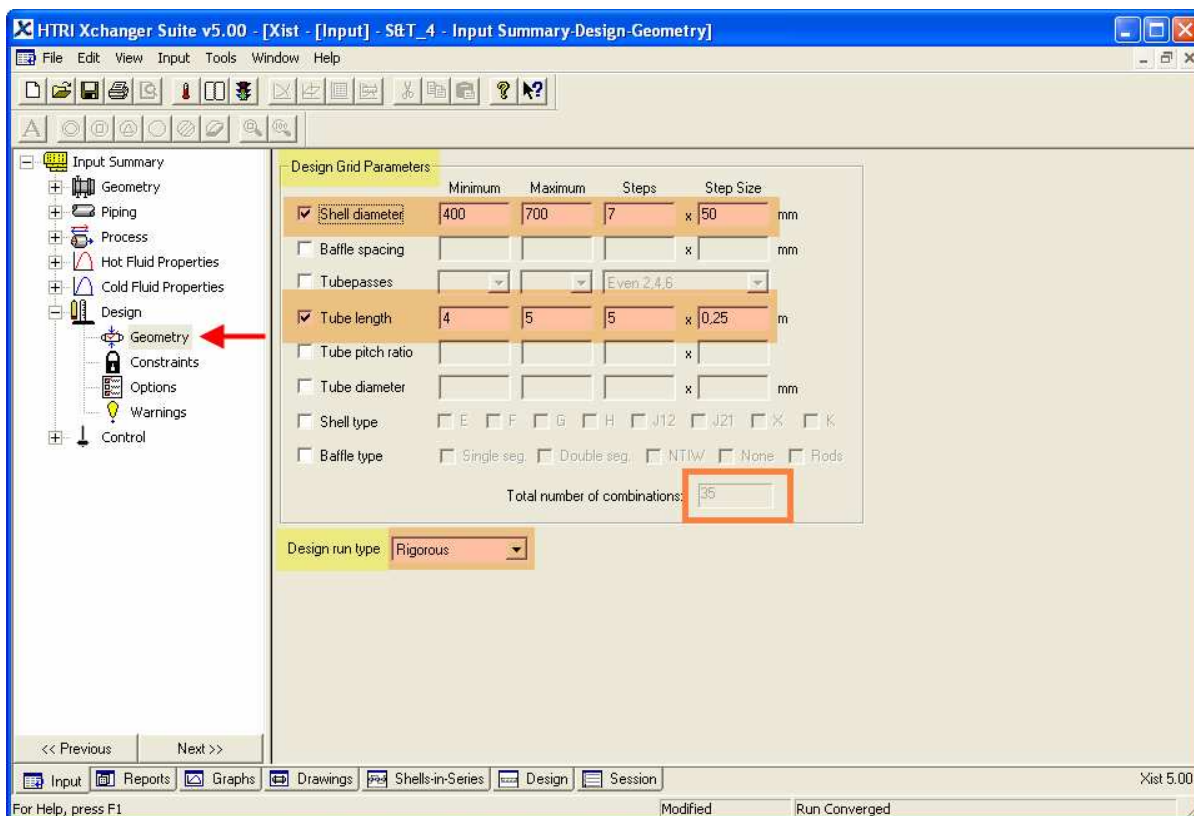
Obr.6.5 Specifikace procesních vlastností

Physical Property Input Option ☐ Mixture properties via grid ☒ Component by component ☐ Component and grid properties	Heat Release Input Method ☐ User specified ☐ Specified dew/bubble point ☒ Program calculated
Composition Units ☐ Mass ☒ Moles	Flash Type ☐ Differential ☒ Integral
Property Options Temperature interpolation: Program	

Obr.6.6 Specifikace vlastností pracovních médií

Na obr.6.6 je specifikace pracovního média. Obě pracovní média jsou jednosložková a jsou součástí HTRI databáze látek. K jejich zadání tak stačí pouze zadat metodu výpočtu „Program Calculated“ a fyzikální vlastnosti nastavit na „Component by Component“. Viz obr.4.1.20 (str.50). Označení MTBE je zkratka od Methyl-T-Butyl Ether.

Posledním panelem je „Design“. Zde se nastaví zadané limitující podmínky výpočtu, tedy požadované parametry geometrie. Na obr.6.7 jsou tyto parametry již zadané. K výpočtu zvolíme metodu „Rigorous“. V oranžovém obdélníku je vidět počet kombinací výpočtu.



Obr.6.7 Nastavení podmínek výpočtu

Tímto je příklad zadán kompletně a lze spustit jeho výpočet.

6.2. VZDUCHOVÝ CHLADIČ

ZADÁNÍ PŘÍKLADU:

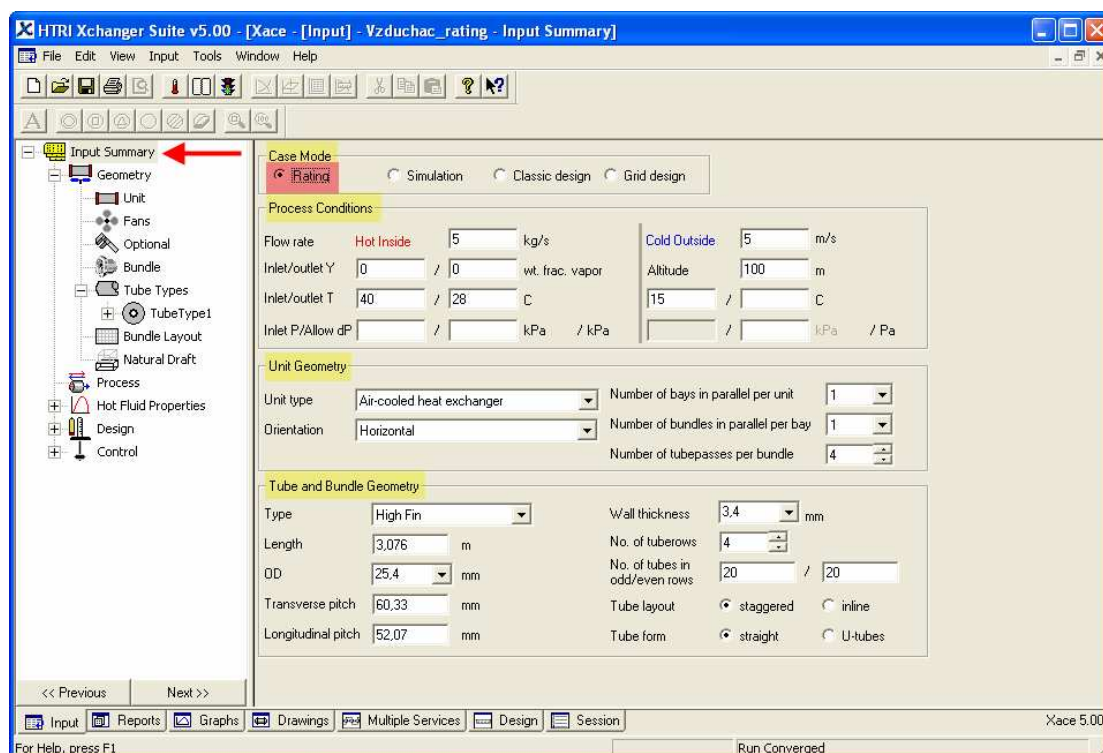
Pro zadané procesní podmínky, uvedené v tab.6.2, proveďte kontrolní výpočet stávajícího vzduchového chladiče. Rozhodněte, zda je možné ho využít pro podmínky této nové procesní linky.

Tab.6.2 Zadané hodnoty kontrolního výpočtu vzduchového chladiče

Procesní údaje	Průtok vody: Vstupní teplota vody / vzduchu: Výstupní teplota vody: Rychlost vzduchu v prázdném kanálu (vstup): Zanášení na straně vody / vzduchu:	18 000 kg/h 40 / 15 °C 28 °C 5 m/s 0 / 0 Km ² /W
Geometrie trubek	Vnější průměr trubek: Délka trubek: Tloušťka stěny trubek: Podélná rozteč trubek: Příčná rozteč trubek: Počet chodů: Počet trubek v řadě: Materiál trubek: Počet ventilátorů: Zapojení ventilátoru: Žebrování výška / tloušťka: Počet žeber na metr / materiál:	25,4 mm 3 m 3,4 mm 52,07 mm 60,33 mm 4 20 Uhlíková ocel 1 Forced 15,9 / 0,406 mm 433 / Hliník

POSTUP ŘEŠENÍ:

Spustíme novou úlohu vzduchoého chladiče a nastavíme jednotkový systém na SI. Zvolíme typ výpočtu „**Rating**“ a postupně vyplníme všechna zadaná data do souhrnného panelu na obr.6.8. Už v tomto okně budou vyplněna téměř všechna nezbytná data.



Obr.6.8 Souhrnný vstupní panel vzduchového chladiče

Panel „**Geometry**“ nám umožní zadat už jen geometrii ventilátoru, ostatní pole jsou již zadána kompletně. Neznámé hodnoty lze zvolit.

Fan Geometry

Number of fans/bay: 1

Fan arrangement: ☒ forced draft ☐ induced draft

Fan diameter: [] m

Fan ring: 15 deg cone

Obr.6.9 Nastavení geometrie ventilátoru

Přejdeme dále na podpanel „**Unit**“, kde zadáme předpokládání nastavení jednotky vzduchového chladiče. Viz následující obr.6.10. Rovněž zadáme i velikost hrdel z databáze.

HTRI Xchanger Suite v5.00 - [Xace - [Input] - Vzduchac_rating - Input Summary-Geometry-Unit]

File Edit View Input Tools Window Help

Input Summary

Geometry

Unit

Fans

Optional

Bundle

Tube Types

Bundle Layout

Natural Draft

Process

Hot Fluid Properties

Design

Control

Bay Description

Unit type: Air-cooled heat exchanger

Fan arrangement: ☒ Forced ☐ Induced

Hot fluid location: ☒ Inside tube ☐ Outside tube

Tube orientation: ☒ Horizontal ☐ Vertical (top inlet) ☐ Vertical (bottom inlet) ☐ Inclined

Flow type: ☐ Cocurrent ☒ Counter-current

Number of bays in parallel per unit: 1

Number of bundles in parallel per bay: 1

Number of services: 1

Number of tube passes per bundle: 4

Tubeside Nozzle Data

Nozzle database: 01-ANSI_B36_10.table

Schedule: STD

Entry type / Exit type: ☐ Perpendicular ☐ Axial with distributor ☒ Axial

Inlet: 202.718 mm

Outlet: 202.718 mm

Number of nozzles per bundle: 1

<< Previous Next >>

Input Reports Graphs Drawings Multiple Services Design Session

For Help, press F1

Run Converged

Obr.6.10 Nastavení jednotky vzduchového chladiče

Podpanel „**Fans**“ můžeme přeskočit, všechna potřebná pole jsou již vyplněna. Další následující podpanel „**Optional**“ rovněž není nutno zadávat. Až podpanel „**Bundle**“ je nutno upřesnit v zadání. Na obr.6.11 jsou tato pole již vyplněna. Jde především o zohlednění „**Side Seals**“, tedy přítomnosti výstupků. Jejich přítomnost uvažujeme.

