

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

**OLIV TA'LIM TIZIMI PEDAGOG VA RAHBAR KADRLARINI QAYTA
TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI OSHIRISHNI TASHKIL
ETISH BOSH ILMIY – METODIK MARKAZI**

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI
PEDAGOG KADRLARNI QAYTA TAYYORLASH VA ULARNING
MALAKASINI OSHIRISH TARMOQ MARKAZI**

**TEXNOLOGIK MASHINALAR VA JIHOZLAR
yo'nalishi**

**“KIMYO TEXNOLOGIYASINING
ENERGOTEXNOLOGIK
ASOSLARI”
modulidan**

O'QUV-USLUBIY MAJMUUA

Toshkent – 2022

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

**OLIV TA'LIM TIZIMI PEDAGOG VA RAHBAR KADRLARINI QAYTA
TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI OSHIRISHNI TASHKIL
ETISH BOSH ILMIY – METODIK MARKAZI**

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI
PEDAGOG KADRLARNI QAYTA TAYYORLASH VA ULARNING
MALAKASINI OSHIRISH TARMOQ MARKAZI**

**“KIMYO TEXNOLOGIYASINING ENERGETEXNOLOGIK ASOSLARI”
moduli bo'yicha**

O'QUV-USLUBIY MAJMUA

Tuzuvchi: TDTU, t.f.d., dots. Karimov Q.F.

Toshkent – 2022

Mazkur o‘quv-uclubiy majmua Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligining 2021 yil 25 dekabrda 538 sonli buyrug‘i bilan tasdiqlangan o‘quv dastur asosida tayyorlandi

Tuzuvchi: TDTU, “Sovutish va kriogen texnikasi” kafedrasini mudiri, dotsent,
t.f.d. Q.F.Karimov

Taqrizchi: TDTU, “Sovutish va kriogen texnikasi” kafedrasini professori, t.f.d.
S.G. Zokirov

O‘quv-uclubiy majmua Toshkent davlat texnika universiteti Kengashining 2021 yil 29 dekabrda 4 sonli yig‘ilishida ko‘rib chiqilib, foydalanishga tavsiya etildi.

MUNDARIJA

I.	Ishchi dastur.....	5
II.	Modulni o‘qitishda foydalaniladigan interfaol ta’lim metodlari	11
III.	Nazariy materiallar	22
IV.	Amaliy mashg‘ulot materiallari.....	51
V.	Keyslar banki	68
VI.	Glossariy	73
VII.	Adabiyotlar ro‘yxati	74

I. ISHCHI DASTUR

Kirish

Dastur O‘zbekiston Respublikasining 2020 yil 23 sentyabrda tasdiqlangan “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonuni, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevral “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-4947-son, 2019 yil 27 avgust “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to‘g‘risida”gi PF-5789-son, 2019 yil 8 oktyabr “O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-5847-sonli Farmonlari hamda O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yil 23 sentyabr “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi 797-sonli Qarorida belgilangan ustuvor vazifalar mazmunidan kelib chiqqan holda tuzilgan bo‘lib, u oliy ta’lim muassasalari pedagog kadrlarining kasb mahorati hamda innovatsion kompetentligini rivojlantirish hamda oliy ta’lim muassasalari pedagog kadrlarining kasbiy kompetentligini muntazam oshirib borishni maqsad qiladi.

Dastur mazmuni kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlash sanoatlarida texnologik mashina hamda jihozlarni loyihalash, kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlashning texnologik tizimi elementlari: mashina, jihoz, agregat, qurilmalarning zamonaviy ahvoli va ularni rivojlantirishning istiqbollari, kimyotexnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlashda ilg‘or texnologiyalar, ishlatiladigan jihozlari, uskunalari bo‘yicha yangi bilim, ko‘nikma va malakalarini shakllantirishni nazarda tutadi.

Ushbu dastur kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlashning asosiy masalalari zamonaviy echimlarini, mahsulotniing

integrallashgan ishlab chiqarish jarayonlarida loyihalash va ishlab chiqarish, jihozlar va asbob-uskunalar, ilg'or texnologiya va jihozlarni ishlab chiqarishga joriy qilish masalalarining nazariy va amaliy asoslarini o'rganishni o'zida qamrab olgan.

Modulning maqsadi va vazifalari

“Kimyo texnologiyasining energotexnologik asoslari” modulining maqsadi: pedagogik faoliyatga nazariy va kasbiy tayyorgarlikni ta'minlash va yangilash, kasbiy kompetentlikni rivojlantirish asosida ta'lim-tarbiya jarayonlarini samarali tashkil etish va boshqarish bo'yicha bilim, ko'nikma va malakalarni takomillashtirishdan iborat.

“Kimyo texnologiyasining energotexnologik asoslari” modulining vazifasi: pedagogik kadrlar tayyorgarligiga qo'yiladigan talablar, ta'lim va tarbiya haqidagi hujjatlar, ilg'or ta'lim texnologiyalarining dolzarb muammolari va zamonaviy konsepsiyalari, pedagogik mahorat asoslari, tizimli tahlil va qaror qabul qilish asoslari, kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlashni optimal loyihalash, mashina va jihozlarining samaradorligini oshirish ishlari mazmunini o'rganishga yo'naltirishdan iborat.

Modul bo'yicha tinglovchilarning bilim, malaka va kompetensiyalariga qo'yiladigan talablar

“Kimyo texnologiyasining energotexnologik asoslari” modulini o'zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida:

Tinglovchi:

- kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlashning zamonaviy tendensiyalarini va yangiliklarini;
- kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlash mahsuloti sifatini ta'minlashning zamonaviy usullarini;

- kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlash tarmoqlarida innovatsiyalar va ilgʻor texnologiyalarni;

- Mamlakatimizda hamda jahonda kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlashni rivojlanish yoʻnalishlari, strategiyasi masalalari va istiqbollari haqida **bilimlarga ega boʻlishi**.

Tinglovchi:

- kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlashda mahsuldorlik va maxsulot sifatini taʼminlashning zamonaviy usullaridan foydalanish;

- kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlashda zamonaviy texnologiyalar asosida yangi texnologik jarayonlarni loyihalash **koʻnikmalariga ega** boʻlishi lozim.

Tinglovchi:

- kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlash yangiliklarini ishlab chiqarishga tatbiq etish;

- kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlashda mahsuldorlik va mahsulot sifatini taʼminlashning zamonaviy usullarini ishlab chiqarishga tatbiq etish;

- innovatsion va ilgʻor texnologiyalarni amaliyotga ongli tatbiq etish **malakalariga** ega boʻlishi zarur.

Tinglovchi:

- Har xil turdagi mashina va jixozlar tayyorlashning texnologik jarayonlarini ishlab chiqish;

- kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlashda zamonaviy yangi tipaviy texnologik jarayonlarni loyihalash hamda ularni amaliyotga joriy etish **kompetensiyalarini egallashi lozim**.

Modulning o‘quv rejadagi boshqa fanlar bilan bog‘liqligi va uzviyligi

Fan mazmuni o‘quv rejadagi mutaxassislik fanlarining barcha sohalari bilan uzviy bog‘langan holda pedagoglarning umumiy tayyorgarlik darajasini oshirishga xizmat qiladi.

Modulni tashkil etish va o‘tkazish bo‘yicha tavsiyalar

“Kimyo texnologiyasining energotexnologik asoslari” moduli ma‘ruza va amaliy mashg‘ulotlar shaklida olib boriladi.

Modulni o‘qitish jarayonida ta‘limning zamonaviy metodlari, pedagogik texnologiyalar va axborot-kommunikatsiya texnologiyalari qo‘llanilishi nazarda tutilgan:

-ma‘ruza darslarida zamonaviy kompyuter texnologiyalari yordamida prezentatsion va elektron-didaktik texnologiyalardan;

-o‘tkaziladigan amaliy mashg‘ulotlarda texnik vositalardan,ekspress-so‘rovlar, test so‘rovlari, aqliy hujum, guruhli fikrlash, kichik guruhlar bilan ishlash, kollokvium o‘tkazish va boshqa interaktiv ta‘lim usullarini qo‘llash nazarda tutiladi.

Modulning o‘quv rejadagi boshqa modullar bilan bog‘liqligi va uzviyligi

“Kimyo texnologiyasining energotexnologik asoslari” moduli o‘quv rejadagi quyidagi modullar bilan bog‘liq: “Kimyo texnologiyasining dolzarb muammolari va ularning yechimlari”, “Intellektual mulk obyektlarining huquqiy muhofazasi”.

Modulning oliy ta‘limdagi o‘rni

Zamonaviy kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlash mahsuloti tarkibi, sifatining murakkablashuvi va ishlab chiqariladigan mahsulot nomenklaturasining tez o‘zgaruvchanligi bilan xarakterlanadi. Bunday sharoatlarda ishlab chiqarishni jadallashtirish va uning samaradorligini oshirish, mahsulot raqobatbardoshligini ta‘minlash uchun yuqori unumdorlik va aniqlikni

ta'minlaydigan texnologik jarayonlarni loyihalay oladigan va ulardan ishlab chiqarishda samaralif oydalanishni yo'lga quyishni ta'minlay oladigan mutaxassislarni tayyorlash oliy ta'limning muhim vazifalaridan biri hisoblanadi.

Modul bo'yicha soatlar taqsimoti

№	Modul mavzulari	Tinglovchining o'quv yuklamasi, soat			
		ja'mi	Nazariy	Amaliy mashg'ulot	Ko'chma mashg'ulot
1.	Kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlash sanoatlarining energotexnologiya asoslari	4	2	2	
2.	Eksergiya turlari. Eksergetik balans tenglamalari	4	2	2	
3.	Eksergetik oqimlarni hisoblash.	2		2	
4.	Kimyoviy jarayonlarning termodinamik tahlili	4	2	2	
5.	Azot kistotasini ishlab chiqarish	4	2	2	
	Ja'mi:	18	8	10	

NAZARIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

1-mavzu: Kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlash sanoatlarining energotexnologiya asoslari.

