

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

ISSIQLIK TEXNIKASI FANIDAN

MUSTAQIL ISH UCHUN

USLUBIY KO‘RSATMALAR

5310100 - Energetika

yo‘nalishi bakalavrlari uchun

Toshkent 2015

Tuzuvchi: Koroli M.A., Alimova M.M.

5310100 Energetika yoʻnalishi bakalavrlariga “Issiqlik texnikasi” fanidan mustaqil ishni bajarish uchun uslubiy koʻrsatmalar. –Toshkent, ToshDTU, 2015, 32 b.

Uslubiy koʻrsatmalar 5310100 Energetika (issiqlik energetika) yoʻnalishi bakalavrlari uchun moʻljallangan.

Uslubiy koʻrsatmalar Davlat Taʼlim standarti talablari boʻyicha ishlab chiqilgan. Ushbu koʻrsatmada fanni yanada chuqurroq oʻrganish uchun adabiyotlar roʻyxati keltirilgan boʻlib, ular fanni oʻrganishda yordam beradi. Qoʻllanma nazariy qismlar va nazorat savollarini hamda ularning hisoboti keltirilgan.

Abu Rayhon Beruniy nomidagi ToshDTU ilmiy-uslubiy kengashi qarori bilan chop etildi.

Taqrizchilar:

OʻzR FA Energetika va Avtomatika

ITI lab. mudiri

Elektromashina va kabel texnikasi dotsenti

t.f.n. Ismatxodjayev S.K.

t.f.n. Badalov A.

KIRISH

“Issiqlik texnikasi” fanini o‘rganishda o‘quv jarayonini olib borishda fanga ajratilgan soatlardan auditoriya soatini 50 foiz bo‘yicha ajratib olish davlat ta’lim standartida ko‘rib chiqilgan. Auditoriya soatlarining asosi bo‘lib, yanada murakkab bo‘lgan mavzular bilan tanishish, hamda talabalar tomonidan ushbu mavzularni mukammal tushunishiga olib kelishdan iborat. Talabalarining bilimini, ularni attestatsiya o‘tkazish yo‘li bilan aniqlashdan iboratdir. Bunda talabalar tomonidan ba’zi mavzularni tushunib olishi uchun ushbu mavzularni mustaqil ravishda o‘rganishi lozim. “Issiqlik texnikasi” fani “Termodinamika” va “Issiqlik uzatilishi” fani bo‘yicha nazariy va amaliy bilimlarga ega bo‘lishda quyidagilarni o‘z ichiga oladi. Termodinamikaning I va II qoidalari: termodinamik jarayonlar; oqim termodinamikasi; real gazlar; issiqlik almashinuvi; kondensatsiyalar issiqlik almashinuvi; qaynashda issiqlik almashinuvi; qaynashda issiqlik almashinuvi; noberseror sharoitda issiqlik o‘tkazuvchanlik. Fanning asosiy terminologiyasi ma’ruzalarda, amaliy o‘tkazish bilan izohlanadi. Alohida e’tibor kurs ishini olib borishga qaratiladi, chunki kurs ishi talabalarni olgan bilimini mustahkamlashda katta ahamiyatga ega.

Fan bo‘yicha mustaqil ishni olib borish umumiy xarakteristikasi

Fan bo‘yicha mustaqil ishni olib borish uchun 178 soat ajratilgan. Mustaqil ishni bajarishda talaba o‘zi ko‘p narsani bajarishga, qidirib topishga, adabiyotlardan foydalanishga o‘rganadi va shu yo‘l bilan fan bo‘yicha bilimini mustahkamlaydi. Reja bo‘yicha quyidagi mustaqil ish turlari ko‘rib chiqilgan:

1. Nazariy qismni mustaqil o‘rganish.
2. Kurs ishini bajarish.

Ishni har bir turi bo‘yicha talaba, o‘qituvchi bilan birgalikda vazifani bajarishi zarur va hisobot topshirishi, hamda mustaqil ravishda grafik ishlarini bajarishi lozim. Mustaqil ishi talaba tomonidan bajarilishi, fan bo‘yicha olingan bilimlarini yanada mustahkamlashga imkon beradi.

Mustaqil ishni olib borishda yondashuv

“Issiqlik texnikasi” fani asosiy fanlar sikliga kiradi, shuning uchun u bokalavrlarni tayyorlashda va o‘rganishda quyidagi maqsadlarni o‘z oldiga qo‘yadi:

1. Talabalar tomonidan o'rganilgan tabiiy-ilmiy va muxandislik fanlarni, ya'ni matematika, fizika, nazariy mexanika, informatika va boshqa fanlardan olingan bilimlarini qo'llash.

2. Davlat ta'lim standarti tomonidan ko'rsatilgan soha fanlari bo'yicha olingan bilimlarini keltirish.

3. Kelajakdagi soha mutaxassislarida loyihalash, yangiliklarni tekshirishni yuzaga keltirish.

“Issiqlik texnikasi” fanini o'rganishda yangiliklar va o'rganishni egallashda kerak bo'ladigan professional faoliyatga ega bo'lishi uchun quyidagi masalalarni yechish kerak bo'ladi:

-Termodinamik jarayonlarni tahlil qilish;

-Issiqlik uzatish qoidalarini bilish;

-Issiqlik energetik qurilmalardagi issiqlik uzatishga doir masalalarni yechish;

-Issiqlik texnik qurilmalarni hisoblash uchun beriladigan parametrlari va ishchi jismni tanlash ;

Mustaqil ishni bajarish uchun talaba bilishi kerak bo'lgan kattaliklar:

1. Termodinamikani 1 va 2-qonunlari;

2. Real gazlarning xossalari va parametrlarini hisoblash uslubi;

3. Issiqlik energetik qurilmalaridagi texnologik jarayonlarni issiqlik uzatish qonunlari.

Malakaga ega bo'lishi:

1. Issiqlik energetik qurilmalariga havo – bug' orqali issiqlik berish masalalarini yechish.

2. Jadval va diagramma yordamida real gaz parametrlarini aniqlash masalasiga ega bo'lish;

3. Bilimni chuqurroq egallash, kengaytirish va mustahkamlash, buning uchun o'quv ilmiy adabiyotlardan foydalanish;

4. Texnik dokumentlarni tuzishda ma'lum bo'lgan standartlarga rioya qilish;

5. Zamonaviy hisoblash texnikasini qo'llash.

Ko'nikma hosil qilish:

1. Issiqlik almashinuvi apparatlarini issiqlik va tekshiruv hisoblashni bilish;

2. Issiqlik texnika jarayonlarini hisoblashni bilish;

3. i-d diagrammada nam havoni jarayonlarini qo'llashni bilish.

Nazariy kursni mustaqil o'rganish.

Umumiy ma'lumotlar

Fanni mustaqil o'rganishda talabalar quyidagilarni bilishlari kerak:

- fanning nazariy qismini mustaqil o'rganish;
- har qaysi mavzudan keyingi keltirilgan nazorat savollariga tayyorlanish.

Talabalar mustaqil ishi fan bo'yicha o'quv uslubiy qo'llanmalar asosida bajaradi. Mustaqil o'rganiladigan savollar test savollariga kiritiladi. Mustaqil o'rganish uchun mavzular o'qituvchi tomonidan ma'ruzada tarqatiladi.

Ma'ruza mavzularini tarkibi.

- 1-mavzu. Ishchi jism va uning parametrlari.
- 2-mavzu. Ideal gazlar aralashmasi.
- 3-mavzu. Issiqlik sig'imi
- 4-mavzu. Suv bug'ining h-S diagrammasi
- 5-mavzu. Nam havo xarakteristikasi
- 6-mavzu. Issiqlik uzatilish.
- 7-mavzu. Issiqlik almashinish apparatlari.

