

# Hűtőrendszerek

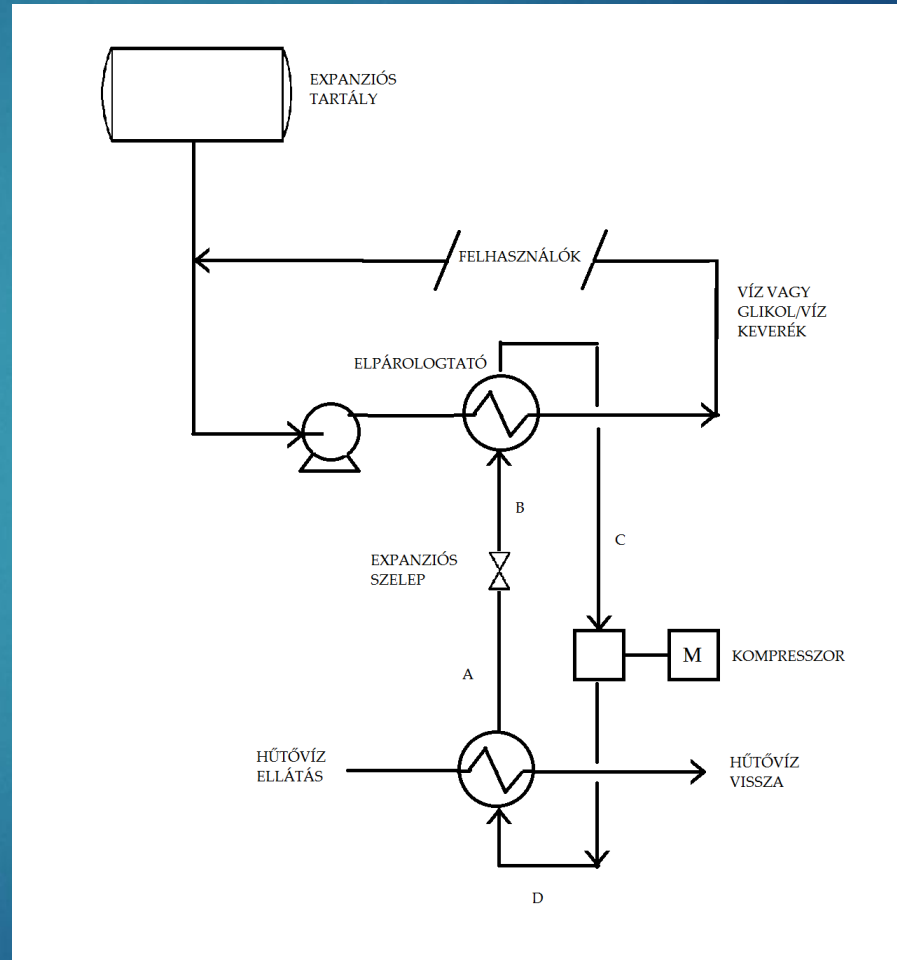
BENES ZITA

- ▶ Biotechnológia folyamatok
- ▶ Épületgépészeti oldal
  - ▶ HVAC – heating, ventilation, air conditioning
  - ▶ Laborok, irodák hűtése

- ▶ Közvetítő közeg:
  - ▶ Víz
  - ▶ Víz és glikol keveréke
    - ▶ 6 °C alatt, fagyás veszélye miatt (csak)
    - ▶ Propilén- vagy etilénglikol

