

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica e dei Materiali

## ***Relazione per la prova finale***

# ***«Dimensionamento di scambiatori di calore a fascio tubiero con ASPEN-Exchangers Design and Rating»***

Tutor universitario: *Prof. Massimiliano Barolo*

Laureando: *Fabio Ferrari*

Padova, 20/09/2023

Quali **argomenti** tratterà la presentazione?

- ❖ funzionamento del software
- ❖ determinazione dei costi
- ❖ risoluzione esempio tramite metodo di Kern
- ❖ risoluzione esempio tramite Aspen EDR
- ❖ confronto tra le due risoluzioni
- ❖ conclusioni



Aspen EDR

- che **vantaggi** offre?
- restituisce risultati **affidabili**?
- consente di trovare la soluzione più **economica**?

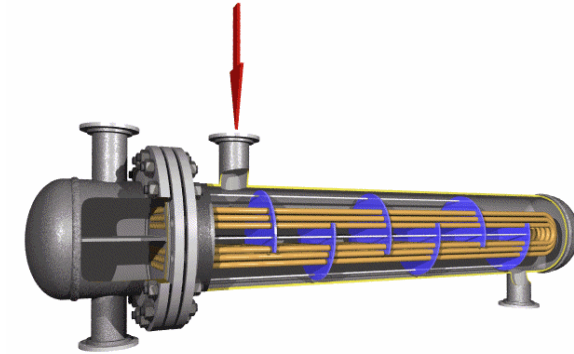


Fig.1: raffigurazione stilizzata di uno scambiatore a fascio tubiero 1/2



*Technology That Loves Complexity™*

Fig.2: il logo del fornitore di software Aspentech



❖ «Shell&Tube» varia **automaticamente** solo alcuni parametri, quali:

- tipo di layout;
- lunghezza dei tubi;
- numero dei tubi;
- diametro fascio tubiero;
- numero diaframmi;
- necessità più scambiatori in serie.

❖ Si assicura inoltre che siano garantite anche **solidità** a livello meccanico e **sicurezza**.

❖ L'interfaccia del software si compone delle seguenti sezioni:

1. inserimento dati;
2. ottimizzazione;
3. visualizzazione dei risultati.



Fig.3: il logo della «Tubular exchanger manufacturers association»

Fig.4: sezione «Process» e sezione «Geometry» della console di input dati.

Geometry
  Process
  Errors & Warnings

Calculation mode: *Design (Sizing)*

**Process Conditions**

	HotSide	ColdSide
Mass flow rate	kg/h 100000	248528
Mass flow rate multiplier	1	1
Inlet pressure	atm 1	1
Outlet pressure	atm 0,5	0,5
Pressure at liquid surface in column	atm	
Inlet Temperature	°C 95	25
Outlet Temperature	°C 40	40
Inlet vapor mass fraction	0	0
Outlet vapor mass fraction	0	0
Heat exchanged	MW 4,339	
Heat exchanged multiplier	1	

**Process Input**

Allowable pressure drop	atm 0,5	0,5
Fouling resistance	m <sup>2</sup> -K/W 0,0002	0,0002

**Calculated Results**

Pressure drop: atm

Geometry
  Process
  Errors & Warnings

Calculation mode: *Design (Sizing)*

**Configuration**

TEMA Type: N - E - M -  
 Tube layout option: New (optimum) layout  
 Location of hot fluid: Tube side  
 Tube OD / Pitch: mm 16 / 20  
 Tube pattern: 30-Triangular  
 Tubes are in baffle window: Yes  
 Baffle type: Single segmental  
 Baffle cut orientation: Horizontal  
 Default exchanger material: Carbon Steel 1

**Size**

Specify some sizes for Design: Yes  
 Shell ID / OD: in /  
 Tube length: ft 16  
 Baffle spacing center-center (Bc): in  
 Number of baffles:  
 Number of tubes / Tube passes: /  
 Shells in series:  
 Shells in parallel:

**Overall Results**

Excess surface (%):  
 Dp-ratio Shellside / Tubeside:  
 Total cost (all shells): Euro(EU)



- ❖ Quali parametri valuta «*Shell & Tube*» nello stabilire il costo dello scambiatore?
  - la **geometria** dello scambiatore;
  - i **materiali** utilizzati.
- ❖ Per una progettazione meccanica dettagliata si utilizza «*Shell & Tube Mechanical*».

Components	Material Cost		Labor Hours		Weight	Cost/Section
	Part	Assembly	Part	Assembly		
	Dollar(US) ▾	Dollar(US) ▾	Hours ▾	Hours ▾		
Shell	12969	199	157,0908	112,38	39930	29337,21
Front Head	6977	67	86,76	110,12	21020,72	18857
Rear Head	7628	60	19,71	35,72	9137,093	11015
Bundle	44583	0	314,69	241,35	84505,13	77946
Final Assembly Details	0	4365	0	222,17	0	17695
<b>Total</b>	<b>72157</b>	<b>4692</b>	<b>578,26</b>	<b>721,75</b>	<b>154593</b>	<b>154850</b>

Fig.5: ricapitolazione dei costi dello scambiatore, suddivisi per componente



Fig.6: il logo del «The American Society of Mechanical Engineers»

## Esercizio 19.1 del *Chemical Engineering design*, G.Towler, R.Sinnot, 2022, third edition

Dimensionare uno scambiatore a fascio tubiero per il raffreddamento da 95°C a 40°C di 100.000 kg/h di metanolo in pressione. Si utilizza acqua di mare, prelevata a 25°C e riscaldata fino a 40°C. La pressione in entrata risulta pari a 10 atm per il metanolo e a 2 atm per l'acqua di mare.

