

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/321016910>

HYDRODYNAMICS OF A TUBE IN TUBE HEAT EXCHANGER

Article · October 2017

CITATIONS

0

READS

327

5 authors, including:



[Violeta Rasheva](#)

University of Food Technologies

14 PUBLICATIONS 27 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Georgi Komitov](#)

Agricultural University Plovdiv

92 PUBLICATIONS 27 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

HYDRODYNAMICS OF A TUBE IN TUBE HEAT EXCHANGER

Ivan Binev*, Krasimir Ivanov, Violeta Rasheva, Georgi Komitov, Yulian Valchev
Trakia university, faculty of "Technics and technologies",
38 Graf Ignatiev str., 8602, Yambol, Bulgaria
***e-mail: ivan.binev@trakia-uni.bg**

Abstract: The report presents the determination of an optimal number of barriers in the inter-tubular space of a tube heat exchanging apparatus, taking into account the change in hydraulic resistances at 4, 6 and 8 barriers.

Keywords: tube heat exchanging apparatus

ХИДРОДИНАМИКА НА КОЖУХОТРЪБЕН ТОПЛООБМЕНЕН АПАРАТ

Иван Бинев*, Красимир Иванов, Виолета Рашева, Георги Комитов, Юлиян Вълчев
Тракийски университет, Факултет „Техника и технологии“,
Граф Игнатиев 38, 8600 Ямбол,
***e-mail: ivan.binev@trakia-uni.bg**

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Кожухотръбните топлообменни апарати са най-често използваният вид топлообменници в индустрията. Те могат да се произвеждат от широка гама материали - както метали, така и неметали. Кожухотръбните топлообменници се проектират за работа при различни нива на налягането. Те се използват почти при всички приложения за пренос на топлина, тъй като конструкцията им е по-издръжлива от тази на останалите топлообменници и може да понесе повече физическо натоварване и натоварване от процеси. Кожухотръбните топлообменни апарати са най-икономичният или ефективен избор, особено за приложения свързани с регенериране на топлината или за високо вискозни флуиди [5].

На интензивността на топлообмена в кожухотръбния топлообменен апарат влияе на първо място скоростта на движение на флуида. С нейното увеличаване се повишава коефициента на топлопредаване, намалява се необходимата топлообменна повърхност и от там намалява себестойността на топлообменника [4]. Това увеличение води към повишаване на хидравличните съпротивления и загуба на енергия за тяхното преодоляване. При решаването на повечето задачи важно значение има точното определяне на хидродинамичните параметри на топлообменния апарат [1].

В кожухотръбните топлообменни апарати съществено влияние на хидравличните загуби оказва конструкцията на апарата - брой прегради, форма на преградите, разстояние между тях, диаметри на входящ и изходящ щуцер, наличие на успокоителен участък на входа [2].

Разрезът на преградите и разстоянието между тях се определят, така че резултатът да е най-висока скорост на течение и пренос на топлина при допустим за системата пад на налягане.

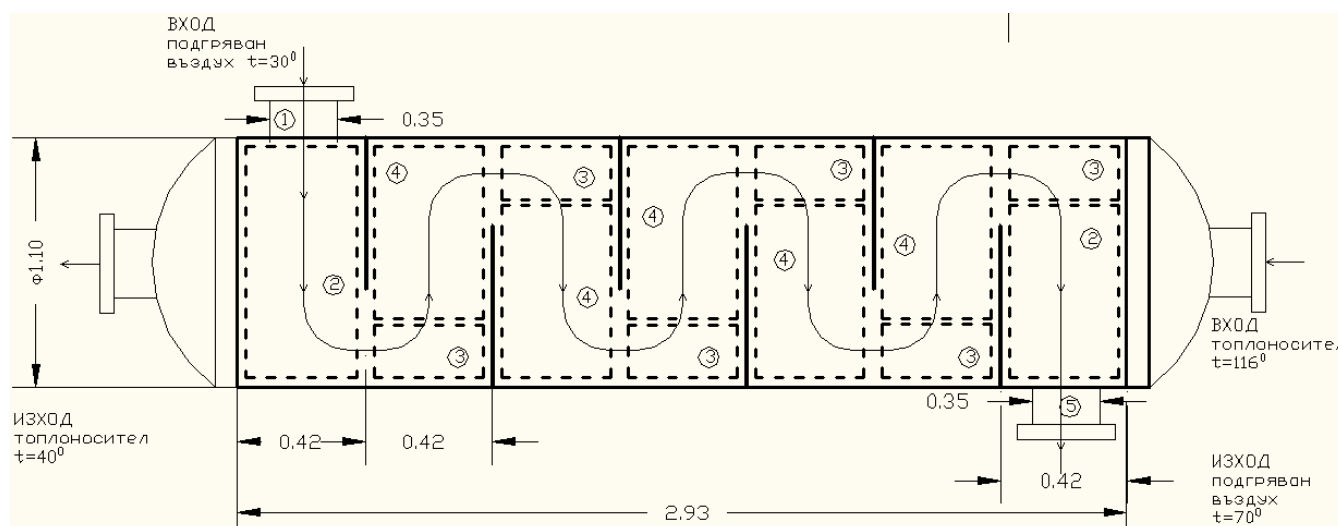
Целта на публикацията е да се определи оптималния брой прегради в междутръбното пространство на кожухотръбен топлообменен апарат с отчитане изменението на хидравличните съпротивления.

