



Szabó László

Közvetlen, keverő hőcserélés és berendezései

 **NSZFI**
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Kőolaj- és vegyipari géprendszer üzemeltetője és vegyipari technikus feladatok

A követelménymodul száma: 2047-06 A tartalelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-007-50

KÖZVETLEN, KEVERŐ HŐCSERÉLÉS HŐTANI SZÁMÍTÁSAI

ESETFELVETÉS–MUNKAHELYZET

A vegyipari technikus alapvető feladatai közé tartozik a hőközlési feladatok megoldása, a vegyipari műveletek üzemtani irányítása. A feladatok megoldásához ismernie kell a vegyipari berendezésekben zajló hőtani folyamatokat.

A hőközlési feladatok megvalósítása során segítenie kell munkatársait a berendezések kezelésében, üzemeltetésében. A berendezések gazdaságos üzemeltetéséhez ismernie kell a hőközlés alapvető törvényeit, megvalósulásának folyamatát valamint a feladatok megoldásához felhasználható hőcserélőket, ezen belül fontos megismerni:

- a közvetlen és közvetett hőközlés megvalósítását,
- közvetlen, keverő hőcserélők hőtani számításait, hőtani adatainak meghatározását.

Feladat

Tapasztalatai alapján soroljon fel olyan hőközlési megoldásokat, amelyekben a hőleadó és hőfelvevő közegek közvetlenül érintkeznek egymással!

Írja le a példákat!

Példák

Megoldás

Például zuhanyozásnál meleg víz és hideg víz keverése, hideg és meleg levegő keveredése stb.

SZAKMAI INFORMÁCIÓK

1. A hőcserélő berendezések alapvető típusai, a hőközlés módszerei

A vegyiparban nagyszámú olyan készülék van, amelyet akár technológiai, akár energiagazdálkodási műveletek kapcsán célzatosan hőközlés, illetve hőelvonás lefolytatására, azaz hőcserélő berendezésként alkalmaznak.

A hőcserélő fogalma

A hőcserélők olyan berendezések, amelyek a hőt valamely nagyobb hőmérsékletű (hőleadó) közegtől egy másik, kisebb hőmérsékletű (hőfelvevő) közeghez közvetítik.

A hőcserélők csoportosítása

A hőcserélők két fő csoportra oszthatók:

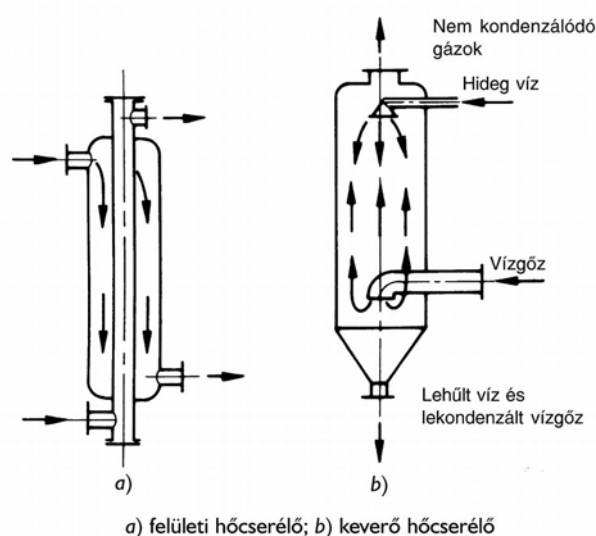
- **felületi** (vagy közvetett hőközlésű) és
- **keverő** (vagy közvetlen hőközlésű) **hőcserélőkre**.

A felületi hőcserélőben áramló felmelegedő, illetve lehűlő közegek egymással nem keveredhetnek, egymástól szilárd fallal (fém, kerámia stb.) vannak elválasztva.

Ebben az esetben a hőközlés, illetve a hőelvonás a válaszfalon keresztül történik. Ebben az esetben a hőközlés közvetett, a falon keresztül valósul meg.

A keverő hőcserélőben a felmelegedő, illetve a lehűlő közegek egymással elkeverednek, és a hőcsere közvetlen érintkezés útján megy végbe.

A két típus elvi vázlata az 1. ábrán látható. Az a) ábra a felületi hőcserélőt, a b) ábra a keverő hőcserélőt ábrázolja.



1. ábra. A hőcserélők csoportosítása¹

Keverő hőcserélők akkor alkalmazhatók, ha a hőcserében részt vevő közegek összekeveredése nem káros, vagy az összekeveredett közegek könnyen elválaszthatók egymástól. Ebben az esetben a hőközlés **közvetlen**, a hőleadó és a hőfelvevő közeg közvetlenül érintkezik egymással.

2. A közvetlen hőközlés számításai

Közvetlen hőközlés esetén a melegebb közeg hőt ad át a hidegebb közegnek. A melegebb közeg lehűl, a hidegebb közeg felmelegszik, a két közeg közös hőmérsékletű lesz. Ilyen eset például, amikor meleg és hideg vizet keverünk össze. A számításokat az ún. hőmérleg segítségével végezhetjük el.

A hőmérleg azt jelenti, hogy egy készülékbe bevezetett hő (hőmennyiségek) megegyezik (megegyeznek) a készülékből elvezetett hővel.

Meleg és hideg víz keverése

Ha egy készülékbe meleg és hideg vizet vezetünk be, és a készülékben összekeverjük a meleg és hideg vizet, a készülékből elvezetett víz hőmérséklete a készülékben kialakult közös hőmérséklet lesz.

A keverő hőcserélők alapegyenlete, hőmérlege:

¹ Forrás: Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.

$$\dot{c} \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1 + \dot{c} \cdot \dot{m}_2 \cdot t_2 = \dot{c} \cdot (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) \cdot t,$$

ahol: $\dot{c}$ a víz átlagos fajhője, J/(kg·°C); $\dot{m}_1$ a meleg víz térfogatárama, kg/s; $\dot{m}_2$ a hideg víz térfogatárama, kg/s; t_1 a meleg víz hőmérséklete, °C; t_2 a hideg víz hőmérséklete, °C; t a közös hőmérséklet, °C.

A hőmérleg felhasználásával lehet meghatározni különböző technológiai feladatok hőközlési feladatait. Ilyen feladatok lehetnek:

- két adott mennyiségű és hőmérsékletű anyag összekeverésekor kialakuló közös hőmérsékletű víz létrehozása,
- egy adott tömegáramú és hőmérsékletű hideg víz adott hőmérsékletre való felmelegítéséhez szükséges meleg víz mennyiségének meghatározása,
- meleg víz lehűtése hideg vízzel.

Gőz kondenzálása, közvetlen gőzfűtés alkalmazása

Gyakori feladat gőz kondenzáltatása hideg vízzel, vagy közvetlen gőzfűtés alkalmazása meleg víz előállítására.

Víz és gőz közvetlen érintkezése esetén a hőmérleg:

$$\dot{c} \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1 + \dot{m}_g \cdot h'' = \dot{c} \cdot (\dot{m}_1 + \dot{m}_g) \cdot t$$

ahol: $\dot{c}$ a felmelegítendő víz, illetve a keletkező víz átlagos fajhője, J/(kg·°C); $\dot{m}_1$ a felmelegítendő víz (vagy a hűtővíz) tömegárama, kg/s; $\dot{m}_g$ a gőz tömegárama, kg/s; t a víz hőmérséklete, °C; h'' a gőz hőtartalma, J/kg; t a közös hőmérséklet, °C.

Ez a hőmérleg abban az esetben használható, ha a gőz a "t" forrponthi hőmérsékleten kondenzál. Ha a "t" hőmérsékletnél nagyobb forrponthi hőmérsékletű gőzt kondenzáltatunk, a forrpontról történő lehűlést is figyelembe kell venni.

A vízgőz

Ahhoz, hogy a vízből vízgőz legyen, hőt kell közölnünk a rendszerrel. A rendszer hőmérséklete addig nem változik, amíg a víz teljes mennyisége gőzzé alakul. A közölt hő hatására forráspont-hőmérsékletű gőz, ún. **telített gőz** keletkezik.

Fordított folyamatban, amikor a forráspont-hőmérsékletű gőz kondenzál, ugyanannyi hőt ad át a környezetének, mint amennyi hő kellett a gőzzé alakításához. A leadott hőt ilyenkor **kondenzációs hőnek** nevezzük.

