

## 12 КОНТАКТНИ РАЗМЕЊИВАЧИ ТОПЛОТЕ

У контактним размењивачима топлоте се прелаз топлоте остварује при непосредном контакту између радних медијума. Услед непосредног контакта фаза у највећем броју случајева процес размене топлоте се обавља уз истовремени транспорт супстанције (испаравање, кондензација, упаравање, кристализација, апсорпција, десорпција, итд.).

Ова врста апарата је нашла широку примену у процесној индустрији (нпр. у прехранбеној индустрији, у производњи грађевинских материјала и металургији) као и у термотехници, термоенергетици, хемијској.

### 12.1 ПОДЕЛА КОНТАКТНИХ РАЗМЕЊИВАЧА ТОПЛОТЕ

Према агрегатном стању радних медијума они се деле на следеће врсте размењивача:

#### 1. флуид - чврста фаза

Веома често се користе у прехранбеној индустрији за смрзавање јагодичастих воћа у флуидизованом слоју помоћу ваздуха ниске температуре.

#### 2. гас (пара) - течност

Основна намена је влажење и сушење гасова, уз истовремено хлађење или загревање течности:

- у кулама за хлађење воде се обавља процес размене топлоте и супстанције уз помоћ ваздуха у процесу непосредног контакта фаза;
- код упаривачких станица често се користе контактни кондензатори за кондензовање паре из последњег степена помоћу воде (процес се најчешће одиграва под вакумом).

Поред основне намене у овим апаратима могу да се паралелно обављају и процеси пречишћавања и припреме радних флуида:

- кондиционирање ваздуха у техници климатизације помоћу клима комора;
- механичко одстрањивање прашине помоћу скрубера;
- издвајање непожељних растворених компонената - дегазација воде у припреми котловске воде

Ови апарати се одликују једноставном конструкцијом, имају велике коефицијенте прелаза топлоте и супстанције, релативно велику површину контакта фаза и релативно малу запремину.

#### 3. течност - течност

Постоје сложене дифузионе операције које се са успехом могу одвијати једино уз перманентно одвођење топлоте, као што је нпр. апсорпција лаквих угљоводоника помоћу органских уља уз присуство расхладног флуида који се са уљем не меша.

У процесу течне екстракције се може јавити и размена топлоте, тако да је екстрактор у исто време и размењивач топлоте.

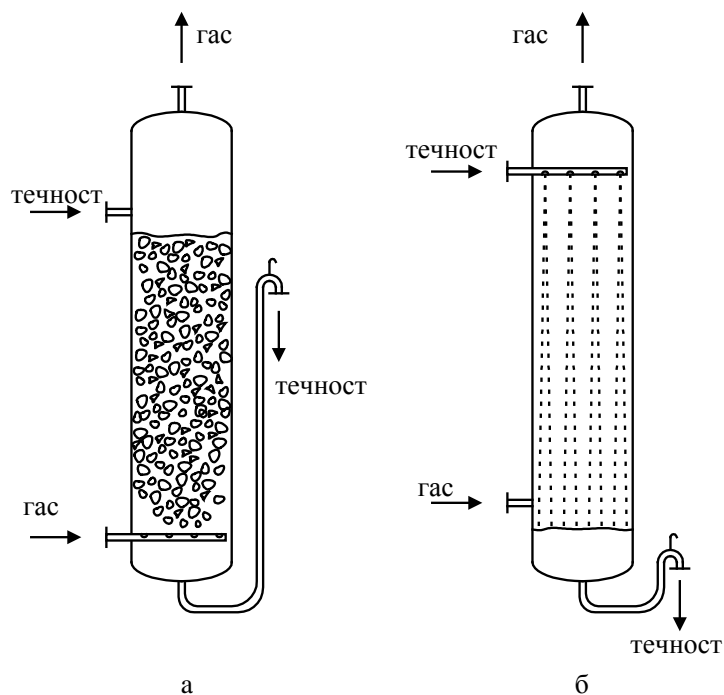
## 12.2 КОНТАКТНИ РАЗМЕЊИВАЧИ ТОПЛОТЕ СА НЕПОСРЕДНИМ КОНТАКТОМ ГАСА/ПАРЕ И ТЕЧНОСТИ

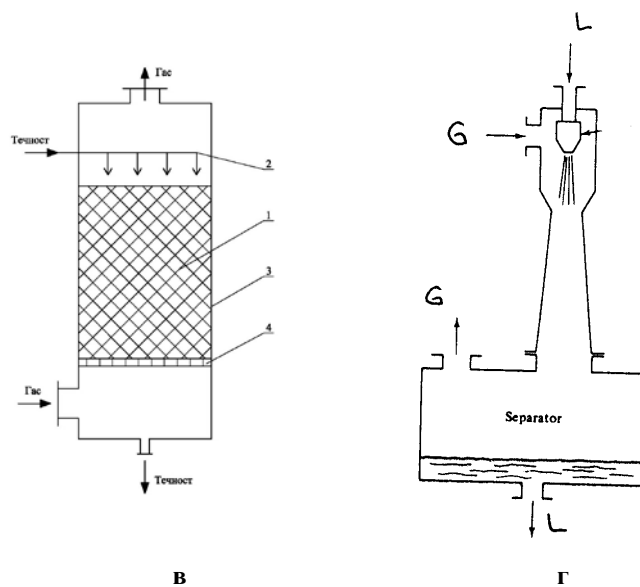
Према намени ови размењивачи се деле на:

- куле за хлађење воде;
- контактни кондензатори;
- дегазатори;
- маглене коморе;
- контактни хладњаци продуката сагоревања;
- скрубери за механичко одстрањивање прашине (у овим апаратима се одвијају истовремено три процеса: транспорт топлоте, транспорт супстанције и сепарација чврстих честица).

Према конструкционим решењима деле се на следеће главне групе (слика 1):

- колоне са млазницама;
- колоне са испуном;
- барботајне и каскадне колоне;
- струјни (ејекторски) апарати.





**Слика 1** Основна конструкциона решења контактних размењивача топлоте  
 а - барботажна колона; б – колона са млазницама; в) колона са испуном; г) ејекторски апарат



**Слика 2** Основне врсте испуне  
 а - Рашигови прстен, б - Лесингов прстен, в – Берлова седла

### 12.3 КОЛОНЕ СА МЛАЗНИЦАМА И КЛИМА КОМОРЕ

Колоне са млазницама су нашле широку примену у клима коморама за кондиционирање ваздуха, у процесима кондензације паре, у процесима упаравања и сушења различитих течних раствора са неиспарљивим раствором (атомизери).

То су колоне цилиндричног или правоугаоног попречног пресека у којима се течност помоћу система млазница распршује на капљице малих димензија (слика 1-б). Пад притиска течности при пролазу кроз уређај за распршивање се најчешће креће у границама 1÷4 bar. При томе је потребно обезбедити равномерну расподелу течности по попречном пресеку апарата. Гас (пара) се најчешће креће супротносмерно у односу смер кретања течности, брзином сведеном на пуни попречни пресек апарата од 0,7÷1,5 m/s. Уколико се јавља интензивно узношење течности из апарата онда се на излазном делу скрубера поставља сепаратор (елиминатор капи), а брзина гаса се може повећати на 5÷8 m/s.

Ефикасност апарата зависи првенствено од површине контакта између гаса и капи течности, односно од квалитета распршивања течне фазе. Нпр. у случају да се пречник капи мења у границама  $d_k = 0,05 \div 0,8 \text{ mm}$  површина фазног контакта се мења у границама  $S_k = 120 \div 7,5 \text{ m}^2/\text{kg}$  течности. Проток течности кроз апарат зависи од пречника отвора на млазницама ( $d_o$ ) и од пада притиска кроз млазнице ( $\Delta p$ ), што се дефинише помоћу једначине

$$m_l = C \cdot d_o^a \cdot \Delta p^b$$

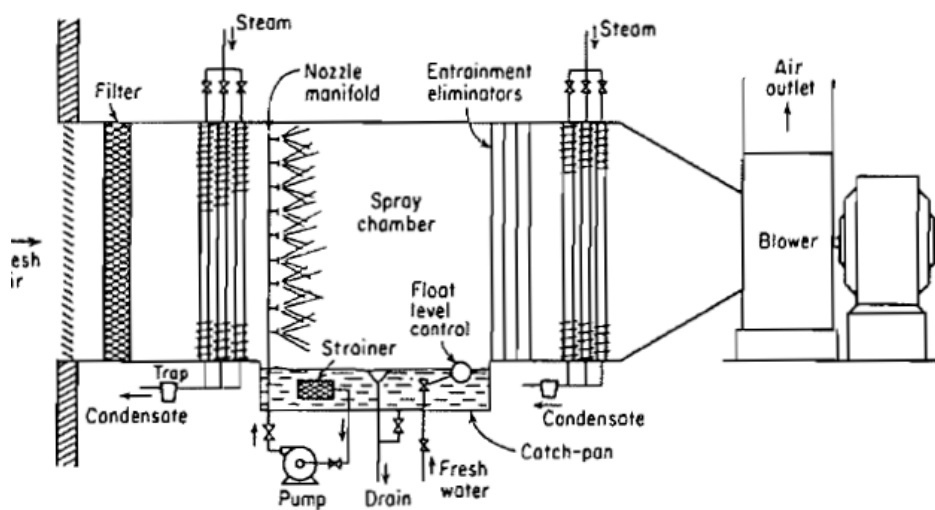
при чему се параметри  $C$ ,  $a$  и  $b$  утврђују емпиријски.

Ова врста апарата се користи за кондиционирање ваздуха у клима коморама (слика 3). Типична промена стања ваздуха у клима комори је приказана на слици 4.

Ваздух се у апарат уводи преко жалузина (1) помоћу којих се регулише проток ваздуха. Механички пречистач - филтер (2) уклања прашину. При струјању преко оребреног цевног снопа размењивача топлоте (3) ваздух се загрева од стања 1 до стања 2, а затим се у магленој комори (5) ваздух влажи помоћу воде која се распршује млазницама (4) при истосмерном току гаса и течности. Процес у магленој комори је приказан променом стања 2÷3. Капљице које струја ваздуха носи са собом се издвајају на елиминатору капи (6), а затим се ваздух догрева до захтеване температуре (промена стања 3÷4) помоћу размењивача (7). На овај начин се у клима комори ваздух припрема до задатог стања на улазу у климатизовану просторију где је потребно одржавати захтевану температуру и влажност. Струјање ваздуха се обезбеђује помоћу вентилатора (8), а циркулација воде помоћу пумпе (10), која је снабдевана усисним кошом (12). Ниво воде у базену (9) се обезбеђује помоћу регулационог вентила са пловком (11). У збирци задатака у задатку 1.25. приказани су летњи и зимски режим рада клима коморе.

Маглена коморе се димензионишу тако да масена брзина гаса сведена на пуни попречни пресек износи

$$\rho_G \cdot w_G = 0,8 \div 1,2 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$$



Слика 3 Шематски приказ клима коморе

- 1 - жалюзине, 2 - филтер, 3 - размењивач, 4 - млазнице, 5 - маглена комора, 6 - елиминатор капи, 7 - размењивач, 8 - вентилатор, 9 - базен за воду, 10 - циркулациона пумпа, 11 - регулациони вентил са пловком, 12 усисни кош

Интензитет размене топлоте и супстанције се код маглених комора процењује на основу ефикасности дефинисане изразом

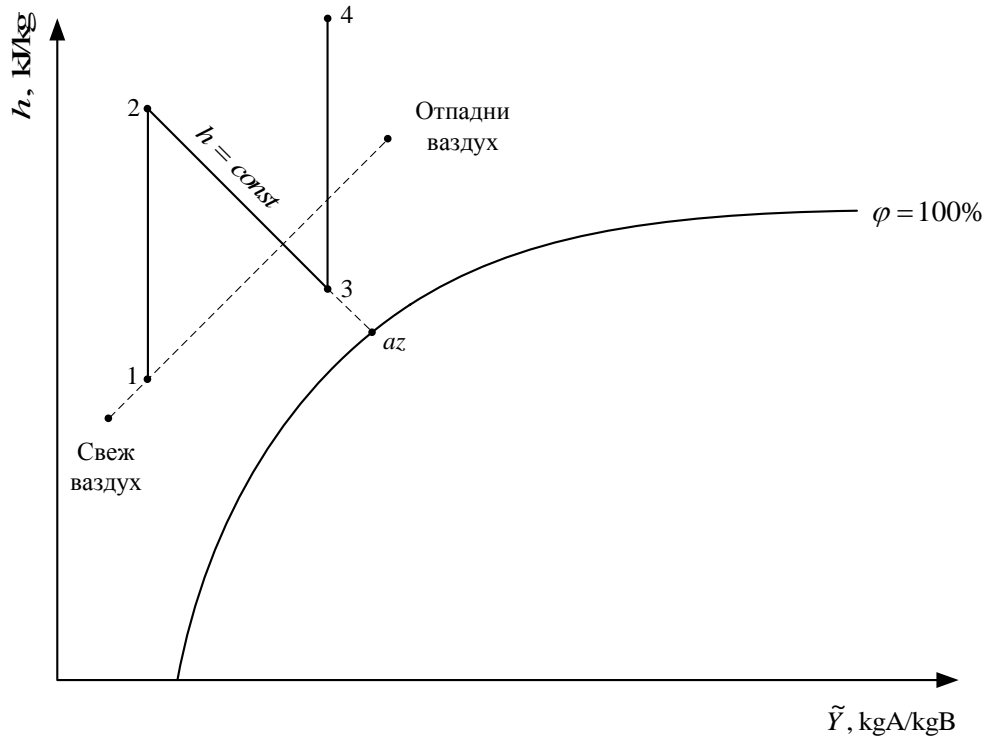
$$E_t = \frac{t_2 - t_3}{t_2 - t_{az}}$$

односно

$$E_{\tilde{Y}} = \frac{\tilde{Y}_2 - \tilde{Y}_3}{\tilde{Y}_2 - \tilde{Y}_{az}}$$

за уобичајене случајеве када се сматра да се у апарату одвија процес адијабатског влажења. Може се показати да за уобичајене радне режиме у техници климатизације важи  $E_t \approx E_{\tilde{Y}}$ .

Индекс  $az$  се односи на стање адијабатског zasiћења влажног ваздуха.



Слика 4 Промена стања ваздуха у клима комори