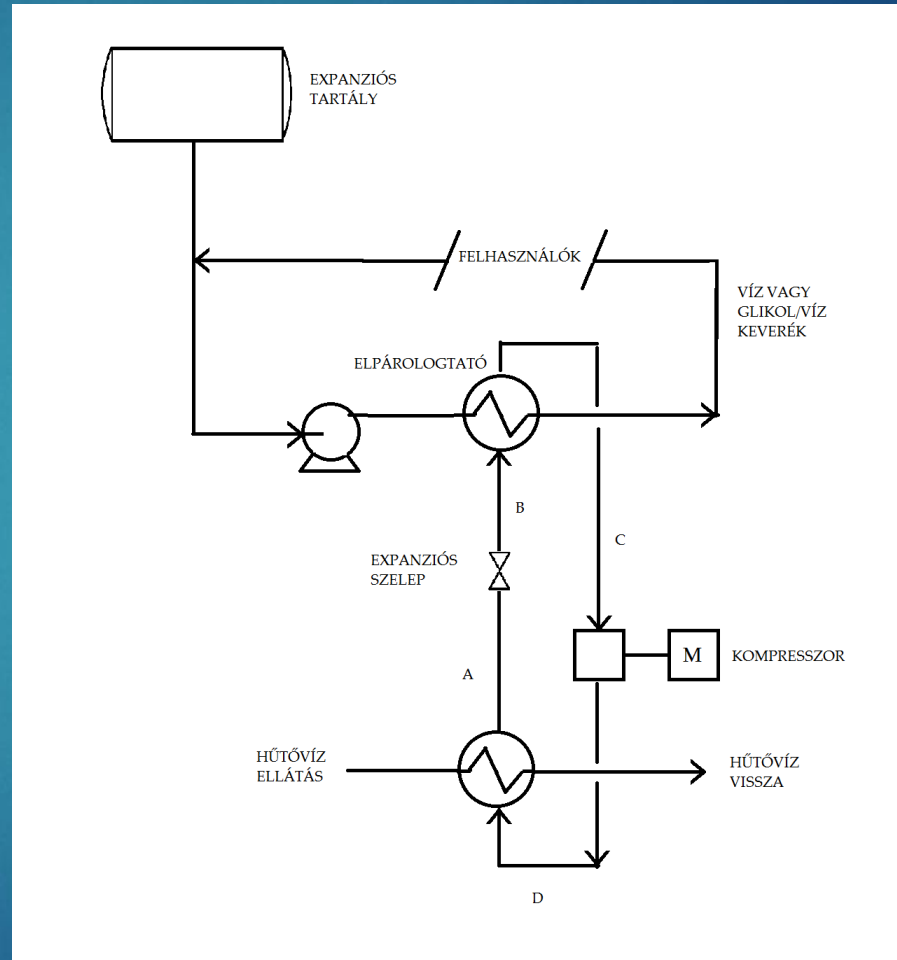
## Rendszer részei

- Kompresszor
- Kondenzátor
- Elpárologtató
- Expanziós szelep
- Szivattyú(k)
- Levegőleválasztó
- Expanziós tartály



# Folyamat

- A → B
  - Izentalpikus expanzió
  - Hőmérséklet csökken
- B → C
  - Hőcsere a folyadékkal
  - Izobár párolgás
- C → D
  - Izoentropikus kompresszió
  - Hőmérséklet, entalpia nő
- D → A
  - Kondenzáció



# Kompresszor típusok

- ▶ Szükséges kapacitástól függ
- ▶ Kisebb (<527 kW)
  - ▶ Dugattyús kompresszor
  - ▶ Csavarkompresszor
- ▶ Nagyobb
  - ▶ Radiális (centrifugál) kompresszor



# Kondenzátor típusok

- ▶ A komprimált hűtőgőz hőjét:
  - ▶ Víz veszi fel
    - ▶ Folyadék hőátadási tényező jobb
    - ▶ Nyári hőmérsékletkülönbség ennek kedvez
  - ▶ Levegő veszi fel
    - ▶ Kisebb egységnél
    - ▶ Hűtővíz nem megoldható
    - ▶ Hűtőtorony nem lehetséges

# További részegységek

- ▶ Elpárologtató
  - ▶ Egyszerű hőcserélő
- ▶ Expanziós szelep
  - ▶ Hűtőközeg nyomását csökkenti, izoentalpikus expanzió mellett
- ▶ Expanziós tartály
  - ▶ Közvetítőközeg körében
  - ▶ Az indítás és leállítás okozta fajlagos térfogat változás miatt