Energo-qayta ishlash-texnologik sistemalarni (QITS) termodinamik tahlil qilish usullari. Eksergiya turlari. Yopiq hajmdagi modda eksergiyasi. Modda oqimi termomexanik eksergiyasi. Kimyoviy eksergiy. Issiqlik oqimi eksergiyasi. Nurlanish eksergiyasi.

2- mavzu: Eksergetik xarakteristikalar.

Eksergetik unumdorlik va quvvat. Termodinamik sistemalar energetik va eksergetik xarakteristikalari o'rtasidagi bog'liqlik.

3- mavzu: Kimyoviy jarayonlarning termodinamik tahlili.

Kimyoviy jarayonlar uchun eksergetik tahlil maqsadi, tartibi. Kimyo ishlab chiqarish korxonasi xarakterli sxemasi.

4- mavzu: Azot kistotasini ishlab chiqarish.

Tabiiy gazdan azot kislotasini olish texnologiyasi. Tabiiy gazdan azot kislotasini olish texnologiyasining eksergetik tahlili.

AMALIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

1-amaliy mashg'ulot. Kaskadli sovitish mashinalarining unumdorligini oshirish.

Sovutish mashinasining ishiga issiqlik almashinish jarayonining ta'sirini o'rganish.

2-amaliy mashg'ulot. Sovitish mashinasi unumdorligini baholashning eksergetik kriteriyalari.

Aralash eksergetik kriteriyning fizik mohiyatini tushunish va uni qo'llashni o'rganish.

3-amaliy mashg'ulot. Oqimdagi modda eksergiyasini hisoblash.

Eksergiya turlaridan biri – oqimdagi modda eksergiyasini hisoblashni o'rganish.

4-amaliy mashg'ulot. Eksergetik balans tenglamasini tuzish.

Oziq-ovqat sanoatida ishlatiluvchi UFMQQ – sabzavotlarni archish apparati misolida eksergetik balans tenglamasini tuzishni o'rganish.

5-amaliy mashg'ulot. UFMQQ apparatining samaradorligi.

Oziq-ovqat sanoatida ishlatiluvchi UFMQQ – sabzavotlarni archish apparati misolida eksergetik samaradorlikni baholashni o'rganish.

TA'LIMNI TASHKIL ETISH SHAKLLARI

Ta'limni tashkil etish shakllari aniq o'quv materialini mazmuni ustida ishlayotganda o'qituvchini tinglovchilar bilan o'zaro harakatini tartiblashtirishni, yo'lga qo'yishni, tizimga keltirishni nazarda tutadi.

Modulni o'qitish jarayonida quyidagi ta'limning tashkil etish shakllaridan foydalaniladi:

- ma'ruza;
- amaliy mashg'ulot;
- mustaqil ta'lim;

O'quv ishini tashkil etish usuliga ko'ra:

- jamoaviy;
- guruhli (kichik guruhlarda, juftlikda);
- yakka tartibda.

Jamoaviy ishlash – Bunda o'qituvchi guruhlarning bilish faoliyatiga rahbarlik qilib, o'quv maqsadiga erishish uchun o'zi belgilaydigan didaktik va tarbiyaviy vazifalarga erishish uchun xilma-xil metodlardan foydalanadi.

Guruhlarda ishlash – bu o'quv topshiriq'ini hamkorlikda bajarish uchun tashkil etilgan, o'quv jarayonida kichik guruhlarda ishlashda (2 tadan – 8 tagacha ishtirokchi) faol rol o'ynaydigan ishtirokchilarga qaratilgan ta'limni tashkil etish shaklidir. O'qitish metodiga ko'ra guruhni kichik guruhlarga, juftliklarga va guruhlarga shaklga bo'lish mumkin. *Bir turdagi guruhli isho'quv guruhlari* uchun bir turdagi topshiriq bajarishni nazarda tutadi. *Tabaqalashgan guruhli ish guruhlarda* turli topshiriqlarni bajarishni nazarda tutadi.

Yakka tartibdagi shaklda - har bir ta'lim oluvchiga alohida- alohida mustaqil vazifalar beriladi, vazifaning bajarilishi nazorat qilinadi.

II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA’LIM METODLARI

Oliy o‘quv yurtlarida mutaxassis kompetentligini shakllantirishda materialni sistematik o‘rganish, o‘zlashtirilgan bilimlar chuqurligi va adekvatligini davriy tekshirish, fanni faol o‘rganish metodlarining mavjudligi, talabalarni mustaqil ishlash qobiliyati muhim ahamiyatga ega. O‘qitishusulinitanlash konkret sharoitlarning turli hollariga va ta’lim-tarbiya jarayonining kechish sharoitlariga bog‘liq va injener amaliy faoliyati uchun zarur bo‘lgan talablarga javob beradi.

Universal kompetentlik deganda, xususan, kommunikatsiyalar, individual va jamoada ishlash, professionallik etikasi, sotsial javobgarlik tushuniladi. Bularning shakllanganlik indikatori bo‘lib, masalan, kompleks injenerlik masalalarini echishda samarador individual ishlash va jamoada ishlaganda javobgarlik va vazifalarni taqsimlash hisoblanadi.

Ma’lum vazifalarni bajarish sabir bilan o‘rganishni va davomiy amaliyotni talab etadi. SHu sababli universal kompetenitsiyani rivojlantirish uchun laboratoriya ishlarini bajarishda fanni o‘qitishning interfaol usuli sifatida eng qulay strategiya bu kichik guruhlarda ishlashdir.

1.1. “Kichikguruhlar” usuli qo‘llash

Robert Merton guruhga ma’lum holda bir-biri bilan ta’sirda bo‘lgan odamlar jamlanmasi bo‘lib, ular o‘zlarining shu guruhga daxldor ekanliklarini tushunadilar va boshqa odamlar nazarida shu guruh a’zolaridir, deb ta’rif bergan. Guruhning instrumental ahamiyati biror ishni [4], masalan, fizikadan tajriba ishini o‘tkazish individual tarzda bajarish mumkin emasligi yoki qiyinligidir.

Ishdan maqsad – kichik guruhlarda fizikadan laboratoriya ishini o‘tkazishning o‘ziga xos tomonlarini aniqlash va ular potensialini zamon talablaridan kelib chiqib baholash.

Neys Smelzer ishlarida o‘zaro hamkorlik, a’zolik va guruhdagi o‘xshashlik – bu har qanday guruhning asosiy jihatlaridir. SHu nuqtai nazardan kichik guruhni ko‘rib chiqamiz.

Kichik guruhlarda ishlash turli darajada tayorgarlikka ega talabalarga ishda ishtirok etish, hamkorlik ko‘nikmalarini shakllantirish, shaxsiy muloqot (xususan, faol eshitish, umumiy nuqtai nazarni shakllantirish, fikrlardagi yuzaga keluvchi tafovutni bartaraf qilish) imkoniyatini beradi. Ko‘pincha bularning barchasini butun o‘quv guruhi tarkibida amalga oshirib bo‘lmaydi.

Kichik guruhlarda ishni tashkil qilishda e’tiborni qator holatlarga qaratish zarur:

- auditoriyamashg‘ulotivaqtiningkamligi;
- guruh tarkibining miqdoran chegaralanganligi;
- tarkibning stabilligi va uni o‘zgartirish mumkinligi;
- qo‘yilgan vazifani tashkil qilingan kichik guruhda bajarish uchun bilimlar va ko‘nikmalarzaruriyligi;
- shaxsiy tarkib intellektual darajasining turliligi va kreativligi;
- talabalarning o‘z-o‘zini nazorat qila bilishi;
- guruhning mashg‘ulotga mustaqil tayyorlanish qobiliyati;
- guruh tarkibining o‘zaro hamkorligi va muloqoti.

Auditoriya mashg‘ulotining vaqt bo‘yicha reglamenti guruh tarkibiga cheklov qo‘yadi. Fizikadan laboratoriya ishlarini bajarishda ikki yoki uch kishilik kichik guruhlar eng samaralidir. Ular anchagina uyushqoq, oldinga qo‘yilgan vazifalarni tezroq bajaradilar va har bir kursantga javobgarlik va funksional vazifalarni aniq taqsimlagan holda ishlash imkonini beradi, garchi boshqa sotsiologik hamkorlik uchun beshta kishidan iborat guruhlar qulay [4].

Kichik guruhlarning miqdoriy tarkibi bo‘yicha cheklovlarni ko‘rib chiqamiz:

1. A'zolar soni juft va toq sonli guruhlar. Juft sonli guruhlarda kelishmovchiliklarni a'zolari toq sonli guruhlardagiga nisbatan bartaraf qilish qiyin. Toq sonlik tarkib qo'yilgan masalani to'g'ri echishga qodir.
2. Ikki talabadan iborat guruhlar. Ularda axborot almashinuv darajasi yuqori ekanligi qayd etiladi va kelishmovchiliklar ham kam. Ammo, ko'p asabiylashuv, emotsionallik yuzaga kelish ehtimoli katta. Konkret muammoni (olingan natijalarni matematik qayta ishlashda, asboblar ko'rsatishini bir paytda qayd qilinmasligi va boshqalar) hal qilishda qiyinchiliklar yuzaga kelsa, ulardan birortasi qo'llab quvvatlanishi mumkin emas.
3. Uch talabadan iborat guruh. Bularda ham axborot bilan almashinuvning yuqori darajasi va kelishmovchiliklarning kamligi qayd etiladi. Ammo ikkita kuchliroq shaxslar guruhning zaifroq a'zosini siqib qo'yishlari mumkin. SHunga qaramay, uch kishidan iborat guruh – davriy o'zgaruvchan ittifoqli eng stabil tarkibdir. Bu holda fizik masalani echishdagi kelishmovchilikni bartaraf qilish oson.
4. Ko'p sonli odamlardan iborat guruhlar. Uch kishidan ortiq guruhlarni tashkil qilish maqsadga muvofiq emas, chunki bunday tarkib fizikadan jihoz bilan laboratoriya ishini bajarishda konkret vazifani echish imkoni yo'q.

Talabalarni kichik guruhlarga bo'lish.