A telített gőz nyomása és hőmérséklete között egyértelmű összefüggés van. Minél nagyobb a nyomás, annál nagyobb a forrponti hőmérséklet. Atmoszférikus nyomáson a víz forráspontja 100 °C. 1 bar nyomáson (az 1 bar nyomás kisebb, mint az atmoszférikus nyomás) a forrpont 99,6 °C, Vákuumban csökken a forráspont, például 0,5 bar nyomáson a forráspont 80 °C körül van.

A vízzel érintkező gőzt nedves telített gőznek nevezzük. Ha az összes vizet elforraltuk, és a gőz már nem érintkezhet a folyékony fázissal, akkor száraz telített gőzt kapunk. Ha a száraz telített gőzzel állandó nyomáson további hőt közlünk, akkor a hőmérséklete nem marad állandó: nagyobb hőtartalmú túlhevített vízgőz lesz belőle. A túlhevített gőz úgy viselkedik, mint a gázok. Leglényegesebb jellemzője, hogy hőmérséklete nagyobb, mint az ugyanolyan nyomású telített gőz hőmérséklete. Ezek szerint, ha a túlhevített gőzt hűtjük, előbb telített gőz keletkezik, majd a telített gőz lecsapódik. A telített gőz lényegesen több hőt tud átadni a környezetének. A vízgőz jellemző adatait a vízgőztáblázatok tartalmazzák. Ilyen gőztáblázatokat elsőként Mollier készített, ezért az ilyen gőztáblázatot Mollier-táblázatnak is nevezik.

A vízgőz jellemző adatait tartalmazó táblázatot találunk az 1. mellékletben.

A vízgőz az egyik legjobb és leggyakrabban használt hőhordozó. A vízgőz alkalmazásakor általában csak a kondenzációs hőt hasznosítjuk. A vízgőz előnye, hogy nagy a párolgáshője, olcsó és nem gyúlékony. Előnyei miatt üzemi gyakorlatban a fűtésre legalkalmasabb hőhordozók közé tartozik.

A vízgőz hátrányos tulajdonsága, hogy hőmérséklete viszonylag alacsony. Például a 180 °C-os gőzhőmérséklet eléréséhez 10 bar nyomás kell biztosítani.

További hátránya a vízgőznek, hogy jó tömítést kell biztosítani, mert a tömítetlenségek mentén szivárog, "gőzöl". Emiatt a lakásfűtéséknél a vízgőz helyett inkább melegvíz fűtést alkalmazunk.

A technológiai folyamatoknál és a vegyipari műveleteknél (például a bepárlás során) gyakran keletkezik vízgőz. Ezt a gőzt környezetvédelmi szempontokból nem lehet a szabadba engedni, ezért hűtővízzel kondenzáltatjuk.

1. melléklet. A vízgőz hőtani adatai a forráspont függvényében

A víz anyagjellemzői (Mollier táblázat)						
Forrponti hőmérséklet, °C	nyomás, bar	sűrűség, kg/m ³	dinamikus viszkozitás, $\eta \times 10^{-6}$, Pa s	fajhő, c, kJ/(kg/°C)	Forrponti hőmérsékletű víz hőtartalma h', kJ/kg	Párolgáshő, Δh_r kJ/kg

KÖZVETLEN, KEVERŐ HŐCSERÉLÉS ÉS BERENDEZÉSEI

0	0,007	999,83	1748,73	4,21	0,00	2500,58
10	0,011	999,75	1299,83	4,20	41,94	2477,85
15	0,014	999,21	1136,32	4,19	62,89	2466,21
20	0,019	998,36	1001,87	4,18	83,83	2454,43
25	0,028	997,23	890,31	4,18	104,75	2442,52
30	0,040	995,84	796,91	4,18	125,66	2430,50
35	0,055	994,22	718,06	4,18	146,57	2418,39
40	0,074	992,38	650,95	4,18	167,48	2406,21
45	0,098	990,34	593,40	4,18	188,38	2393,97
50	0,126	988,12	543,70	4,18	209,28	2381,68
55	0,161	985,73	500,51	4,18	230,19	2369,34
60	0,202	983,18	462,74	4,18	251,11	2356,95
65	0,253	980,49	429,53	4,19	272,04	2344,53
70	0,314	977,67	400,17	4,19	292,98	2332,06
75	0,387	974,73	374,09	4,19	313,93	2319,54
80	0,474	971,67	350,81	4,20	334,90	2306,97
85	0,578	968,50	329,96	4,20	355,90	2294,33
90	0,700	965,22	311,20	4,21	376,92	2281,61
95	0,844	961,85	294,26	4,21	397,96	2268,80
100	1,011	958,38	278,90	4,22	419,04	2255,87

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A tananyagot a **következő lépésekben** sajátítsa el:

Olvassa el figyelmesen az "1. A hőcserélő berendezések alapvető típusai, a hőközlés módszerei", és a "2. A közvetlen hőközlés számításai" című fejezeteket, tanulja meg pontosan a bekeretezett, fontos fogalmakat, szabályokat, összefüggéseket.

Válaszoljon szóban a következő kérdésekre:

Mit nevezünk hőcserélőnek? Hogyan csoportosítjuk a hőcserélőket?

Mit nevezünk felületi hőcserélőnek?

Mit nevezünk keverő hőcserélőnek?

Mikor beszélünk közvetlen, illetve közvetett hőcseréről?

Mit nevezünk hőmérlegnek?

1. feladat

Írjon példákat a közvetlen (keverő) és közvetett (felületi) hőcserére!

Keverő hőcsere: _____

Felületi hőcsere: _____

2. feladat

Írja be az alábbi táblázatba a feladathoz tartozó összefüggést!

Feladat	Összefüggés
Hőmérleg meleg és hideg folyadék keveredésénél	
Hőmérleg gőz kondenzáltatásánál	

3. feladat

Írja le a keverő hőcserélők alapegyenletét és rendezze át az alapegyenletet úgy, hogy a kapott összefüggés segítségével kiszámítható legyen:

- két adott mennyiségű és hőmérsékletű anyag összekeverésekor **a kialakuló közös hőmérséklet,**
- egy adott tömegáramú és hőmérsékletű hideg víz adott közös hőmérsékletre való felmelegítéséhez szükséges **meleg víz mennyisége,**

- meleg víz adott hőmérsékletre történő lehűtéséhez szükséges adott hőmérsékletű **hideg víz mennyisége**.
- A víz fajhőjét minden hőmérsékleten vegye ugyanakkorának.

Alapegyenlet:

A közös hőmérséklet kiszámítására alkalmas összefüggés: _____

Adott tömegáramú és hőmérsékletű hideg víz adott közös hőmérsékletre való felmelegítéséhez szükséges **meleg víz mennyisége** _____

Meleg víz adott hőmérsékletre történő lehűtéséhez szükséges adott hőmérsékletű **hideg víz mennyisége** _____

4. feladat

Egy keverő hőcserélőben 10 kg/s tömegáramú 50 °C hőmérsékletű meleg vizet keverünk össze 5 kg/s tömegáramú 20 °C hőmérsékletű hideg vízzel. Számítsa ki a hőcserélőből kiáramló víz hőmérsékletét!

Adatok:

$m_1 =$

$t_1 =$

$m_2 =$

$t_2 =$

$t =$

5. feladat

Egy keverő hőcserélőben 25 kg/s tömegáramú 20 °C hőmérsékletű hideg vizet kell felmelegíteni 32 °C-os hőmérsékletre 80 °C hőmérsékletű meleg vízzel. Számítsa ki a feladat megoldásához szükséges víz mennyiségét!

Adatok:

$m_1 =$

$t_1 =$

$t =$

$t_2 =$

$m_2 =$

6. feladat

Egy keverő hőcserélőben 10 kg/s tömegáramú 80 °C hőmérsékletű meleg vizet kell lehűteni 25 °C-os hőmérsékletre 20 °C hőmérsékletű hideg vízzel. Számítsa ki a feladat megoldásához szükséges víz mennyiségét!

Adatok:

$m_1 =$

$t_1 =$

$t =$

$t_2 =$

$m_2 =$

Ha úgy érzi, **bizonytalan** a feladatok megoldásában, **tanulmányozza át még egyszer** a feladathoz tartozó fejezetet.