За постигане на целта се избират 4, 6 и 8 прегради, като се използва методика за изчисляване на хидравличните съпротивления [4].

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

2.1. Материали

Схемата на разглеждания кожухотръбен топлообменен апарат е показана на фиг.1. Техническите характеристики на топлообменника са представени в таблица.1.



Фиг. 1 Схема на кожухотръбен топлообменен апарат

Таблица 1. Технически характеристики на кожухотръбен топлообменен апарат

Технически параметър	Мярка	Стойност
Топлообменни тръби	брой	861
Външен диаметър на тръбите	mm	27,4
Ходове в тръбното пространство	брой	1
Преградите в междутръбното пространство	брой	4,6,8
Вътрешен диаметър на кожата	mm	1100
Разстояние между преградите в междутръбното пространство		
✓ при 4 прегради		680
✓ при 6 прегради		420
✓ при 8 прегради		290

Топлинната мощност на кожухотръбния топлообменен апарат **$Q=97 \text{ kW}$** е представена при средна температура на подгриващия флуид (димни газове) **$\Delta t_1=76^\circ\text{C}$** (**$t_{1\text{BX}}=116^\circ\text{C}$** , **$t_{1\text{ИЗХ}}=40^\circ\text{C}$**), дебит **$m_1=1,275 \text{ kg/s}$** и средна температура на подгривания въздух **$\Delta t_2=50^\circ\text{C}$** (**$t_{2\text{BX}}=30^\circ\text{C}$** , **$t_{2\text{ИЗХ}}=70^\circ\text{C}$**), дебит **$m_2=2,425 \text{ kg/s}$** .

Разположението на тръбите в тръбния сноп е шахматно.

2.2. Методи

При определяне на загубите на налягане в кожухотръбния топлообменен апарат е използвана методика за изчисляване на хидравличните съпротивления в междутръбното пространство, като се отчита промяна в конструкцията на топлообменника [3,4].

✓ **Загуби на налягане от триене**

$$\sum \Delta P_{\text{тр}} = \sum \lambda \frac{l}{d_{\text{екв}}} \frac{\rho w_{\text{ср}}^2}{2} \quad (1)$$

където λ е коефициент на триене;

l – дължина на канала, **m**;

$d_{\text{екв}}$ – еквивалентен диаметър на канала, **m**;

ρ – плътност на флуида, **kg/m³**;

$w_{\text{ср}}$ – средна скорост на флуида, **m/s**.

Еквивалентен диаметър определящ размера на канали с некръгло сечение се изчислява по формулата

$$d_{\text{екв}} = \frac{4F}{U} \quad (2)$$

където F е площ на сечението на канала, **m²**;

U – периметър на сечението, **m**.

✓ **Загуби на налягане от местни съпротивления**

$$\Delta P_{\text{мс}} = \zeta \frac{\rho w_{\text{ср}}^2}{2} \quad (3)$$

където ζ е коефициент на местно съпротивление, който се определя по опитен път.

✓ **Загуби на налягане при обтичане на тръбни снопове**

Изчисляването на загубите при надлъжно обтичане на тръбните снопове става по формулите за прави канали с некръгло сечение. Еквивалентният диаметър се определя по формула (2), в която U представлява периметърът на всички тръби, обтичани от потока.

При напречно обтичане на тръбни снопове общото съпротивление се състои предимно от местни съпротивления и се пресмята по формула 3.