Bir guruhga a'lochi, qoniqarli va yomon o'zlashtiruvchi talabalarni kiritish kerak. Turli jinsli guruhlarda faol ijodiy fikrlash, tez-tez fikr almashinuv, tushuntirish va olingan natijalarni anchagina to'liq muhokama qilish qayd etiladi. Ammo, talabalarning psixologik nomutanosibligini unutmaslik lozim. Buning ustiga, turli madaniyatga va konfessiyaga ega bo'lgan talabalar o'rtasida konstruktiv o'zaro munosabatlarni qurish maqsadida kichik guruhlar tarkibini turli jinsli qilishga intilish zarur.

Talabalarni guruhlarga bo'lishning ko'plab usullari mavjud. Eng oddiy bo'lish ixtiyoriy usuldir: talabalar "birinchi-to'rtinchi" (yoki o'quv guruhining miqdoriy tarkibiga bog'liq holda n -chi) deb sanab chiqishadi. Mos raqamlar bir guruhga tushadilar. Ammo kichik guruhlar tuzishda boshqa qoidaga rioya qilish darkor: guruhlar talabalar tomonidan tuzilishi zarur. Bu ayniqsa, harbiy bilim yurtlarida ularning kelajakdagi kasblari bilan bog'liq, chunki harbiy kuchlar birlamchi kichik guruhlarga asoslanadi. Kichik guruhlarning umumiy soni (1 dan N gacha) barcha o'quv guruhlarining miqdoriy tarkibiga bog'liq.

Kichik guruhlar tarkibining stabilligi hamkorlikdagi ishning ijobiy natijalarini beradi. Etarli samarador bo'lmagan guruhlarini tarqatib yuborish ko'pincha ijobiy natija bermaydi, chunki talabalar muammoni birgalikda hal etish ko'nikmalariga ega bo'la olmaydilar. SHunga qaramay o'quv jarayonida o'quv guruhlari tarkibini o'zgartirish mumkin. Bu guruh a'zolaridan birining betobligi bilan bog'liq bo'lishi mumkin, fizika laboratoriyalarini bajarish esa, odatda, kollektiv mehnatini talab etadi.

Agaar guruh tarkibi oshirilsa, u holda imkoniyatlar, tajriba va ko'nikmalar diapazoni ham kengayadi. Guruh vazifasini bajarish uchun bilimlari foydali bo'lgan talabaning paydo bo'lish ehtimoli ortadi. Ammo, hech nima qilishni istamagan talabaning paydo bo'lish ehtimoli ortadi, bu esa kichik guruh ishiga salbiy ta'sir etadi. Demak, kichik guruhning tarkibi shunday bo'lishi kerakki, barcha talabalarga, boshqalarning orqasiga berkinmay, ishlash imkonini bersin. Bu har qanday amaliy mashg'ulotning bosh mavazifasidir.

Kichik guruhlarini tashkil etishda talabalar bilimining teng kuchliligi, o'z-o'zini nazorat qilish, mashg'ulotlarga mustaqil tayyorlanishqobiliyati e'tiborga olinadi.

Innovatsion yondashuvdagi pedagogik texnologiyalar psixologik komponenti talaba va o'qituvchi orasidagi adaptiv o'zaro muloqatni e'tiborga

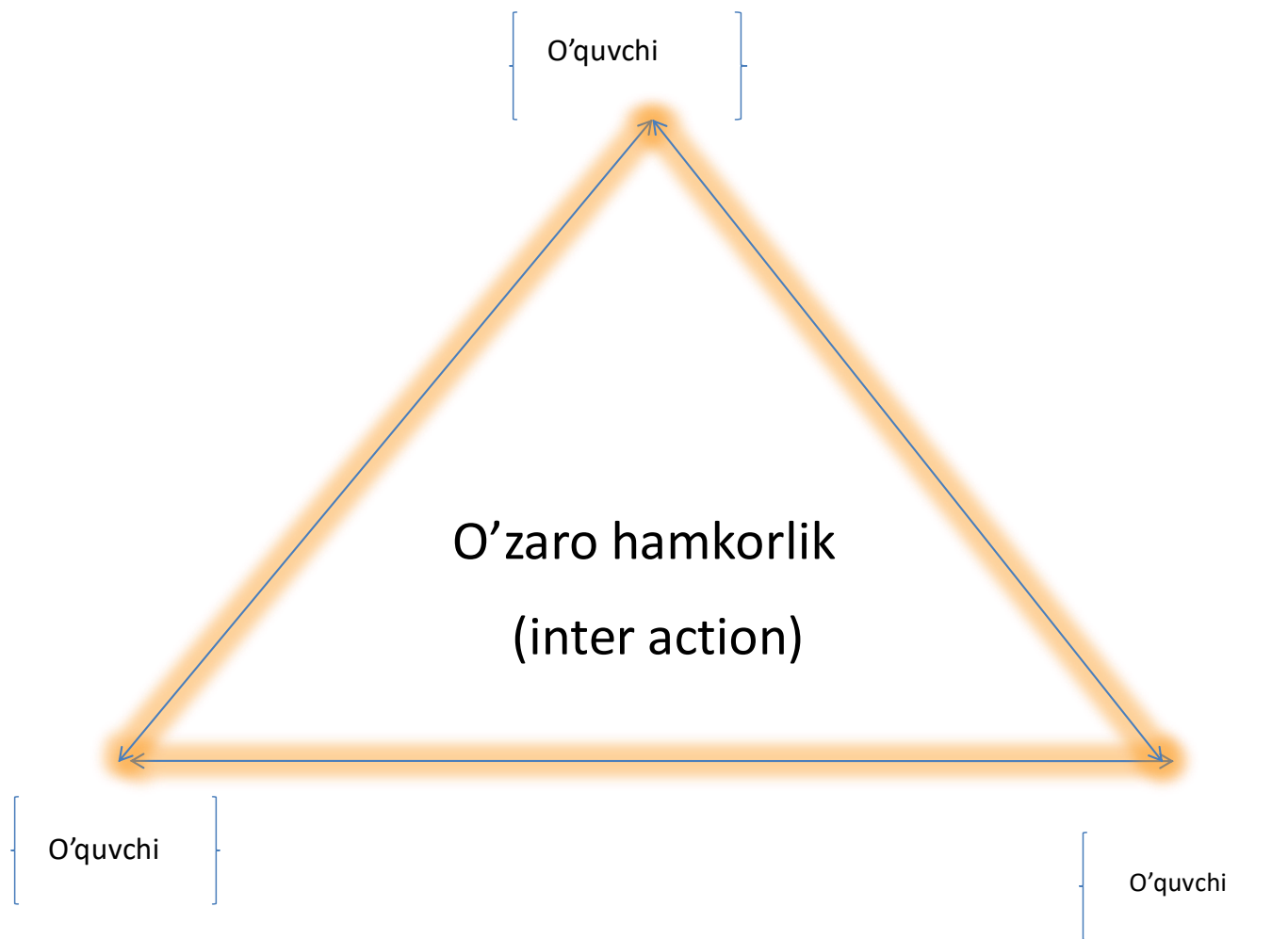
oladi. Kichik guruhlarda ishlashda o'qituvchining nazorati va rahbarligi talabalar tashabbusi va mustaqilligini bo'g'masligi lozim. Aks holda, talaba shaxsini erkin namoyon qiluvchi o'yinning mohiyati barbod bo'ladi. Ammo, guruh etakchisining mashg'ulotga yomon tayyorgarligida, o'qituvchi uni almashtirishi mumkin, bu esa katta tarbiyaviy ahamiyatga ega. SHu bilan birga o'qituvchining savol-javobda guruh etakchisiga ishonchi ijobiy samara beradi.

Fizikadan laboratoriya ishini bajarayotgan kichik guruh – bu oldiga qo'yilgan vazifani bajarishi shart bo'lgan jamoadir. Talabalar professional faoliyatining mazmunini ifodalovchi model bo'lib laboartoriya ishi xizmat qiladi, qaysiki shaklan kollektiv, mohiyati esa dialoglidir.

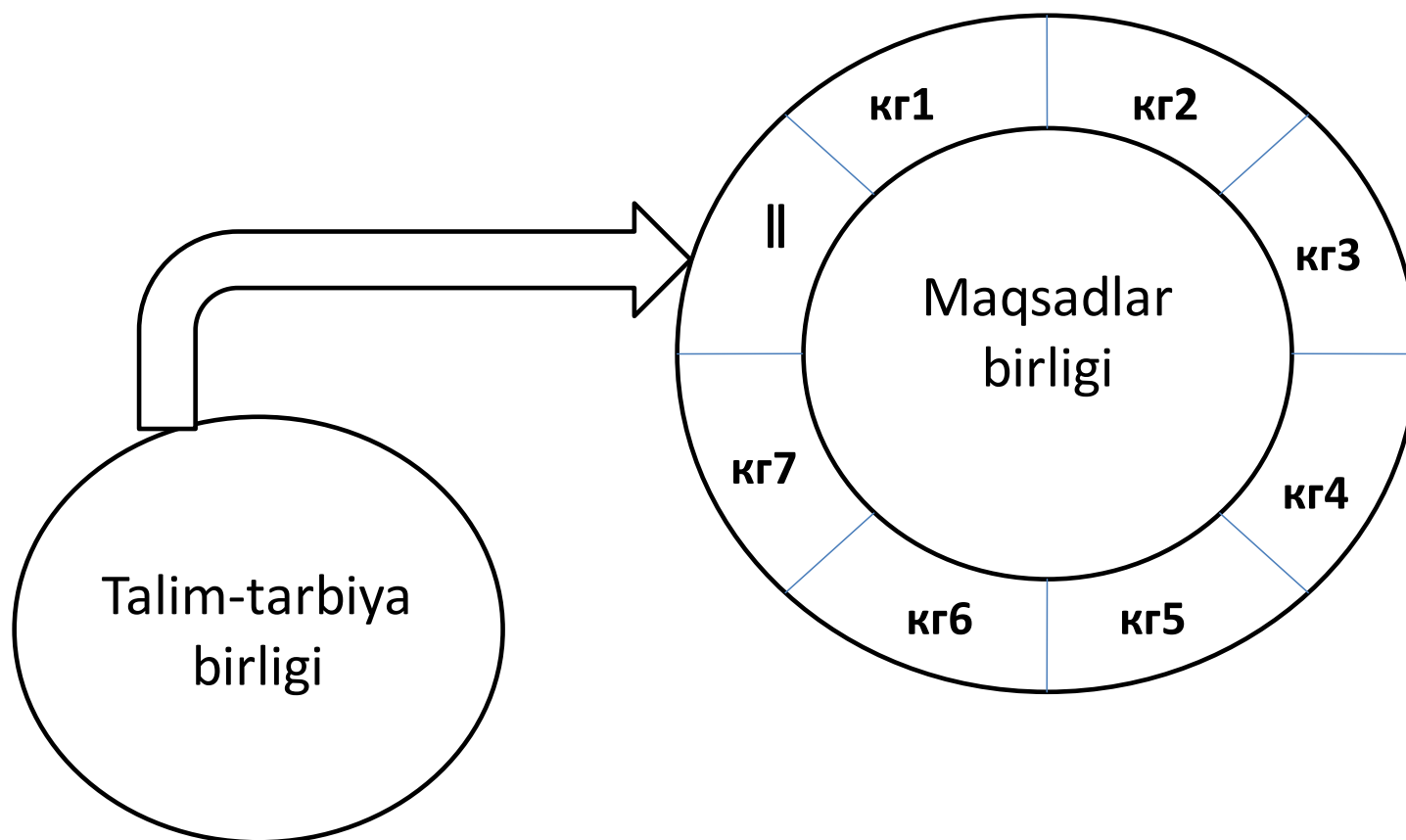
Agar kichik guruhlarda hamkorlik va o'zaro yordam amalga oshirilsa, u holda uning har bir a'zosi intellektual faollikka haqli, ish bo'yicha ishonchli natijalarni olishdan manfaatdor, ishning ma'lum qismi uchun shaxsan javobgar (qurilmani yoqish va o'chirish, tajriba o'tkazishda texnika xavfsizligini ta'minlash, natijalarga matematik ishlov berish, olingan natijalarni umumlashtirish va hakoza).