Megoldások

1. feladat

Kevert hőcsere: például zuhanyozásnál meleg víz és hideg víz keverése stb.

Felületi hőcsere: például gáztűzhelyen fazékban víz melegítése stb.

2. feladat

Feladat	Összefüggés
Hőmérleg meleg és hideg folyadék keveredésénél	$c \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1 + c \cdot \dot{m}_2 \cdot t_2 = c \cdot (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) \cdot t$
Hőmérleg gőz kondenzáltatásánál	$c \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1 + \dot{m}_g \cdot h'' = c \cdot (\dot{m}_1 + \dot{m}_g) \cdot t$

3. feladat

Alapegyenlet:

$$c \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1 + c \cdot \dot{m}_2 \cdot t_2 = c \cdot (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) \cdot t$$

A közös hőmérséklet kiszámítására alkalmas összefüggés:

$$c \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1 + c \cdot \dot{m}_2 \cdot t_2 = c \cdot (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) \cdot t$$

$$t = \frac{c \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1 + c \cdot \dot{m}_2 \cdot t_2}{c \cdot (\dot{m}_1 + \dot{m}_2)} = \frac{\dot{m}_1 \cdot t_1 + \dot{m}_2 \cdot t_2}{\dot{m}_1 + \dot{m}_2}$$

Adott tömegáramú és hőmérsékletű hideg víz adott hőmérsékletre való felmelegítéséhez szükséges **meleg víz mennyisége**:

$$c \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1 + c \cdot \dot{m}_2 \cdot t_2 = c \cdot (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) \cdot t$$

$$\dot{m}_1 \cdot t_1 + \dot{m}_2 \cdot t_2 = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) \cdot t$$

$$\dot{m}_1 \cdot t_1 + \dot{m}_2 \cdot t_2 = \dot{m}_1 \cdot t + \dot{m}_2 \cdot t$$

$$\dot{m}_1 \cdot t_1 - \dot{m}_1 \cdot t = \dot{m}_2 \cdot t - \dot{m}_2 \cdot t_2$$

$$\dot{m}_1 \cdot (t_1 - t) = \dot{m}_2 \cdot (t - t_2)$$

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{m}_2 \cdot (t - t_2)}{(t_1 - t)}$$

Meleg víz adott hőmérsékletre történő lehűtéséhez szükséges adott hőmérsékletű **hideg víz mennyisége**:

$$c \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1 + c \cdot \dot{m}_2 \cdot t_2 = c \cdot (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) \cdot t$$

$$c \cdot \dot{m}_2 \cdot t_2 = c \cdot (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) \cdot t - c \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1$$

$$\dot{m}_2 \cdot t_2 = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) \cdot t - \dot{m}_1 \cdot t_1$$

$$\dot{m}_2 \cdot t_2 = \dot{m}_1 \cdot t + \dot{m}_2 \cdot t - \dot{m}_1 \cdot t_1$$

$$\dot{m}_1 \cdot (t_1 - t) = \dot{m}_2 \cdot (t - t_2)$$

$$\dot{m}_2 = \frac{\dot{m}_1 \cdot (t_1 - t)}{(t - t_2)}$$

4. feladat

Adatok:

$$\dot{m}_1 = 10 \text{ kg/s}$$

$$t_1 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\dot{m}_2 = 5 \text{ kg/s}$$

$$t_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t = \frac{m_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot t_2}{m_1 + m_2} = \frac{10 \text{ kg/s} \cdot 50 \text{ °C} + 5 \text{ kg/s} \cdot 20 \text{ °C}}{10 \text{ kg/s} + 5 \text{ kg/s}} = 40 \text{ °C}$$

5. feladat

Adatok:

$$m_2 = 25 \text{ kg/s}$$

$$t_1 = 80 \text{ °C}$$

$$t_2 = 20 \text{ °C}$$

$$t = 32 \text{ °C}$$

$$m_1 = \frac{25 \text{ kg/s} \cdot (32 \text{ °C} - 20 \text{ °C})}{80 \text{ °C} - 32 \text{ °C}} = 6,25 \text{ kg/s}$$

6. feladat

Adatok:

$$m_1 = 10 \text{ kg/s}$$

$$t_1 = 80 \text{ °C}$$

$$t_2 = 20 \text{ °C}$$

$$t = 25 \text{ °C}$$

$$m_2 = \frac{m_1 \cdot (t_1 - t)}{(t - t_2)} = \frac{10 \text{ kg/s} \cdot (80 \text{ °C} - 25 \text{ °C})}{(25 \text{ °C} - 20 \text{ °C})} = 110 \text{ kg/s}$$

Következő lépésként oldja meg az **Önellenőrző feladatokat**! Ha ezeket sikerül segítség nélkül megoldani, csak akkor lehet biztos benne, hogy kialakította az adott témában a munkája elvégzéséhez szükséges kompetenciákat.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

A hőcserélő fogalma

Egészítse ki az alábbi meghatározást!

A hőcserélők olyan berendezések, amelyek a hőt valamelyhőmérsékletű (hőleadó) közegtől egy másik, hőmérsékletű (hőfelvevő) közeghez közvetítik.

A hőcserélők csoportosítása

Hogyan csoportosítjuk a hőcserélőket! Írja le a típusokat!

A hőcserélőknek két típusa van:

a), és a

b)..... hőcserélő.

A keverő hőcserélő

Egészítse ki az alábbi meghatározást!

A keverő hőcserélőben a, illetve a..... közegek egymással, és a hőcsere érintkezés útján megy végbe.

2. feladat

A hőmérleg

Mit nevezünk hőmérlegnek? Egészítse ki az alábbi meghatározást!

A hőmérleg azt jelenti, hogy egy készülékbe
.....

Írja be az alábbi táblázatba a feladathoz tartozó összefüggést!

Feladat	Összefüggés
---------	-------------

Hőmérleg meleg és hideg folyadék keveredésénél	
Hőmérleg gőz kondenzáltatásánál	

3. feladat

Töltse ki az alábbi táblázatot! Írja be feladat mellé a feladat megoldásához felhasználható összefüggést, illetve a betűjel mellé a betűjel megnevezését és az összefüggésben alkalmazható mértékegységet! Az első két feladat esetén nem kell leírni a mértékegységet.

A feladat, illetve betűjel	A feladat megoldásához alkalmas összefüggés, illetve a betűjel megnevezése	A számított érték, illetve a betűjelhez tartozó mértékegység
Egy adott tömegáramú és hőmérsékletű hideg víz adott közös hőmérsékletre való felmelegítéséhez szükséges meleg víz mennyiségének kiszámítására alkalmas összefüggés		
Meleg víz adott hőmérsékletre történő lehűtéséhez szükséges adott hőmérsékletű hideg víz mennyiségének kiszámítására alkalmas összefüggés		
Két adott mennyiségű és hőmérsékletű anyag összekeverésekor kialakuló közös hőmérséklet meghatározására szolgáló összefüggés		
c		
$\dot{m}$		
Δh_r		

4. feladat

Egy keverő hőcserélőben $36 \text{ m}^3/\text{h}$ tömegáramú 50°C hőmérsékletű meleg vizet keverünk össze 5 kg/s tömegáramú 20°C hőmérsékletű hideg vízzel. Számítsa ki a hőcserélőből kiáramló víz hőmérsékletét!

Adatok:

MUNKANYAG

MEGOLDÁSOK

1. feladat

A hőcserélő fogalma

A hőcserélők olyan berendezések, amelyek a hőt valamely **nagyobb** hőmérsékletű (hőleadó) közegtől egy másik, **kisebb** hőmérsékletű (hőfelvevő) közeghez közvetítik.

A hőcserélők csoportosítása

A hőcserélőknek két típusa van:

- a) **felületi** (vagy közvetett hőközlésű) b) **keverő** (vagy közvetlen hőközlésű)

hőcserélő.

A keverő hőcserélő

A keverő hőcserélőben a **felmelegedő**, illetve a **lehűlő** közegek egymással **elkeverednek**, és a hőcsere **közvetlen** érintkezés útján megy végbe.