1-mavzu. Ishchi jism va uning parametrlari

Termodinamik parametr bu jismning fizik holatlarini xarakterlovchi parametrlardir. Bularga solishtirma hajm, mutlaq bosim va mutlaq harorat, ichki energiya, entalpiya, entropiya va boshqalar kiradi. Ichki kuch maydoni (gravitatsion, elektromagnit va boshqalar) bo'lmaganda jismning holatini 3 ta parametr- solishtirma hajm, mutlaq bosim va mutlaq harorat orqali aniqlash mumkin. Shuning uchun P, V, T ni termik parametrlar deyiladi.

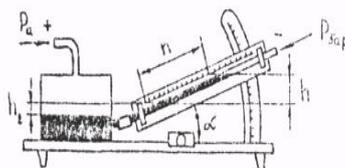
Ushbu mavzuni o'rganish uchun [1,2,3,4,5,6,7] adabiyotlardan foydalanish mumkin.

Nazorat savollari va vazifa

1. Texnik termodinamika tushunchasini tushuntirib bering.
2. Termodinamik tizim nima?
3. Termodinamik parametrlar deb nimaga aytiladi?
4. Qanday asosiy parametrlarni bilasiz?
5. Masalalar yechish.

- Bug‘ turbinaning kondensatori $P = 0,004$ MPa bo‘lgan mutlaq bosimga ega. Agar borometrni ko‘rsatishi birlik holatda 733 mm sim.ust. va ikkinchi holatda 764 mmsim.ust.ga teng bo‘lsa vakuummetrni kN/m^2 va mmsim.ustunidagi ko‘rsatishi nimaga teng?

- Kichik ortiqcha bosimni va vakuumlarni o‘lchash uchun mikromonometr ishlatiladi. (1-rasm.)



1-rasm. Mikromanometr

Agar mikromonometr trubkasi $\alpha = 30^\circ$ ga egilgan holatida suyuqlikning siljish balandligi 180 mm ga teng bo‘lsa, havo haydovchi quvurdagi mutlaq bosimni aniqlang.

Ishchi suyuqlik zichligi $P = 0,8$ g/sm² bo‘lgan spirt, barometr ko‘rsatishi 0,102 MPa. Bosimni MPa va mm sim.ust.aniqlang.

2-mavzu. Ideal gaz aralashmasi

Har qanday kimyoviy reaksiyaga kirishmaydigan gazlar to‘plamiga gazlar aralashmasi deyiladi. Aralashmadagi har bir gaz (komponent) bir-biridan farqli o‘laroq, o‘zini hamma xossalarini saqlaydi va aralashmani hajmini egallagandek tutadi. Parsial bosim-bu har bir komponentning bosimi bo‘lib, bir xil hajmda va haroratda. Gaz aralashmasi ega bo‘lgan miqdorga ega bo‘ladi. Gaz aralashmasi Dalton qonuniga bo‘ysunadi, aralashma tashkil qilgan gazlarning parsion bosimlari yig‘indisiga teng bo‘ladi.

Ushbu mavzuni o‘rganish uchun [1,2,3,4,5,6,7]adabiyotlardan foydalanish mumkin.

Nazorat savollari va vazifa

1. Parsial bosim deb nimaga aytiladi?
2. Hajmiy, massaviy, molyar ulushlar nima?
3. Aralashmaning solishtirma massaviy issiqlik sig‘imi nima?
4. Havo aralashmasining molyar issiqlik sig‘imi nima?

5. Hajmiy va massaviy ulushlar orasidagi bog‘lanishni ko‘rsating.

6. Masalalar ishlash:

1-masala. Idishda 10 kg azot, 15 kg argon va 27 kg SO gazidan tashkil topgan aralashma bor. Ushbu aralashmaning molyar ulushini, molyar massasini va gaz doimiyligini toping.

2-masala. Yonish mahsulotining hajmiy tarkibi quyidagi gazlardan tashkil topgan:

$$X_{N_2} = 3\%, \quad X_{CO} = 3\%, \quad X_{H_2} = 45\%, \quad X_{CO} = 10\%, \quad X_{CH_4} = 35\%, \quad X_{C_2H_4} = 4\%$$

Aralashmaning molyar massasini, gaz doimiyligini va komponentlarning massaviy ulushini aniqlang.

3-masala. Bug‘ qozonning o‘chog‘ida 1 kg mazutni yonishi natijasida, quyidagi hajmiy ulushga ega bo‘lgan gazlar hosil bo‘ldi:

$$V_{CO_2} = 1,85m^3, \quad V_{O_2} = 0,77m^3, \quad V_{N_2} = 12,78m^3$$

Agar bosim $P = 0,1$ MPa bo‘lsa, tarkibdagi gazlarning parsial bosimlarini va massaviy ulushlarini aniqlang.

3-mavzu. Issiqlik sig‘imi

Haqiqiy issiqlik sig‘imi deb, jismga keltirilgan va olib ketilgan issiqlikni jism harorati o‘zgarishiga bo‘lgan nisbatiga aytiladi. $C = dQ / dT \left[\frac{\text{JK}}{\text{K}} \right]$. Issiqlik sig‘imi issiqlikni keltirilishi yoki olib ketishida jarayonni borishi va tashqi shart-sharoitlarga bog‘liqdir. Solishtirma issiqlik sig‘imi quyidagilarga bo‘linadi:

$$\text{Massaviy} - C = C / m \left[\frac{\text{JK}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$$

$$\text{Hajmiy} - C^1 = C / V \left[\frac{\text{JK}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$$

$$\text{Molyar} - \mu C = C / V \left[\frac{\text{JK}}{\text{МОЛЬ} \cdot \text{K}} \right]$$

Ushbu mavzuni o‘rganish uchun [1,2,3,4,5,6,7] adabiyotlardan foydalanish mumkin.

Nazorat savollari va vazifalar

1. Issiqlik sig‘imi nima?
2. Issiqlik sig‘imi necha turga bo‘linadi?
3. Issiqlik sig‘imi nimalarga bog‘liq?
4. Mavzu bo‘yicha klaster tuzish
5. Masalalar yechish.

1-masala. Azot va kisloroddan tashkil topgan aralashmaning zichligi $1,44 \text{ kg/m}^3$ ga teng. Bosimi $0,12 \text{ MPa}$, harorati 27°C ga teng. Aralashma komponentlarini massaviy va hajmiy konsentratsiyani toping.

2-masala. Azot va SO_2 dan tashkil topgan aralashmaning zichligi $1,39 \text{ kg/m}^3$ ga teng, unda bosimi $0,12 \text{ MPa}$, harorati 35°C ga teng. Aralashmani massaviy va hajmiy aniqlang.

3-masala. Hajmi 5 m^3 ga, bosimi $0,144 \text{ Pa}$ teng bo'lgan gaz aralashmasi 5 kg azotdan, 6 kg kisloroddan va bir muncha SO_2 gazlaridan tashkil topgan. Harorati 57°C teng. Komponentlarning parsial bosimi, molekulyar massasini va gaz aralashmasini toping.

4-masala. Tabiiy gaz quyidagi molyar ulushga esa- 68% metan, 18% etan, SO_2 - 14% . Ushbu gazning 1 kg va 12 kg havo bilan aralashtiriladi, havoning massaviy tarkibi $23,2 \%$ O_2 ni, $76,8 \%$ azotni tashkil qiladi. Aralashmaning molekulyar massasini, gaz doimiyligini, zichligini aniqlang. Bunda harorat 47°C ni, bosim $0,12 \text{ MPa}$ ga tengdir.

5-masala. Azot 3 kg etan va $2,5 \text{ kg}$ metan bilan aralashtiriladi. Gazlar aralashguncha $P=1,5 \text{ MPa}$ va $t=147^\circ\text{C}$ parametrlarga ega bo'lgan. Aralashmaning molyar massasini, gaz doimiyligini va parsial bosimni aniqlang.

6-masala. Azot va kisloroddan tashkil topgan aralashmada 10 kg kislorod bor. Aralashmaning molyar massasi $28,8$ ga teng.