Fikrimizcha, har bir kichik guruh va o'qituvchi muloqotining individual shakli 1.1-rasmda, kollektiv shakli esa 1.2-rasmda ko'rsatilgan sxema bo'yicha qurilishi zarur.

1.1-rasmga muvofiq, har bir kichik guruh a'zolari va o'qituvchini hamjihat harakat (inter action) birlashtiradi: har bir kishi hammani o'qitishi kerak. Kichik guruhlarda ishlash sharoitida talaba o'z ishining natijalari bilan boshqalarni tanishtiradi, mutaxassis va kollektiv a'zosi sifatida o'qiydi va tarbiyalanadi.



1.1-rasm. Laboratoriya ishlarida kommunakatsiyaning individual formasi.



1.2-rasm. Laboratoriya ishlarida kommunikatsiyaning kollektiv formasi.

1.2-rasmga ko'ra, o'qituvchi (O') kichik guruh (KG) o'quvchilari kabi laboratoriya ishi tomonidan belgilangan umumiy maqsadga birlashgan. O'qituvchi eksperiment o'tkazish jarayoniga aralashmaydi, garchi uni nazorat qilib tursada. U maslahat beradi, ammo o'rgatmaydi va konkret sharoitda nima qilish zarurligini aytib bermaydi. Bu turdagi muloqotda kichik guruh etakchisi asosiy rolni o'ynaydi, lekin hamkorlikning boshqa yo'nalishlari ham bor. Muloqotlar markazi bo'lib maqsadlarning yagonaligi xizmat qiladi.

Kichik guruh konkret laboratoriya ishini bajarishi zarur. Uning har bir a'zosi ma'lum axborot qismiga ega (eksperimentni o'tkazish texnikasi haqida, ish natijalarini qayta ishlash usullari haqida va hokozo). Lekin, maqsadga qanday qilib samarali erishish kerak?

Kichik guruhlarda doim dinamik jarayonlar sodir bo'lib turadi. Bularga guruh a'zolari sharoitga moslashishiga omil bo'luvchi bosimni, ob'ektiv sharoitdan kelib chiqib (a'zolarining betobligi, harbiy xizmatdaligi, psixologik nomutanosiblik, ish natijalarining yomonligi) guruhni qayta tashkil etishni, guruhda vazifalar taqsimotini kiritish mumkin. Bularning hammasi kichik guruhlar ish natijasiga ta'sir etadi.

Demak, kichik guruhning muvaffaqiyatli ishlashi uchun kichik guruh jamoasi oldiga qo'yilgan maqsadga erishishda barcha bevosita murojaat etuvchi biror-bir etakchi (guruh etakchisi) bo'lishi muhim. Uni tanlashda, saylashda "inson omili"ni e'tiborga olish darkor [4].

Kichik guruh etakchisining vazifalariga quyidagilar kiradi:

1. Laboratoriya ishini o'tkazish uchun kichik guruh tarkibining tayyorgarligini ta'minlash;
2. O'z guruhi yoki boshqa guruh kursantlari hisobotlarini qabul qilish.

Etakchi tomonidan guruh shaxsiy tarkibini tayyorlash quyidagilarni o'z ichiga oladi:

1. Ma'ruzalar matnlari, darslik va o'quv qo'llanmalar bo'yicha nazariy materialni o'rganish;
2. Konkret laboratoriya ishi bo'yicha uslubiy ko'rsatmalarni o'rganish;

3. Mustaqil tayyorlanish vaqtida laboratoriya ishi hisobotlari blankini tayyorlash;
4. Maslahatlarga talabalarining borishini ta'minlash;
5. Uzrli sabab tufayli auditoriya mashg'ulotini o'tkazib yuborgan talabalarga yordam ko'rsatish.

Guruh etakchisi tomonidan talabalar hisobotini qabul qilish deganda eksperiment natijalarini tekshirish emas, balki laboratoriya ishi bo'yicha nazariy savol-javob o'tkazish tushuniladi. Talabaga guruh etakchisi tomonidan qo'yilgan bahoni o'qituvchi mashg'ulot yakunidan e'tiborga oladi, bu esa uning avtoritetini guruhda oshishiga sabab bo'ladi.

Eksperiment davomida o'quv guruhi tanlandi [1]. Anketa savollariga javob berib to'ldirishni so'rab o'quv guruhi shaxsiy tarkibining imkoniyatlari tengligini baholangan.

Anketada tadqiqotchilar har kimning intellektual imkoniyatlarini, tayyorgarlik darajasini ko'rib chiqishni taklif qilishgan. So'nra, kichik guruh etakchisi ro'yxatini tuzib, uni tanlash haqida anonim so'rov o'tkazilgan. Har bir familiya to'g'risida bo'sh katak qoldirilib, unga kichik guruh etakchisi bo'lishi mumkin bo'lgan talaba familiyasi yozilishi mumkin. Etakchining hamkorlik, kompromisslik, shaxsiy tarkibni boshqara olish, kichik guruh (KG) a'zolarining fikrlarini eshita olish, o'rtog'ining mehnatini ob'ektiv baholay olish qobiliyatlarini baholashga intilindi.

O'tkazilgan savol-javobda guruhning barcha talabalari taklif qilingan blankda besh ballik shkala bo'yicha ball qo'yib chiqqan. Javoblarga imzo qo'yilmadi, kursant o'z-o'zini baholashi ham mumkin bo'ldi. Anketadagi savol-javoblar asosida kichik guruh etakchilari tanlandi.

1.2. “Sinkveyn” usulini qo'llash

“Sinkveyn” atamasi fransuzcha va inglizchadan kelib chiqqan bo'lib “beshta yo'l” ma'nosini bildiradi. Bunday atalishiga sabab biror tushuncha, qonun, jarayon yoki jihozni tavsiflash uchun beshta qatordan (so'z, ibora, gapdan tashkil topgan qatorlar) foydalaniladi.

Birinchi qatorda mavzu bo'yicha ta'rifi, tavsifi berilishi zarur bo'lgan tushuncha yoki so'z gap bo'laklaridan – ot shaklida beriladi.

Ikkinchi qatorda otni ma'no jihatidan to'ldiruvchi ikkita sifat – so'z beriladi.

Uchinchi qatorda yuqoridagi so'z birikmalari bilan ma'no jihatidan bog'liq, ularni to'ldiruvchi bo'lgan uchta fe'l – so'zlar ishlatiladi.

To'rtinchi qatorda to'rtta so'zdan iborat, birinchi qatordagi so'zni yanada aniqroq ifodalab beruvchi so'z birikmasi ishlatiladi.

Beshinchi qatorga birinchi qatordagi so'zga sinonim bo'lgan so'z qo'yiladi.

Sinkveyn usuli yordamida fan bo'yicha oraliq va yakuniy nazoratlarni o'tkazish mumkin. Uning qulayligi – savolga aniq, ortiqcha so'z, iboralarsiz javob olish mumkinligidir. O'qituvchi mavolga yozilgan bir necha varaq javobni o'qib vaqt ketkazmaydi (aslida, tushunilishi qiyin yozuvda yozilgan javobni, ko'pincha, o'qituvchi doim ham oxirigacha o'qimaydi).

Sinkveyn yozishga oid misollar keltiramiz.

1-sinkveyn.

	<i>Sovuqlik</i>	
<i>tabiiy</i>		<i>sun'iy</i>
<i>olinadi</i>	<i>baholanadi</i>	<i>qo'llaniladi</i>
<i>Sovuqlik</i>	<i>sovutish mashinasida</i>	<i>olinadi</i>
	<i>issiqlik energiyasi</i>	

2-sinkveyn.

	<i>sovutgich</i>	
<i>freonli</i>		<i>kichik</i>
<i>hisoblanadi</i>	<i>ta'mirlanadi</i>	<i>taqqoslanadi</i>
<i>Ammiakli</i>	<i>katta</i>	<i>saqlagichlar uchun</i>
<i>sovutgich</i>	<i>sovutish mashinasi</i>	

3-sinkveyn.