2. feladat

Hőmérleg

A hőmérleg azt jelenti, hogy egy készülékbe **bevezetett hő** (hőmennyiségek) **megegyezik** (megegyeznek) a készülékből **elvezetett hővel**.

Feladat	Összefüggés
Hőmérleg meleg és hideg folyadék keveredésénél	$\dot{c} \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1 + \dot{c} \cdot \dot{m}_2 \cdot t_2 = \dot{c} \cdot (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) \cdot t$
Hőmérleg gőz kondenzáltatásánál	$\dot{c} \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1 + \dot{m}_g \cdot \Delta h_r = \dot{c} \cdot (\dot{m}_1 + \dot{m}_g) \cdot t$

3. feladat

Töltse ki az alábbi táblázatot! Írja be feladat mellé a feladat megoldásához felhasználható összefüggést, illetve a betűjel mellé a betűjel megnevezését és az összefüggésben alkalmazható mértékegységét! Az első két feladat esetén nem kell leírni a mértékegységet.

A feladat, illetve betűjel	A feladat megoldásához alkalmas összefüggés, illetve a betűjel megnevezése	A számított érték, illetve a betűjelhez tartozó mértékegység
----------------------------	--	--

Egy adott tömegáramú és hőmérsékletű hideg víz adott közös hőmérsékletre való felmelegítéséhez szükséges meleg víz mennyiségének kiszámítására alkalmas összefüggés	$m_1 = \frac{m_2 \cdot (t - t_2)}{(t_1 - t)}$	W
Meleg víz adott hőmérsékletre történő lehűtéséhez szükséges adott hőmérsékletű hideg víz mennyiségének kiszámítására alkalmas összefüggés	$m_2 = \frac{m_1 \cdot (t_1 - t)}{(t - t_2)}$	W
Két adott mennyiségű és hőmérsékletű anyag összekeverésekor kialakuló közös hőmérséklet meghatározására szolgáló összefüggés	$t = \frac{\dot{m}_1 \cdot t_1 + \dot{m}_2 \cdot t_2}{\dot{m}_1 + \dot{m}_2}$	°C
c	Fajhő	J/(kg·°C)
$\dot{m}$	Tömegáram	kg/s
Δh_r	A párolgáshő	J/kg, kJ/kg

4. feladat

Egy keverő hőcserélőben 36 m³/h tömegáramú 50 °C hőmérsékletű meleg vizet keverünk össze 5 kg/s tömegáramú 20 °C hőmérsékletű hideg vízzel. Számítsa ki a hőcserélőből kiáramló víz hőmérsékletét!

Adatok:

$$m_1 = \frac{36 \text{ m}^3 / \text{h}}{3600} = 0,01 \text{ m}^3 / \text{s} = 10 \text{ kg} / \text{s}$$

$$t_1 = 50 \text{ °C}$$

$$m_2 = 5 \text{ kg} / \text{s}$$

$$t_2 = 20 \text{ °C}$$

$$t = \frac{m_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot t_2}{m_1 + m_2} = \frac{10 \text{ kg} / \text{s} \cdot 50 \text{ °C} + 5 \text{ kg} / \text{s} \cdot 20 \text{ °C}}{10 \text{ kg} / \text{s} + 5 \text{ kg} / \text{s}} = 40 \text{ °C}$$

KÖZVETLEN, KEVERŐ HŐCSERÉLŐK SZERKEZETE, MŰKÖDÉSE

ESETFELVETÉS–MUNKAHELYZET

A keverő hőcserélőket a vegyipari üzemekben gyakran alkalmazzák hőközlési feladatok megvalósítására.

Az üzemi gyakorlaton bizonyára találkozott különböző hőcserélő berendezésekkel, keverő hőcserélőkkel is.

Írjon példákat az üzemekben látott keverő hőcserélőkről, alkalmazásukról!



A hőközlési feladatok megvalósítása során segítenie kell munkatársait a berendezések kezelésében, üzemeltetésében. A berendezések gazdaságos üzemeltetéshez ismerni kell a feladatok megoldásához felhasználható hőcserélőket, ezen belül fontos megismerni:

- a keverő hőcserélők típusait, alkalmazási lehetőségeiket,
- a hőcserélők alapvető berendezéseit, szerkezeti kialakításukat, működésüket.

SZAKMAI INFORMÁCIÓK

KEVERŐ HŐCSERÉLŐK

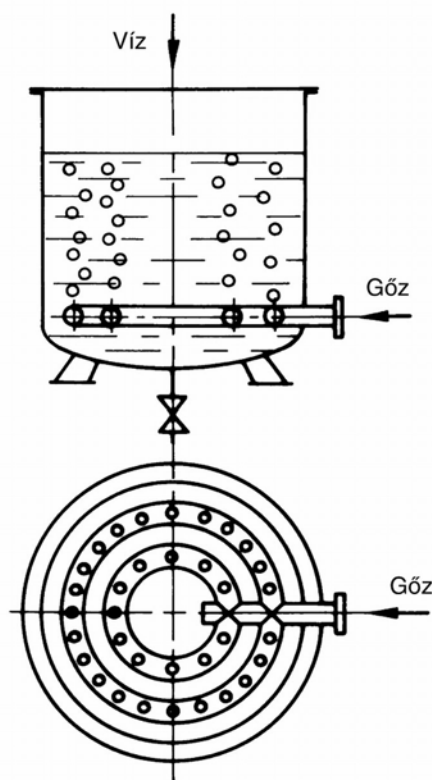
Keverő hőcserélők akkor alkalmazhatók, ha a hőcserében részt vevő közegek összekeveredése nem káros, vagy az összekeveredett közegek könnyen elválaszthatók egymástól.

Ilyen megoldások:

- Víz melegítése vízgőzzel (Gőzbefúvásos melegítő)
- Gőz kondenzáltatása vízzel (Keverőkondenzátor)
- Víz hűtése levegővel (Hűtőtorony)

1. Gőzbefúvásos melegítő

A vegyipari üzemekben gyakran keletkezik a különböző műveletek során vízgőz. Ezt a gőzt bizonyos esetekben fel lehet használni meleg víz előállítására. Ilyen hőhasznosító készülék lehet a gőzbefúvásos melegítő (2. ábra).

2. ábra. Gőzbefűvésos melegítő²

A **gőzbevezetés** alul történik. A gőz egyenletes eloszlását az ábrán látható kör alakú **perforált gőzelosztó cső** biztosítja. A **hideg vizet** fölül vezetjük be a **tartályba**. A cső perforációin átjutó gőzbuborékok az edényben levő hideg folyadékkal érintkezve lecsapódnak. A lecsapódáskor felszabaduló kondenzációs hő a készülék közegét felmelegíti. A gőz lecsapódáskor keletkezett kondenzvíz az edény tartalmát szaporítja, így ügyelni kell arra, hogy a kondenzvíz befogadására elég tartalék hely legyen a hideg folyadékkal feltöltött edényben. Az ilyen megoldású melegítés nagy zajjal jár, mert a hideg folyadékkal érintkező gőz kondenzációja gyors, lökészerű.

A tartályból a meleg folyadékot egy **szelepen** keresztül vezetjük el.

A közvetlen gőzbefűvéssel működő készülékeknél a készülék üzemének leállítása után a vezetékekben lévő gőz lekondenzálódik és a vezetékekben vákuum jön létre. A vákuum hatására a folyadékkal érintkező vezetékbe a folyadék visszaáramlik. Ügyelni kell arra, hogy a gőzáram megszüntetése után a gőzvezetékbe ne szívódjon fel folyadék. A folyadékbeszívás ellen visszacsapó szeleppel védekezhetünk.