Massaviy va molyar konsentratsiyasini aniqlang.

4-mavzu. Suv bug'ining h-S diagrammasi.

h-S diagramma. Bu diagrammani asosi shundan birotki, unda solishtirma ish adiobatik janayorda boshlang'ich va oxirgi nuqtadagi sodir bo'layotgan jarayondagi kattaliklar orqali (h_1-h_2) aniqlanadi. Berilgan qiymatlar h', S' va h'', S'' yordamida avval pastki chegara (A-K) chizig'i, so'ngra yuqori (K-S) chegara chizig'i chiziladi. Pastki chegara chizig'i koordinatalar boshidan o'tadi, chunki $t_1 = 0^\circ\text{C}$ bo'lganda entropiya va entalpiya nolga teng bo'ladi.

So'ngra izobera chiziqlari to'yingan bug' holatida chiziladi, bular bir vaqtning o'zida ham izoterma bo'ladi, chunki $h-S$ diagrammada izobaraning burchakli koeffitsiyenti $\frac{dh}{dS} = \frac{T_r dS}{dS} = T_r = \text{const}$ bo'ladi, ya'ni nam bug' holatida o'zgarmas kattalik bo'lib hisoblanadi.

O'nta qizigan bug' holati izobara va izotermalar bir-biridan ajraladi, izobaralar yuqoriga logarifmik egri chizig'i bilan ko'tariladi, izotermalar esa

gorizontal holatga intiladi. Nam bug' holatida esa, quriganlik darajasi o'zgarmas $X = const$ chiziqlari chiziladi.

$h-s$ diagrammada (izoentrop) adiabatik jarayon vertikal chizig'i bilan ifodalanadi.

Ushbu mavzuni o'rganish uchun [1,2,3,4,5,6,7] adabiyotlardan foydalaniladi.

Nazorat savollari va vazifalar

1. $h-S$ diagrammaning boshqa diagrammalardan avzalligi nimada?
2. To'yingan va o'ta qizigan bug' qanday?

5,6,7-mavzu. Nam havo xarakteristikalari.

$h-d$ diagrammada havoni qizdirish va namlanish jarayonlarini qurish.

Quduq havo bilan suv bug'ining aralashmasiga nam havo deyiladi. Nam havo berilgan bosim va haroratda turlicha suv bug'iga ega bo'lishi mumkin.

Agar aralashma quruq havo va suv bug'idan tashkil topgan bo'lsa, u holda uni to'yingan nam havo deyiladi. Bunda nam havoda berilgan harorat uchun maksimal darajada suv bug'ining miqdori bo'ladi. Havoni sovitish bilan suv bug'i kondensasiyalanadi.

Havoni qizdirish-issiqlik keltirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Bunda nam saqlash o'zgarmaydi, u $h-d$ diagrammada vertikal to'g'ri chizig'i bilan ifodalanadi. Ko'p miqdordagi havoni qizdirish uchun kalorifer ishlatiladi.

Havoni namlash-uning nam saqlashini oshirish. Amalda namlanish jarayonini olib borish uchun quyidagi uslublar qo'llaniladi: suv bug'ini aralastirish, bug'lanayotgan yuzani yuvib turgan namlanayotgan havodagi suvni bug'latish. Bunday holatda suv yuzasi ustidagi bug' bilan namlanayotgan havoda bug'larning parsial bosimlari farqi tufayli yuzaga keladi. Namlanishda quruq termometrda ko'rsatishdan suvning harorati yuqori bo'lishi mumkin. Havoni namlanish jarayoni uchun namlovchi kamera ishlatiladi. Ushbu mavzuni o'rganish uchun mavzular [1,2,3,4,5,6,7] adabiyotlarda keltirilgan.

Nazorat savollari va vazifalar

1. Misol qilib nam havoni qizdirish va namlanish jarayonini ko'rsatib boring.
2. Qizitilish jarayonidagi issiqlik sarfi qanday aniqlandi?
3. Namlanish jarayonini ko'rsating.

4.Misolni ishlang: 10000 kg/s havoni namlash zarur bo‘ladi. Boshlang‘ich parametrlari $t_i = 25^0 \text{ C}$, $\varphi_i = 50\%$, $d_i = 0,0012 \text{ kg/kg q.h}$. Oxirgi namlik $\varphi_t = 95\%$ jarayonni $h-d$ diagrammada ko‘rsating.

5.Namlanish jarayonini $h-d$ diagrammada ko‘rsating.

6.Mavzu bo‘yicha klaster tuzing.

8-mavzu. Issiqlik uzatilishi

Issiqlik almashinish issiqlikni qattiq, suyuq, gaz jismlarda tarqalishni o‘rganadi. Issiqlik uch xil yo‘l bilan berilishi mumkin:

-issiqlik o‘tkazuvchanlik

-konvensiya

-nurlanish

Issiqlik o‘tkazuvchanlik haroratlari har xil bo‘lgan ikkita jismlarni bir-biriga tegishi bilan yuzaga keladi, bunda molekulalararo issiqlik uzatilishi bo‘ladi.

Jism qizishi davomida uning kinetik energiyasi ortib boradi va bir-biri bilan urulishiga bog‘liq.

Konveksiya-bu issiq va sovuq zarrachalarning aralashishi tufayli yuzaga keladi. Bunda issiqlik berilishi suyuqlik yoki gazning harakat tezligiga bog‘liq, bu esa o‘z navbatida issiqlik o‘tkazuvchanlik bilan amalga oshadi. Buni konvektiv issiqlik almashinish deyiladi.

Nurlanish-issiqlikni elektromagnit to‘lqin uzunligida tarqalishidir, ya‘ni ikki xil energiyani biridan-biriga o‘zgarishiga olib keladi.

Shu ko‘rib chiqilgan uchala energiyaning uzatilishi murakkab issiqlik almashinuvi deyiladi.

Ushbu mavzuni o‘rganish uchun mavzular [1,2,3,4,5,6,7] adabiyotlarda keltirilgan.

Nazorat savollari va vazifalar

- 1.Issiqlik almashinish deb nimaga aytiladi?
- 2.Massa almashinish nima?
- 3.Konvektiv issiqlik almashinish nima?
- 4.Gaz va suyuqliklarda issiqlik almashinishning qaysi turi bo‘ladi?
- 5.Nurlanish nima?
- 6.Haroratlarning maydoni nima?
- 7.Nobarqaror va barqaror harorat maydoniga misol keltiring.
- 8.Issiqlik oqimi nima?

9. Suyuqlikning bog‘lanishida issiqlik va massa almashinuvi.
10. Fazoviy o‘tish nima?
11. Konvektiv issiqlik almashinuvi nimaga boq‘liq?
12. Mavzu bo‘yicha klaster tuzing.
13. “Issiqlik almashinuvi” termini bo‘yicha SINKVEYN tuzish.
14. Masalalar yechish:

1-masala. Balandligi $h = 0,8$ m vertikal plitadan atrofdagi havoga issiqlik beruvchanlik koeffitsiyentini aniqlang. Plita yuzasining harorati $t_g = 90^{\circ}\text{C}$, havoning harorati $t_x = 15^{\circ}\text{C}$ ga teng.

2-masala. Balandligi $H = 0,8$ m, $t_g = 85^{\circ}\text{C}$, $t_x = 20^{\circ}\text{C}$ bo‘lgandagi vertikal plitadan havoga berilgan issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlang.

3-masala. Diametri $d = 70$ mm bo‘lgan quvurdan havoga berilgan issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlang, agar havoning harorati $t_c = 65^{\circ}\text{C}$, quvur devorining harorati $t_g = 180^{\circ}\text{C}$ bo‘lsa.

4-masala. Havoning harorati $t_c = 150^{\circ}\text{C}$, quvur devorining harorati $t_g = 150^{\circ}\text{C}$, diametri $d = 70$ mm bo‘lgan quvurdan azotga berilgan issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlang.