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

Хидравличните съпротивления в междутръбното пространство на топлообменника се изчисляват при отчитане влиянието на 4, 6 и 8 прегради. Теплообменният апарат е разделен на зони с приблизително еднакви параметри – вид обтичане, скорост, сечение [4]. Изследваните зони са пет:

Зона **1** – Вход на подгривания флуид;

Зона **2** – Напречно обтичане на тръбния сноп след входа и преди изхода на подгривания флуид;

Зона **3** – Смяна на посоката на движение на флуида;

Зона **4** – Напречно обтичане на тръбния сноп между преградите на кожухотръбния топлообменен апарат;

Зона **5** – Изход на подгривания флуид.

В таблица 2 са представени изчислените загуби на налягане и скорост на подгривания флуида при различен брой прегради.

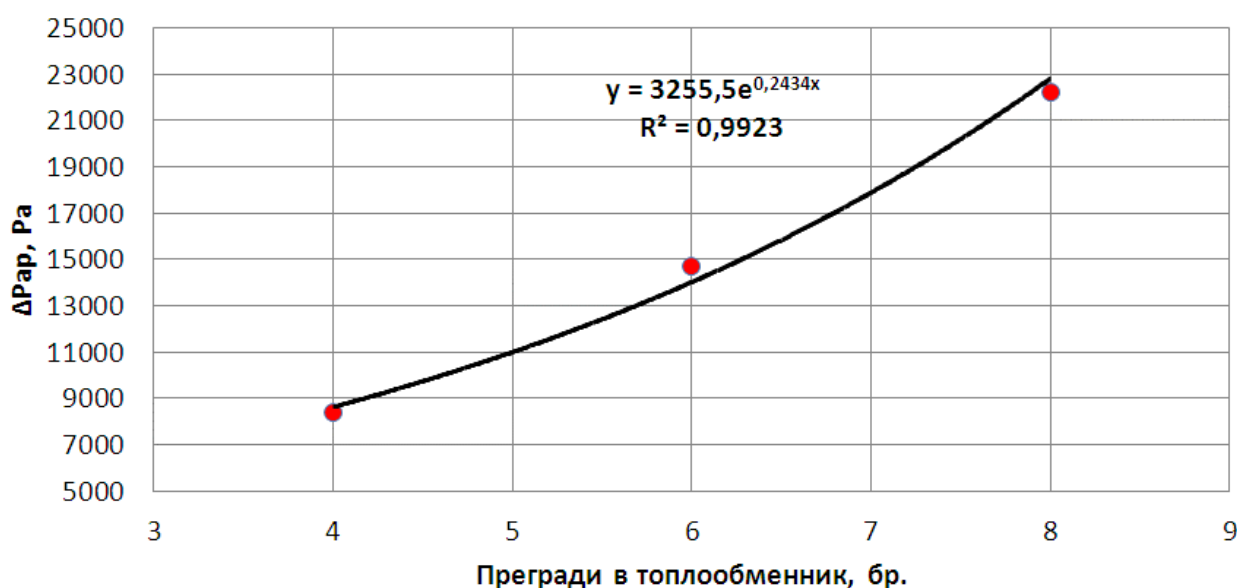
Таблица 2. Загуби на налягане и скорост на подгрявания флуид при различен брой прегради

Брой прегради N	Разстояние между преградите l, m	Загуби на налягане $\Delta P^{\text{зона}}$, Pa Скорост на флуида w, m/s						$\Sigma \Delta P_{\text{ап}}$, Pa
		зони	1-ва	2-ра	3-та	4-та	5-та	
4	0,68	$\Delta P^{\text{зона}}$, Pa	389,39	2326,33	348,59	492,94	492,94	8408,17
		w, m/s	20,92	24,23	13,61	14,96	23,69	
6	0,42	$\Delta P^{\text{зона}}$, Pa	389,39	2326,33	556,03	2326,33	492,94	14738,1
		w, m/s	20,92	24,23	18,24	24,23	23,69	
8	0,29	$\Delta P^{\text{зона}}$, Pa	389,39	2326,33	890,38	4388,33	492,94	22261,5
		w, m/s	20,92	24,23	23,67	35,09	23,69	

Общите загуби на налягане в кожухотръбния топлообменен апарат могат да се изчислят по уравнение (4).

$$\sum \Delta P_{\text{ап}} = \Delta P_{\text{зона}1} + 2\Delta P_{\text{зона}2} + N\Delta P_{\text{зона}3} + (N - 1)\Delta P_{\text{зона}4} + \Delta P_{\text{зона}5} \quad (4)$$

На фигура 2 е представена зависимостта на загубите на налягане в топлообменника от броя на преградите. От графиката се вижда, че пада на налягане силно се влияе от броя на преградите. Уравнение (4) дава възможност за изчисляване пада на налягане на флуида протичащ в междутръбното пространство на кожухотръбния топлообменен апарат при различен брой прегради.