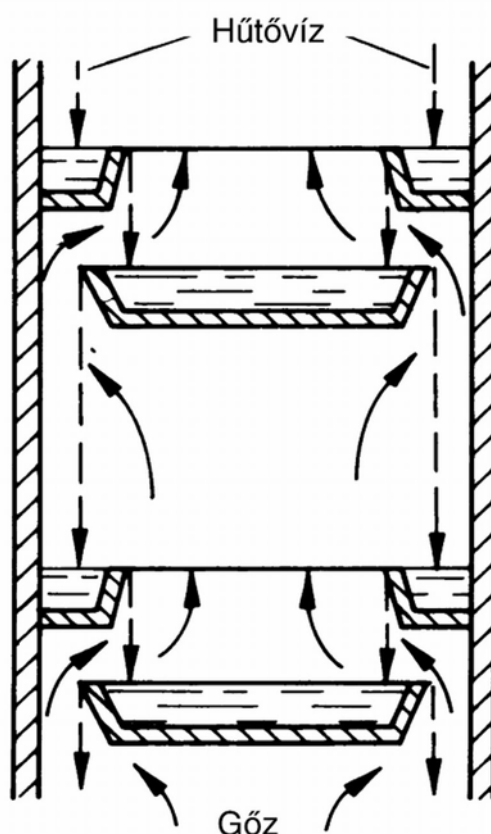
² Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.

2. A keverőkondenzátor

A keverőkondenzátorban **vízgőzt** kondenzáltatunk **hűtővízzel**. Víztakarékoság végett általában csak annyi vizet keverünk a gőzhöz, amennyi elegendő a rejtett hőjének elvonásához, illetve a párolgási veszteség elkerüléséhez. Ez azt jelenti, hogy a keverőkondenzátorból a gőz hőmérsékletével közel egyező hőmérsékletű víz távozik.

A keverőkondenzátorba érkező vizet és gőzt vezethetjük egyenáramban és ellenáramban. Az ellenáramú vezetés gyakoribb, mert jobb keveredést tesz lehetővé. Ellenáramú keverőkondenzátor elvi működését láthattuk az 1. b) ábrán.

A **kondenzátortest** hengeres kialakítású, amelynek alsó részén elhelyezett csokon vezetjük be a **kondenzálandó gőzt**, a hűtővíz a **vízbevezető** csokon lép be. A gőz és a hűtővíz bensőséges keveredését több tálca biztosítja.



3. ábra. Ellenáramú keverőkondenzátor³

³ Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.

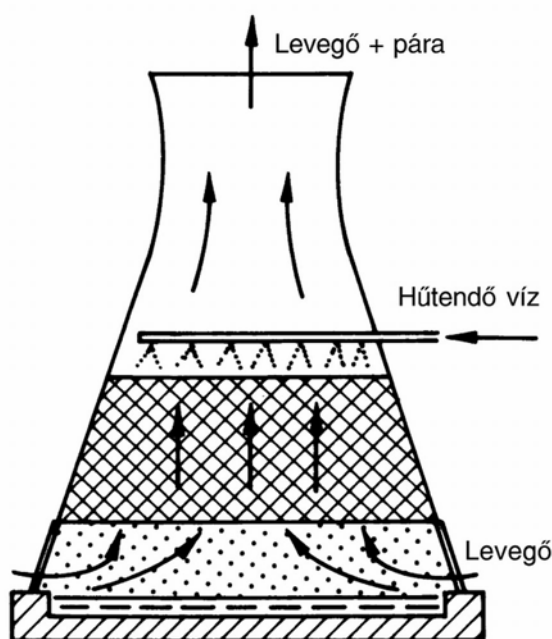
Az ellenáramú keverőkondenzátor szerkezeti kialakítása látható a 3. ábrán. Egy tálca kétfajta elemből áll. A felső elem **kúpos kialakítású, gátként** működik a hűtővíz elosztásához. Az alsó elem egy **középen kialakított tálca**, amely összegyűjti a lefolyó hűtővizet. A tálca peremén átbukó víz a közvetkező tálcára folyik. A felfelé áramló gőz kénytelen áttörni mind az alsó, mind a felső tálcaelemről lefolyó vízfüggönyön, közben a vízzel érintkezve lecsapódik. Az ábrán a gőz és a víz útját is megfigyelhetjük két szomszédos tálcán.

A keverőkondenzátor a légkörinél kisebb nyomáson üzemel. Így a készülékből a gázokat vákuumszivattyúval kell kiszivattyúzni.

Külön gondot jelent a keverőkondenzátorban keletkező kondenzvíz–hűtővíz keverék eltávolítása. A vákuum miatt a folyadék nem távozik önmagától. A víz eltávolítására a kondenzátort úgynevezett ejtőcsővel szerelik fel. Az ejtőcső egy 10 m hosszú cső, amelyet a készülék aljára helyeznek el. A 10 m-es folyadékoszlop a kondenzátor belső nyomásával tart egyensúlyt, így a folyadék "magától" kifolyik a tartály aljáról.

3. A hűtőtorony

A hűtőtorony célja a felmelegedett vizek (újra) hűtése. Gáz–folyadék hőcserén alapszik a 4. ábrán látható hűtőtorony működése.



4. ábra. Hűtőtorony⁴

⁴ Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.

A hűtőtorony alul kiszélesedő, rendszerint betonból készült építmény, amelyben nagy felületű **rácsozat** van elhelyezve. A **hűtendő folyadékot** egy **perforált csövön** vezetjük be. A rácsozatra permetezett **hűtendő víz** lecsurog, miközben érintkezik az **alulról áramló hideg levegővel**. A hideg levegő hűtőhatást fejt ki, de a hűtésben lényeges szerepet játszik a víz párolgása is. Az elpárolgó víz ui. önmaga lehűtésével fedezi párolgáshőjét. Az előbbiből következik, hogy – különösen nyáron – jelentős vízvesztéssel kell számolni. A hűtőtornyok igen elterjedtek a hőerőművekben.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

Olvassa el figyelmesen a "**KEVERŐ HŐCSERÉLŐK**" című fejezetet, tanulja meg a készülékek működését, üzemeltetésük szabályait, legyen képes a berendezés rajz alapján történő azonosítására, funkcionális elemzésére, működésének ismertetésére.

Sorolja fel a keverő hőcserélők legfontosabb megoldásait!

Ábra alapján ismertesse szóban a gőzbefúvásos melegítő szerkezeti felépítését, működését, alkalmazási területeit!

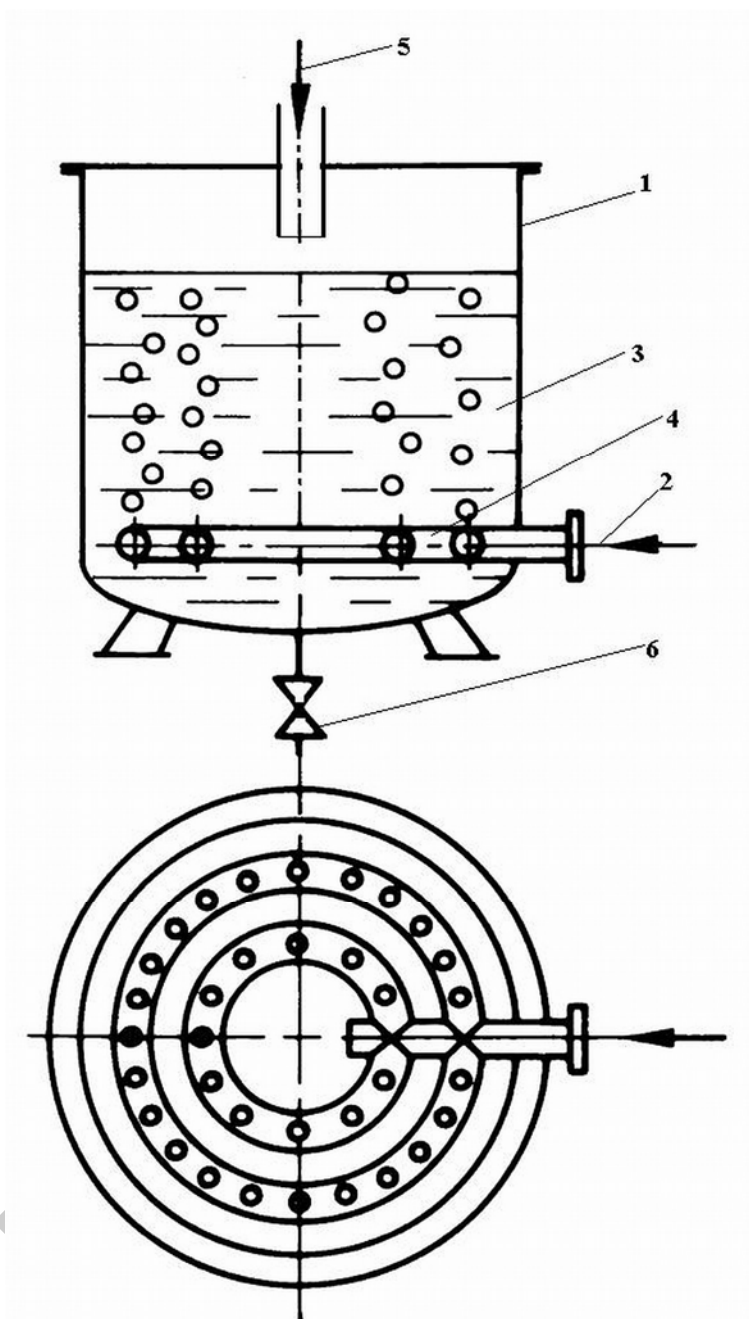
Készítsen vázlatrajzot az ellenáramú keverő kondenzátorról. A rajz alapján ismertesse szóban a keverő kondenzátor szerkezeti felépítését, működését, alkalmazási területeit!