	<i>muz</i>	
<i>quruq</i>		<i>suv (muzi)</i>
<i>ishlab chiqariladi</i>	<i>ishlatiladi</i>	<i>tashiladi</i>
<i>Quruq</i>	<i>karbonat angidridan</i>	<i>olinadi</i>
<i>muz</i>	<i>qattiq faza</i>	

III. NAZARIY MATERIALLAR

1-mavzu: Kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat, neft-gazni qayta ishlash sanoatlariining energotexnologiya asoslari.

REJA:

1. Umumiy tushunchalar
2. Energo-qayta ishlash-texnologik sistemalarni (QITS) termodinamik tahlil qilish usullari

Tayanch iboralar: energotexnologiya, texnologik sistema, termodinamik tahlil, entropiya, eksergiya.

1. Umumiy tushunchalar

Yoqilg'i – energetik resurslarni tejash va material, issiqlik yo'qotilishlarisiz ishlab chiqarishni tashkil etish, texnologik va energetik jarayonlarning o'zaro bog'liqlik qonuniyatlarini o'rganuvchi energetikaning bo'limi **energotexnologiya** deb ataladi.

Xozirgi vaqtgacha kimyo, oziq-ovqat va boshqa sanoat korxonalari birlamchi energo resurslarining (yoqilg'i, issiqlik va elektr energiya) asosiy iste'molchilari hisoblanadi. Korxonaning energo texnologik sxemasi to'g'ri loyihalanganda, nafaqat birlamchi energo resurslar sarfini kamaytirish, balki tashqaridan jalb etilayotgan issiqlik va elektr energiyaga hojat qolmaydi. Energetik jihozlar (issiqlik va bug' generatorlari, qozon-utilizatorlar, bug' va gaz turbinalari, issiqlik almashinish qurilmalari, sovitish qurilmalari, issiqlik nasoslari va transformatorlar) kimyo-texnologik jihozlarga bevosita bog'lanib, yagona sistemani hosil qiluvchi **energo-qayta ishlash– texnologik sistema** (QITS)larni yaratish eng istiqbolli hisoblanadi. Bunday QITSda texnologik parametrlarning har bir o'zgarishiga, energetik parametrlarning tegishli o'zgarishlari mos keladi va aksincha. Shu tariqa QITSda texnologik va energetik bosqichlar orasida o'zaro bog'liqlik vujudga keladi.

Birlamchi energo resurslarni tejash, ikkilamchi energo resurslardan unumli foydalanishga bog'liq; ikkilamchi energo resurslarga o'txona va texnologik gazlar, oqava suyuqliklar fizik issiqligi, sanoat chiqindilarining yonish issiqligi, kimyo korxonalari

mahsulot va xom-ashyolarining ortiqcha bosim energiyalari kiradi. Barcha kimyo-texnologiya sistemalarida (KTS) birlamchi energo resurslardan maksimal darajada foydalanish tayyor mahsulot sifatini pasaytirmasligi zarur.

Kimyo korxonalarini energo texnologiy sxemalarini yaratishda eng avval ishlab chiqarish chiqindilaridan maksimal foydalanish zarur. Buning imkoni bo'lmagan holdagina issiqlik olish maqsadida ishlab chiqarishning yonuvchan chiqindilarini yoqish maqsadga muvofiq. QITS yaratishga bunday yondoshish sababli energiya bo'yicha ham, material bo'yicha ham chiqindisiz texnologiyalarni yaratish mumkin. Boshqacha qilib aytganda, energotexnologiya energo resurslarni tejash va atrof muhitni himoya qilish imkonini beradi.

2. Energo-qayta ishlash-texnologik sistemalarni (QITS) termodinamik tahlil qilish usullari

QITSni yaratish uchun termodinamik tahlil qilish zarur. Bu tahlil quyidagi ikki maqsadlarda bajariladi:

1) QITS haqida ishonchli ma'lumotlarni olish uchun undagi energetik o'zgarishlar aniqlanadi (sistema va uning elementlari foydali ish koeffitsiyent qiymatlari, sistemadagi yo'qotilishlar taqsimoti va xarakteri, sistema har bir elementining nisbiy massasi, elementlararo aloqalar xarakteristikasi, atrof muhit bilan o'zaro ta'siri va boshqalar). Bu ma'lumot sistemani mukammallashtirish va uni sanoatning boshqa sistemalari bilan solishtirish ishlariga asos bo'ladi;

2) Maksimal termodinamik va iqtisodiy unumdorlikka erishish uchun QITS elementlarining turli xil parametrlari optimallashtiriladi. Bunda shuni nazarda tutish lozimki, ko'pincha termodinamik jihatdan unumli bo'lgan QITS iqtisodiy jihatdan unumli bo'lmaydi.

QITSni termodinamik tahlilining eng oddiy usuli termodinamikaning birinchi qonuniga asoslangan **energetik usulidir**. Bu usul QITS va uning elementlaridagi energiya yo'qotilishlarini, hamda jarayonlarning eng katta yo'qotilishlari bilan kechuvchi QITS elementlarini aniqlaydi. Energetik usulning asosiy kamchiligi, turli ko'rinishdagi

energiyaning qimmati, ya`ni energyaning amaliy yaroqliligi, e`tiborga olinmaydi. Bu esa, termodinamikaning ikkinchi qonuniga ziddir.

Xaqiqiy jarayonlarda qaytmas energiya yo`qotilishlari sodir bo`ladi. Shuning uchun hozirgi vaqtda sistemalarni termodinamik tahlil qilishda jarayonlarni qaytmasligini inobatga oluvchi ikkita usuli qo`llaniladi: **entropiya** (tsikllar usuli) va **eksbergiya usullari**. Ikkala usulga ham R.K.Klauzius, D.V. Gibbs va A.Stodolailmiyi shlarida asos solingan.Undan tashqari, bu usullarning rivojiga A.I.Andryushenko, V.M.Brodyanskiy, D.P. Goxshteyn va boshqalar o`z xissalarini qo`shganlar. Ikkala usul ham termodinamikaning ikkinchi qonuniga asoslangan bo`lib, bir maqsad uchun, ya`ni haqiqiy jarayonlardagi energiya yo`qotilishlarini aniqlash uchun ishlatiladi.

Entropiya usuli. Sistemalarni termodinamik tahlil qilishning qonunlari asosida tashqi energetic oqimlar (issiqlik miqdori va ish) va sistema parametrlari, hamda ayrim ichki parametrlar orasidagi bog`liqlikni aniqlash imkonini beradi.Termodinamik jarayonlar borayotgan sistemaning issiqlik balansini tahlil qilish bilan sistemani xarakterlovchi koeffitsiyentlarni hisoblash va ularni ideal termodinamik jarayonlarning o`xshash koeffitsiyentlari bilan taqqoslash mumkin. Bu jarayonlar qaytmasligi tufayli berilgan sistemadagi olinayotgan va sarflanayotgan ishlarning yo`qotilishlarini aniqlash imkonini beradi. Agar bu ma`lumotlar sistemaning muxandislik tahlili uchun yetarli bo`lmasa, u holda sikllar tahlili sistemaning alohida qismlaridagi entropiya ortishi hisobi bilan to`ldiriladi.

Sistemaning unumdorligini termodinamik baholash uchun quyidagi 4 savolga javob topish zarur:

- 1) Qurilma teskari tsiklining foydali ish koeffitsiyenti nechaga teng, u qaysi omillarga bog`liq va uni oshirish uchun nima qilish zarur?
- 2) Haqiqiy qurilmada jarayonlarning qaytmasligi tufayli sodir bo`luvchi yo`qotilishlar qancha?
- 3) Bu yo`qotilishlar qurilmaning elementlari bo`yicha qanday taqsimlangan?
- 4) Qaytmaslik darajasini kamaytirish, xususan tsikl foydali ish koeffitsiyentini oshirish maqsadida qurilmaning qaysi qismiga e`tabor berish zarur?

Ana shu vazifalarga binoan qurilmaning termodinamik tahlili ikki bosqichda amalga oshiriladi: avvaliga qaytar tsikl tahlil qilinib, so'ngra yo'qotilishlarning asosiy manbalari e'tiborga olingan holda, qaytmas tsikl tahlil qilinadi. Qaytar tsiklning foydali ish ko'effitsiyenti ushbu formuladan aniqlanadi:

$$\eta_t = \frac{q_u}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = \frac{l_u}{q_1} \quad (1)$$

va u termik foydali ish ko'effitsiyenti deb nomlanadi. Xaqiqiy tsiklniki esa:

$$\eta_i = \frac{l_u^D}{q_1} \quad (2)$$

Ichki foydali ish ko'effitsiyenti deyiladi. Ichki foydali ish ko'effitsiyenti ishchi jism amalga oshirayotgan jarayonlarning mukammallik darajasini xarakterlaydi.

Berilgan tsiklning mukammallik darajasi uning termik foydali ish ko'effitsiyentini Karno tsikli termik foydali ish ko'effitsiyenti bilan solishtirish orqali xarakterlanadi. Solishtirish bir xil temperaturalar oraligida amalga oshiriladi va nisbiy termik foydali ish ko'effitsiyenti, deb ataladi:

$$\eta_{oi} = \frac{\eta_t}{\eta_k} \quad (3)$$

Berilgan haqiqiy (qaytmas) tsikl nazariy (qaytar) tsiklga nisbatan qanchalik mukammal emasligini baholash uchun nisbiy ichki foydali ish ko'effitsiyenti tushunchasi kiritilgan:

$$\eta_{oi} = \frac{\eta_i}{\eta_t} = \frac{l_u^D}{l_u} \quad (4)$$

Lekin, qurilmaning haqiqiy sharoitlarda ishlashida η_{oi} bilan ifodalanuvchi qaytmas yo'qotilishlardan tashqari (ishchi jism hosil etuvchi jarayonlardagi yo'qotilishlar) issiqlik, mexanik, kimyoviy va elektrik jarayonlarning qaytmasligi tufayli paydo bo'luvchi yo'qotilishlar ham sodir bo'ladi. Shuning uchun, haqiqiy qurilmaning unumdorligi tashqi iste'molchiga berilgan energiya miqdorining (issiqlik yoki ish shaklidagi) qurilmaga uzatilgan energiya miqdori (issiqlik yoki ish shaklidagi) nisbatiga teng

bo'lgan **effektiv foydali ish koeffitsiyenti** η bilan xarakterlanadi. Sistema unumdorligi undagi eksbergiya bilan ham ifodalanishi mumkin: har bir elementdagi eksbergetik yo'qotilishlarni hisoblab, butun sistemadagi eksbergetik yo'qotilishlarni toppish mumkin.