# Rendszer méretezés

- ▶ Folyamatok energiamérlege elegendő
- ▶ Víz-glikol rendszernél csökkent hőkapacitás
- ▶ Folyamatos és szakaszos igénybevételek

- ▶ Anyag
  - ▶ Réz
    - ▶ 50 mm csőátmérő alatt
  - ▶ Szénacél
    - ▶ 50 mm csőátmérő felett
  - ▶ Kettő kombinációja
- ▶ Bypass szelep
  - ▶ Hűtőfolyadék fagyásának megakadályozása
  - ▶ Folyamatos áramoltatás
  - ▶ Elpárologtató után, a szivattyú szívóoldalra kötve

# Hűtőtornyok

- ▶ Rendeltetés:
  - ▶ Hűtőközeg biztosítása
    - ▶ Ha alacsonyabb hőmérséklet nem szükséges
  - ▶ Hűtőközeg hűtése
- ▶ Leggyakrabban mesterséges huzatú
  - ▶ Kompakt
  - ▶ Kapacitása kielégítő

# Hűtőtorony típusok

12

- ▶ Ventilátor elhelyezése alapján
  - ▶ Szívóventilátoros (felül)
  - ▶ Nyomóventilátoros (alul)
- ▶ Az áramlási viszonyok alapján
  - ▶ Keresztáramú
  - ▶ Ellenáramú

- ▶ Száraz hőmérséklet  
A levegő/víz pára rendszer mért hőmérséklete
- ▶ Nedves hőmérséklet  
Az a hőmérséklet, amin a levegő és a víz dinamikus egyensúlyban van
- ▶ Telítési hőmérséklet  
Az a hőmérséklet, amin a levegő/víz rendszer telített
- ▶ Gyakorlati szempontból  
nedves hőmérséklet = telítési hőmérséklet



- ▶ Merkel egyenlet (integrált forma)

Torony karakterisztika

$$\frac{KaV}{L} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{1}{H' - H} dT$$

- ▶  $K$  anyagátadási tényező
- ▶  $a$  érintkezési felület
- ▶  $V$  térfogat
- ▶  $L$  víz sebesség
- ▶  $T_1$  bemenő víz hőmérséklete
- ▶  $T_2$  kimenő víz hőmérséklete
- ▶  $H'$  a telített levegő entalpiája a víz hőmérsékletén
- ▶  $H$  a levegőáram entalpiája



- ▶ A Csebisev módszerrel:

$$\frac{KaV}{L} = \frac{T_1 - T_2}{4} \left( \frac{1}{\Delta H_1} + \frac{1}{\Delta H_2} + \frac{1}{\Delta H_3} + \frac{1}{\Delta H_4} \right)$$

- ▶  $\Delta H_1$ :  $(H_w - H_a)$  értéke  $T_2 + 0,1(T_1 - T_2)$  hőmérsékleten
- ▶  $\Delta H_2$ :  $(H_w - H_a)$  értéke  $T_2 + 0,4(T_1 - T_2)$  hőmérsékleten
- ▶  $\Delta H_3$ :  $(H_w - H_a)$  értéke  $T_1 - 0,4(T_1 - T_2)$  hőmérsékleten
- ▶  $\Delta H_4$ :  $(H_w - H_a)$  értéke  $T_1 - 0,1(T_1 - T_2)$  hőmérsékleten
- ▶  $H_w$ : a levegő/víz rendszer entalpiája a víz főtömeg hőmérsékletén
- ▶  $H_a$ : a levegő/víz rendszer entalpiája a nedves hőmérsékletén

## 1. Torony karakterisztika számítása

$$\frac{KaV}{L} = \frac{T_1 - T_2}{4} \left( \frac{1}{\Delta H_1} + \frac{1}{\Delta H_2} + \frac{1}{\Delta H_3} + \frac{1}{\Delta H_4} \right)$$

- ▶ Entalpia adatok
  - ▶ Telített levegő
  - ▶ Víz
- ▶ Be- és kimenő vízhőmérséklet
- ▶ Folyadék és gáz fázisok áramlási sebesség aránya