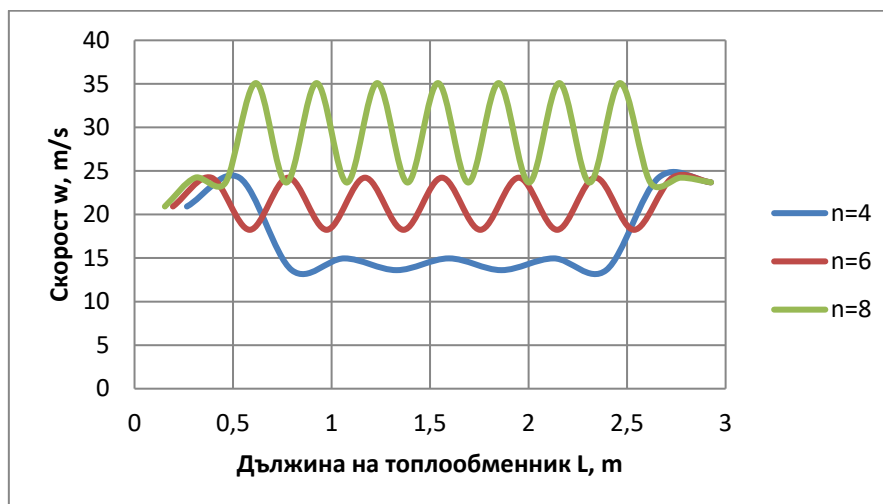


Фиг.2. Загуби на налягане в топлообменния апарат в зависимост от броя на преградите

На фигура 3 е представено изменението на скоростта на флуида по дължината на кожухотръбния топлообменен апарат при различен брой на прегради. От графиката се вижда че намаляването на разстоянието между преградите води да увеличаване на скоростта в зони 3 и 4 на топлообменния апарат. Получените стойности за скоростта в зона 4 при 8 прегради са по-високи от препоръчителните скорости [4].

От направените хидравлични изчисления се вижда че, стойностите за скоростта на флуида в междутръбното пространство в зона 4 при 6 прегради са почти два пъти по – високи от тези при

реализиране на топлообменника с 4 прегради. Увеличаването на скоростта повишава коефициента на топлопредаване, което води до намаляване на необходимата топлообменна повърхност и себестойност на топлообменника. Това е основание да се определи оптимален брой 6 прегради в междутръбното пространство на топлообменния апарат.



Фиг.3. Изменение скоростта на подгривания флуид при различен брой прегради

4. ИЗВОДИ

1. Изчислени са загубите на налягане в кожухотръбен топлообменен апарат при различен брой прегради.
2. Определено е изменението на скоростта на подгривания флуид при напречно обтичане на тръбите и по дължината на топлообменника.
3. Намаляването на разстоянието между преградите силно влияе върху увеличаване на загубата на налягане.
4. На база направените хидравлични изчисления е определен е оптимален брой прегради в междутръбното пространство на топлообменен апарат.
5. Резултатите от анализа могат да се използват при проектиране на топлинни системи.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вълчев, Г., Шалапатова Е., Емануилов А., Михайлов Ю. (1988). Топлинни и хидродинамични характеристики за избор и оценка на водоводни подгреватели. Научна конференция на ВИХВП-Пловдив, т. XXXVI св. I, 1988г.
- [2] Вълчев, Г., Ташева С., Рашева В.(2004). Експериментално изследване хидродимамиката на кохобационна колона и сравняване с аналитично получени стойности. Хранителна наука , техника и технолога -2004 УХТ - Пловдив.
- [3] Невенкин, С (1979). Теплообменни апарати. Техника, София, 1979
- [4] Ташева С., Ходжева З., Рашева В., Вълчев Г., Миленков Б.(2013). Изследване на хидродинамиката на топлообменник с плаваща глава. Сп. Топлотехника №5, Година 4, Книга 2, Издателство на ТУ – Варна, 2013.
- [5] Ходжева З., Рашева В.(2014). Анализ на хидродинамиката на кожухотръбен топлообменен апарат с плаваща глава, Научни трудове на Съюза на учените - Пловдив, Серия В. Техника и технологии, том XII, 2014