Sistemaning asosiy elementi bo'lib, tashqi ish hisobiga siqish jarayonlarini amalga oshiruvchi qurilmalar (kompessorlar, turbo kompessorlar, nasoslar va h.) va kengayish hisobiga ish bajaruvchi qurilmalar (bug' va gaz turbinalari, turbo detanderlar) hisoblanadi. Xaqiqiy siqish va kengayish jarayonlari qaytmas bo'lib, sistemaning har bir j – elementining nisbiy ichki foydali ish koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

Kengaytiruvchi qurilmalar uchun

$$\eta_{oi,j}^p = \frac{l_{p,j}^{\Pi}}{l_{p,j}} \quad (5)$$

bu yerda $l_{p,j}^{\Pi}$ ba $l_{p,j}$ - sistema j – elementining haqiqiy va nazariy kengayish ishlari; siquvchi qurilmalar uchun

$$\eta_{oi,j}^c = \frac{l_{c,j}}{l_{c,j}^{\Pi}} \quad (6)$$

bu yerda $l_{c,j}$ ba $l_{c,j}^{\Pi}$ - sistema j – elementining tashqi energiya hisobiga bajargan nazariy va haqiqiy ishlari; bunda haqiqiy siqish ishida, nazariy jarayondagiga nisbatan ko'proq energiya ($l_{c,j}^{\Pi}$) sarflashga to'g'ri keladi.

Demak, qurilmadagi tsiklning qaytarishi:

$$l_u = \sum_{j=1}^{j=n} l_{p,j} - \sum_{j=1}^{j=n} l_{c,j} \quad (7)$$

Qaytmas ishi esa:

$$l_u^{\Pi} = \sum_{j=1}^{j=n} l_{p,j}^{\Pi} - \sum_{j=1}^{j=n} l_{c,j}^{\Pi} \quad (8)$$

yoki (5) va (6) formulalarni e'tiborga olsak:

$$l_u^{\Pi} = \sum_{j=1}^{j=n} l_{p,j} \eta_{oi,j}^p - \sum_{j=1}^{j=n} (l_{c,j} / \eta_{oi,j}^c) \quad (9)$$

U holda (4) formulani nazarga tutgan holda:

$$\eta_{oi} = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} l_{P,j} \eta_{oi,j}^P - \sum_{j=1}^{j=n} (l_{c,j} / \eta_{oi,j}^c)}{\sum_{j=1}^{j=n} l_{P,j} - \sum_{j=1}^{j=n} l_{c,j}} \quad (10)$$

Tsiklning ichki foydali ish koeffitsiyenti η_j (1), (7) va (10) formulalarni e`tiborga olgan holda:

$$\eta_i = \eta_{oi} \eta_t = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} l_{P,j} \eta_{oi,j}^P - \sum_{j=1}^{j=n} (l_{c,j} / \eta_{oi,j}^c)}{l_y} \cdot \frac{l_y}{q_1} = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} l_{P,j} \eta_{oi,j}^P - \sum_{j=1}^{j=n} (l_{c,j} / \eta_{oi,j}^c)}{q_1} \quad (11)$$

Sistemani har bir elementidagi yo`qotilishlar, shu elementlar effektiv foydali ish koeffitsiyenti $\eta_{e,j}$ bilan ham ifodalanadi. Cistema elementlarining barcha effektiv foydali ish koeffitsiyentini tsiklning absolyut ichki foydali ish koeffitsiyentlariga ko`paytirib, butun sistemaning effektiv foydali ish koeffitsiyentini hosil qilamiz:

$$\eta_e = \eta_{oi} \eta_t \prod_{j=1}^{j=n} \eta_{e,j} \quad (2)$$

bu yerda $\prod_{j=1}^{j=n}$ - sistemaning barcha n elementlaridagi qaytmas yo`qotilishlarni xarakterlovchi effektiv foydali ish koeffitsiyenti ko`paytmasi.

η_e foydali ish koeffitsiyenti sistemadan ajralgan issiqlikning qancha qismi tashqi iste`molchiga berilgan va unda foydali ishga aylanganini ko`rsatadi:

$$l_{noz} = \eta_e q_1 \quad (13)$$

Ma`lumki,

$$\Delta q = (1 - \eta_e) \cdot q_1 \quad (14)$$

Kattalik ishga aylanmagan q_1 issiqlikning bir qismidir va bu qism sovuqlik manbaiga berilayotgan q_2 issiqlikdan, hamda ishqalanish, temperaturalar farqi tufayli qurilma elementlarida ro`y beruvchi qaytmas jarayonlar issiqlik yo`qotilish Δq_{II} , atrof muhitga va boshqa yo`qotilishlardan tashkil topgan.

Ma`lumki,

$$\Delta q_{II} = l_y - l_{noz} \quad (15)$$

bu yerda l_{ts} – qaytar jarayonda olingan ish.

(1) va (13) formulalarni nazarda tutib quyidagini olish mumkin:

$$\Delta q_{II} = \eta_r q_1 - \eta_e q_1 = (\eta_r - \eta_e) q_1 \quad (16)$$

Maksimal qaytar tsikl ishi faqat Karno tsiklida olinishi mumkinligi uchun sistemadagi eksergetik maksimal yo'qotilishla Δl_P (Δq_P ning maksimal qiymatiga teng bo'lgan) quyidagiga teng:

$$\Delta l_{II} = q_1 (\eta_r - \eta_e) \quad (17)$$

QITSlarda energetic qurilmalardan farqli, mashinalar bilan bir qatorda hech qanday ish bajarmaydigan texnologik qurilmalar mavjud. Lekin temperaturalar farqi, kimyoviy reaksiya va boshqalar omillar tufayli bu qurilmalarda katta yo'qotilishlar bo'ladi. Ular, entropiya termodinamik usulida qurilmaning effektiv foydali ish koefitsiyenti η_{ye} aniqlanayotganda e'tiborga olinadi. Ammo bu yo'qotilishlarni aniqlash juda qiyin, shuning uchun bu usuldan foydalanilganda QITsning barcha elementlari - mashina va texnologik qurilmalar unumdorligini baholash o'ta muhimdir.

QITsdagi energiya yo'qotilishlar quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta l_{\text{ééé}}^{\text{éKTC}} = T_0 \Delta S^{\text{éKTC}} \quad (18)$$

Sistema entropiyasining o'zgarishi, uning alohida elementlaridagi entropiya o'zgarishlari yig'indisiga teng, ya'ni:

$$\Delta S^{\text{éKTC}} = \sum_{i=1}^{i=n} \Delta S_i \quad (19)$$

Atrof muhit temperaturasi T_0 ga ko'paytirib quyidagi ko'rinishni olamiz:

$$\Delta l^{\text{éKTC}} = T_0 \Delta S^{\text{éKTC}} = \sum_{i=1}^{i=n} T_0 \Delta S_i = \sum_{i=1}^{i=n} \Delta l_i \quad (20)$$

ya'ni butun sistemaning energiya yo'qotilishi, uning alohida elementlaridagi energiya yo'qotilishlar yig'indisiga teng. Δl_i ning topilgan qiymatlari QITsni qaysi elementlaridagi qaytmas jarayonlari Δl^{QITS} ga ko'proq tasir etishini ko'rsatadi. Demak, bu elementlardagi qaysi jarayonlar birinchi navbatda mukammallashtirilishi zarurligini ko'rsatadi.

Eksergetik usul. QITslarini termodinamik tahlil qilishning eksergetik usuli ekser-

giyadan foydalanishga asoslangan. Modda eksergiyasi bu–issiqlik manbai hisoblangan atrof muhit bilan sodir bo’luvchi qaytar jarayonda modda bajargan maksimal ishdir. Bu jarayon nihoyasida moddaning barcha turlari atrof muhitning hamma komponentlari bilan termodinamik muvozanat holatiga o’tishi zarur.

Eksergetik usul energiyaning QITSda turlicha o’zgarishi jarayonlarini termodinamik tahlil qilishning universal yo’lidir. Barcha haqiqiy jarayonlar qaytmasdir va bujarayonlar mukammalligini pasaytiruvchi omildir. Qaytmaslik energiya yo’qotilishi tufayli emas, balki uning sifati pasayishi tufaylidir, chunkiqaytmasjarayonlardaenergiyayo’qolmaydi.Masalan, ishchi jismning drossellanishi uning energiyasini o’zgartirmaydi (i_1-i_2), balki uning ish bajarish yaroqliligini yoki issiqlik almashinish qurilmalarida ishlatish imkonini pasaytiradi. Shunday qilib, har bir qaytmas jarayon – energiya yo’qotilishidir. QITSni termodinamik tahlil qilishning eksergiya usulini universalligi shundaki, tahlil qilinayotgan sistemaning xarakteri (masalan, yopiq yoki ochiq) printsipial ahamiyatga ega emas: masalani yechishga yondashish va uni yechish usuli o’zgarmaydi. QITSni termodinamik tahlil qilishning eksergetik usulida sistemaning barcha elementlari alohida mustaqil sistema deb qaraladi. QITS har bir elementining unumdorligini baholash, bu elementga kirishdagi eksergiyani, undagi qaytmas jarayonlar tufayli sodir bo’luvchi eksergiya yo’qotilishi bilan solishtirish orqali bajariladi. Shunday qilib, tadqiqot qilinayotgan QITSning harbir elementdagi eksergiya yo’qotilishlarini aniqlashda undagi jarayonlar mukammal emaslik sabablari aniqlanadi va miqdoran baholanadi. Bu esa, o’z navbatida, barcha elementlar mukammalligini oshirish imkoni haqida ma’lumot beradi va natijada eng mukammal QITS yaratiladi.