5-masala. Havoni harorati $t_c = 35^{\circ}\text{C}$, quvur devorining harorati $t_g = 115^{\circ}\text{C}$, diametri $d = 25$ mm bo‘lgan quvurdan MS-20 moyiga berilgan issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlang.

6-masala. Moyning harorati $t_c = 25^{\circ}\text{C}$, quvur devorining harorati $t_g = 95^{\circ}\text{C}$, diametri $d = 30$ mm bo‘lgan quvur devoridan transformator moyiga berilgan issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlang.

7-masala. Diametri $d = 20$ mm bo‘lgan silindrik quvur ko‘ndalang suv oqimi bilan yuvilib turadi. Oqimning tezligi $W = 2,5$ m/m, quvurning o‘rtacha harorati $t_g = 95^{\circ}\text{C}$, suvning harorati $t_c = 25^{\circ}\text{C}$ ga teng. Yuzadan suvga berilayotgan issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlang.

8-masala. Diametri $d = 25$ mm bo‘lgan silindrik quvur benzin bilan yuvilib turadi. Oqimning tezligi $W = 2$ m/m, quvurning o‘rtacha harorati $t_g = 105^{\circ}\text{C}$, benzin harorati $t_c = 35^{\circ}\text{C}$ ga teng. Quvur devoridan benzingga berilayotgan issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlang.

9-masala. Harorati $t_g = 85^{\circ}\text{C}$, suyuqlik harorati $t_c = 5^{\circ}\text{C}$ tezligi $W_l = 8$ m/s, quvurning uzunligi $l = 2$ m bo‘lgan issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlang.

10-masala. Quvur devorining harorati $t_g = 85^{\circ}\text{C}$, suyuqlikni harorati $t_c = 3^{\circ}\text{C}$, quvurning diametri $d = 20$ mm bo‘lgandagi issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlang.

9-mavzu. Issiqlik almashinish apparatlari

Issiqlik almashinish apparatlari deb, issiqlik tashuvchidan sovuq issiqlik tashuvchiga issiqlikni beruvchi apparatlarga aytiladi.

Issiqlik almashinuvi apparatlarida bo'ladigan issiqlik jarayonlari turlicha bo'lishi mumkin: qizitilish, sovitilishi, bug'latish, qaynash, kondensatsiya, erish, qattiqlashish, undan ham murakkab jarayonlar. Issiqlik almashinish apparatlari quyidagi turlarga bo'linadi:

1.Qo'llanishi bo'yicha: isitgichlar, kondensatorlar, sovutgichlar, bug'latgichlar va boshqalar.

2.Ishlash uslubi bo'yicha: yuzali va aralashgan holdagi.

Rekuperativ issiqlik almashinuvi deb issiqlik tashuvchilarga issiqlik yuza orqali beriladi.

Regenerativ issiqlik almashinuvi deb issiqlik tashuvchilarga issiqlik yuza orqali beriladi.

Regenerativ issiqlik almashinuv apparatlarida esa, yuza goh issiq issiqlik tashuvchi, goh sovuq issiqlik tashuvchi bilan yuvilib turadi. Bunday holatda yuza issiqlik qabul qilgan issiqligini beradi yoki avval issiqlikni berib sohib, so'ngra qiziydi.

Ko'pchilik rekuperativ issiqlik almashinuvi apparatlarida issiqlik uzluksiz devor orqali bir issiqlik tashuvchidan ikkinchisiga berilgani uchun, bunday ishlovchi issiqlik almashinuvi apparatlari deyiladi.

Ko'pchilik regenerativ issiqlik almashinuvi apparatlari uzlukli uslub asosida ishlaydi. Har xil issiqlik tashuvchilar ularga har xil vaqt davomida kiradi.

Aralashgan holdagi issiqlik almashinuvi apparatlarida issiqlik issiqlik tashuvchilarning aralashi tufayli beriladi. Shuning uchun aralashgan holdagi issiqlik almashinuvi apparatlarini kontaktli apparatlar deb ataladi. Eng katta asosiy faktor bo'lib, bu issiqlik almashinuvi apparatlarining ishchi jarayonida issiqlik tashuvchilarning tegib turuvchi yuzasi hisoblanadi.

Ushbu mavzuni o'rganish uchun mavzular [1,2,3,4,5,6,7] adabiyotlarda keltirilgan.

Nazorat savollari va topshiriqlar

1. Issiqlik almashinuvi apparatlarining turlari.
2. Issiqlik almashinuvi apparatlarining issiqlik hisobi.
3. Issiqlik tashuvchilarning turlari.

4. Mavzu bo'yicha texnologik karta tuzish.
5. Jismning o'rtacha harorati.
6. Issiqlik uzatish koeffitsiyenti
7. Mavzu bo'yicha klaster tuzish
8. Masalalar yechish.

1-masala. Vertikal quvur bo'ylab suv harakatlanadi. Quvurning ichki diametri $d = 16 \text{ mm}$, uzunligi $l = 3 \text{ m}$. Suvning sarfi $G = 400 \text{ kg/soat}$, suvning apparatga kirishdagi harorati $t_{c_1} = 25^\circ \text{ C}$, devorning harorati $t_g = 40^\circ \text{ C}$ ga teng. Quvur devoridan suvga berilgan issiqlikni va suvning apparatdan chiqishdagi haroratini aniqlang.

2-masala. Vertikal issiqlik almashinuvi apparatining quvurlarida $H - 40$ markali mazut harakatlanadi. Quvurning ichki diametri $d = 32 \text{ mm}$, uzunligi $l = 9 \text{ m}$. Mazutning sarfi, $G = 400 \text{ kg/soat}$, suvning apparatga kirishdagi harorati $t_{c_1} = 55^\circ \text{ C}$ ni tashkil qiladi. Quvur devorining harorati $t_g = 190^\circ \text{ C}$ bo'lib, o'zgaras holda ushlab turiladi. Issiqlik miqdorini va suvning chiqishdagi haroratini aniqlang.

3-masala. Vertikal joylashgan issiqlik almashinuvi apparatining quvurlarida MS-20 moyi harakatlanadi. Ichki diametri $d = 18 \text{ mm}$, uzunligi $l = 4 \text{ m}$. Suvning sarfi $G = 600 \text{ kg/soat}$, moyning harorati $t_{c_1} = 35^\circ \text{ C}$ ni tashkil etadi. Devor harorati $t_g = 100^\circ \text{ C}$ bo'lganida, issiqlik miqdorini va suvning apparatdan chiqishdagi haroratini aniqlang.

4-masala. Vertikal joylashgan issiqlik almashinuvi apparatida transformator moyi harakatlanadi. Quvurning ichki diametri $d = 20 \text{ mm}$, uzunligi $l = 6 \text{ m}$ ni tashkil qiladi. Suvning bitta quvurdagi sarfi $G = 450 \text{ kg/soat}$, suvning suvning apparatga kirishdagi harorati $t_{c_1} = 35^\circ$ devorning harorati $t_g = 100^\circ \text{ C}$ bo'lganida suvning apparatdan chiqishdagi va issiqlik oqimini aniqlang.

Nazorat usuli.

1. Referat yozish va uni topshirish
2. Berilgan mavzulardan biriga klaster tuzish
3. Test savollariga javob berish
4. Nazorat topshiriqlari (masasalar)
5. Auditoriyadagi darsda doklad qilish.
6. Mavzu bo'yicha texnologik karta tuzish.
7. Keys uslubidan foydalanish
8. Mavzu bo'yicha test savollarini tuzish.

9. O‘rgangan mavzular bo‘yicha muammoli masalalarini umumlashtirish vazifalarni ko‘rib chiqish.

10. Bakalavrni korxonalariga ekskursiyaga olib borish bilan, ularni o‘rgangan nazariy bilimlarini amalda qo‘llanilishiga va o‘rganish faoliyatini natijalariga erishish.