- ❖ Il focus è rivolto alla **configurazione dello scambiatore** e cioè al numero di passaggi lato tubi.
  
- ❖ Dimensionamento tramite metodo di Kern, parametricamente al numero di passaggi interni:
  - 1 passaggio interno: la **velocità lato tubi** risulta eccessivamente **bassa**;
  - 4 passaggi interni: **alte perdite di carico lato tubi**, superano quelle ammesse;
  - 2 passaggi interni: velocità e caduta di pressione risultano adeguate.

		A	B	C
Shell ID	mm	775	825	925
Tube length - actual	mm	4876,8	4876,8	4876,8
Tube length - required	mm	4560	4554	3898,7
Pressure drop, SS	bar	0,28484	0,21281	0,04119
Pressure drop, TS	bar	0,05658	0,12577	0,4606
Baffle spacing	mm	155	165	685
Number of baffles		28	26	6
Tube passes		1	2	4
Tube number		768	864	1049
Number of units in series		1	1	1
Number of units in parallel		1	1	1
Total price	Dollar(US)	58206	63444	70459
Program mode		Design (Sizing)	Design (Sizing)	Design (Sizing)
Calculation method		Advanced method	Advanced method	Advanced method
Area Ratio (dirty)	-	1,07	1,07	1,25
Film coef overall, SS	W/(m <sup>2</sup> -K)	2247,1	2038,8	1638
Film coef overall, TS	W/(m <sup>2</sup> -K)	2522,1	4031,3	5959,7
Heat load	kW	5618,6	5618,6	5618,6
Recap case fully recoverable		Yes	Yes	Yes

Fig.7: «Recap of designs» delle soluzioni confrontate rispetto al diverso numero di passaggi lato tubi (da sinistra a destra in successione 1/1; 1/2; 1/4).

Ulteriori differenze tra le due diverse soluzioni riguardano:

- perdite di carico;
- numero di diaframmi;
- lunghezza dei tubi.

Risoluzione	Passaggi lato tubi	numero diaframmi	Velocità interna	Velocità esterna	Lunghezza tubi	Coefficiente globale di scambio	% oversize	Caduta pressione interna	Caduta pressione esterna
"a mano"	1	16	0,59 m/s	0,88 m/s	4877 mm	880 W/K m <sup>2</sup>	3,50%	0,033 atm	0,622 atm
	2	12	0,97 m/s	0,61 m/s	4877 mm	918 W/K m <sup>2</sup>	8,00%	0,131 atm	0,270 atm
	4	8	1,94 m/s	0,41 m/s	4877 mm	920 W/K m <sup>2</sup>	8,24%	0,924 atm	0,094 atm
Aspen EDR	1	28	0,54 m/s	0,65 m/s	4560 mm	835 W/K m <sup>2</sup>	>5,00%	0,056 atm	0,281 atm
	2	26	0,97m/s	0,56 m/s	4554 mm	914 W/K m <sup>2</sup>	>5,00%	0,124 atm	0,210 atm
	4	6	1,60 m/s	0,25 m/s	3899 mm	882 W/K m <sup>2</sup>	>5,00%	0,455 atm	0,041 atm

Tabella.1: confronto tra le possibili configurazioni dello scambiatore.



- ❖ Nelle soluzioni proposte, Aspen EDR presenta i seguenti limiti :
  - ✘ non ottimizza automaticamente i coefficienti di convezione;
  - ✘ propone soluzioni lontane dalle consuete condizioni operative poiché troppo dipendenti dal costo;
  - ✘ sottostima eccessivamente le perdite di carico lato fasciame;
  - ✘ fa una distinzione tra la lunghezza dei tubi effettiva e quella necessaria ed in alcuni casi risulta marcata.
  
- ❖ Quali sono invece i punti a favore del software:
  - ✓ fornisce indicazioni riguardo alla **sicurezza**;
  - ✓ è possibile stabilire quale sarà il **costo** approssimativo dello scambiatore;
  - ✓ con i giusti accorgimenti si arriva ad una soluzione adeguata in poco **tempo**.



## Bibliografia

COULSON, J.M., e RICHARDSON, J.F., 2018. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering.*, Vol.1B, Seventh edition, Tab. 1.1, Oxford: Butterworth-Heinemann.

BONACINA, C., CAVALLINI, A., e MATTAROLO, L., 1985. *Trasmissione del calore.*, Vol.1B, terza edizione, Pag.406, Tab. 10.2, Padova: CLEUP

TOWLER, G., e SINNOTT, R., 2022. *Chemical Engineering Design – Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design.*, third edition, Pag.829, Tab. 19.2, Oxford: Butterworth-Heinemann

## Sitografia

<https://tema.org>

<https://www.asme.org>

<https://www.aspentech.com>

***GRAZIE PER L'ATTENZIONE***