Eksergetik usulning amaliy qo’llanilishiga oid perspektiv izlanishlar ToshDTUni “Sovitish va kriogen texnikasi” kafedrasida prof. ZokirovS.G., t.f.d., dots. KarimovQ.F. va xodimlari tomonidan olib borilmoqda.

Nazorat savollari:

1. Energotexnologiya nima?
2. Energiya va qayta ishlangan maxsulot orasida qanday bog’liqlik mavjud?
3. Texnik sistemalarni termodinamik taxlil qilishning qanday usullari mavjud?

4. Energegik usul nima?
5. Entropiya usuli nima?
6. Eksergetik usul nima?

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S. G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – T.: Sharq. 2015.-848 b.
2. Tsatsaronis, G. & Morosuk, T. Advances in exergy-based methods for improving energy conversion systems. // “*Optimization using exergy-based methods and computational fluid dynamics*”, G.Tsatsaronis & A.Boyano A., eds., Clausthal-Zellerfeld: Papierflieger Verlag, p.1-10. 2009.

2-mavzu: Eksergiya turlari. eksergetik balans tenglamalari.

Reja:

1. Yopiq hajmdagi modda eksergiyasi
2. Modda oqimi termomexanik eksergiyasi
3. Kimyoviy eksergiya
4. Issiqlik oqimi eksergiyasi
5. Nurlanish eksergiyasi

Tayanch iboralar: mexanik, elektrik, issiqlik energiyalari, sarflangan ish, eksergetik funktsiya.

Eksergiya asosan quyidagi ikki turga bo'linadi:

Entropiya bilan ifodalanmaydigan, energiyaning o'zidan iborat eksergiya, ya'ni $y\neq E$ (mexanik, elektrik va boshqa energiyalar) va entropiya bilan ifodalanuvchi eksergiya, ya'ni yeE (ichki energiya, nurlanish energiyasi, termomexanik, kimyoviy eksergiyalar). Ikkinchi tur eksergiya, o'z navbatida, yopiq hajmdagi modda eksergiyasi, modda oqimi eksergiyasi va energiya oqimi eksergiyasiga bo'linadi. Yopiq hajmdagi modda eksergiyasi termomexanik (fizik), kimyoviy va nurlanish eksergiyalaridan iborat. Modda oqimi eksergiyasi termomexanik va kimeviy (nol) eksergiyadan iborat. Energiya oqimi eksergiyasi issiqlik oqimi va nurlanish eksergiyasidan iborat.

1. Yopiq hajmdagi modda eksergiyasi

Yopiq hajmdagi modda eksergiyasi $-e_v$. Bu eksergiya yopiq sistemalar uchun ko'riladi. Yopiq hajmdagi modda termomexanik eksergiyasini, ya'ni boshlang'ich parametrlari p, v, T, u, i, s bo'lgan moddaning atrof muhit bilan muvozanatga qaytar jarayonda o'tishidagi maksimal ishni aniqlaymiz. Muvozanat holatida atrof muhit parametrlari $p_0, v_0, T_0, u_0, i_0, s_0$ ga erishadi. Modda atrof muhit bilan muvozanat holatiga o'tishi uchun uning ichki energiyasi issiqlik olish (yoki berish) yoki tashqi ish bajarish hisobiga o'zgartirilishi zarur, chunki termodinamikaning birinchi qonuniga ko'ra $du = \delta q - \delta l$.

Qaytar jarayonda moddaga issiqlik berish yoki undan issiqlikning atrof muhitga tarqalishi – muhit temperaturasiga teng bo'lgan, ya'ni $\delta q = T_0 dS$ o'zgarmas temperatura-da amalga oshadi. Bunda yopiq hajmdagi modda eksergiyasi de_v , ish δl va moddaning atrof muhit bosimini yengishga sarflagan ishi $p_0 d v$ ayirmasiga teng, ya'ni

$$de_v = \delta l - p_0 dv = \delta q - du - p_0 dv = T_0 dS - du - p_0 dv \quad (21)$$

Yoki integrallashtirishdan so'ng

$$e_v = T_0(S_0 - S) - (u_0 - u) - p_0(v_0 - v) = (u - u_0) - T_0(S - S_0) + p_0(v - v_0) \quad (22)$$

Moddani o'rab turgan ushbu muhit uchun p_0, v_0, T_0, u_0 va s_0 kattaliklar o'zgarmas bo'lgani uchun (22) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$e_v = u - T_0 S + p_0 v + c \quad (23)$$

bu yeda $c = -u_0 + T_0 S_0 - p_0 v_0 = \text{const}$ va demak, e_v kattalik modda va muhit holatining parametri – **eksergetik funktsiya** ekan.

2. Modda oqimi termomexanik eksergiyasi

Modda oqimi termomexanik eksergiyasi. Bu eksergiyani aniqlash uchun moddaning p, v, T, u, i, S parametrli holatidan $p_0, v_0, T_0, u_0, i_0, S_0$ parametrli atrof muhit bilan muvozanat holatiga qaytar jarayonda o'tish maksimal ishini hisoblash zarur. Tabiiyki, modda oqimining eksergiyasi e yopiq hajmdagi modda eksergiyasidan e_v oqimni hara-

katlantirishiga sarflangan ish miqdoriga farq qiladi. Xolatni to'liq o'zgartirish uchun bu ish $p v$ ishi bilan muhit qarshiligini yengish ishi $p_0 v$ ayirmasiga teng:

$$p v - p_0 v = v \cdot (p - p_0) \quad (24)$$

Demak, modda oqimi eksergiyasi

$$e = e_v + v \cdot (p - p_0) \quad (25)$$

(25) formuladagi e_v o'rniga uning (24) dagi qiymatini qo'ysak, quyidagini olamiz:

$$e = i - T_0 S + C \quad (26)$$

bu yerda e ham e_v kabi eksergetik funktsiyadir, chunki uning qiymati modda va muhit parametrlari bilan ifodalanadi.

Odatda, hisoblashlarda Δe_v va Δe kattaliklar ayirmasi sistemaning ikki holatida aniqlanadi. Bu holda Δe_v va Δe lar mos ravishda quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta e_v = \Delta u - T_0 \Delta S + p_0 \Delta v \quad (27)$$

$$\Delta e = \Delta i - T_0 \Delta S \quad (28)$$

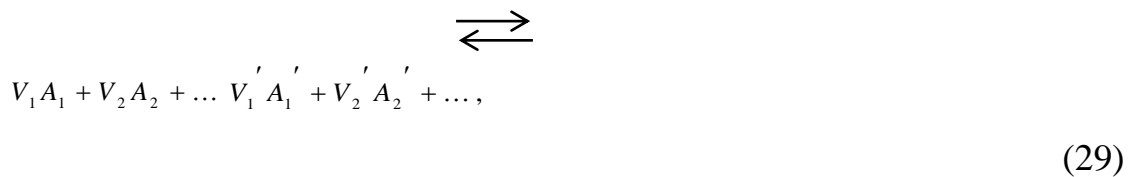
Shuni nazarda tutish lozimki, yopiq hajmdagi modda eksergiyasi atrof muhitga temperature va bosim orqali bog'liq; atrof-muhit tarkibi esa, ahamiyatga ega emas.

3. Kimyoviy eksergiya

Kimyoviy eksergiya - e_0 . Bu eksergiya modda va atrof muhitning tegishli komponentlari o'rtasidagi kimyoviy potentsiallar muvozanati bilan bog'liq bo'lib, p_0 va T_0 da muvozanat o'rnatilish qaytar jarayondagi olinishi mumkin bo'lgan ish miqdori bilan o'lchanadi. Shuni yodda tutish lozimki, moddaning atrof muhit bilan massa almashinish jarayonlari doimo ham kimyoviy reaksiyalar vositasida bo'lavermaydi; bunga misol ajratish, aralashish va erish jarayonlaridir. Kimyoviy reaktorlarda kimyoviy eksergiya asosiy jarayon bo'lib hisoblanadi. $y e_0$ ni aniqlash uchun atrof muhit tarkibini bilish zarur. Lekin atrof muhit tarkibi ko'p jinsliliigi uchun $y e_0$ ning absolyut qiymatini hisoblash aniqligi $y e$ va $y e_v$ larnikidek emas. Amaliyotda $y e_0$ ni hisoblashda ma'lum soddalashtirishlar qilinishi zarur.

Kimyoviy o'zgarishlardagi kimyoviy (nol) eksergiyani hisoblaylik. Kimyoviy

reaktorda quyidagi reaksiya borayotgan bo'lsin:



bu yerda, V_1, V_2, \dots va V_1', V_2', \dots dastlabki A_1, A_2, \dots moddalar va olinuvchi A_1', A_2', \dots moddalarning stexiometrik koeffitsiyentlari.

Muxandislik amaliyotida kimyoviy reaktorlarda borayotgan kimyoviy o'zgarishlar uchun nol ekssergiya modda oqimi ekssergiyasi ye ni aniqlash formulasi (26) asosida hisoblanadi.

Agar reaksiya $T=298K$ temperaturada kechsa, u holda ekssergiya YE_{xp} (kJ/mol) quyidagicha aniqlanadi:

$$E_{xp} = \Delta Z_{298}^0 - \sum_j E_{0,j} \quad (30)$$

bu yerda

$$\Delta Z_{298}^0 - \sum_i V_i (\Delta Z_{298}^0)_i - \sum_i V_i' (\Delta Z_{298}^0)_i' = \sum_i V_i (\Delta i_{298}^0)_i - \sum_i V_i' (\Delta i_{298}^0)_i' - T_0 \left[\sum_i V_i (S_{298}^0)_i - \sum_i V_i' (S_{298}^0)_i' \right]$$

bu yerda $\Delta Z_{298}^0 - T = 298 K$ - standart izobar-izotermik potentsial, kJ/mol; (ΔH_{298}^0) ' va (ΔH_{298}^0) - reaksiyani boshlanish va oxiridagi tashkil etuvchilar entalpiyalarining standart qiymatlari, kJ/mol; (S_{298}^0) ' va (S_{298}^0) - reaksiyani boshlanish va oxiridagi entalpiyalarning standart absolyut qiymatlari, kJ/mol; $\sum_j E_{0,j}$ - p_0 va T_0 da olingan reak-

tsiyada ishtirok etuvchi qo'shimcha moddalar [(29) tenglamaning chap qismi] kimyoviy (nol) ekssergiyasining yig'indisi (masalan, $CaCO_3$ ni olish reaksiyasida $Ca + 0,5O_2 + CO_2 = CaCO_3$ tenglama bo'yicha qo'shimcha modda bo'lib O_2 va CO_2 lar hisoblanadi).