Mundarija

	KIRISH	3
	Fan bo'yicha mustaqil ishni olib borish umumiy xarakteristikasi	3
	Mustaqil ishini olib borishda yondashuv	3
	Nazariy kursni mustaqil o'rganish	5
	Ma'ruza mavzularini tarkibi	5
1-mavzu	Ishchi jism va uning parametrlari	5
	Nazorat savollari va vazifa	5
2-mavzu	Ideal gaz aralashmasi	6
	Nazorat savollari va vazifa	6
3-mavzu	Issiqlik sig'imi	7
	Nazorat savollari va vazifa	7
4-mavzu	Suv bug'ining h-S diagrammasi	8
	Nazorat savollari va vazifalar	9
5, 6, 7-mavzu	Nam havo xarakteristikalari. h-d diagrammada havoni qizdirish va namlanish jarayonlarini qurish	9
	Nazorat savollari va vazifalar	9
8-mavzu	Issiqlik uzatilishi	10
	Nazorat savollari va vazifalar	10
9-mavzu	Issiqlik almashinish apparatlari	12
	Nazorat savollari va topshiriqlar	13
	Nazorat usuli	14
	Adabiyotlar	31

Muharrir Sidiqova K.A.

ВВЕДЕНИЕ

Организация учебного процесса по изучению дисциплины «Теплотехника» предполагает выделение на проведение аудиторных занятий более 50 % от объема часов, предусмотренных государственным образовательным стандартом для бакалавров направления 5310100 «Теплоэнергетика». Основной целью аудиторных занятий является ознакомление и консультирование по наиболее сложным темам дисциплины, а также выявление уровня освоения материала дисциплины каждым студентом с последующей итоговой аттестацией. При этом до 40 % объема часов выделяется для работы студентов, направленной на самостоятельное освоение необходимого материала дисциплины и выполнение требуемых видов работ. Дисциплина «Теплотехника» предполагает изучение теоретических и практических знаний по теоретическим основам Термодинамики и Теплопередачи, включающих: первый закон термодинамики, второй закон термодинамики, термодинамические процессы, термодинамика потока, реальные газы, теплопроводность, основные положения конвективного теплообмена, теплообмен при конденсации чистотого пара, теплообмен при кипении однокомпонентной жидкости, тепловое излучение, сложный теплообмен (теплопередача), теплообменные аппараты, теплопроводность при нестационарном температурном поле.

Основные положения и терминология дисциплины «Теплотехника» освещаются на лекционных занятиях, а практическое освоение и проработка полученных знаний осуществляется на практических занятиях и при выполнении лабораторных работ.

Особое внимание сосредотачивается на выполнении курсового проекта. Курсовое проектирование способствует закреплению, углублению и обобщению теоретических знаний, развивает творческую инициативу и самостоятельность, повышает интерес к изучению дисциплины и прививает навыки научно-исследовательской работы.

Общая характеристика самостоятельной работы по дисциплине

При изучении дисциплины «Теплотехника» предусмотрено выделение 168 час на самостоятельную работу студентов. При самостоятельном выполнении различных видов заданий студент учится принимать

решения, изучать новый материал, а также работать с периодической литературой.

Программой предусмотрены следующие виды самостоятельной работы:

1. Самостоятельное изучение теоретического курса.
2. Выполнение курсового проекта.

По каждому виду работы студент должен выполнить задания, приведенные в данных методических указаниях и согласованные с преподавателем. По выполненным заданиям оформляются отчеты в соответствии с предъявляемыми требованиями и сдаются преподавателю в соответствии с графиком самостоятельной работы.

Самостоятельная работа направлена на систематизацию и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений; углубление и расширение полученных знаний; формирование умений использовать научную, учебную, справочную, периодическую литературу.

Компетентностный подход при проведении самостоятельной работы

Дисциплина «Теплотехника» входит в цикл базовых дисциплин, призванных обеспечить специальную подготовку бакалавр направления «Теплоэнергетика» изучение которой преследует такие цели:

1) *использование* знаний, полученных студентами при изучении естественно - научных и инженерных дисциплин, таких как высшая математика, физика, теоретическая механика, информатика и др;

2) *предоставление* знаний, необходимых для последующего освоения специальных дисциплин и дисциплин специализаций, предусмотренных государственным образовательным стандартом (ГОС);

3) *формирование* у будущих специалистов по теплоэнергетике общетехнических, проектных и исследовательских навыков.

Для приобретения умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности, изучение дисциплины «Теплотехника» преследует решение следующих задач:

- проводить анализ термодинамических процессов;
- владеть законами передачи теплоты, влаги в теплоэнергетических установках

- формулировать и решать задачи передачи теплоты и массы в теплоэнергетических установках

- обоснованно выбирать параметры рабочих тел и другие исходные данные для проектирования и расчета теплотехнического оборудования;

В результате выполнения самостоятельной работы студент должен **знать:**

- понятия первого и второго законов термодинамики;
- методы расчета параметров и характеристик реальных газов;
- законы теплопередачи в технологических процессах теплоэнергетических установок;

уметь:

- формулировать и решать задачи переноса тепла, воздуха, пара в теплоэнергетических установках
- иметь навыки и умения определения параметров реальных газов с помощью таблиц и диаграмм
- систематизировать и закрепить полученные теоретические знания и практические умения, углубить и расширить полученные знания; использовать научную, учебную, справочную, периодическую литературу.
- применять и соблюдать действующие стандарты, технические условия, положения и инструкции по оформлению технической документации;
- применять современную вычислительную технику.

владеть:

- умением вести тепловой и поверочный расчет теплообменных аппаратов;
- умением вести расчет установочной тепловой мощности теплотехнического оборудования;
- принципами построения процессов обработки воздуха на $h-d$ диаграмме.

Самостоятельное изучение теоретического курса

Общие сведения

При самостоятельном изучении теоретического курса студентам необходимо:

- самостоятельно освоить и проработать темы теоретического курса в соответствии с учебной программой дисциплины;
- основательно подготовить ответы на контрольные вопросы, приведенные после каждой темы;

Самостоятельная работа выполняется студентами на основе учебно-методических материалов дисциплины. Самостоятельно изучаемые вопросы курса в последующем включаются в тестовые вопросы.

Темы на самостоятельное изучение выдаются лектором потоков на лекционных занятиях в соответствии с графиком работ.

Содержание тем лекционного курса

Тема 1. Рабочее тело и его параметры.

Тема 2. Смеси идеальных газов.

Тема 3. Теплоемкость.

Тема 4. Диаграмма $h - s$ водяного пара.

Тема 5. Характеристика влажного воздуха.

Тема 6. Теплопередача.

Тема 7. Теплообменные аппараты.

Тема 1. Рабочее тело и его параметры

Термодинамическими параметрами состояния называются величины, которые характеризуют физическое состояние тела. Такими параметрами являются удельный объем, абсолютное давление, абсолютная температура, внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, концентрация, теплоемкость и т.д. При отсутствии внешних силовых полей (гравитационного, электромагнитного и др.) термодинамическое состояние однофазного тела можно однозначно определить 3-мя параметрами – удельным объемом (V), температурой (T), давлением (P). Основные термодинамические параметры состояния P , V , T однородного тела зависят друг от друга и взаимно связанная между собой определенным математическим уравнением, который называется уравнением состояния

Материал для изучения данной темы приведен в следующей литературе: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Контрольные вопросы и задания

1. Сформулируйте понятие о технической термодинамике.
2. Что такое термодинамическая система?
3. Что называют термодинамическими параметрами?
4. Какие основные параметры вы знаете?

5. Решение задач:

• (Д/З) В конденсаторе паровой турбины поддерживается абсолютное давление $P=0,004$ МПа.

Каковы показания вакуумметров, проградуированных в кН/м^2 , мм рт.ст, если в одном случае показания барометра составляют 735 мм рт.ст, а в другом 764 мм рт.ст?