Ábra alapján ismertesse szóban a hűtőtorony szerkezeti felépítését, működését, alkalmazási területeit!

Oldja meg az 1–7. feladatokat!

1. feladat

Az alábbi ábrán egy keverő hőcserélő látható. Írja le a hőcserélő, valamint a számokkal jelölt anyagok, illetve alkatrészek nevét!



5. ábra. Keverő hőcserélő

A hőcserélő neve: _____

A számokkal jelölt anyagok, illetve szerkezeti egységek megnevezése: _____

1. _____

2. _____

3. _____

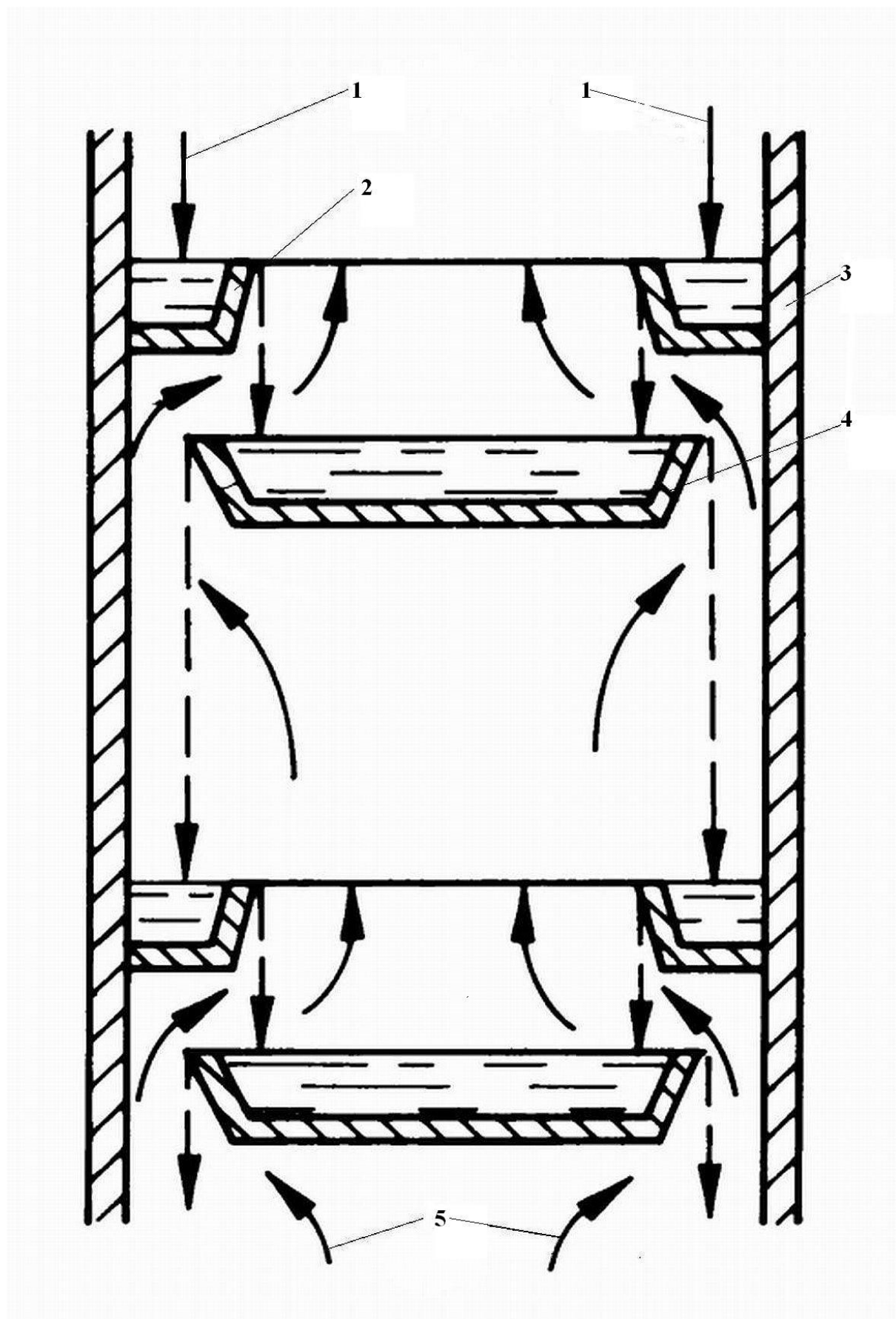
4. _____

5. _____

6. _____

2. feladat

Az alábbi ábrán egy keverő hőcserélő látható. Írja le a hőcserélő, valamint a számokkal jelölt anyagok, illetve alkatrészek nevét!



6. ábra. Keverő hőcserélő

A hőcserélő neve: _____

A számokkal jelölt anyagok, illetve szerkezeti egységek megnevezése: _____

1. _____

2. _____

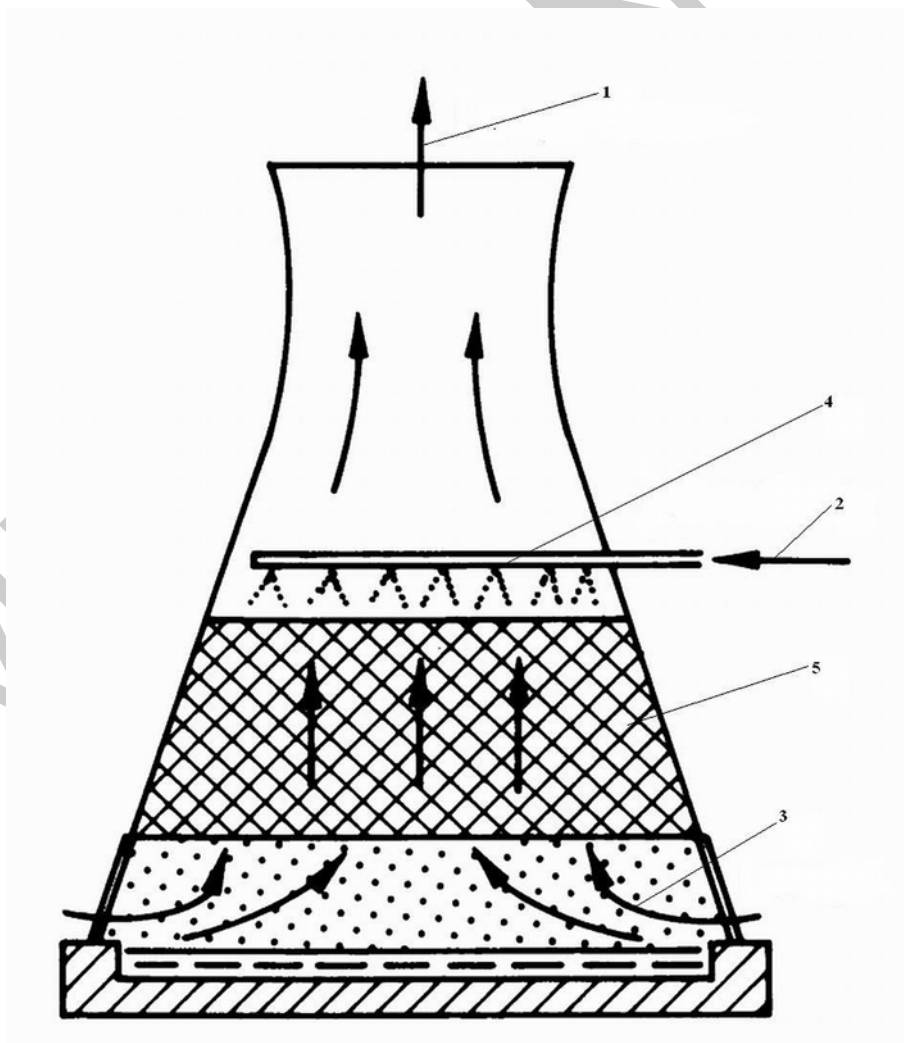
3. _____

4. _____

5. _____

3. feladat

Az alábbi ábrán egy keverő hőcserélő látható. Írja le a hőcserélő, valamint a számokkal jelölt anyagok, illetve alkatrészek nevét!