Air Cooler and Economizer Tube

Default bundle type: Rows

Number of tuberoes / tube passes: 4 / 4

Tubes in odd/even rows: 20 / 20

Clearance, wall to first tube: 9,525 mm

Bundle width: mm

Tube layout: ☒ staggered ☐ inline

Tube form: ☒ straight ☐ U-tubes

Side seals: ☒ Yes ☐ No

Tube Length

Tube length: 3,076 m

Additional unheated length: mm

Total unfinned tube length: mm

Equivalent tube length in tube bends for U-tubes: m

Obr.6.11 Specifikace svazku trubek vzduchového chladiče

V podpanelu „**Tube Types**“ se nastavuje jeden z klíčových parametrů celé geometrie a tím je geometrie trubek. Tyto parametry jsou vyznačeny v oranžových polích na obr.6.12. Je zadána i geometrie žebrování, možnosti její specifikace jsou na následujícím obr.6.13. Po specifikaci geometrie trubek a jejich žebrování je zadána kompletní geometrie a není nutno definovat žádná další pole v následujících podpanelech.

HTRI Xchanger Suite v5.00 - [Xace - [Input] - Vzduchac_rating - Input Summary-Geometry-Tube Types-TubeType1-Tube Geometry]

File Edit View Input Tools Window Help

Input Summary

- Geometry
 - Unit
 - Fans
 - Optional
 - Bundle
 - Tube Types
 - TubeType1 (selected)
 - Tube Geometry
 - High Fin
 - FJ Curves
 - Bundle Layout
 - Natural Draft
 - Process
 - Hot Fluid Properties
 - Design
 - Control

Tube Geometry High Fin FJ Curves

Tube Geometry

Tube type: High Fin

Tube internals: None

Tube material code: Carbon steel

Tube thermal conductivity: W/m-C

Wall thickness: 3,4 mm

Tube OD: 25,4 mm

Pitch

☐ Equilateral layout

Longitudinal pitch: 52,07 mm

Transverse pitch: 60,33 mm

Flow

<< Previous Next >>

Input Reports Graphs Drawings Multiple Services Design Session

For Help, press F1 Modified Run Converged Xace 5.00

Obr.6.12 Nastavení geometrie trubek

Obr.6.13 Nastavení geometrie žebrování

Pole „*Fin Type*“ na obr.6.13 není sice v zadání nijak blíže specifikováno, nicméně předpokládejme klasické „kruhové“ žebrování.

Panel „*Process*“ je již zadán kompletně. V případě vzduchového chladiče lze zadat pouze horké pracovní médium, tím je v tomto případě voda. Tu lze jednoduše zadat jako komponentu z databáze látek HTRI a tedy i panel „*Hot Fluid Properties*“ bude vyplněn dle postupu uvedeného na obr.4.1.20 (str.50).

Žádné další požadavky zadání nejsou a příklad je tak zadán kompletně. Lze spustit jeho výpočet.

6.3. PŘÍČNĚ OBTÉKANÝ SVAZEK TRUBEK

ZADÁNÍ PŘÍKLADU:

Pomocí simulace zjistíte výstupní teploty obou pracovních médií pro zadaný výměník tepla. Jde o výměník typu „spaliny-vzduch“. V tab.6.3 jsou uvedena základní data potřebná k výpočtu. Ten se bude skládat ze dvou částí lišících se v hodnotách vstupních teplot spalin a uvažovaného zanášení.

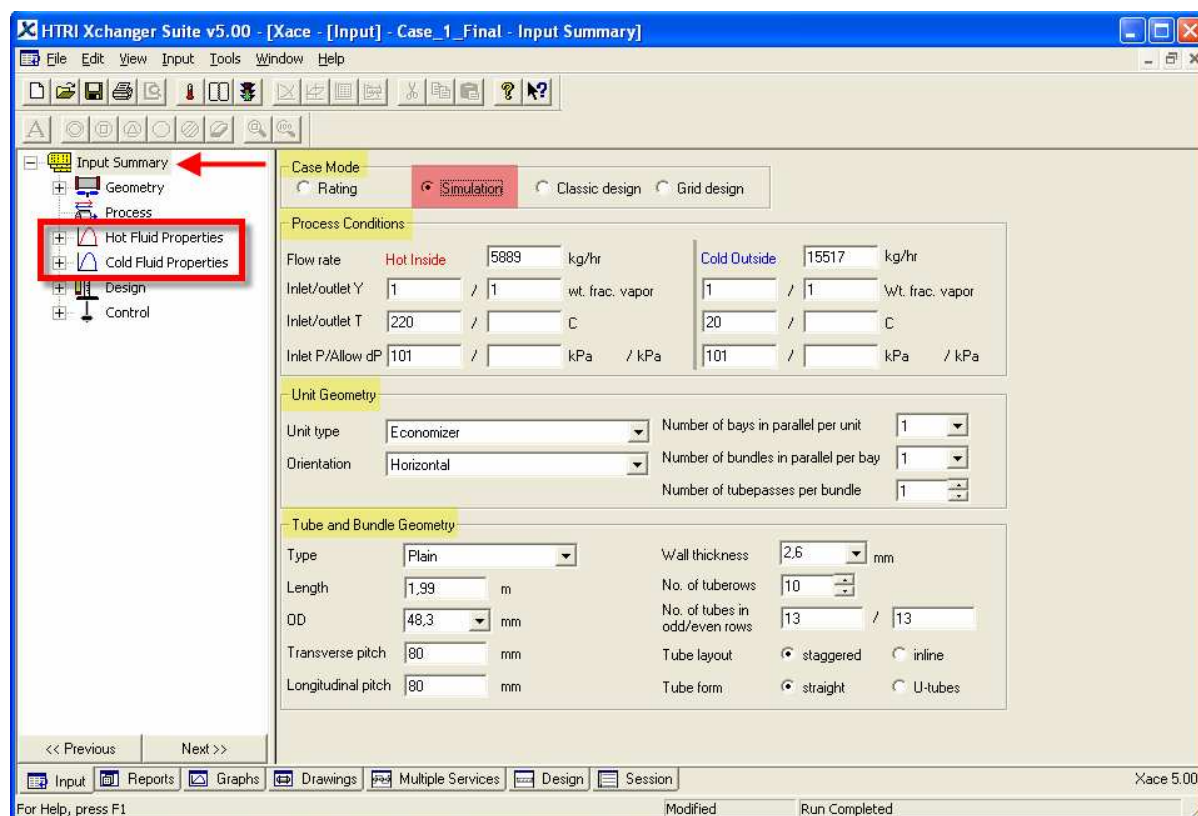
Výměník je zapojen v protiproudém režimu toku s vystřídaným uspořádáním trubek. Trubky jsou hladké a horizontálně orientovány. Při výpočtu je navíc požadováno zohlednit přítomnost výstupků.

Tab.6.3 Zadané hodnoty příčně obtékaného svazku trubek

Procesní údaje	Průtok spalin / vzduchu:	5889 / 15 517 kg/h
	Vstupní teplota spalin (případ 1 / 2):	220 / 200 °C
	Vstupní teplota vzduchu:	20 °C
	Tlak obou médií na vstupu:	101 kPa
	Zanášení na straně spalin (případ 1 / 2):	0,005 / 0 Km ² /W
	Zanášení na straně vzduchu (případ 1 / 2):	0,005 / 0 Km ² /W
Geometrie trubek	Počet trubek v řadě:	13
	Počet řad:	10
	Počet chodů v TP:	1
	Délka sekce:	1,99 m
	Vnější průměr trubek:	48,3 mm
	Tloušťka stěny trubek:	2,6 mm
	Příčná rozteč trubek:	80 mm
	Podélná rozteč trubek:	80 mm
	Materiál trubek:	Uhlíková ocel

POSTUP ŘEŠENÍ PŘÍPADU 1:

Jako příčně obtékaný svazek trubek je v programu HTRI označen „Economizer“. Po spuštění jeho nové úlohy se objeví souhrnný panel zobrazený na obr.6.14. Jako vždy, prvně definujeme jednotkový systém SI a teprve poté přistupujeme k zadávání jednotlivých polí. V zadání jsou uvedeny dva případy k řešení. Ty budou řešeny každý separátně, neboť se liší pouze ve třech hodnotách. Uvedeme řešení prvního z nich, druhý se řeší analogicky.



Obr.6.14 Vstupní souhrnný panel ekonomizéru

Po zvolení typu výpočtu „**Simulation**“ a doplnění všech dat je možné přejít na první panel „**Geometry**“. Zde je nutno nastavit první odlišnost od vzduchového chladiče v podobě nepřítomnosti ventilátoru! Viz obr.6.15.

Obr.6.15 Nastavení geometrie ventilátoru

Přejdeme dále na podpanel „**Unit**“, kde zadáme předpokládáné nastavení jednotky POST. Viz následující obr.6.16. Zde je možné sledovat druhý rozdíl oproti vzduchovému chladiči v možnosti definice umístění horkého pracovního média! Předpokládáme, že bude proudit uvnitř trubek. Zbývající parametry jsou na zvážení řešitele, v našem případě byly zvoleny běžně užívané.

Obr.6.16 Nastavení jednotky POST

Podpanel „**Fans**“ můžeme přeskočit, všechna potřebná pole jsou již vyplněna. Další následující podpanel „**Optional**“ rovněž není nutno zadávat.