• (Д/З) Для измерения малых избыточных давлений или небольших разрежений применяются микроманометры (рис.1).

Определите абсолютное давление в воздуховоде, если длина столба жидкости в трубке микроманометра, наклоненной под углом $\alpha=30^\circ$, равна 180 мм.

Рабочая жидкость – спирт плотностью $\rho=0,8$ г/см³. показания барометра 0,102 МПа. Давление выразить в Мпа, мм рт.ст.

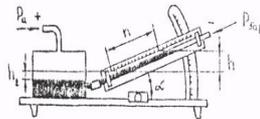


Рис.1.

Тема 2. Смеси идеальных газов

Газовой смесью понимается смесь отдельных газов, вступающих между собой ни в какие химические реакции. Каждый газ (компонент) в смеси независимо от других газов полностью сохраняет все свои свойства и ведет себя так, как если бы он один занимал весь объем смеси. *Парциальное давление* – это давление, которое имел бы каждый газ, входящий в состав смеси, если бы этот газ находился один в том же количестве, в том же объеме и при той же температуре, что и в смеси. Газовая смесь подчиняется *закону Дальтона*: *Общее давление смеси газов равно сумме парциальных давлений отдельных газов, составляющих смесь.*

Материал для изучения данной темы приведен в следующей литературе: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение – что такое парциальное давление.
2. Что называется объемными, массовыми и мольными долями?
3. Что понимаете под удельной массовой теплоемкостью смеси?
4. Удельные молярные (молекулярные) теплоемкости смеси воздуха.

5. Покажите связь между объемными и массовыми долями.

6. Решение задач задач.:

• Задача 1. В сосуде находится смесь газов, образовавшихся в результате смешения 10 кг азота, 13 кг аргона и 27 кг диоксида углерода. Определите молярные доли смеси, ее молярную массу и газовую постоянную смеси.

• Задача 2. Объемный состав горючего газа: $X_{N_2}=3\%$, $X_{CO_2}=3\%$, $X_{H_2}=45\%$, $X_{CO}=10\%$, $X_{CH_4}=35\%$, $X_{C_2H_4}=4\%$.

Определите молярную массу, удельную газовую постоянную, массовые доли содержания компонентов.

• Задача 3. Смесь газов, образовавшаяся при сжигании 1 кг мазута в топке парового котла, имеет состав, определенный парциальными объемами составляющих: $V_{CO_2}=1,85\text{ м}^3$, $V_{O_2}=0,77\text{ м}^3$, $V_{N_2}=12,78\text{ м}^3$.

Определите массовые доли и парциальное давление составляющих, если давление $P=0,1\text{ МПа}$.

Тема 3. Теплоемкость

Истинная теплоемкость рабочего тела определяется отношением количества подведенной (отведенной) к рабочему телу теплоты в данном т/д процессе к вызванному этим изменениям температуры тела.

$$C = dQ / dT, [\text{Дж} / \text{К}];$$

Теплоемкость зависит от внешних условий или характера процесса, при котором происходит подвод или отвод теплоты. Различают следующие удельные теплоемкости:

массовую – $c = C / m$, [Дж/кг];

молярную – $c_m = C / \nu$, [Дж/моль];

где ν - количества вещества [моль];

объемную - $c_v = C / V = c \cdot \rho$, [Дж/м³],

где $\rho = m / V$ - плотность вещества.

Связь между этими теплоемкостями:

$$c = c_m \cdot \nu = c_v / \mu,$$

где $\nu = V/m$ - удельный объем вещества, [м³/кг]; $\mu = m / \nu$ – молярная (молекулярная) масса, [кг/моль].

Материал для изучения данной темы приведен в следующей литературе: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение теплоёмкости вещества.

2. Какие ее виды существуют?

3. От чего зависит теплоёмкость?

4. Разработка Кластера по теме.

5. Решение задач :

• Задача 1. При давлении 0,12 МПа. и температуре 27 °С плотность смеси азота и кислорода равна 1,44 кг/м³. Определить массовые и объемные концентрации компонентов смеси .

• Задача 2. Плотность смеси азота и углекислого газа при давлении 0,13 МПа и температуре 35 °С равна 1,39 кг/м³. Определить массовые и объемные составы смеси.

• Задача 3. В резервуаре емкостью 5 м³ под давлением 0,14 МПа находится газовая смеси, состоящая из 5кг азота, 6 кг кислорода и некоторого количества СО₂. Температура смеси равна 57 °С. Определить количество углекислоты, парциальные давления компонентов, молекулярный состав, среднюю молекулярную массу и газовую постоянную смеси.

• Задача 4. Природный газ имеет следующий мольный состав: метан - 68 %; этан - 18 %; углекислый газ -14 %; Этот газ смешивается с воздухом в пропорции 1 кг газа на 12 кг воздуха, имеющий массовый состав: кислород -23,2 %; азот -76,8 %. Определить молекулярную массу, газовую постоянную и плотность полученной смеси при давлении 0,12 МПа и температуре 47 °С.

• Задача 5. 1,5 кг азота смешивается с 3 кг этана и с 2,5 кг метана. Газы до смешения имели одинаковые параметры: $P = 1,5$ МПа и $t = 147$ °С. Определить среднюю молекулярную массу и газовую постоянную смеси, а также мольные концентрации и парциальные давления компонентов.

• Задача 6. В смеси азота и кислорода находится 10 кг кислорода. Молекулярная масса смеси равна 28,8. Определить массовые и молярные концентрации смеси.

• Задача 7. В сосуде объемом 1,5 м³ находится 3 кг азота при температуре 50 °С. В сосуд введено 12 кг углекислого газа и 2 кг воздуха. Определить молярные и массовые доли компонентов, их парциальные давления, а также на сколько возросло давление.

Тема 4. Диаграмма $h - s$ водяного пара

Диаграмма $h-s$. Наибольший практический интерес из этих диаграмм имеет диаграмма $h-s$ прежде всего в силу того, что удельная работа в адиабатном процессе по этой диаграмме определяется как величина отрезка между начальными и конечными точками процесса ($h_1 - h_2$). В системе координат $h - s$.

Сначала строятся нижняя ($A - K$) и верхняя ($K - C$) пограничные кривые по табличным данным h', s' и h'', s'' . Нижняя пограничная кривая проходит через начало координат, так как при $t_n = 0^\circ\text{C}$ энтропия и энтальпия приняты равными нулю.

Затем наносят изобары, которые в области насыщенного пара, будучи одновременно и изотермами, являются прямыми линиями, так как на $h - s$ -диаграмме угловой коэффициент изобары $\frac{dh}{ds} = \frac{T_n ds}{ds} = T_n = \text{const}$, т. е. в области влажного пара является постоянной величиной. В области перегретого пара изобары и изотермы расходятся, причем изобары поднимаются кверху в виде логарифмических кривых, а изотермы стремятся к горизонтали. В области влажного пара нанесены линии одинаковой степени сухости $x = \text{const}$.

В энтропийной диаграмме $h-s$ обратимые адиабатные процессы (изоэнтропийные процессы) изображаются, как известно, вертикальными отрезками

Материал для изучения данной темы приведен в следующей литературе: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Контрольные вопросы и задания

1. В чем преимущество $h-s$ диаграммы по сравнению с другими диаграммами?
2. Что такое насыщенный и перегретый пар? Какие бывают виды насыщенного пара?
3. Как графически определить на $h-s$ диаграмме водяного пара параметры влажного пара (по вариантно)?

Темы 5,6,7. Характеристика влажного воздуха. Построение процессов обработки воздуха на $h-d$ диаграмме

Атмосферный воздух, в основном состоящий из кислорода, азота, углекислого газа, содержит всегда некоторое количество водяного пара. Смесь сухого воздуха и водяного пара называется влажным воздухом. Влажный воздух при данном давлении и температуре может содержать разное количество водяного пара. Если смесь состоит из сухого воздуха и насыщенного водяного пара, то его называют насыщенным влажным воздухом. В этом случае во влажном воздухе находится максимально возможное для данной температуры количество водяного пара. При охлаждении этого воздуха, будет происходить конденсация водяного пара. Целесообразней рассматривать процессы изменения теплового и влажностного состояния воздуха отдельно.