2. A torony méretének meghatározása
  1. Torony betét kiválasztása
  2.  $K$  és  $a$  meghatározása
    - ▶ Együttműködés a forgalmazóval
3. A víz áramlási sebességének meghatározása
  - ▶ Időszakos és folyamatos felhasználók figyelembevétele
  - ▶ Felhasználási pontok kiértékelése
  - ▶ Gyakran a hűtőrendszer az egyetlen felhasználó

# Betét típusok

18

- ▶ Anyag szerint
  - ▶ Fa
  - ▶ Műanyag
  - ▶ Fém
- ▶ Működés szerint
  - ▶ Film
    - ▶ Esőfilmes bepárlóhoz hasonló
    - ▶ Nagy érintkezési felület
    - ▶ Kisebb helyigény
  - ▶ „Splash”
    - ▶ Terelőlemezek
    - ▶ Kisebb érintkezési felület
    - ▶ Rossz minőségű víz esetén is

- ▶ Biológia növekedés
- ▶ Oldott szervesanyag koncentráció növekedése
  
- ▶ Átmosás nagy tisztaságú vízzel
- ▶ Vegyszer adagolás
  - ▶ Kénsav
  - ▶ Inhibitorok
    - ▶ Klór



# Levegő- és gázrendszerek



# Levegő- és gázrendszerek

21

## Felhasználás

- ▶ Pneumatikus szabályozórendszerek és eszközök
- ▶ Bioreaktorok oxigénellátása
- ▶ Anyagmozgatás
- ▶ Hűtőközeg

## Minőség

- ▶ Víz- és olajmentes
- ▶ Sterilszűrt

# Sűrített levegőt előállító rendszerek

22

- ▶ Tervezési paraméterek
  - ▶ Szükséges levegő mennyisége
  - ▶ Nyomás a kompresszor után
  - ▶ Felhasználás célja

# Kétlépéses kompresszor

23

- ▶ hőcserélő a két lépés között
- ▶ hőcserélő a második lépés után
- ▶ kompresszor után:
  - ▶ légtartály
    - ▶ szénacél edény
    - ▶ nyomáskülönbség ingadozás kiegyenlítése
  - ▶ szárító
    - ▶ Nedvességmegkötő anyag
    - ▶ regenerálás:
      - ▶ Csőkígyó
      - ▶ Elektromos melegítő
      - ▶ Nyomáscsökkentés

- ▶ Igény felmérése
  - ▶ Műszerezés
    - ▶ Nehéz becsülni
    - ▶ + 0,6 – 1,4 std m<sup>3</sup>/min
  - ▶ Tartály nyomás alá helyezése
  - ▶ Autoklávok stb.
- ▶ Kompresszor típusok
  - ▶ Csavarkompresszor
  - ▶ Dugattyús kompresszor

# Csőrendszer

25

- ▶ Szénacél
- ▶ Polírozott rozsdamentes acél
  
- ▶ Gyakorlatban
  - ▶ K típusú rézcső 20% ezüstitel
  - ▶ Rozsdamentes ahol szükséges



# Komprimált gázok

26

- ▶ Felhasználás
  - ▶ csővezeték és berendezés nyomásteresztelésére
  - ▶ fermentor levegő készítésére
  - ▶ inert atmoszférához a tartály HS-ben
  - ▶ anyagáramlás létrehozására
  - ▶ Leggyakrabban
    - ▶ Nitrogén
    - ▶ Oxigén



# Komprimált gázok elérhető formái

27

- ▶ Nagynyomású gázként
  - ▶ Relatívén kis felhasználásnál
- ▶ Folyékony halmazállapotban
  - ▶ Folyamatos, nagy felhasználás
- ▶ Membrán technológia
  - ▶ Olcsó
  - ▶ Alacsony nyomás
  - ▶ Kisebbségi tisztaság

Köszönöm a figyelmet!

# Kérdések

1. Hűtőrendszer sémája, részei
2. Milyen közvetítő közeget használunk, miért
3. Hűtőtorony típusok
4. Komprimált gázok elérhető formái