7. ábra. Keverő hőcserélő

A hőcserélő neve: _____

A számokkal jelölt anyagok, illetve szerkezeti egységek megnevezése: _____

1. _____

2. _____

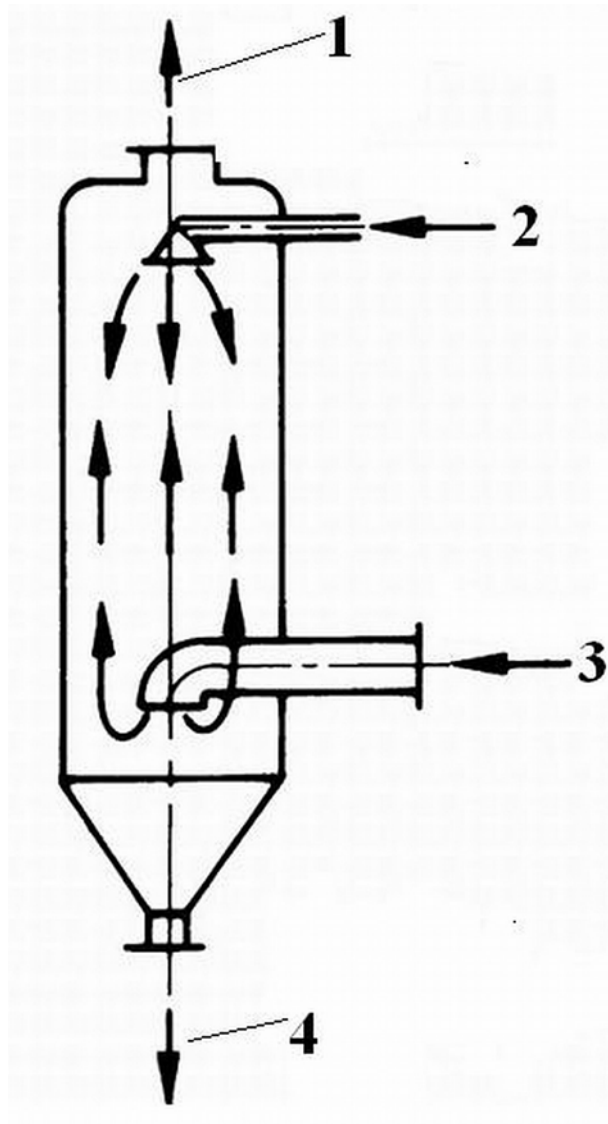
3. _____

4. _____

5. _____

4. feladat

Az alábbi ábrán egy keverő hőcserélő látható. Írja a számokkal jelölt anyagokat!



8. ábra. Keverőkondenzátor

A számokkal jelölt anyagok megnevezése: _____

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. feladat

Írja le a hőmérleget víz és vízgőz érintkezése esetén! Írja le az összefüggésben szereplő betűk megnevezését és mértékegységét!

6. feladat

Vizet melegítünk vízgőzzel. Írja le a hőmérleget és vezesse le a hőmérlegből, hogyan lehet kiszámítani a szükséges vízgőz mennyiségét!

7. feladat

Keverőkondenzátorban hulladék gőzt kondenzáltatunk hűtővízzel. Írja le a hőmérleget és vezesse le a hőmérlegből, hogyan lehet kiszámítani a szükséges hűtővíz mennyiségét!

Ha úgy érzi, **bizonytalan** a feladatok megoldásában, **tanulmányozza** át még egyszer a feladathoz tartozó fejezetet.

Megoldások

1. feladat

A hőcserélő neve: Gőzbefűvósos melegítő

A számokkal jelölt anyagok, illetve szerkezeti egységek megnevezése:

1. Tartály
2. Gőz bevezetés
3. Melegítendő víz
4. Perforált gőzelosztó cső
5. Víz bevezetés
6. Meleg víz leeresztő szelep

2. feladat

A hőcserélő neve: Ellenáramú keverőkondenzátor

A számokkal jelölt anyagok, illetve szerkezeti egységek megnevezése:

1. Hűtővíz
2. Kúpos kialakítású gát (tálca)

3. Kondenzátortest

4. Középen kialakított tálca

5. Kondenzálandó vízgőz

3. feladat

A hőcserélő neve: Hűtőtorony

A számokkal jelölt anyagok, illetve szerkezeti egységek megnevezése:

1. Levegő+pára kiáramlása

2. Hűtendő víz

3. Levegő beáramlás

4. Perforált cső

5. Rácszat

4. feladat

A számokkal jelölt anyagok megnevezése:

1. Nem kondenzálódó gázok

2. Hideg víz (hűtővíz)

3. Kondenzálandó vízgőz

4. A víz és a lekondenzált vízgőz (kondenzvíz) elvezetése

5. feladat

A hőmérleg összefüggése:

$$c \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1 + \dot{m}_g \cdot h'' = c \cdot (\dot{m}_1 + \dot{m}_g) \cdot t$$

A betűk jelentése és mértékegysége:

c a felmelegítendő víz, illetve a keletkező víz fajhője, J/(kg·°C); $\dot{m}_1$ a felmelegítendő víz tömegárama, kg/s; $\dot{m}_g$ a gőz tömegárama, kg/s; h'' a gőz hőtartalma J/kg; t_1 a víz hőmérséklete, °C; t a közös hőmérséklet, °C.

6. feladat

A hőmérleg összefüggése:

$$c \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1 + \dot{m}_g \cdot h'' = c \cdot (\dot{m}_1 + \dot{m}_g) \cdot t$$

Levezetés:

$$\dot{m}_g \cdot h'' - c \cdot \dot{m}_g \cdot t = c \cdot \dot{m}_1 \cdot t - c \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1$$

A t a forrponti hőmérséklet, így:

$$\dot{m}_g \cdot h'' - c \cdot \dot{m}_g \cdot t = c \cdot \dot{m}_1 \cdot t - c \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1,$$

de: $h' = c \cdot \dot{m}_g \cdot t$ és $\Delta h_r = h'' - h'$

$$\dot{m}_g \cdot \Delta h_r = c \cdot \dot{m}_1 \cdot (t - t_1)$$

A szükséges vízgőz mennyisége:

$$\dot{m}_g = \frac{c \cdot \dot{m}_1 \cdot (t - t_1)}{\Delta h_r}.$$

7. feladat

A hőmérleg összefüggése:

$$c \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1 + \dot{m}_g \cdot h'' = c \cdot (\dot{m}_1 + \dot{m}_g) \cdot t$$

Levezetés:

$$\dot{m}_g \cdot h'' - c \cdot \dot{m}_g \cdot t = c \cdot \dot{m}_1 \cdot t - c \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1$$

A t a forrponti hőmérséklet, így:

$$\dot{m}_g \cdot h'' - c \cdot \dot{m}_g \cdot t = c \cdot \dot{m}_1 \cdot t - c \cdot \dot{m}_1 \cdot t_1,$$

de: $h' = c \cdot \dot{m}_g \cdot t$ és $\Delta h_r = h'' - h'$

$$\dot{m}_g \cdot \Delta h_r = c \cdot \dot{m}_1 \cdot (t - t_1)$$

A hűtővíz mennyisége:

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{m}_g \cdot \Delta h_r}{c \cdot (t - t_1)}.$$

Következő lépésként oldja meg az **Önellenőrző feladatokat**! Ha ezeket sikerül segítség nélkül megoldani, csak akkor lehet biztos benne, hogy kialakította az adott témában a munkája elvégzéséhez szükséges kompetenciákat.