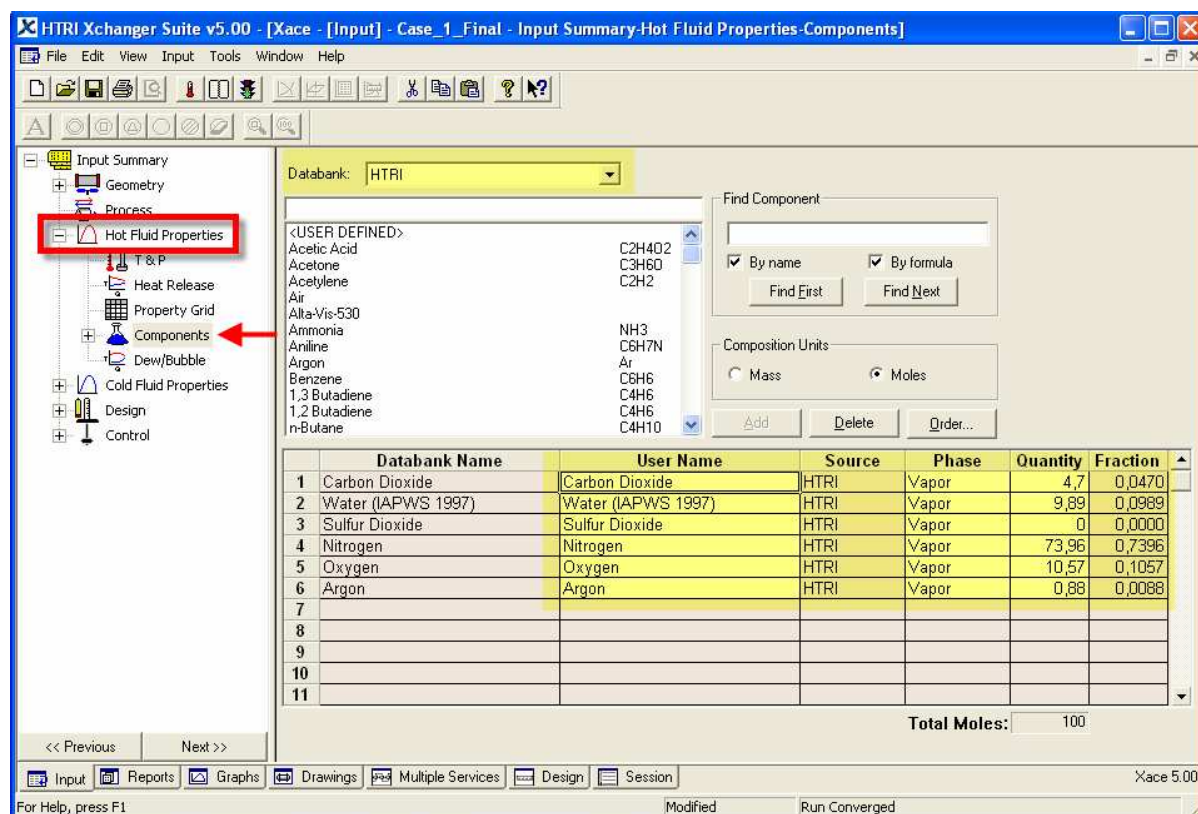
Až podpanel „**Bundle**“ je nutno upřesnit v zadání. Na obr.6.17 jsou tato pole již vyplněna. Jde především o zohlednění „*Side Seals*“, tedy požadovaných výstupků ze zadání příkladu.

Obr.6.17 Specifikace svazku trubek vzduchového chladiče

V podpanelu „**Tube Types**“ nastavíme předpokládanou geometrii trubek, nebyl kladen žádný nárok na vyšší teplosměnnou plochu, tedy žebrovaní nebudeme uvažovat. Vyplníme tedy hladký typ trubek a jejich zadaný materiál. Zbývající podpanely geometrie nejsou nutné.

Obr.6.18 Nastavení geometrie trubek

Panel „**Process**“ je již zadán kompletně. V případě POST je možné zadat i horké pracovní médium, tím jsou v tomto případě spaliny. Jejich specifikaci dovoluje panel „**Hot Fluid Properties**“ (viz obr.6.19), ten bude opět vyplněn dle postupu uvedeného na obr.4.1.20 (str.50). Složení spalin je uvažováno v zastoupení uvedeném na obr.6.19. U každé složky je nutno vyplnit její stav, množství a poměrné zastoupení ve směsi tj. spalinách. Vzduch jako chladné pracovní médium je možné zadat jako komponentu z databáze látek HTRI. Tím jsou obě pracovní média zadána kompletně.



Obr.6.19 Specifikace horkého pracovního média

Žádné další požadavky zadání nejsou a příklad je tak zadán kompletně. Lze spustit jeho výpočet. Druhý případ se bude řešit analogicky s tím rozdílem, že nebude uvažováno zanášení ani jednoho z pracovních médií a vstupní teplota spalin bude 200 °C.

6.4. DESKOVÝ VÝMĚNÍK TEPLA

ZADÁNÍ PŘÍKLADU:

Navrhněte deskový výměník tepla pro zadané pracovní podmínky a geometrii desek. uvedenou v tab.6.4. Výměník bude pracovat v režimu „voda-voda“, kdy chladící voda bude ochlazovat vodu odpadní.

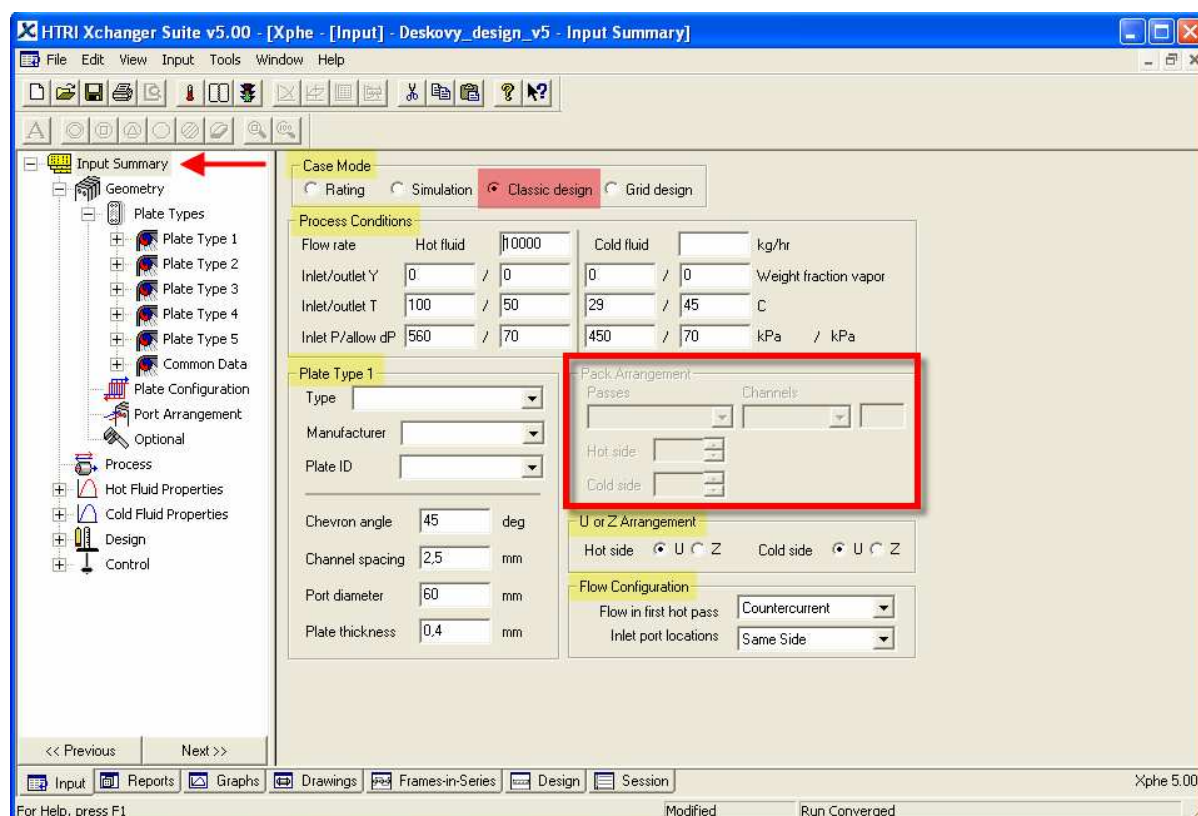
Je požadováno, aby výměník pracoval v jednochodém protiproudém režimu toku a vzájemná poloha vstupu a výstupu média byla v uspořádání „U“.

Tab.6.4 Zadané hodnoty deskového výměníku

Procesní údaje	Průtok odpadní vody:	10 000 kg/h
	Vstupní / výstupní teplota odpadní vody:	100 / 50 °C
Geometrie desek	Vstupní / výstupní teplota chladicí vody:	29 / 45 °C
	Tlak odpadní vody na vstupu:	560 kPa
	Tlak chladicí vody na vstupu:	450 kPa
	Dovolené tlak. ztráty odpad. / chlad. vody:	70 / 70 kPa
	Zanášení na straně odpadní vody:	0,000215 Km ² /W
	Šípovitost:	45 °
	Vzdálenost desek:	2,5 mm
	Průměr vstupních otvorů:	60 mm
	Tloušťka desek:	0,4 mm
	Plocha jedné desky:	0,1 m ²
	Materiál desek:	Nerezová ocel

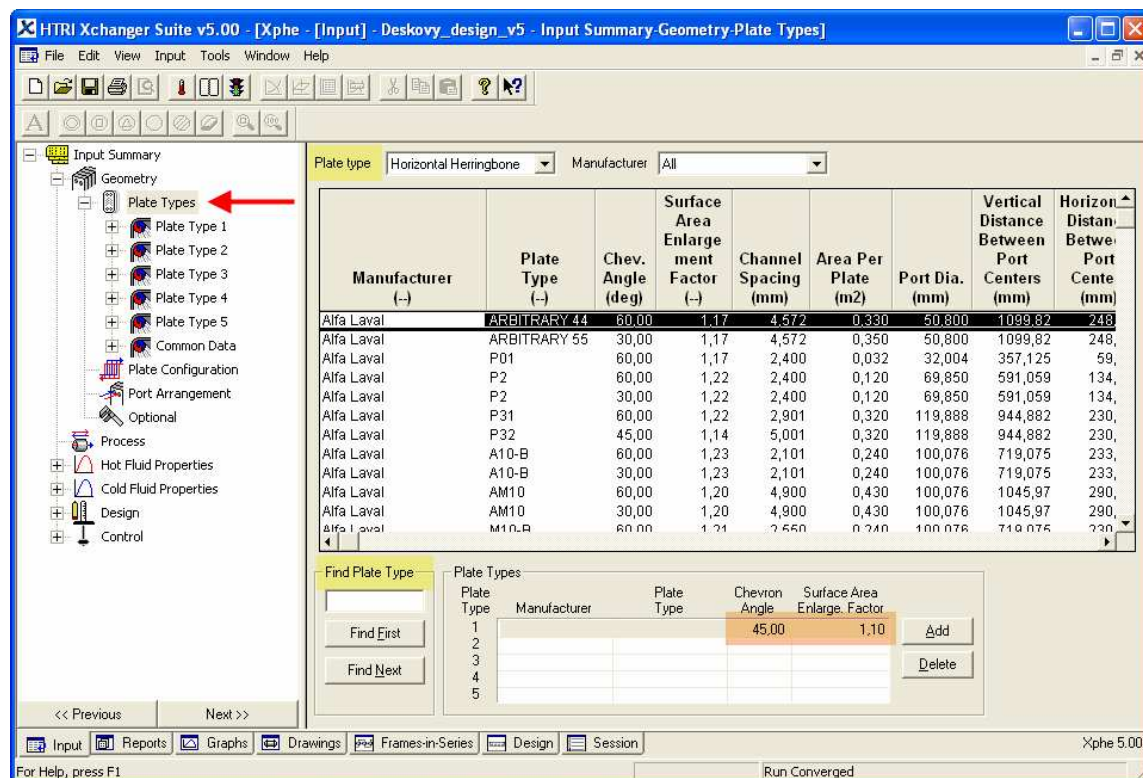
POSTUP ŘEŠENÍ:

Spustíme novou úlohu deskového výměníku. Její vstupní souhrnný panel je zobrazen na obr.6.20. Nastavíme jednotkový systém na SI a zvolíme typ výpočtu „**Classic Design**“. Poté vyplníme veškerá data, která je možná v tomto okně vypnit.



Obr.6.20 Souhrnný vstupní panel deskového výměníku

Přejdeme na panel „**Geometry**“, v něm již máme zadáno vše dostupné. Další pole již proto nevyplňujeme. Prvním podpanelem je „**Plate Types**“. V tom lze definovat několik druhů desek pro případy, kdy by bylo použito více než jednoho typu desek. To ovšem není náš případ.



Obr.6.21 Přehled typů desek

Plate Geometry

Manufacturer

Plate ID

Chevron angle

45

deg

Plate thickness

0.4

mm

Area per plate

0.1

m2

Surface area enlargement factor

1.1

Plate Material

Material

316 Stainless steel (17 Cr, 12 Ni)

Thermal conductivity

W/m-C

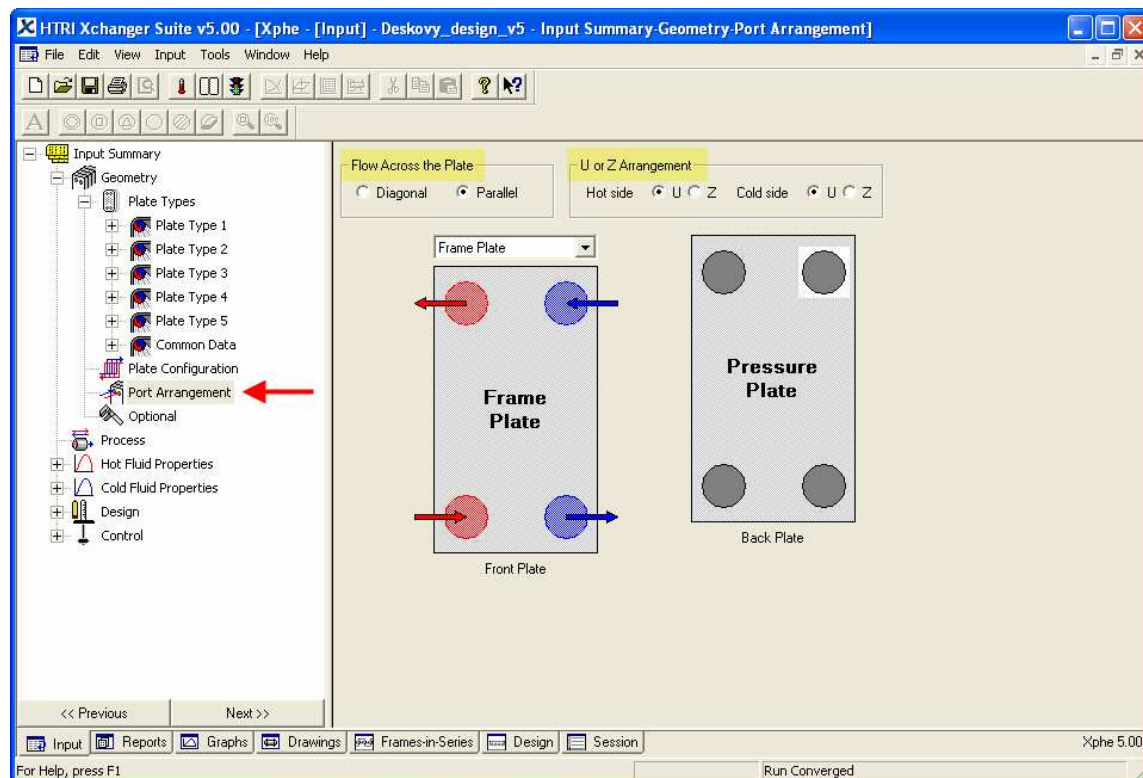
Obr.6.22 Návrh konkrétního typu desek

Ze zadání máme specifikované vlastnosti desek, tyto zadáme do podpanelu „**Plate Type 1**“, který je zobrazen na obr.6.22. Parametr „*Surface Area Enlargement Factor*“ nechme na hodnotě 1,1, ta je doporučena programem HTRI.

Podpanel „**Common Data**“ umožňuje zadat detailní geometrii desek. Přestože nebyl zadán žádný rozměr, zvolme dílčí parametry podle obr.6.23.

Obr.6.23 Detailní specifikace geometrie desek

Podpanel „**Plate Configuration**“ umožňuje zadat pouze informace o zapojení více druhů desek do série či je zapojit paralelně, v našem příkladě je však použit typ jediný.



Obr.6.24 Nastavení uspořádání chodů pracovních médií

Následující podpanel „**Port Arrangement**“ zobrazený na obr.6.24 slouží k nastavení uspořádání jednotlivých chodů pracovních médií. Nechme výchozí nastavení. Tím je zadána kompletní geometrie.

Panel „**Process**“ již nenabízí žádné možnosti zadání, necháme jej tedy tak jak je. Také obě pracovní látky nebudeme definovat nijak složitě, vždy jde o vodu, kterou vložíme jako komponentu z databáze pracovních látek HTRI.

Příklad je tak zadán kompletně a je možné spustit jeho výpočet.

7. PŘÍKLADY K PROCVIČENÍ

Níže uvedené příklady k procvičení jsou výsledky řešení výměníků tepla v programu HTRI, které již slouží v reálném provozu. Příklad je vždy uveden ve vypočteném stavu a je tak na čtenaři a uživateli programu HTRI jaký typ výpočtu na něj aplikuje. Součástí výsledku je i vypočtená geometrie výměníku. Některé procesní látky není možné „přímo“ zadat jako komponentu a proto jsou přiloženy i návrhy složení vybraných látek, které tak rozšiřují daná zadání a možnosti kontrolních výpočtů a porovnání výsledných hodnot s hodnotami originál řešení.

7.1. VZDUCHOVÝ CHLADIČ

Type	Forced draft			Position	Horizontal		
Surface per unit (bare/finned)	m ²			Bays per unit		Bundles per unit	
Surface per bundle (bare/finned)	m ²			Bundles per bay			
Fluid Characteristics							
Fluid handled	Sour Water						
Corrosive	Yes	Due to	H2S, CO2				
Hazardous in air	Yes	Reason	Toxic				
Performance of One Unit							
Tube Side				Air Side			
Fluid name	Circulating Water			Air quantity	kg/h		
Fluid quantity	kg/h	109400		Temperature in / out	°C	40	
		Inlet	Outlet	Fouling resistance	m ² ·K/W		
Vapor	fract			Minimum air temperature	°C	-28	
Density	kg/m ³			Elevation above sea level	m	75	
Molecular weight	kg/kmol						
Viscosity	cP			(Min) Mechanical Design Conditions			
Thermal cond.	W/m·K			Set	Description	Pressure	Temperature
Specific heat	kJ/kg·K					barg	°C
Liquid	fract	1	1	A	Design Conditions	11.5 / FV	150
Density	kg/m ³	977,8	987,4	B			
Viscosity	cP	0,41	0,56	C			
Thermal cond.	W/m·K	0,66	0,64	D			
Specific heat	kJ/kg·K	4,189	4,179	E			
Surface tension	dyne/cm			F			
Temperature	°C	69,6	50				
Inlet pressure	barg	4		(Basic) Material of Construction			
dP allowable/calc.	bar		0.7/	Header	CS+3mm CA		
Velocity calc/max	m/s			Tubes	CS		
Pour point	°C			Fins			
Freezing point	°C	0					
Fouling resistance	m ² ·K/W	0,00035		Control			
Heat exch. (duty)	kW	2547.9		Turndown requirement	20%		
				Fan speed reduction	50	% of fans	
Additional Process Data				Fan pitch adjustment		% of fans	
Tubeside mechanical cleaning required?	Yes			Louvres			
Type of finning				Failure control action	- fan pitch		
Mole fraction inerts at inlet (condensers only)					- louvre		
				Air heating facilities			

Type	Forced draft			Position	Horizontal		
Surface per unit (bare/finned)	m ²			Bays per unit		Bundles per unit	
Surface per bundle (bare/finned)	m ²			Bundles per bay			
Fluid Characteristics							
Fluid handled	Backwash Oil						
Corrosive	No	Due to					
Hazardous in air	Yes	Reason	Flammable				
Performance of One Unit							
Tube Side				Air Side			
Fluid name	Backwash Oil			Air quantity	kg/h		
Fluid quantity	kg/h	61800 x 1.10		Temperature in / out	°C	40	
		Inlet	Outlet	Fouling resistance	m ² ·K/W		
Vapor	fract			Minimum air temperature	°C	-28	
Density	kg/m ³			Elevation above sea level	m		
Molecular weight	kg/kmol						
Viscosity	cP			(Min) Mechanical Design Conditions			
Thermal cond.	W/m·K			Set	Description	Pressure	Temperature
Specific heat	kJ/kg·K					barg	°C
Liquid	fract	1	1	A	Tubes & Headers	22/FV	260
Density	kg/m ³	772.5	871.5	B	Steam-out	-0,5	150
Viscosity	cP	0.773	8.099	C			
Thermal cond.	W/m·K	0.1163	0.1379	D			
Specific heat	kJ/kg·K	2.697	2.045	E			
Surface tension	dyne/cm			F			
Temperature	°C	244	80				
Inlet pressure	barg	6.2		(Basic) Material of Construction			
dP allowable/calc.	bar	1		Header	CS + 3.0 mm CA		
Velocity calc/max	m/s			Tubes	CS + 1.0 mm CA		
Pour point	°C			Fins			
Freezing point	°C						
Fouling resistance	m ² ·K/W	0.0004		Control			
Heat exch. (duty)	kW	6675 x 1.10		Turndown requirement	50%		
				Fan speed reduction	50	% of fans	Auto
Additional Process Data				Fan pitch adjustment		% of fans	
Tubeside mechanical cleaning required?				Louvres	Yes	Manual	
Type of finning				Failure control action	- fan pitch		
Mole fraction inerts at inlet (condensers only)					- louver		
				Air heating facilities	Yes	Steam coil	

Type	Forced draft			Position	Horizontal		
Surface per unit (bare/finned)	m ²			Bays per unit		Bundles per unit	
Surface per bundle (bare/finned)	m ²			Bundles per bay			
Fluid Characteristics							
Fluid handled	Diesel Product						
Corrosive	No	Due to					
Hazardous in air	Yes	Reason	Flammable				
Performance of One Unit							
Tube Side				Air Side			
Fluid name	Diesel Product			Air quantity	kg/h		
Fluid quantity	kg/h	207752 x 1.10		Temperature in / out	°C	40	
		Inlet	Outlet	Fouling resistance	m ² ·K/W		
Vapor	fract			Minimum air temperature	°C	-28	
Density	kg/m ³			Elevation above sea level	m		
Molecular weight	kg/kmol						
Viscosity	cP			(Min) Mechanical Design Conditions			
Thermal cond.	W/m·K			Set	Description	Pressure	Temperature
Specific heat	kJ/kg·K					barg	°C
Liquid	fract	1	1	A	Tubes & Headers	19/FV	210
Density	kg/m ³	722.5	810.5	B	Steam-out	-0,5	150
Viscosity	cP	0.482	2.265	C			
Thermal cond.	W/m·K	0.116	0.1375	D			
Specific heat	kJ/kg·K	2.637	2.075	E			
Surface tension	dyne/cm			F			
Temperature	°C	183	50				
Inlet pressure	barg	10,0		(Basic) Material of Construction			
dP allowable/calc.	bar	1		Header	CS + 3.0 mm CA		
Velocity calc/max	m/s			Tubes	CS + 1.0 mm CA		
Pour point	°C			Fins			
Freezing point	°C						
Fouling resistance	m ² ·K/W	0.0003		Control			
Heat exch. (duty)	kW	17973 x 1.10		Turndown requirement	50%		
				Fan speed reduction		% of fans	Auto
Additional Process Data				Fan pitch adjustment		% of fans	
Tubeside mechanical cleaning required?				Louvres	Yes	Manual	
Type of finning				Failure control action	- fan pitch		
Mole fraction inerts at inlet (condensers only)					- louvre		
				Air heating facilities	Yes	Steam coil	

Type	Forced draft			Position	Horizontal		
Surface per unit (bare/finned)	m ²			Bays per unit		Bundles per unit	
Surface per bundle (bare/finned)	m ²			Bundles per bay			
Fluid Characteristics							
Fluid handled	Kerosene Product						
Corrosive	No	Due to					
Hazardous in air	Yes	Reason		Flammable			
Performance of One Unit							
Tube Side				Air Side			
Fluid name				Air quantity	kg/h		
Fluid quantity	kg/h	33427 x 1.10		Temperature in / out	°C		40
		Inlet	Outlet	Fouling resistance	m ² ·K/W		
Vapor	fract	0	0	Minimum air temperature	°C		-28
Density	kg/m ³			Elevation above sea level	m		
Molecular weight	kg/kmol						
Viscosity	cP			(Min) Mechanical Design Conditions			
Thermal cond.	W/m·K			Set	Description	Pressure	Temperature
Specific heat	kJ/kg·K					barg	°C
Liquid	fract	1	1	A	Tubes & Headers	18.5/FV	250
Density	kg/m ³	677.1	796.7	B	Steam-out	-0.5	150
Viscosity	cP	0.225	0.943	C			
Thermal cond.	W/m·K	0.1007	0.1247	D			
Specific heat	kJ/kg·K	2.669	2.039	E			
Surface tension	dyne/cm			F			
Temperature	°C	202	50.0				
Inlet pressure	barg	10.1		(Basic) Material of Construction			
dP allowable/calc.	bar	1		Header	CS + 3.0 mm CA		
Velocity calc/max	m/s			Tubes	CS + 1.0 mm CA		
Pour point	°C			Fins			
Freezing point	°C						
Fouling resistance	m ² ·K/W	0.00026		Control			
Heat exch. (duty)	kW	3307 x 1.10		Turndown requirement	50%		
				Fan speed reduction		% of fans	
				Fan pitch adjustment		% of fans	
Additional Process Data				Louvres	Yes		
Tubeside mechanical cleaning required?				Failure control action	- fan pitch		
Type of finning					- louvre		
Mole fraction inerts at inlet (condensers only)				Air heating facilities	No		

Type	Forced draft			Position	Horizontal		
Surface per unit (bare/finned)	m ²			Bays per unit		Bundles per unit	
Surface per bundle (bare/finned)	m ²			Bundles per bay			
Fluid Characteristics							
Fluid handled	Naphtha Stabilizer OVHD Vapor						
Corrosive	No	Due to					
Hazardous in air	Yes	Reason					
Performance of One Unit							
Tube Side				Air Side			
Fluid name				Air quantity	kg/h		
Fluid quantity	kg/h	27437 x 1.10		Temperature in / out	°C	40	
		Inlet	Outlet	Fouling resistance	m ² ·K/W		
Vapor	fract	0	0	Minimum air temperature	°C	-28	
Density	kg/m ³			Elevation above sea level	m		
Molecular weight	kg/kmol						
Viscosity	cP			(Min) Mechanical Design Conditions			
Thermal cond.	W/m·K			Set	Description	Pressure	Temperature
Specific heat	kJ/kg·K					barg	°C
Liquid	fract	1	1	A	Tubes & Headers	15.5/FV	260
Density	kg/m ³	638.8	739.8	B	Steam-out	-0.5	150
Viscosity	cP	0.175	0.452	C			
Thermal cond.	W/m·K	0.0886	0.1153	D			
Specific heat	kJ/kg·K	2.568	2.119	E			
Surface tension	dyne/cm			F			
Temperature	°C	155	50.0				
Inlet pressure	barg	9.7		(Basic) Material of Construction			
dP allowable/calc.	bar	1		Header	CS + 3.0 mm CA		
Velocity calc/max	m/s			Tubes	CS + 1.0 mm CA		
Pour point	°C			Fins			
Freezing point	°C						
Fouling resistance	m ² ·K/W	0.00026		Control			
Heat exch. (duty)	kW	1866 x 1.10		Turndown requirement	50%		
				Fan speed reduction		% of fans	
				Fan pitch adjustment		% of fans	
Additional Process Data				Louvres	Yes		
Tubeside mechanical cleaning required?				Failure control action	- fan pitch		
Type of finning					- louvre		
Mole fraction inerts at inlet (condensers only)				Air heating facilities	No		

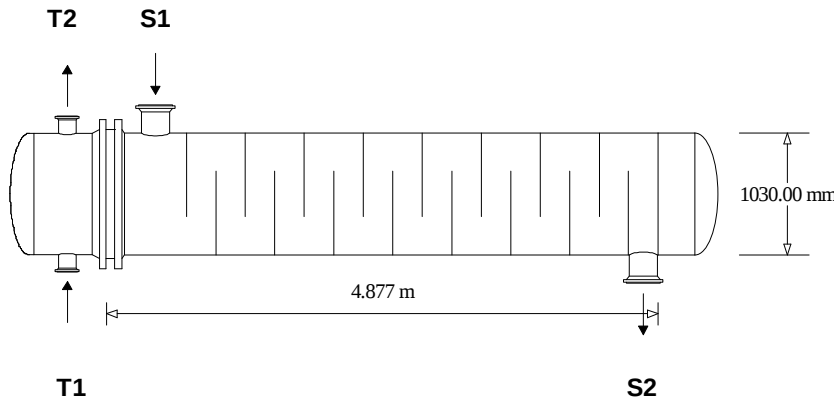
Type	Forced draft			Position	Horizontal		
Surface per unit (bare/finned)	m ²			Bays per unit		Bundles per unit	
Surface per bundle (bare/finned)	m ²			Bundles per bay			
Fluid Characteristics							
Fluid handled	Naphtha Stabilizer OVHD Vapor						
Corrosive	Yes	Due to	H2S				
Hazardous in air	Yes	Reason					
Performance of One Unit							
Tube Side				Air Side			
Fluid name				Air quantity	kg/h		
Fluid quantity	kg/h	3793 x 1.15		Temperature in / out	°C		40
		Inlet	Outlet	Fouling resistance	m ² ·K/W		
Vapor	fract	1.0	0.202	Minimum air temperature	°C		-28
Density	kg/m ³	23.645	20.716	Elevation above sea level	m		
Molecular weight	kg/kmol	52.44	46.61				
Viscosity	cP	0.010	0.010	(Min) Mechanical Design Conditions			
Thermal cond.	W/m·K	0.0243	0.0241	Set	Description	Pressure	Temperature
Specific heat	kJ/kg·K	2.054	1.957			barg	°C
Liquid	fract	0	0.798	A	Tubes & Headers	11.8/FV	260
Density	kg/m ³		493.3	B	Steam-out	-0.5	150
Viscosity	cP		0.118	C			
Thermal cond.	W/m·K		0.0819	D			
Specific heat	kJ/kg·K		2.790	E			
Surface tension	dyne/cm			F			
Temperature	°C	75.0	60.0				
Inlet pressure	barg	10.0		(Basic) Material of Construction			
dP allowable/calc.	bar	0.34		Header	CS + 3.0 mm CA		
Velocity calc/max	m/s			Tubes	CS + 1.0 mm CA		
Pour point	°C			Fins			
Freezing point	°C						
Fouling resistance	m ² ·K/W	0.0002		Control			
Heat exch. (duty)	kW	277 x 1.15		Turndown requirement	50%		
				Fan speed reduction	50	% of fans	
				Fan pitch adjustment		% of fans	
Additional Process Data				Louvres	Yes		
Tubeside mechanical cleaning required?				Failure control action	- fan pitch		
Type of finning					- louvre		
Mole fraction inerts at inlet (condensers only)				Air heating facilities	No		

Type	Forced draft			Position	Horizontal		
Surface per unit (bare/finned)	m ²			Bays per unit		Bundles per unit	
Surface per bundle (bare/finned)	m ²			Bundles per bay			
Fluid Characteristics							
Fluid handled	LLP Steam / LLP Condensate						
Corrosive	No	Due to					
Hazardous in air	No	Reason					
Performance of One Unit							
Tube Side				Air Side			
Fluid name	LLP Steam / LLP Condens.			Air quantity	kg/h		
Fluid quantity	kg/h	889		Temperature in / out	°C	40	
		Inlet	Outlet	Fouling resistance	m ² ·K/W		
Vapor	fract	1		Minimum air temperature	°C	-28	
Density	kg/m ³	1,13		Elevation above sea level	m	75	
Molecular weight	kg/kmol	18,02					
Viscosity	cP	0,013		(Min) Mechanical Design Conditions			
Thermal cond.	W/m·K	0,027		Set	Description	Pressure	Temperature
Specific heat	kJ/kg·K	2,176				barg	°C
Liquid	fract		1	A	Design Conditions	6.6/ FV	170
Density	kg/m ³		943	B			
Viscosity	cP		0,232	C			
Thermal cond.	W/m·K		0,684	D			
Specific heat	kJ/kg·K		4,247	E			
Surface tension	dyne/cm			F			
Temperature	°C	120	120				
Inlet pressure	barg	1		(Basic) Material of Construction			
dP allowable/calc.	bar		0.1/	Header	CS+3mm CA		
Velocity calc/max	m/s			Tubes	CS		
Pour point	°C			Fins			
Freezing point	°C	0					
Fouling resistance	m ² ·K/W	0,0001		Control			
Heat exch. (duty)	kW	543.8		Turndown requirement	20%	Note 3	
				Fan speed reduction	50	% of fans	
Additional Process Data				Fan pitch adjustment		% of fans	
Tubeside mechanical cleaning required?	No			Louvres			
Type of finning				Failure control action	- fan pitch		
Mole fraction inerts at inlet (condensers only)					- louvre		
				Air heating facilities			

7.2. TRUBKOVÝ VÝMĚNÍK TEPLA

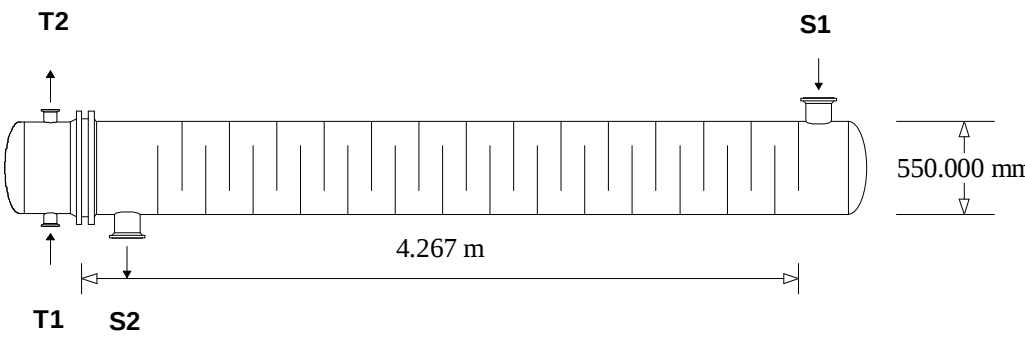
PŘÍKLAD 1:

Type	:						
TEMA class	R	TEMA type	B E U	Position	Horizontal	Connected in	1 parallel 1 series
Surface/unit (gross/eff.)	m ²	404.0/397.2	Shells/unit	1	Surface/shell (gross/eff.)	m ²	404.0/397.2
Performance of One Unit							
Fluid allocation				Shell side		Tube side	
Fluid name				Diesel Product		Cooling Water	
Fluid quantity (design)				207752 x 1.10		135565 x 1.10	
				Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
Vapor				fract			
Density				kg/m ³			
Molecular weight				kg/kmol			
Viscosity				cP			
Thermal conductivity				W/m-K			
Specific heat				kJ/kg-K			
Liquid				fract	1	1	1
Density				kg/m ³	810,5	818,8	996,0
Viscosity				cP	2,265	2,936	0,814
Thermal conductivity				W/m-K	0,1375	0,1394	0,6140
Specific heat				kJ/kg-K	2,075	2,024	4,179
Surface tension				dyne/cm			
Temperature				°C	50,0	38,0	29,0
Inlet pressure				barg	8,9	5,0	
Pressure drop - allowable / calculated				bar	1,0	0,44	1,0
Velocity - limitation				m/s	0,6	1,4	
Fouling resistance				m ² -K/W	0,00026	0,000344	
Heat exchanged (duty)				kW	1418 x 1.10	Transfer rate clean W/m ² -K	863,8
MTD (corrected)				K	8,0	Transfer rate fouled W/m ² -K	489,0
Additional Process Data				(Min) Mechanical Design Conditions			
Mechanical cleaning required ?				Set	Description	Pressure	Temperature
Shellside				No		barg	°C
Tubeside				No	A Shell side Note 3	19/FV	200
Condensing fluids				B	Tube side	15/FV	60
Mole frac. inerts at inlet (for design)				C	Steam out	-0,5	150
Boiling fluids				D			
Pseudo critical pressure				E			
Pseudo critical temperature				F			
Boiling range							
Number of boiling components							
Maximum entrainment (kettle only)				wt-%			
(Basic) Material of Construction							
Shell	CS+3mm CA			Tubes	CS+1mm CA		
Channel	CS+3mm CA			Tubesheet	CS+3mm CA		

Type	:										
TEMA class	R	TEMA type	B E U	Position	Horizontal	Connected in	1	parallel	1	series	
Surface/unit (gross/eff.)	m²	404.0/397.2	Shells/unit	1	Surface/shell (gross/eff.)	m²	404.0/397.2				
Construction Data per Shell											
Shell (or kettle) inside diameter	mm	1030	Estimated mass/shell				- Dry	kg	11325		
Port inside diameter (kettle only)	mm						- Wet	kg	15960		
Number of passes	Shell side	1					- Bundle only	kg	7014		
	Tube side	8	Design metal temperatures for differential thermal expansion (fixed tubesheet only)						Shell °C		
Tube Number		692U							Tube °C		
Type of tube		Bare									
Tube outside diameter	mm	19,05	Connections - Size, Rating and Number (See Sketch)								
Tube wall thickness	mm	2,108	Nozzle ID	No. req.	Size	Rating min. #	Flange Type	Designation			
Tube length (U-tube: to tangent)	mm	4877			in						
Tube pitch	mm	23,81									
Tube layout angle		30°	T1		6	150					
Impingement protection		No	T2		6	150					
Floating head/U-bend support plate		Yes	S1		10	300					
Baffle type		Single Segmental	S2		10	300					
Baffle cut orientation		Perpendicular									
Baffle cut	%	28,5									
Baffle overlap (dbl segmental only)		rows									
Baffle spacing	Central	mm	264,9								
	Inlet	mm	556,4								
	Outlet	mm	264,9								
Baffle thickness	mm	6,35									
Number of crosspasses		17									
Number of sealing strip pairs		0									
Number of F-stream seal rods		10									
Layout Sketch											
											

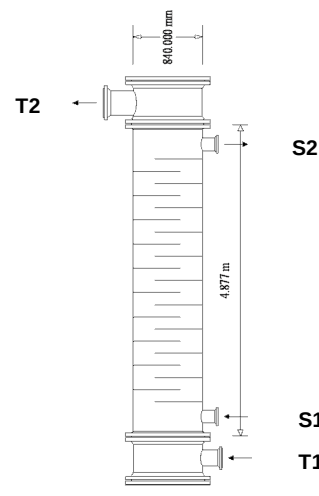
PŘÍKLAD 2:

Type :							
TEMA class	R	TEMA type	B E U	Position	Horizontal	Connected in	1 parallel 1 series
Surface/unit (gross/eff.)		m²	87.8/86.8	Shells/unit		1	Surface/shell (gross/eff.) m² 87.8/86.8
Performance of One Unit							
Fluid allocation				Shell side		Tube side	
Fluid name				Kerosene Product		Cooling Water	
Fluid quantity (design)				kg/h 38101 x 1.1		24413 x 1.1	
				Inlet		Outlet	
Vapor				fract			
Density				kg/m³			
Molecular weight				kg/kmol			
Viscosity				cP			
Thermal conductivity				W/m·K			
Specific heat				kJ/kg·K			
Liquid				fract		1 1	
Density				kg/m³		797,5 806,5	
Viscosity				cP		0,934 1,133	
Thermal conductivity				W/m·K		0,1242 0,1260	
Specific heat				kJ/kg·K		2,035 1,985	
Surface tension				dyne/cm			
Temperature				°C		50,0 38,0	
Inlet pressure				barg		9,0 5,0	
Pressure drop - allowable / calculated				bar		1.0 0,20	
Velocity - limitation				m/s		0,5 1,5	
Fouling resistance				m²·K/W		0,00026 0,000344	
Heat exchanged (duty)			kW	255 x 1.1	Transfer rate clean	W/m²·K	871,0
MTD (corrected)			K	7,9	Transfer rate fouled	W/m²·K	408,9
Additional Process Data				(Min) Mechanical Design Conditions			
Mechanical cleaning required ?					Set	Description	Pressure Temperature
Shellside				No			barg °C
Tubeside				No	A	Shell side	18.5/FV 220
Condensing fluids					B	Tube side	14.5/FV 60
Mole frac. inerts at inlet (for design)				fract	C	Steam out	-0,5 150
Boiling fluids					D		
Pseudo critical pressure				bara	E		
Pseudo critical temperature				°C	F		
Boiling range				°C			
Number of boiling components							
Maximum entrainment (kettle only)				wt-%			
(Basic) Material of Construction							
Shell			CS+3mm CA		Tubes		CS+1mm CA
Channel			CS+3mm CA		Tubesheet		CS+3mm CA

Type	:																			
TEMA class	R	TEMA type	B	E	U	Position	Horizontal	Connected in	1	parallel	1	series								
Surface/unit (gross/eff.)		m²		87.8/86.8		Shells/unit		1		Surface/shell (gross/eff.)		m²		87.8/86.8						
Construction Data per Shell																				
Shell (or kettle) inside diameter			mm			550			Estimated mass/shell			- Dry		kg		2755				
Port inside diameter (kettle only)			mm									- Wet		kg		3822				
Number of passes			Shell side			1						- Bundle only		kg		1498				
			Tube side			10			Design metal temperatures for differential thermal expansion (fixed tubesheet only)			Shell °C								
Tube Number						165U						Tube °C								
Type of tube						Bare														
Tube outside diameter			mm			19,05						Connections - Size, Rating and Number (See Sketch)								
Tube wall thickness			mm			2,108			Nozzle ID		No. req.		Size		Rating min.		Flange Type		Designation	
Tube length (U-tube: to tangent)			mm			4267							in		#					
Tube pitch			mm			23,81														
Tube layout angle						30°			T1				3		150					
Impingement protection						No			T2				3		150					
Floating head/U-bend support plate						No			S1				6		300					
Baffle type						Single Segmental			S2				6		300					
Baffle cut orientation						Perpendicular														
Baffle cut			%			26,0														
Baffle overlap (dbl segmental only)						rows														
Baffle spacing			Central			mm			142,4											
			Inlet			mm			299,3											
			Outlet			mm			370,4											
Baffle thickness			mm			4,76														
Number of crosspasses						29														
Number of sealing strip pairs						0														
Number of F-stream seal rods						8														
Layout Sketch																				
																				

PŘÍKLAD 3:

Type	:	Thermosyphon reboiler					
TEMA class	R	TEMA type	A E L	Position	Vertical	Connected in	1 parallel 1 series
Surface/unit (gross/eff.)	m ²	300.9/294.7	Shells/unit	1	Surface/shell (gross/eff.)	m ²	300.9/294.7
Performance of One Unit							
Fluid allocation				Shell side		Tube Side	
Fluid name				Fractionator Pumparound		Kerosene Stripper Bottoms	
Fluid quantity (design)				102358 x 1.1		111769 x 1.1	
				Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
Vapor							0,3
Density							8,8
Molecular weight							151,83
Viscosity							0,010
Thermal conductivity							0,0273
Specific heat							2,308
Liquid				1	1	1	0,7
Density				629,2	654,8	631,9	629,7
Viscosity				0,193	0,245	0,152	0,150
Thermal conductivity				0,0911	0,0982	0,0923	0,0921
Specific heat				3,070	2,948	2,834	2,847
Surface tension							
Temperature				283,5	254,7	242,2	244,5
Inlet pressure				5,2		1,6	
Pressure drop - allowable / calculated				1,0	0,29	0,3	0,16
Velocity - limitation				0,66		4,3	
Fouling resistance				0,00026		0,00026	
Heat exchanged (duty)				2462 x 1.1	Transfer rate clean	W/m ² ·K	430,0
MTD (corrected)				21,4	Transfer rate fouled	W/m ² ·K	652,3
Additional Process Data				(Min) Mechanical Design Conditions			
Mechanical cleaning required ?				Set	Description	Pressure	Temperature
Shellside				No		barg	°C
Tubeside				Yes	A Shell side	16/FV	343
Condensing fluids				B	Tube side	5/FV	343
Mole frac. inerts at inlet (for design)				C	Steam out	-0,5	150
Boiling fluids				D			
Pseudo critical pressure				E			
Pseudo critical temperature				F			
Boiling range							
Number of boiling components							
Maximum entrainment (kettle only)							
(Basic) Material of Construction							
Shell	CS+3mm CA			Tubes	CS+1.5mm CA		
Channel	CS+3mm CA			Tubesheet	CS+3mm CA		

Type	:	Thermosyphon reboiler													
TEMA class	R	TEMA type	A	E	L	Position	Vertical	Connected in	1	parallel	1	series			
Surface/unit (gross/eff.)		m²		300.9/294.7		Shells/unit		1		Surface/shell (gross/eff.)		m²		300.9/294.7	
Construction Data per Shell															
Shell (or kettle) inside diameter			mm		840		Estimated mass/shell			- Dry		kg		8736	
Port inside diameter (kettle only)			mm							- Wet		kg		11735	
Number of passes			Shell side		1					- Bundle only		kg		4831	
			Tube side		1		Design metal temperatures for differential thermal expansion (fixed tubesheet only)			Shell °C					
Tube Number					1031					Tube °C					
Type of tube					Bare										
Tube outside diameter			mm		19,05		Connections - Size, Rating and Number (See Sketch)								
Tube wall thickness			mm		2,108		Nozzle ID	No. req.	Size	Rating min.	Flange Type	Designation			
Tube length (U-tube: to tangent)			mm		4877				in	#					
Tube pitch			mm		23,81										
Tube layout angle					30°		S1	1	8	300					
Impingement protection					No		S2	1	8	300					
Floating head/U-bend support plate					No		T1	1	10	150					
Baffle type					Single Segmental		T2	1	16	150					
Baffle cut orientation					Perpendicular										
Baffle cut			%		31,5										
Baffle overlap (dbl segmental only)					rows										
Baffle spacing			Central		mm		191,8								
			Inlet		mm		469,6								
			Outlet		mm		469,6								
Baffle thickness			mm		6,35										
Number of crosspasses					22										
Number of sealing strip pairs					0										
Number of F-stream seal rods					0										
Layout Sketch															
															

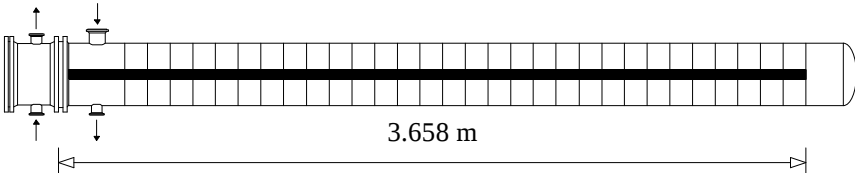
PŘÍKLAD 4:

Type	:						
TEMA class	R	TEMA type	B E U	Position	Horizontal	Connected in	1 parallel 1 series
Surface/unit (gross/eff.)	m ²	55.5/54.6	Shells/unit	1	Surface/shell (gross/eff.)	m ²	55.5/54.6
Performance of One Unit							
Fluid allocation				Shell side		Tube side	
Fluid name				Naphtha Product		Cooling Water	
Fluid quantity (design)				27437 x 1.1		18286 x 1.1	
				Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
Vapor							
Density							
Molecular weight							
Viscosity							
Thermal conductivity							
Specific heat							
Liquid				1	1	1	1
Density				739,8	750,2	996,0	993,0
Viscosity				0,452	0,528	0,814	0,678
Thermal conductivity				0,1153	0,1179	0,6140	0,6265
Specific heat				2,119	2,068	4,179	4,178
Surface tension							
Temperature				50,0	38,0	29,0	38,0
Inlet pressure				8,6		5,0	
Pressure drop - allowable / calculated				1,0	0,14	1,0	0,98
Velocity - limitation				0,44		1,8	
Fouling resistance				0,0002		0,000344	
Heat exchanged (duty)				191 x 1.1	Transfer rate clean	W/m ² ·K	944,7
MTD (corrected)				7,9	Transfer rate fouled	W/m ² ·K	488,5
Additional Process Data				(Min) Mechanical Design Conditions			
Mechanical cleaning required ?				Set	Description	Pressure	Temperature
Shellside				No		barg	°C
Tubeside				No	A Shell side Note 3	15.5/FV	170
Condensing fluids				B	Tube side	12/FV	60
Mole frac. inerts at inlet (for design)				C	Steam out	-0,5	150
Boiling fluids				D			
Pseudo critical pressure				E			
Pseudo critical temperature				F			
Boiling range							
Number of boiling components							
Maximum entrainment (kettle only)							
(Basic) Material of Construction							
Shell	CS+3mm CA			Tubes	CS+1mm CA		
Channel	CS+3mm CA			Tubesheet	CS+3mm CA		

Type	:												
TEMA class	R	TEMA type	B	E	U	Position	Horizontal	Connected in	1	parallel	1	series	
Surface/unit (gross/eff.)		m²	55.5/54.6		Shells/unit		1		Surface/shell (gross/eff.)		m²	55.5/54.6	
Construction Data per Shell													
Shell (or kettle) inside diameter			mm		530			Estimated mass/shell			- Dry	kg	1928
Port inside diameter (kettle only)			mm								- Wet	kg	2692
Number of passes			Shell side		1						- Bundle only	kg	988
			Tube side		12			Design metal temperatures for differential thermal expansion (fixed tubesheet only)			Shell °C		
Tube Number			144U			Tube °C							
Type of tube			Bare										
Tube outside diameter			mm		19,05			Connections - Size, Rating and Number (See Sketch)					
Tube wall thickness			mm		2,108			Nozzle ID	No. req.	Size	Rating min.	Flange Type	Designation
Tube length (U-tube: to tangent)			mm		3048								
Tube pitch			mm		23,81					in	#		
Tube layout angle						30°		T1		3	150		
Impingement protection						No		T2		3	150		
Floating head/U-bend support plate						No		S1		4	300		
Baffle type						Single Segmental		S2		4	300		
Baffle cut orientation						Perpendicular							
Baffle cut			%		23,8								
Baffle overlap (dbl segmental only)						rows							
Baffle spacing			Central		mm		128,2						
			Inlet		mm		287,8						
			Outlet		mm		305,6						
Baffle thickness			mm		4,77								
Number of crosspasses						23							
Number of sealing strip pairs						1							
Number of F-stream seal rods						10							
Layout Sketch													
T2 T1 S2 S1 </													

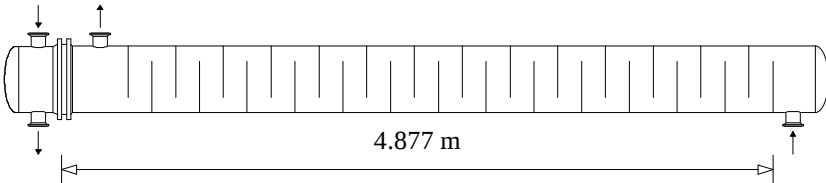
PŘÍKLAD 5:

Type :							
TEMA class	R	TEMA type	A F U	Position	Horizontal	Connected in	1 parallel 1 series
Surface/unit (gross/eff.)		m²	17.5/17.4	Shells/unit		1	Surface/shell (gross/eff.) m² 17.5/17.4
Performance of One Unit							
Fluid allocation				Shell side		Tube side	
Fluid name				Naphtha Stabilizer OVHD Product		Cooling Water	
Fluid quantity (design)				kg/h		3793 x 1.15 12159 x 1.15	
				Inlet Outlet		Inlet Outlet	
Vapor				fract		0,202 0,008	
Density				kg/m³		20,72 15,15	
Molecular weight				kg/kmol		46,61 34,88	
Viscosity				cP		0,010 0,01	
Thermal conductivity				W/m-K		0,0241 0,0342	
Specific heat				kJ/kg-K		1,957 1,939	
Liquid				fract		0,798 0,992 1 1	
Density				kg/m³		493,3 522,0 996,0 993,0	
Viscosity				cP		0,118 0,147 0,814 0,678	
Thermal conductivity				W/m-K		0,0819 0,0979 0,6140 0,6265	
Specific heat				kJ/kg-K		2,790 2,715 4,179 4,178	
Surface tension				dyne/cm			
Temperature				°C		60,0 38,0 29,0 38,0	
Inlet pressure				barg		9,0 5,0	
Pressure drop - allowable / calculated				bar		0,3 0,27 1.0 0,84	
Velocity - limitation				m/s		0,9 1,6	
Fouling resistance				m²-K/W		0,0002 0,000344	
Heat exchanged (duty)				kW 127 x 1.15		Transfer rate clean W/m²-K 939,4	
MTD (corrected)				K 14,9		Transfer rate fouled W/m²-K 562,9	
Additional Process Data				(Min) Mechanical Design Conditions			
Mechanical cleaning required ?					Set	Description	Pressure Temperature
Shellside				No			barg °C
Tubeside				No	A	Shell side	11.8/FV 170
Condensing fluids					B	Tube side	10/FV 60
Mole frac. inerts at inlet (for design)				fract	C	Steam out	-0,5 150
Boiling fluids					D		
Pseudo critical pressure				bara	E		
Pseudo critical temperature				°C	F		
Boiling range				°C			
Number of boiling components							
Maximum entrainment (kettle only)				wt-%			
(Basic) Material of Construction							
Shell			CS+3mm CA		Tubes		CS+1mm CA
Channel			CS+3mm CA		Tubesheet		CS+3mm CA

Type	:												
TEMA class	R	TEMA type	A F U	Position	Horizontal	Connected in	1	parallel	1	series			
Surface/unit (gross/eff.)		m²	17.5/17.4	Shells/unit		1	Surface/shell (gross/eff.)		m²	17.5/17.4			
Construction Data per Shell													
Shell (or kettle) inside diameter			mm	317,7			Estimated mass/shell			- Dry	kg	899	
Port inside diameter (kettle only)			mm							- Wet	kg	1196	
Number of passes			Shell side	2						- Bundle only	kg	316	
			Tube side	6			Design metal temperatures for differential thermal expansion (fixed tubesheet only)					Shell °C	
Tube Number			39U			Tube °C							
Type of tube			Bare										
Tube outside diameter			mm	19,05			Connections - Size, Rating and Number (See Sketch)						
Tube wall thickness			mm	2,108			Nozzle ID	No. req.	Size	Rating min.	Flange Type	Designation	
Tube length (U-tube: to tangent)			mm	3658					in	#			
Tube pitch			mm	23,81									
Tube layout angle			30°			T1		2	150				
Impingement protection			Yes			T2		2	150				
Floating head/U-bend support plate			No			S1		3	150				
Baffle type			Single Segmental			S2		2	150				
Baffle cut orientation			Parallel										
Baffle cut			%	23,5									
Baffle overlap (dbl segmental only)			rows										
Baffle spacing			Central	mm	111,7								
			Inlet	mm	275,2								
			Outlet	mm	183,6								
Baffle thickness			mm	3,18									
Number of crosspasses			32										
Number of sealing strip pairs			1										
Number of F-stream seal rods			4										
Layout Sketch													
T2 S1  T1 S2													

PŘÍKLAD 6:

Type :							
TEMA class	R	TEMA type	B E U	Position	Horizontal	Connected in	1 parallel 1 series
Surface/unit (gross/eff.)		m²	45.7/45.3	Shells/unit		1	Surface/shell (gross/eff.) m² 45.7/45.3
Performance of One Unit							
Fluid allocation				Shell side		Tube side	
Fluid name				Naphtha Stabilizer Feed		Naphtha Stabilizer Bottoms	
Fluid quantity (design)				kg/h 28992 x 1.1		27437 x 1.1	
				Inlet		Outlet	
Vapor				fract			
Density				kg/m³			
Molecular weight				kg/kmol			
Viscosity				cP			
Thermal conductivity				W/m·K			
Specific heat				kJ/kg·K			
Liquid				fract		1 1 1 1	
Density				kg/m³		711,7 618,8 536,7 639,2	
Viscosity				cP		0,359 0,177 0,107 0,176	
Thermal conductivity				W/m·K		0,1096 0,0866 0,0700 0,0886	
Specific heat				kJ/kg·K		2,200 2,574 2,916 2,568	
Surface tension				dyne/cm			
Temperature				°C		60,8 149 235,7 154,6	
Inlet pressure				barg		13,1 11.4	
Pressure drop - allowable / calculated				bar		1.0 0,21 1.0 0,81	
Velocity - limitation				m/s		0,6 2,7	
Fouling resistance				m²·K/W		0,0002 0,0002	
Heat exchanged (duty)				kW 1694 x 1.1		Transfer rate clean W/m²·K 889,0	
MTD (corrected)				K 72,4		Transfer rate fouled W/m²·K 567,6	
Additional Process Data							
Mechanical cleaning required ?				(Min) Mechanical Design Conditions			
Shellside				Yes	Set	Description	Pressure barg Temperature °C
Tubeside				No	A	Shell side Note 3	14.5/FV 260
Condensing fluids					B	Tube side Note 4	15.5/FV 260
Mole frac. inerts at inlet (for design)				fract	C	Steam out	-0,5 150
Boiling fluids					D		
Pseudo critical pressure				bara	E		
Pseudo critical temperature				°C	F		
Boiling range				°C			
Number of boiling components							
Maximum entrainment (kettle only)				wt-%			
(Basic) Material of Construction							
Shell		CS+3mm CA			Tubes		CS+1.5mm CA
Channel		CS+3mm CA			Tubesheet		CS+3mm CA

Type	:											
TEMA class	R	TEMA type	B E U	Position	Horizontal	Connected in	1	parallel	1	series		
Surface/unit (gross/eff.)		m²	45.7/45.3	Shells/unit		1	Surface/shell (gross/eff.)		m²	45.7/45.3		
Construction Data per Shell												
Shell (or kettle) inside diameter			mm	470		Estimated mass/shell			- Dry	kg	2123	
Port inside diameter (kettle only)			mm						- Wet	kg	3017	
Number of passes			Shell side	1					- Bundle only	kg	1043	
			Tube side	6		Design metal temperatures for differential thermal expansion (fixed tubesheet only)					Shell °C	
Tube Number			57U								Tube °C	
Type of tube			Bare									
Tube outside diameter			mm	25.4		Connections - Size, Rating and Number (See Sketch)						
Tube wall thickness			mm	2,769		Nozzle ID	No. req.	Size	Rating min.	Flange Type	Designation	
Tube length (U-tube: to tangent)			mm	4877				in	#			
Tube pitch			mm	31,75								
Tube layout angle			90°			T1		4	300			
Impingement protection			No			T2		4	300			
Floating head/U-bend support plate			No			S1		4	300			
Baffle type			Single Segmental			S2		4	300			
Baffle cut orientation			Perpendicular									
Baffle cut			%	23								
Baffle overlap (dbl segmental only)			rows									
Baffle spacing			Central	mm	167,6							
			Inlet	mm	292,7							
			Outlet	mm	305,6							
Baffle thickness			mm	4,76								
Number of crosspasses			29									
Number of sealing strip pairs			1									
Number of F-stream seal rods			8									
Layout Sketch												
T1 S2  470.000 mm 4.877 m T2 S1												

PŘÍKLAD 7:

Case :												
Type :	Shell and Tube											
TEMA class	TEMA type	B	K	U	Position	Horizontal	Connected in	1	parallel	1	series	
Surface/unit (gross/eff.)	m ²	24,1			Shells/unit	1	Surface/shell (gross/eff.)	m ²	24,1			
Performance of One Unit												
Fluid allocation					Shell side			Tube side				
Fluid name					Propane-butane			LP steam				
Fluid quantity (design)					kg/h			13555		3490		
					Inlet		Outlet		Inlet		Outlet	
Vapor					fract		0		1		0	
Density					kg/m ³				20,107		2,5696	
Molecular weight					kg/kmol				51,5575		18,02	
Viscosity					cP				0,0093		0,014	
Thermal conductivity					W/m·K				0,024		0,0309	
Specific heat					kJ/kg·K				2,0237		2,3907	
Liquid					fract		1		0		0	
Density					kg/m ³		605,64				917,063	
Viscosity					cP		0,2203				0,1825	
Thermal conductivity					W/m·K		0,1338				0,684	
Specific heat					kJ/kg·K		2,2854				4,3102	
Surface tension					dyne/cm		16,2415				48,7543	
Temperature					°C		-28		65		151	
Inlet pressure					barg		8				3,8	
Pressure drop - allowable / calculated					bar		0,03				0,06	
Velocity - limitation					m/s							
Fouling resistance					m ² ·K/W		0,00026				0,000085	
Heat exchanged (duty)					kW		2051		Transfer rate clean		W/m ² ·K	
MTD (corrected)					K		93,8		Transfer rate fouled		W/m ² ·K	
1845,87												
Additional Process Data					(Min) Mechanical Design Conditions							
Mechanical cleaning required ?							Set		Description		Pressure	
Shellside					No						barg	
Tubeside					Yes		A				FV & 8.5 (TS)	
Condensing fluids							B				FV & 8.8 (SS)	
Mole frac. inerts at inlet (for design)					fract		C					
Boiling fluids							D					
Pseudo critical pressure					bara		E					
Pseudo critical temperature					°C		F					
Boiling range					°C							
Number of boiling components												
Maximum entrainment (kettle only)					wt-%							
(Basic) Material of Construction												
Shell		CS+3mm CA				Tubes		CS+3mm CA				
Channel		CS+3mm CA				Tubesheet		CS+3mm CA				

Type	:	Shell and Tube										
TEMA class		TEMA type	B	K	U	Position	Horizontal	Connected in	1	parallel	1	series
Surface/unit (gross/eff.)		m ²	24,072		Shells/unit		1	Surface/shell (gross/eff.)		m ²	24,072	
Construction Data per Shell												
Shell (or kettle) inside diameter			mm	430			Estimated mass/shell			- Dry	kg	1592,5
Port inside diameter (kettle only)			mm							- Wet	kg	2909,8
Number of passes			Shell side	1						- Bundle only	kg	510,52
			Tube side	2			Design metal temperatures for differential thermal expansion (fixed tubesheet only)				Shell °C	
Tube Number			96							Tube °C		
Type of tube			Bare									
Tube outside diameter			mm	25,4			Connections - Size, Rating and Number (See Sketch)					
Tube wall thickness			mm				Nozzle ID	No. req.	Size	Rating min.	Flange Type	Designation
Tube length (U-tube: to tangent)			mm	3048								
Tube pitch			mm	31,75					in	#		
Tube layout angle			90°			N1	1	3	300		LPG inlet	
Impingement protection			Yes			N2	1	6	150		LPG outlet	
Floating head/U-bend support plate						N3	1	6	150		SL inlet	
Baffle type			NONE			N4	1	3	150		CL outlet	
Baffle cut orientation						N5	1	2	150		equilibrium line	
Baffle cut			%				N6	1	6	150		PSV
Baffle overlap (dbl segmental only)												
Baffle spacing			Central	mm				K1	1	2	150	Vent
			Inlet	mm				K2	1	2	150	Drain
			Outlet	mm				K3	1	2	150	Utility Connection
Baffle thickness			mm				K4A	1	2	150	Level Gauge	
Number of crosspasses							K4B	1	2	150	Level Gauge	
Number of sealing strip pairs												
Number of F-stream seal rods							M1	1	20	150	Manhole	

Jako adekvátní složení lze uvažovat například toto:

Benzín	40 % C7 + 60 % C8
Petrolej	50 % C12 + 50 % C13
Motorová nafta	40 % C16 + 60 % C18

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] HEWITT, Geoffrey F. HEDH : heat exchanger design handbook. Wallingford, UK : Begell House, Inc., 2002. 10000 s. ISBN 1-56700-181-5.
- [2] PERRY, Robert H.; GREEN, Don W. *Perry's chemical engineers' handbook*. 7th edition. New York : McGRAW-HILL, Inc., 1999. 10000 s. ISBN 0-07-049841-5.
- [3] 99-06-31 36457. *TEMA : Tubular exchanger manufacturers association*. New York : Richard C.Byrne, Secretary, 1999. 294 s. Dostupné z WWW: <www.tema.org>.
- [4] STEHLIK, P, KOHOUTEK, J, NEMCANSKY, J. *Tepelné pochody - výpočet výměníku tepla*. [s.l.] : [s.n.], 1991.
- [5] JEGLA, Z. *Tepelné pochody : soubor cvičení*. Brno : ÚPEI VUT Brno, 2009.
- [6] ŠIMEČEK, Tomáš. *Výpočet deskového výměníku pomocí programu HTRI*. Brno, 2009. 15 s. Semestrální práce. VUT FSI Brno.
- [7] ČERNOCH, Svatopluk. *Strojně technická příručka*. 13. upr. vyd. Praha : SNTL, 1977. 2 sv. (1294, 1274 s.).
- [8] *HTRI - Heat Transfer Research, Inc.* [online]. 2011 [cit. 2011-04-04]. HTRI. Dostupné z WWW: <<http://www.htri.net/>>.
- [9] *Explore the World of Piping* [online]. 2011 [cit. 2011-04-05]. Heat Transfer by Shell and Tube Heat Exchangers. Dostupné z WWW: <<http://www.wermac.org>>.
- [10] *Alfa Laval* [online]. 2011 [cit. 2011-03-31]. Alfa Laval. Dostupné z WWW: <www.alfalaval.com>.