Нагревание воздуха – воздух нагревается путем сообщения ему ощутимого тепла. Влагосодержание воздуха при этом не изменяется. Нагревание является простым односложным процессом и изображается на $i-d$ диаграмме отрезком вертикальной прямой. Для нагревания большого количества воздуха используются калориферы.

Увлажнение воздуха – процесс увеличения его влагосодержания. В практике для увлажнения применяют следующие методы: подмешивание водяного пара, испарение воды в увлажняемый воздух омывающей поверхностью нагрева испарения. Увлажнение воздуха испарением воды происходит под влиянием разности парциальных давлений - пара над поверхностью воды и пара в увлажненном воздухе. В процессе увлажнения воздуха температура воды может быть: выше температуры воздуха по сухому термометру, выше точки росы, выше предела охлаждения, но ниже температуры воздуха и равна пределу охлаждения. Для увлажнения воздуха применяют увлажнительные камеры.

Материал для изучения данной темы приведен в следующей литературе: [1, 2, 3, 4,5, 6, 7].

Контрольные вопросы и задания

1. Показать на примере построение процесса нагревания и затем увлажнения путем адиабатического насыщения.
2. Как определить расход тепла на нагревание воздуха?
3. Увлажнение воздуха подмешиванием пара?

4. Решить пример: увлажнить 10000 кг/час воздуха с начальными параметрами $t_n = 25^\circ\text{C}$, $\varphi_n = 50\%$, $d_n = 0,0102$ кг/кг. Конечная влажность воздуха $\varphi_n = 95\%$. Метод увлажнения адиабатический (показать процесс на $i-d$ диаграмме).

5. Процесс охлаждения воздуха на $i-d$ диаграмме, при сухом и мокром способах обработки воздуха. Принципиальное различие?

6. Процесс нагревания воздуха на $i-d$ диаграмме?

7. Разработка Кластера по теме

Тема 8. Теплопередача

Теория теплообмена изучает процессы распространения теплоты в твердых, жидких и газообразных телах. Перенос теплоты может передаваться тремя способами:

- теплопроводностью;
- конвекцией;
- излучением (радиацией).

Процесс передачи теплоты **теплопроводностью** происходит при непосредственном контакте тел или частицами тел с различными температурами и представляет собой молекулярный процесс передачи теплоты. При нагревании тела, кинетическая энергия его молекул возрастает и частицы более нагретой части тела, сталкиваясь с соседними молекулами, сообщают им часть своей кинетической энергии. **Конвекция** – это перенос теплоты при перемещении и перемешивании всей массы неравномерно нагретых жидкости или газа. При этом, перенос теплоты зависит от скорости движения жидкости или газа прямо пропорционально. Этот вид передачи теплоты сопровождается всегда теплопроводностью. Одновременный перенос теплоты конвекцией и теплопроводностью называется **конвективным теплообменом**. В инженерных расчетах часто определяют конвективный теплообмен между потоками жидкости или газа и поверхностью твердого тела. Этот процесс конвективного теплообмена называют **конвективной теплоотдачей** или просто **теплоотдачей**. Процесс передачи теплоты внутренней энергии тела в виде электромагнитных волн называется **излучением (радиацией)**. Этот процесс происходит в три стадии: превращение части внутренней энергии одного из тел в энергию электромагнитных волн, распространение э/м волн в пространстве, поглощение энергии излучения другим телом. Совместный теплообмен излучением и теплопроводностью называют **радиационно-кондуктивным**

теплообменом. Совокупность всех трех видов теплообмена называется **сложным теплообменом**. Процессы теплообмена могут происходить в различных средах: чистых веществах и разных смесях, при изменении и без изменения агрегатного состояния рабочих сред и т.д. В зависимости от этого теплообмен протекает по-разному и описывается различными уравнениями. Процесс переноса теплоты может сопровождаться переносом вещества (**массообмен**). Например, испарение воды в воздух, движение жидкостей или газов в трубопроводах и т.п. и т.д. Тогда процесс теплообмена усложняется, так как теплота дополнительно переносится с массой движущегося вещества.

Материал для изучения данной темы приведен в следующей литературе: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Контрольные вопросы и задания

1. Что называется теплообменом?
2. Что называется массообменом?
3. Что называется конвективным теплообменом?
4. Какие виды теплообмена протекают в газовых и жидких средах?
5. Что называется лучистым теплообменом?
6. Что называется температурным полем?
7. Приведите примеры стационарного и нестационарного температурного поля.
8. Что называется тепловым потоком?
9. Основные понятия о тепло- и массообмене при испарении жидкости.
10. Что такое теплота фазового превращения?
11. При каких температурных условиях происходит испарение жидкости?
12. От чего зависит интенсивность конвективного теплообмена?
13. Разработка Кластера по теме.
14. Составить СИНКВЕЙН по термину «теплообмен».
15. Решение задач:
 - **Задача 1.** Определить коэффициент теплоотдачи от вертикальной плиты высотой $H=0,8$ м к окружающему спокойному воздуху. Если известно, что температура поверхности плиты $t_c = 90$ °С, температура окружающего воздуха вдали от поверхности $t_w = 15$ °С.

• Задача 2. Определить коэффициент теплоотдачи от вертикальной плиты высотой $H=0,8$ м к окружающему спокойному кислороду. Если известно, что температура поверхности плиты $t_c = 85^\circ\text{C}$, температура окружающего кислорода вдали от поверхности $t_w = 20^\circ\text{C}$.

• Задача 3. Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности трубы диаметром $d = 60$ мм. к воздуху, если температура воздуха $t_w = 65^\circ\text{C}$, а температура поверхности трубы $t_c = 180^\circ\text{C}$.

• Задача 4. Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности трубы диаметром $d = 70$ мм. к азоту, если температура азота $t_w = 45^\circ\text{C}$, а температура поверхности трубы $t_c = 150^\circ\text{C}$.

• Задача 5. Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности трубы диаметром $d = 25$ мм к маслу МС-20, если температура масла $t_w = 35^\circ\text{C}$, а температура поверхности трубы $t_c = 115^\circ\text{C}$.

• Задача 6. Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности трубы диаметром $d=30$ мм к трансформаторному маслу, если температура масла $t_w = 25^\circ\text{C}$, а температура поверхности трубы $t_c = 95^\circ\text{C}$.

• Задача 7. Цилиндрическая трубка диаметром $d = 20$ мм охлаждается поперечным потоком воды. Скорость потока $w = 2,5$ м/с. Средняя температура поверхности трубки $t_c = 95^\circ\text{C}$, а температура воды $t_w = 25^\circ\text{C}$. Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности трубки к охлаждающей воде.

• Задача 8. Цилиндрическая трубка диаметром $d = 25$ мм. охлаждается поперечным потоком бензина. Скорость потока $w = 2,0$ м/с. Средняя температура поверхности трубки $t_c = 105^\circ\text{C}$, а температура бензина $t_w = 35^\circ\text{C}$. Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности трубки к охлаждающей воде

• Задача 9. Плоская пластина обтекается продольным потоком воздуха. Скорость и температура набегающего потока равны соответственно $w=8$ м/с, $t_w = 5^\circ\text{C}$. Определить коэффициент теплоотдачи, при условии, что температура поверхности пластины $t_c=85^\circ\text{C}$, а ее размеры вдоль потока $l = 2$ м и поперек потока $b = 0,9$ м

• Задача 10. Плоская пластина обтекается продольным потоком воздуха. Скорость и температура набегающего потока равны соответственно $w = 8$ м/с, $t_w = 5^\circ\text{C}$. Определить коэффициент теплоотдачи, при условии, что температура поверхности пластины $t_c = 85^\circ\text{C}$, а ее размеры вдоль потока

Тема 9. Теплообменные аппараты

Теплообменными аппаратами (теплообменниками) называются устройства, предназначенные для обмена теплом между греющей и обогреваемой рабочими средами. Последние в ряде случаев называются теплоносителями.

Тепловые процессы, происходящие в теплообменных аппаратах, могут быть самыми разнообразными: нагрев, охлаждение, испарение, кипение, конденсация, плавление, затвердевание и более сложные процессы, включающие в себя несколько из перечисленных. В процессе теплообмена может участвовать несколько теплоносителей: тепло от одного из них может передаваться нескольким и от нескольких одному.

Можно применить следующую классификацию теплообменных аппаратов:

- по назначению: подогреватели, конденсаторы, охладители, испарители, паропреобразователи и т. п.;
- по принципу действия: поверхностные и смесительные.

Рекуперативными называются такие теплообменные аппараты, в которых теплообмен между теплоносителями происходит через разделительную стенку. При теплообмене в аппаратах такого типа тепловой поток в каждой точке поверхности разделительной стенки сохраняет постоянное направление.

Регенеративными называются такие теплообменные аппараты, в которых два или большее число теплоносителей попеременно соприкасаются с одной и той же поверхностью нагрева. Во время соприкосновения с различными теплоносителями поверхность нагрева или получает тепло и аккумулирует его, а затем отдает, или, наоборот, сначала отдает аккумулированное тепло и охлаждается, а затем нагревается. В разные периоды теплообмена (нагрев или охлаждение поверхности нагрева) направление теплового потока в каждой точке поверхности нагрева изменяется на противоположное.

В большинстве рекуперативных теплообменников тепло передается непрерывно через стенку от теплоносителя к другому теплоносителю. Такие теплообменники называются теплообменниками непрерывного действия.

Большинство регенеративных теплообменников работает по принципу периодического действия. Разные теплоносители поступают в них в различные периоды времени. Теплообменники такого типа могут работать и непрерывно. В этом случае вращающаяся насадка (или стенка)

попеременно соприкасается с потоками разных теплоносителей и непрерывно переносит тепло из одного потока в другой.

Смешивающими называются такие теплообменные аппараты, в которых тепло- и массообмен происходит при непосредственном контакте и смешении теплоносителей. Поэтому смешивающие теплообменники иногда называют контактными. Наиболее важным фактором в рабочем процессе смешивающего теплообменного аппарата является поверхность соприкосновения теплоносителей.

Материал для изучения данной темы приведен в следующей литературе: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Контрольные вопросы и задания

1. Классификация теплообменных аппаратов.
2. Тепловой расчет теплообменных аппаратов.
3. Классификация теплоносителей.
4. Составление технологической карты по теме, с указанием целей и задач.
5. Средняя температура среды.
6. Определение коэффициента теплопередачи.
7. Разработка Кластера по теме.
8. Решение задач:

• Задача 1. По трубам вертикального теплообменника движется вода. Внутренний диаметр труб $d = 16$ мм, длина $l = 3$ м. Расход воды через одну трубу $G = 400$ кг/час. Температура воды на входе в теплообменник $t_{w1} = 25^{\circ}\text{C}$. Определить количество теплоты, передаваемого от стенки одной трубы к воде и температуру воды на выходе, если температура стенок поддерживается равной $t_c = 90^{\circ}\text{C}$.

• Задача 2. По трубам вертикального теплообменника движется мазут М-40. Внутренний диаметр труб $d = 32$ мм, длина $l = 9$ м. Расход мазута через одну трубу $G = 400$ кг/час. Температура воды на входе в теплообменник $t_{w1} = 55^{\circ}\text{C}$. Определить количество теплоты, передаваемого от стенки одной трубы к воде и температуру воды на выходе, если температура стенок поддерживается равной $t_c = 190^{\circ}\text{C}$.

• Задача 3. По трубам вертикального теплообменника движется масло МС-20. Внутренний диаметр труб $d = 18$ мм, длина $l = 4$ м. Расход воды через одну трубу $G = 600$ кг/час. Температура масла на входе в теплообменник $t_{w1} = 35^{\circ}\text{C}$. Определить количество теплоты, передаваемое

мого от стенки одной трубы к воде и температуру воды на выходе, если температура стенок поддерживается равной $t_c = 110^{\circ}\text{C}$.

• Задача 4. По трубам вертикального теплообменника движется трансформаторное масло. Внутренний диаметр труб $d = 20$ мм, длина $l = 6$ м. Расход масла через одну трубу $G = 450$ кг/час. Температура воды на входе в теплообменник $t_{w1} = 35^{\circ}\text{C}$. Определить количество теплоты, передаваемого от стенки одной трубы к воде и температуру воды на выходе, если температура стенок поддерживается равной $t_c = 100^{\circ}\text{C}$.

Форма контроля

1. Составление реферата и его защита.
2. Разработка Кластера по одной из тем.
3. Тестовый опрос.
4. Контрольные задания (задачи).
5. Доклад на занятии в аудитории.
6. Составление технологической карты по теме, с указанием целей и задач.
7. Использование кейс-метода.
8. Составление тестов по методике Блума по теме.
9. Задание на обобщение изученного материала по основным, проблемным вопросам.
10. Результаты деятельности бакалавров института (экскурсии на предприятия с целью увидеть применение изученного материала в практическом исполнении.)

Adabiyotlar / Литература

1. Zohidov R.A., Alimova M.M., Mavjudova Sh.S. Issiqlik texnikasining nazariy asoslari. O'quv qo'llanma.-Toshkent: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashiriyoti, 2010
2. Кудинов В.А., Э.М.Карташов. Техническая термодинамика. -М.: Высшая школа, 2005
3. Зоҳидов Р.А., Алимова М.М., Мавжудова Ш.С. Техник термодинамика ва иссиқлик узатилиши фанидан масалалар тўплами, -Тошкент: ТДТУ, 2006.
4. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен, МЭИ, 2001
5. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергия, 1981.– 417 с.
6. Калинин А.Ф. Расчет и выбор конструкции кожухотрубного теплообменного аппарата: Методические указания по курсовому проектированию / 2-е издание, переработанное и дополненное. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2002. – 82 с.
7. Луканин В.Н., Шатров М.Г., Камфер Г.М. и др. Теплотехника: Учебник для вузов. –М.: Высш.шк., 1999.-671 с.ил.
8. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика. –М.: Высш.шк., 2000. –261 с.ил.
9. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. -М.: Энергоиздат, 1983.
10. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. -М.: Энергия, 1977.
11. Хазен М.М., Матвеев Г.А. и др. Теплотехника. -М.: 1981.
12. www.Ziyo.net
13. http://dhes.ime.mrsu.ru/studies/tot/tot_lit.htm;
14. http://rbip.bookchamber.ru/description.aspx?product_no=854;
15. <http://energy-mgn.nm.ru/progr36.htm>

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	16
	Общая характеристика самостоятельной работы по дисциплине	16
	Компетентностный подход при проведении самостоятельной работы	17
	Самостоятельное изучение теоретического курса. Общие сведения	18
	Содержание тем лекционного курса	19
Тема 1	Рабочее тело и его параметры	19
	Контрольные вопросы и задания	19
Тема 2	Смеси идеальных газов	20
	Контрольные вопросы и задания	20
Тема 3	Теплоемкость	21
	Контрольные вопросы и задания	22
Тема 4	Диаграмма $h-s$ водяного пара	23
	Контрольные вопросы и задания	23
Тема 5, 6, 7	Характеристика влажного воздуха. Построение процессов обработки воздуха на $h-d$ диаграмме	24
	Контрольные вопросы и задания	24
Тема 8	Теплопередача	25
	Контрольные вопросы и задания	26
Тема 9	Теплообменные аппараты	28
	Контрольные вопросы и задания	29
	Форма контроля	30
	Литература	31