MUNKANYAG

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK**1. feladat**

Sorolja fel a keverő hőcserélők típusait!

2. feladat

Írja le, hol vezetik be a gőzt és a hideg vizet a gőzbefúvásos melegítőbe! Írja le a készülék legfontosabb szerkezeti egységeinek megnevezését!

A gőz bevezetése: _____

A hideg víz bevezetése: _____

A készülék fontosabb szerkezeti egységei: _____

3. feladat

Írja le, hol vezetik be a gőzt és a hűtővizet az ellenáramú keverőkondenzátorba! Írja le a készülék legfontosabb szerkezeti egységeinek megnevezését!

A gőz bevezetése: _____

A hűtővíz bevezetése: _____

A készülék fontosabb szerkezeti egységei: _____

4. feladat

Írja le, hol vezetik be a levegőt és a hűtendő vizet a hűtőtoronyba! Írja le a készülék legfontosabb szerkezeti egységeinek megnevezését!

A levegő bevezetése: _____

A hűtendő víz bevezetése: _____

A készülék fontosabb szerkezeti egységei: _____

5. feladat

Töltse ki az alábbi táblázatot! Írja be feladat mellé a feladat megoldásához felhasználható összefüggést, illetve a betűjel mellé a betűjel megnevezését és az összefüggésben alkalmazható mértékegységét!

A feladat, illetve betűjel	A feladat megoldásához alkalmas összefüggés, illetve a betűjel megnevezése	A számított érték, illetve a betűjelhez tartozó mértékegység
Egy ellenáramú keverőkondenzátorban adott gőzmennyiség lekondenzáltatásához szükséges hűtővíz mennyiségének meghatározása		
Gőzbefúvásos vízmelegítőben egy adott mennyiségű víz felmelegítéséhez szükséges gőz mennyisége		
c		
$\dot{m}_1$		

$\dot{m}_g$		
Δh_r		

6. feladat

Egy gőzbefúvásos melegítőben óránként 10 kg/s tömegáramú 20 °C-os vizet kell felmelegítenünk 60 °C-ra 0,202 bar nyomású "hulladék" gőzzel. Számítsa ki a gőzszükségletet!

A feladat megoldásához szükséges hőtani adatokat az 1. mellékletből (A vízgőz hőtani adatai a forráspont függvényében) vegye ki.

Adatok:

7. feladat

Egy egy ellenáramú keverőkondenzátorban óránként 5 kg/s tömegáramú 80 °C-os gőzt kell 20 °C-os vízzel kondenzáltatnunk. Számítsa ki a hűtővíz szükségletet!

A feladat megoldásához szükséges hőtani adatokat az 1. mellékletből (A vízgőz hőtani adatai a forráspont függvényében) vegye ki.

Adatok:

MUNKANYAG

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Gőzbefúvásos melegítő

Ellenáramú keverőkondenzátor

Hűtőtorony

2. feladat

A gőz bevezetése: alul (egy perforált csövön keresztül)

A hideg víz bevezetése: fölül (egy csőcsonkon keresztül)

A készülék fontosabb szerkezeti egységei: Tartály, Perforált gőzelosztó cső, Meleg víz leeresztő szelep

3. feladat

A gőz bevezetése: alul

A hideg víz bevezetése: fölül

A készülék fontosabb szerkezeti egységei: Kúpos kialakítású gát (tálca), Kondenzátortest, Középen kialakított tálca

4. feladat

A levegő bevezetése: alul

A hűtendő víz bevezetése: középen (a rácsozatra)

A készülék fontosabb szerkezeti egységei: Perforált cső, Rácsozat

5. feladat

A feladat, illetve betűjel	A feladat megoldásához alkalmas összefüggés, illetve a betűjel megnevezése	A számított érték, illetve a betűjelhez tartozó mértékegység
Egy ellenáramú keverőkondenzátorban adott gőzmennyiség lekondenzáltatásához szükséges hűtővíz mennyiségének meghatározása	$\dot{m}_1 = \frac{\dot{m}_g \cdot \Delta h_r}{c \cdot (t - t_1)}$	kg/s

Gőzbefúvásos vízmelegítőben egy adott mennyiségű víz felmelegítéséhez szükséges gőz mennyisége	$\dot{m}_g = \frac{c \cdot \dot{m}_1 \cdot (t - t_1)}{\Delta h_r}$	kg/s
c	Fajhő	J/(kg·°C)
$\dot{m}_1$	A víz tömegárama	kg/s
$\dot{m}_g$	A gőz tömegárama	kg/s
Δh_r	A párolgáshő	J/kg, kJ/kg

6. feladat

Egy gőzbefúvásos melegítőben óránként 1 kg/s tömegáramú 20 °C-os vizet kell felmelegítenünk 60 °C-ra 0,202 bar nyomású "hulladék" gőzzel. Számítsa ki a gőzszükségletet!

A feladat megoldásához szükséges hőtani adatokat az 1. mellékletből (A vízgőz hőtani adatai a forráspont függvényében) vegye ki.

Adatok:

$$\dot{m}_1 = 10 \text{ kg/s}$$

$$t_1 = 20 \text{ °C}$$

$$t = 60 \text{ °C}$$

Adatok a gőztáblázatból (t = : 60 °C) esetén:

$$c = 4,18 \text{ kJ/(kg·°C)} = 4180 \text{ J/(kg·°C)}$$

$$h'' = 2356,95 \text{ kJ/kg} = 2356,95 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$$

$$h' = 251,11 \text{ kJ/kg} = 251,11 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$$

$$\dot{m}_g = \frac{c \cdot \dot{m}_1 \cdot (t - t_1)}{\Delta h_r}$$

$$\Delta h_r = h'' - h' = 2356,95 \cdot 10^3 \text{ J/kg} - 251,11 \cdot 10^3 \text{ J/kg} = 2105,84 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$$

$$\dot{m}_g = \frac{c \cdot \dot{m}_1 \cdot (t - t_1)}{\Delta h_r} = \frac{4180 \text{ J/(kg·°C)} \cdot 10 \text{ kg/s} \cdot (60 \text{ °C} - 20 \text{ °C})}{2105,84 \cdot 10^3 \text{ J/kg}} = 0,794 \text{ kg/s}$$

7. feladat

Egy egy ellenáramú keverőkondenzátorban óránként 5 kg/s tömegáramú 80 °C-os gőzt kell 20 °C-os vízzel kondenzáltatnunk. Számítsa ki a hűtővíz szükségletet!

A feladat megoldásához szükséges hőtani adatokat az 1. mellékletből (A vízgőz hőtani adatai a forráspont függvényében) vegye ki.

$$\dot{m}_g = 5 \text{ kg/s}$$

$$t_1 = 20 \text{ °C}$$

$$t = 80 \text{ °C}$$

Adatok a gőztáblázatból ($t = 80 \text{ °C}$) esetén:

$$c = 4,2 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{°C)} = 4200 \text{ J/(kg} \cdot \text{°C)}$$

$$h'' = 2306,97 \text{ kJ/kg} = 2306,97 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$$

$$h' = 334,9 \text{ kJ/kg} = 334,9 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$$

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{m}_g \cdot \Delta h_r}{c \cdot (t - t_1)}$$

$$\Delta h_r = h'' - h' = 2306,97 \cdot 10^3 \text{ J/kg} - 334,9 \cdot 10^3 \text{ J/kg} = 1972,07 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$$

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{m}_g \cdot \Delta h_r}{c \cdot (t - t_1)} = \frac{5 \text{ kg/s} \cdot 1972,07 \cdot 10^3 \text{ J/kg}}{4200 \text{ J/(kg} \cdot \text{°C)} \cdot (80 \text{ °C} - 20 \text{ °C})} = 7,83 \text{ kg/s}$$

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.

AJÁNLOTT IRODALOM

Wong, H.Y.: Hőátadási zsebkönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.

Ciborowski, J.A.: A vegyipari műveletek alapjai. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1969.

A(z) 2047–06 modul 007–es szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
52 524 01 0000 00 00	Kőolaj- és vegyipari géprendszer üzemeltetője
54 524 02 1000 00 00	Vegyipari technikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
18 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató