

# PROJEKTOVANIE A VÝSTAVBA

## Úvod do problematiky

### Prednáška

Vypracoval: Ing. Martin Juriga, PhD.

---

Bratislava, september 2013

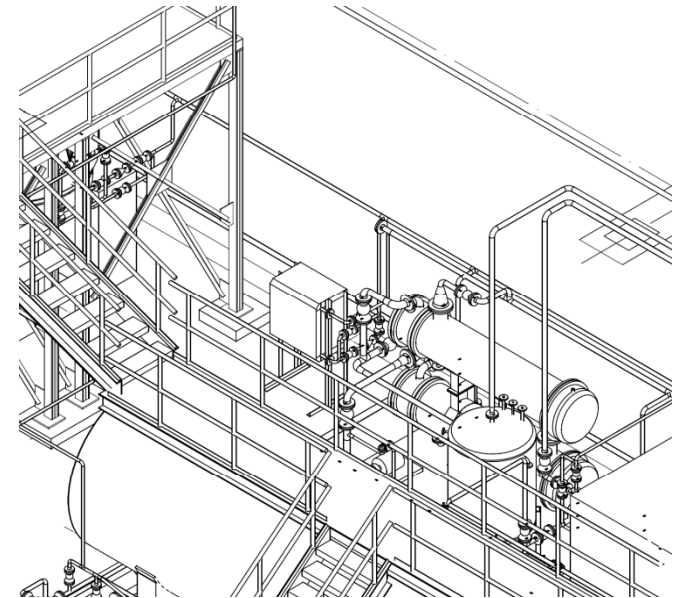
## PaV – Organizačné pokyny

### Organizačné pokyny:

- Harmonogram prednášok a cvičení
- Priebeh vyučovania

### Vymedzenie problematiky:

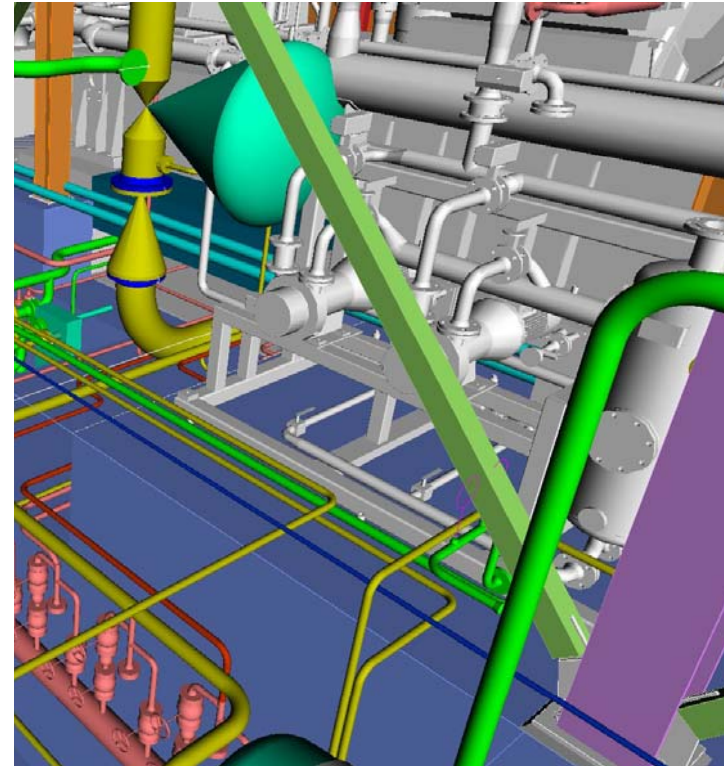
- Čo budete predmetom nášho záujmu v tomto predmete / ohraničenie oblastí záujmu /
- Aké informácie je potrebné poznať z hľadiska absolventa našej špecializácie.
- Návaznosť na ostatné predmety z našej špecializácie.



## PaV – Uplatnenie absolventa

Procesný inžinier /procesár/  
Konštruktér zariadení  
Výpočtár zariadení / predovšetkým tlakových /  
Potrubár /  
Projektový manažér  
Montážny technik  
Atd' ...

Všetky tieto profesie sú šité na mieru nášmu absolventovi



## PaV – Obsah predmetu

### Obsah predmetu:

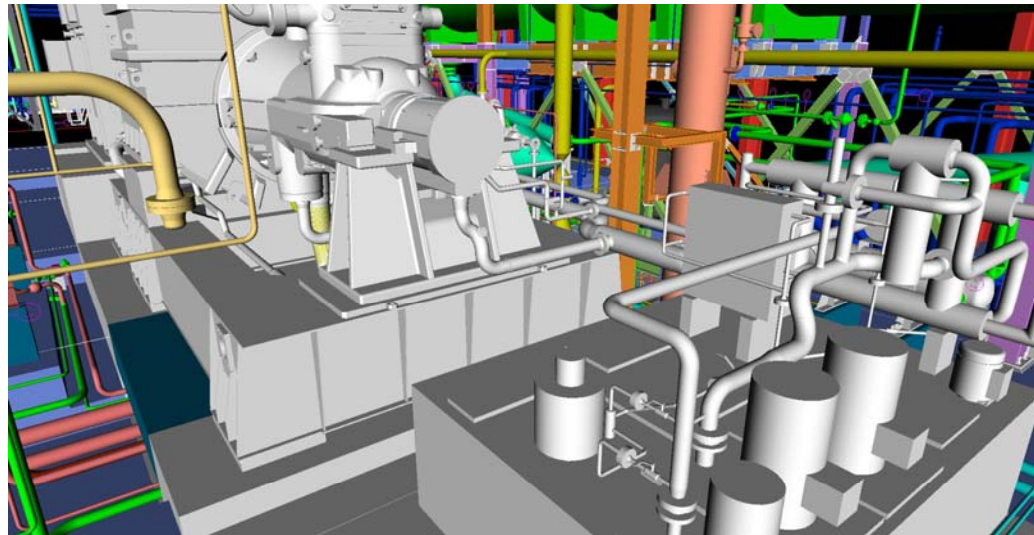
- Komplexne budeme zaoberať projektovaním s dôrazom na oblasti ktoré by mal poznať absolvent našej špecializácie.
- Skíbiť teoretické vedomosti z jednotlivých predmetov do reálneho riešenia, ktorý bude okrem exaktného chemicko-inžinierskeho a pevnostného výpočtu obsahovať aj poznatky z normatívnej základne ( normy a vyhlášky ) ako aj empirické skúsenosti ( know-how firmy, projektanta )

### Príklad č1 :

- Návrh výmenníka tepla.

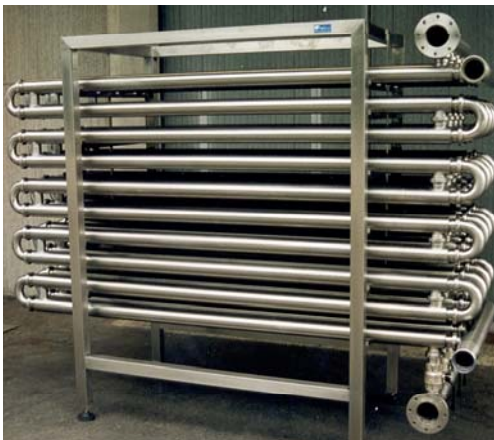
### Príklad č2 :

- Návrh čerpadla. / na tabuli /



## Príklad č.1 – Výmenník tepla

❖ Double pipe HE /Hairpin/	DPHE	Výmenník rúrka v rúrke
❖ Shell and Tube HE	STHE	Rúrkový výmenník tepla
❖ Scraped-Surface HE	SSHE	VT so stieraným povrchom
❖ Plate HE	PHE	Doskový výmenník tepla
❖ Shell Plate HE	SPHE	Doskový oplášťovaný VT
❖ All-welded HE	AWHE	Celozváraný doskový VT
❖ Block HE	BHE	Blokový výmenník tepla
❖ Spiral HE	SHE	Špirálový výmenník tepla
❖ Air HE	AHE	Vzduchové výmenník tepla



$\beta=700 \text{ m}^2/\text{m}^3$   
kompaktný VT

## Príklad č.1 – Výmenník tepla

### Príklad č.1 : Výmenník tepla.

V akej fáze vstupujeme do návrhového procesu, čo je naše konkrétne zadanie ?

PFD

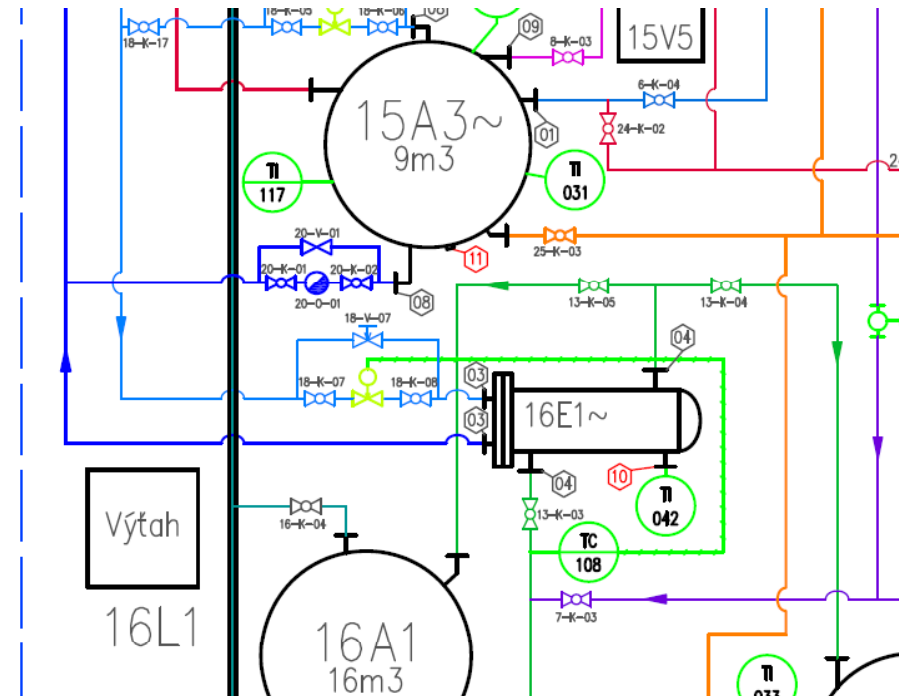
- Základný koncept
- Celkové bilančné výpočty
- Základné parametre VT

P&ID.

- Zadanie / výkon, plocha, iné ... /
- Konštrukcia

Model.

- Obmedzenia /napr. plocha, miesto, iné .../
- Požiadavky na zmenu



## Príklad č.1 – Výmenník tepla

### Chemicko-inžiniersky výpočet.

$$Q = W_h c_h (T_1 - T_2)$$

Bilančná rovnica

$$Q = UA\Delta T_m$$

Kinetická rovnica

$Q$  = heat transferred per unit time,  $W$ ,

$U$  = the overall heat transfer coefficient,  $W/m^2\text{°C}$ ,

$A$  = heat-transfer area,  $m^2$ ,

$\Delta T_m$  = the mean temperature difference, the temperature driving force,  $\text{°C}$ .

Odpor

$$\frac{1}{U_o} = \frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_{od}} + \frac{d_o \ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right)}{2k_w} + \frac{d_o}{d_i} \times \frac{1}{h_{id}} + \frac{d_o}{d_i} \times \frac{1}{h_i}$$

$U_o$  = the overall coefficient based on the outside area of the tube,  $W/m^2\text{°C}$

$h_o$  = outside fluid film coefficient,  $W/m^2\text{°C}$ ,

$h_i$  = inside fluid film coefficient,  $W/m^2\text{°C}$ ,

$h_{od}$  = outside dirt coefficient (fouling factor),  $W/m^2\text{°C}$ ,

$h_{id}$  = inside dirt coefficient,  $W/m^2\text{°C}$ ,

$k_w$  = thermal conductivity of the tube wall material,  $W/m\text{°C}$ ,

$d_i$  = tube inside diameter,  $m$ ,

$d_o$  = tube outside diameter,  $m$ .

# Príklad č.1 – Výmenník tepla

## Chemicko-inžiniersky výpočet.

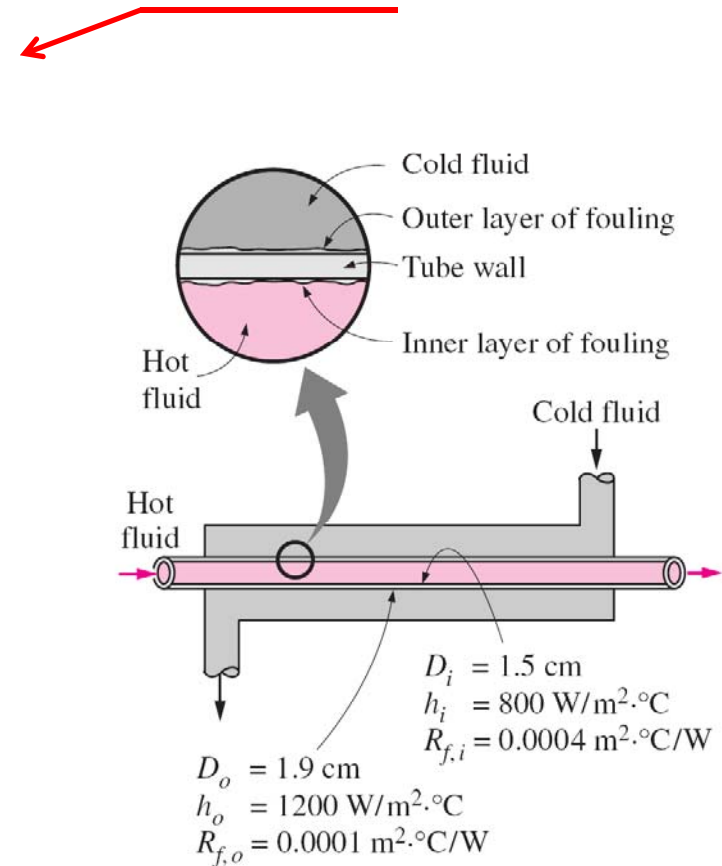
Table 12.2. Fouling factors (coefficients), typical values

Fluid	Coefficient ( $W/m^2\cdot^{\circ}C$ )	Factor (resistance) ( $m^2\cdot^{\circ}C/W$ )
River water	3000–12,000	0.0003–0.0001
Sea water	1000–3000	0.001–0.0003
Cooling water (towers)	3000–6000	0.0003–0.00017
Towns water (soft)	3000–5000	0.0003–0.0002
Towns water (hard)	1000–2000	0.001–0.0005
Steam condensate	1500–5000	0.00067–0.0002
Steam (oil free)	4000–10,000	0.0025–0.0001
Steam (oil traces)	2000–5000	0.0005–0.0002
Refrigerated brine	3000–5000	0.0003–0.0002
Air and industrial gases	5000–10,000	0.0002–0.0001
Flue gases	2000–5000	0.0005–0.0002
Organic vapours	5000	0.0002
Organic liquids	5000	0.0002
Light hydrocarbons	5000	0.0002
Heavy hydrocarbons	2000	0.0005
Boiling organics	2500	0.0004
Condensing organics	5000	0.0002
Heat transfer fluids	5000	0.0002
Aqueous salt solutions	3000–5000	0.0003–0.0002

### Poznámky:

Napríklad pri fouling factor 0,0001 ( faktor znečistenia ) je ako by sem pridali na povrch 0,2 mm vrstvu vápenca s tepelnou vodivosťou 2,9  $W/m^{\circ}C$

## Znečistenie





## Príklad č.1 – Výmenník tepla

Prípad (1)-(2)

$$\alpha_1 = 2150 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$\alpha_2 = 2940 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$\delta = 2 \text{ mm}$$

$$\lambda = 43 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \text{ (uhl. oceľ)}$$

Znečistenie  $R_{\text{vn.}} = 0,002 \frac{\text{m}^2}{\text{WK}}$

$$R_{\text{vn.}} = 0,0015 \frac{\text{m}^2}{\text{WK}}$$

$$U_c = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2150} + \frac{0,002}{43} + \frac{1}{2940}} = \frac{1}{0,00047 + 0,000046 + 0,00034}$$

$$\approx 1168 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$U_z = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} + R_{\text{vn.}} + R_{\text{vn.}}} = \frac{1}{0,00047 + 0,000046 + 0,00034 + 0,002 + 0,0015}$$

$$= 829 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Plodná  $\rightarrow$  14x väčšiu kvôli znečisteniu

Výber parametrov:

Napr.

-fouling factor

-predimenzovaný  
výmenník

-vplyv parametrov  
ktoré reálne  
ovplyvňujú  
znečistenie

-Neznámy  
mechanizmus  
zanášania

# Príklad č.1 – Výmenník tepla

## Chemicko-inžiniersky výpočet.

Popis aparátu	3LCQ30CR111 odluh parogenerátorov LM211
Prúdiaca médium rúrke	kondenzát
Tlak média v rúrke	0,8 MPa
Prúdiaca médium v plášti	voda
Tlak média v plášti	0,6 MPa

Základné procesné údaje výmenníka tepla				
$Q_{celk.}$	!	[W]	1722,857	tepelný výkon, vypočítaný z média prúdiaceho v rúrke hada
$\Delta T_{rur.}$	!	[°C]	5	rozdiel tepôt média prúdiaceho v rúrke hada
$\Delta T_{pla.}$	!	[°C]	1,1	rozdiel tepôt média prúdiaceho v plášti
$V_{rur.}$	#	[lit/min]	5	celkový objemový prietok média v rúrke lit/min
$V_{pla.}$	!	[lit/min]	22,62607	celkový objemový prietok média v plášti lit/min

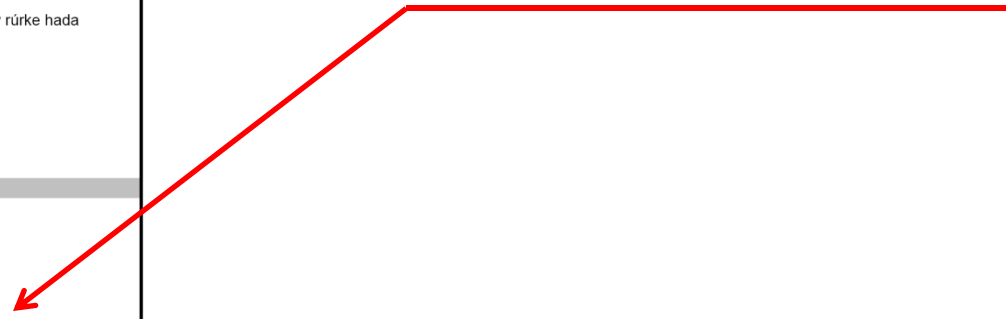
  

Zadané geometrické údaje výmenníka tepla				
$D_1$	#	[mm]	12	vonkajší priemer rúrky
$s$	#	[mm]	1,5	hrúbka steny rúrky
$n_{skrutk.}$	!	[-]	2	počet skrutkovic
$D_{skr.1}$	#	[mm]	70	priemer skrutkovice (hada)
$D_{skr.2}$	#	[mm]	102	priemer skrutkovice (hada)
$s_{skr.1}$	#	[mm]	30	stúpanie skrutkovice (hada)
$s_{skr.2}$	#	[mm]	30	stúpanie skrutkovice (hada)
$D_3$	#	[mm]	133	vonkajší priemer rúrky plášťa
$s$	#	[mm]	4	hrúbka steny rúrky plášťa
$D_5$	#	[mm]	24	vnútorný priemer rúrky vstupného/výstupného hrdla v plášti

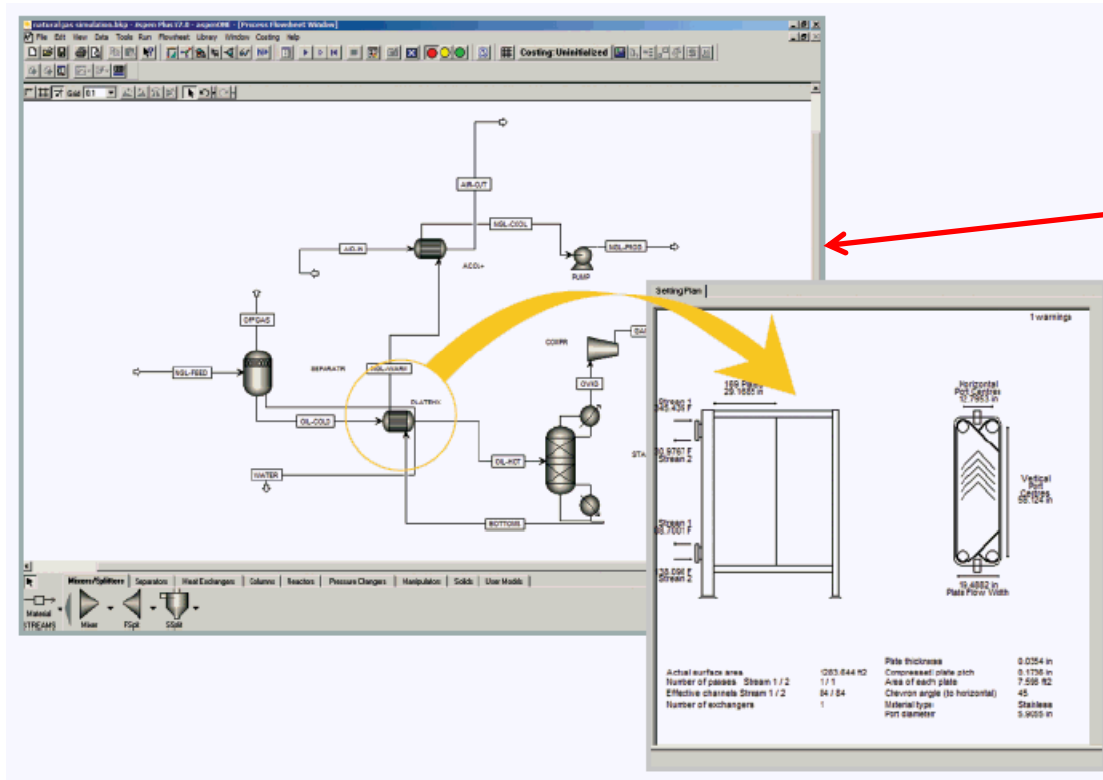
Vypočítané geometrické údaje výmenníka tepla				
$A_{proti}$	!	[m <sup>2</sup> ]	0,759146	teplovýmenná plocha pre protipádne usporiadanie
$L$	!	[m]	23,01369	celková dĺžka rúrky
$L_{skr.1}$	!	[mm]	221,9483	dĺžka rúrky na 1 skrutkovice (skrutkovice 1)
$L_{skr.2}$	!	[mm]	321,8437	dĺžka rúrky na 1 skrutkovice (skrutkovice 2)
$L_{skr,cel}$	!	[mm]	543,792	celková dĺžka rúrky na 1 skrutkovice (skrutkovice 1+ 2)
$n_{skr}$	!	[-]	42,32077	celkový počet skrutkovic
$L_{plasta}$	!	[mm]	1269,623	minimálna dĺžka plášťa

Pre konkrétny konštrukčný typ výmenníka tepla vypracovaný program na výpočet



# Príklad č.1 – Výmenník tepla

Chemicko-inžiniersky výpočet.



Výpočtový program.

Vždy viazaný na konkrétny konštrukčný typ VT

Aspen HTFS modul

# Príklad č.1 – Výmenník tepla

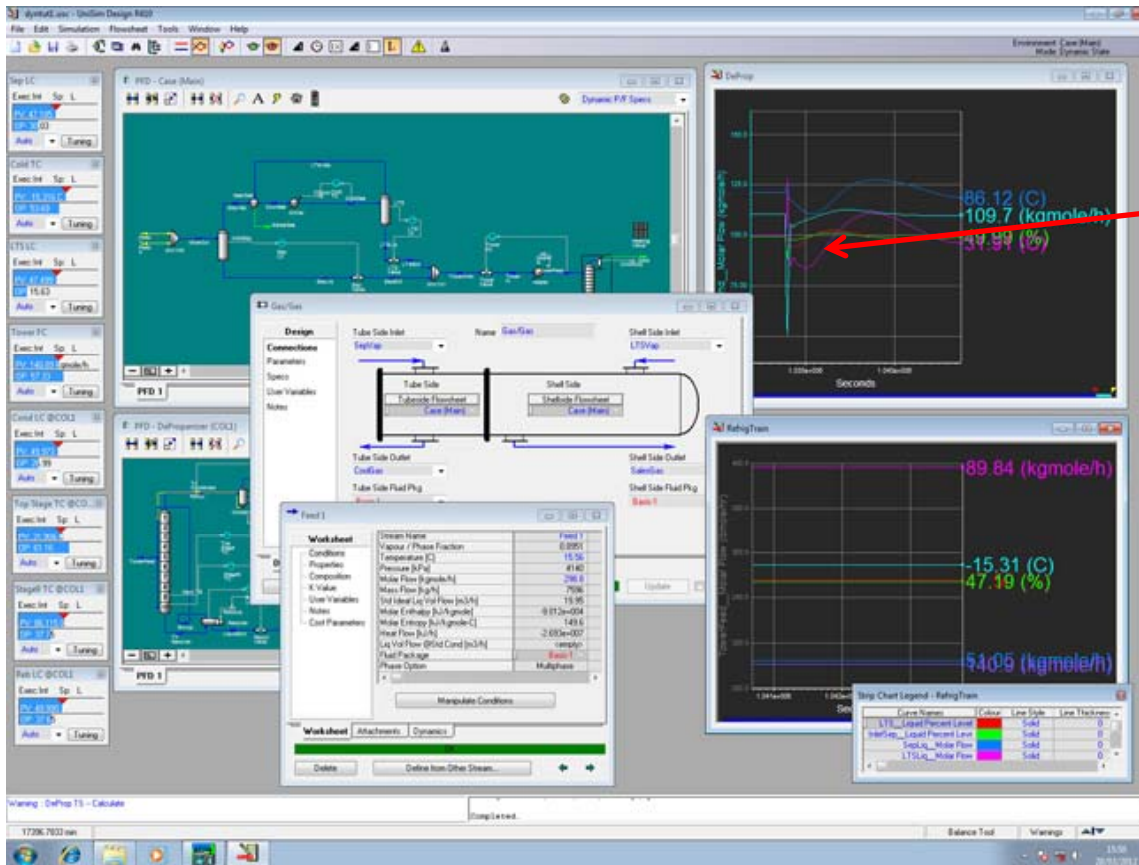
Chemicko-inžiniersky výpočet.

Výpočtový program.

Vždy viazaný na konkrétny  
konštrukčný typ VT

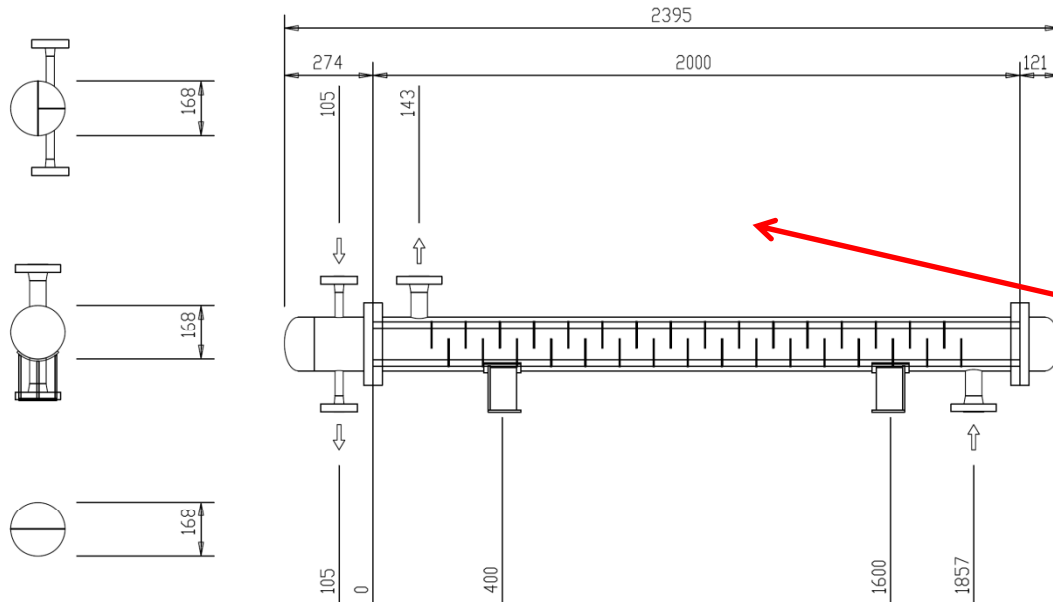
Honeywell UniSim

STHE modul



# Príklad č.1 – Výmenník tepla

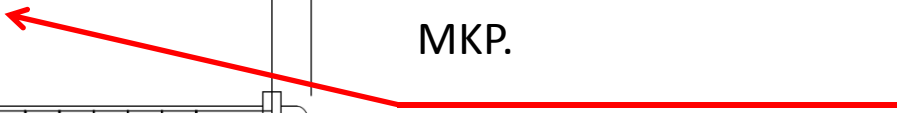
## Konštrukčný výpočet.



Norma.

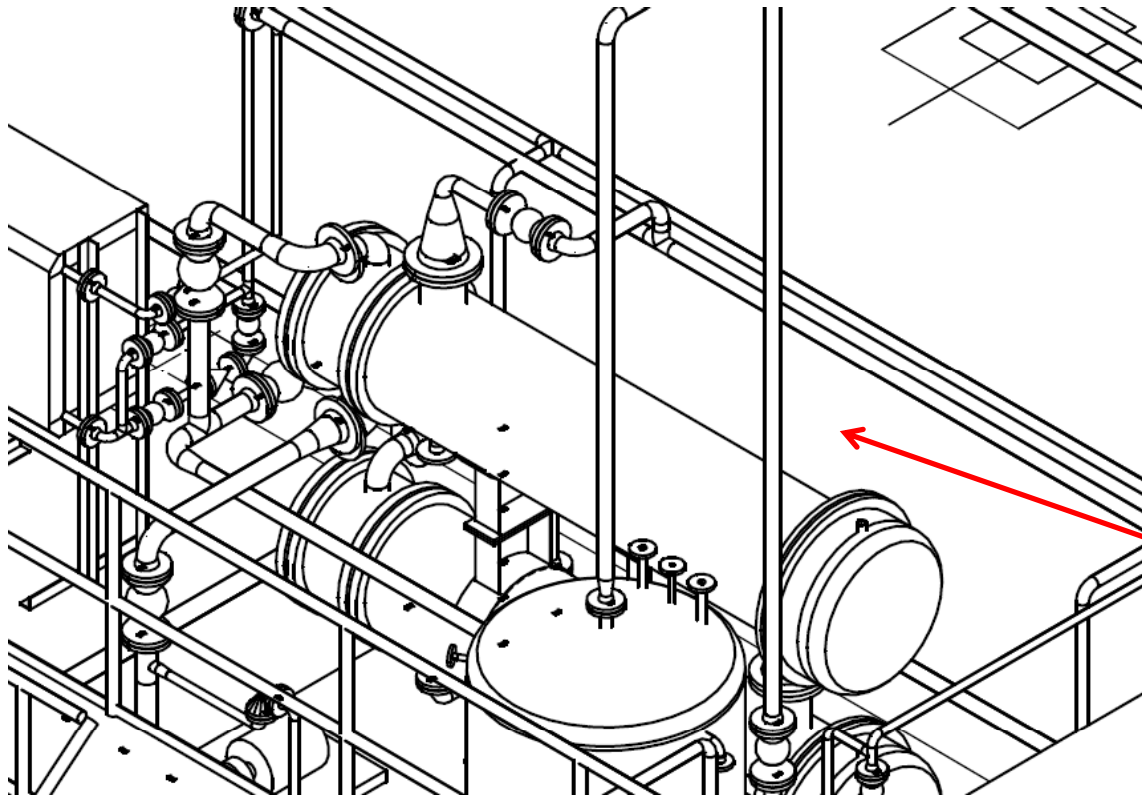
Empirický overenie,  
osvedčená konštrukcia

MKP.



## Príklad č.1 – Výmenník tepla

### Dispozičné riešenie



Model.

Napojenie.

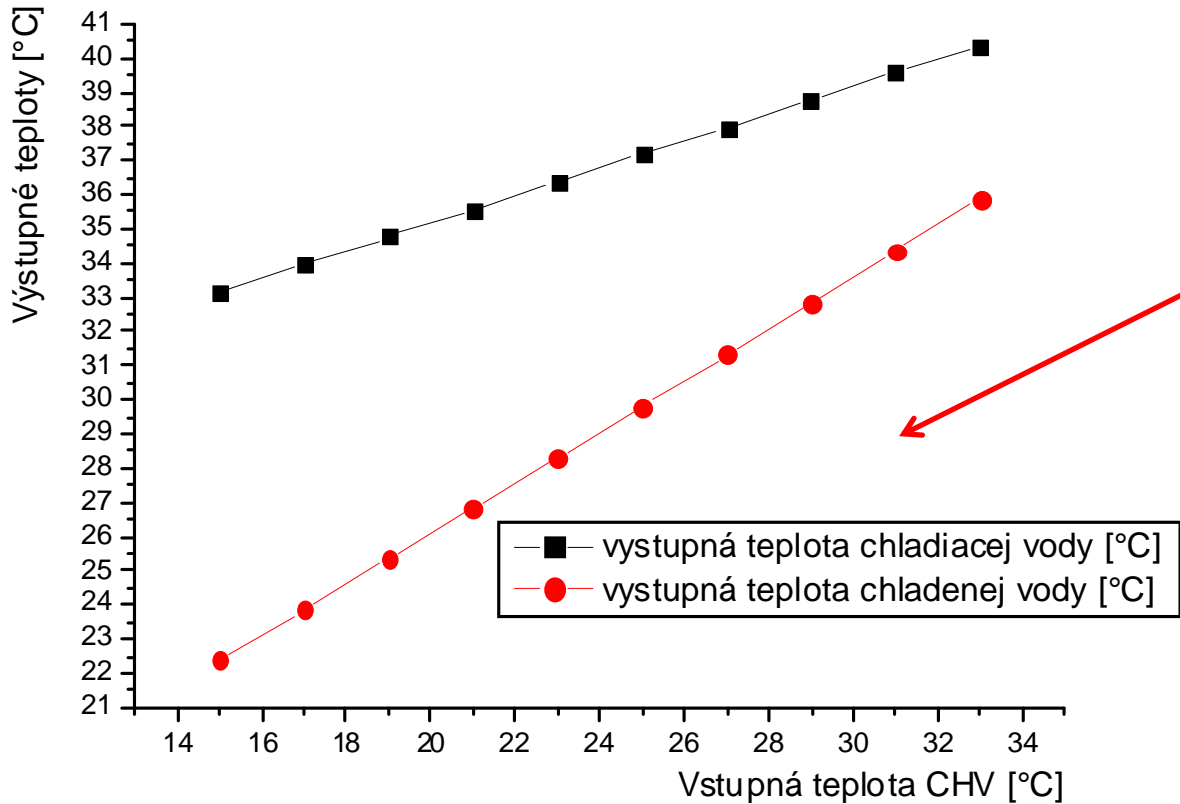
Požiadavky na OK

Požiadavky na stavebnú  
časť .

Atd' ...

# Príklad č.1 – Výmenník tepla

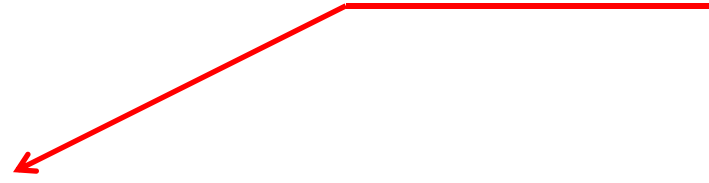
## Uvedenie do prevádzky



Tlaková skúška

Výkonové testy

Opravy a revízie



## Príklad č.1 – Výmenník tepla

### Čo sme k tomu potrebovali vedieť ...

- Rozumieť konceptu technológie, vedieť čítať blokovú a technologickú schému
- Teoretické poznatky z materiálovej a energetickej bilancie procesov, znalosť poznatkov z tepelných procesov
- 
- Poznatky z konštrukčných riešení VT
- Konštrukčné znalosti VT, ich pevnostný výpočet
- Správne projekčné zásady pri umiestnení VT, správne napojenie potrubí. Kontrola max. zaťaženia na hrdlá atď.
- Revízia, spustenie do prevádzky ...