Qo'shimcha moddalar kimyoviy (nol) ekssergiyasini aniqlash uslubi va ularning eng ko'p tarqalgan noorganik birikmasining elementlari uchun qiymatlari maxsus adabiyotda berilgan.

4. Issiqlik oqimi q ekssergiyasi

Issiqlik oqimi q ekssergiyasi – ye_q . Bu ekssergiya quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$e_q = \sum_{i=1}^{i=n} \delta q_i \frac{T_i - T_0}{T_i} = \sum_{i=1}^{i=n} \delta q \tau e_i \quad (31)$$

bu yerda $\tau_e = 1 - (T_0 / T)$ – eksergetik temperature funksiyasi deb ataluvchi kattalik.

Xususiy $T=idem$, $\tau_e=1-(T_0/T)=idem$ holda (31) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$e_q = q \cdot \tau_e \quad (32)$$

ma`lumki τ_e funksiya universal ahamiyatga ega: u yopiq va ochiq termodinamik jarayonlarning maksimal ekssergiyasini aniqlash uchun yaroqli.

Oqim termomexanik ekssergiyasining o`zgarmas bosimdagi entalpiya bo`yicha xususiy hosilasi τ_e ga teng:

$$\left(\frac{\partial e}{\partial i} \right)_p = \tau_e \quad (33)$$

$(di)_p = \delta q_p$ yoki $(\Delta i)_p = q_p$ bo`lgani uchun (31) va (32) tenglamalardan

$$(\Delta e)_p = (\Delta i)_p \tau_e = q_p \tau_e = (e_q)_p \quad (34)$$

ekani ma`lum bo`ladi, ya`ni izobar jarayondagi ishchi jism oqimi ekssergiyasining o`zgarishi shu jarayon bilan bog`liq issiqlik oqimi ekssergiyasiga teng. Demak, o`zgarmas bosimda sodir bo`layotgan issiqlik almashinish jarayonlarida issiqlik oqimi ekssergiyasini modda oqimi **ekssergiyasi ayirmasi** Δe dan aniqlash mumkin. Bu hisob ishlarini ancha osonlashtiradi, chunki bevosita e_q ni hisoblash, masalan o`zgaruvchan temperaturada, juda murakkabdir.

5. Nurlanish ekssergiyasi

Nurlanish ekssergiyasi - e_ϵ . Bu ekssergiya nurlanish atrof muhit bilan muvozanat holatiga kelish (T_0) da qaytar jarayondagi maksimal ish bilan ifodalanadi. Uni quyidagi tenglamadan hisoblab topish mumkin:

$$e_\epsilon = \epsilon C_0 \left\{ \left(\frac{T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 - \frac{4}{3} T_0 \left[\left(\frac{T}{100} \right)^3 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^3 \right] \right\} \quad (35)$$

bu yerda ε - yuzaning qoralik darajasi; S_0 – absolyut qora jismning nurlanish koeffitsiyenti.

Nazorat savollari:

1. Yopiq hajmdagi modda eksergiyasi qanday hisoblanadi?
2. Modda oqimi termomexanik eksergiyasi qanday hisoblanadi?
3. Kimyoviy eksergiya qanday hisoblanadi?
4. Issiqlik oqimi eksergiyasi qanday hisoblanadi?
5. Nurlanish eksergiyasi qanday hisoblanadi?

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S. G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – T.: Sharq. 2015.-848 b.
2. Tsatsaronis, G. & Morosuk, T. Advances in exergy-based methods for improving energy conversion systems. // *“Optimization using exergy-based methods and computational fluid dynamics”*, G.Tsatsaronis & A.Boyano A., eds., Clausthal-Zellerfeld: Papierflieger Verlag, p.1-10. 2009.

3-mavzu: Kimyoviy jarayonlarning termodinamik tahlili.

Reja:

1. Kimyoviy jarayonlar uchun eksergetik tahlil maqsadi, tartibi
2. Kimyo ishlab chiqarish korxonasining xarakterli sxemasi

Tayanch iboralar: kimyo ishlab chiqarish, foydali ish koeffitsienti (FIK), texnologik jarayon, endotermik reaksiya, ekzotermik reaksiya.

1. Kimyoviy jarayonlar uchun eksergetik tahlil maqsadi, tartibi

Bu ma’ruzada asosan, ayrim kimyo ishlab chiqarish korxonalarining eksergetik tahlil natijalari keltirilgan.

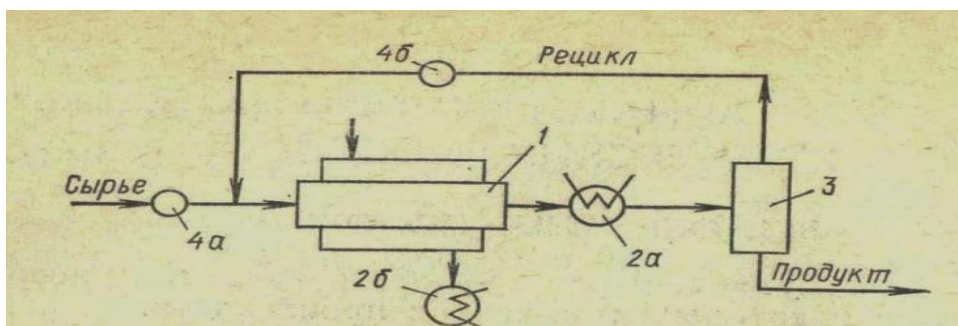
Eksergetik tahlilning birinchi vazifasi eksergetik FIKni hisoblashdan iborat. Ularning qiymati jarayon mukammallik darajasini yoki boshqacha aytganda, jarayon mobaynida energiyadan malakali foydalanish darajasini aks ettiradi. Ammo bu taqqoslash birmuncha shartli, chunki FIK qiymati eksergiyaning sanoq boshiga hamda ma’lum sharoitda FIKning qaysi varianti topilganiga bog‘liq. SHunday qilib, turli

jarayonlar uchun turli mualliflar hisoblagan FIK qiymatlarini taqqoslashda ularning qiymatlari qaysi yo‘l bilan topilganini e‘tiborga olish lozim. Quyida turli texnik sistemalarning eksergetik FIK keltirilgan:

Bu ma‘lumotlardan ko‘rinadiki, kimyo ishlab chiqarish jarayonlarining termodinamik samaradorligi xar xil va 9% dan 78% gacha. Agar elektroenergiyani ishlab chiqarish ($\eta_e = 40\%$) bilan solishtirish o‘rinli bo‘lsa, u holda bunday yirik tonnajli ko‘p energiya sarflovchi jarayonlar azot va oltingugurt kislotasi, edkiy natr va xlor ishlab chiqarish energetika nuqtai nazaridan umuman nodir mukammal. Ammo bu xulosani energetik yo‘qotuvlar sababini va ularni kamaytirishning ratsional usullarini ko‘rsatib beruvchi batafsil tahlil bilan tasdiqlash lozim. Buning uchun yo‘qotuvlarni ishlab chiqarish bosqichlari bo‘yicha (dastlabiga ular orasidagi bog‘liqliklarni e‘tiborga olmay) taqsimlash maqsadga muvofiq.

2. Kimyo ishlab chiqarish korxonasining xarakterli sxemasi

Kimyo ishlab chiqarish korxonasining xarakterli sxemasi 1-rasmda soddalashtirilgan ko‘rinishda berilgan. Xom-ashyoni kimyoviy qayta ishlash reaktor *1* da amalga oshiriladi. Agar endotermik reaksiya borayotgan bo‘lsa, u holda reaktorga issiqlik beriladi, agar reaksiya ekzotermik bo‘lsa – reaksiya zonasida yoki reaktordan chiqishda issiqlik olinishi mumkin. Barcha hollarda reaktordan chiquvchi yuqori temperaturali reaksiya mahsulotlarining energiyasi *2a* apparatda ishlatiladi. Agar reaktor devor orqali isitilsa, u holda energiyani *2b* apparatda utilizatsiya qilinadi.



1-rasm

Reaksiya natijasida olinadigan mahsulotlar hamda reaksiyaga kirishmagan dastlabki moddalar ajratilish uchun 3 apparatga yuboriladi, undan mahsulot va reaksiyaga kirishmagan xom-ashyo olinadi. Real sxemalarda bunga o'xshash jarayonlar ko'p marta uchrashi mumkin, shuningdek retsirkulyasiya qilinuvchi aralashmani pobochniy reaksiya mahsulotlaridan tozalashga o'xshash xom-ashyoni tayyorlash bosqichlari (tozalash, ajratish) bilan to'ldirilishi mumkin.

Keltirilgan sxemadan ko'rinadiki, kimyo sanoatining barcha jarayonlarini to'rt guruhga bo'lish mumkin: kimyoviy jarayonlar (1 apparat); issiqlikni rekuperatsiya qilish jarayonlari (2 apparatlar – utilizatsiya qozonlari, issiqlik almashinish apparatlari, qaynatgichlar, sovutgichlar va h.k.); ajratish va tozalash jarayonlari (3 apparat), masalan absorbsiya adsorbsiya, rektifikatsiya, ekstraksiya, kristalizatsiya, quritish kabi jarayonlar hamda siqish, kengayish, gaz-suyuqliklarni haydash jarayonlari (4 apparatlar – nasoslar, kompressorlar, turbinalar va boshqalar).

Tahlilning maqsadlaridan biri sanab o'tilgan to'rtta jarayonlardan qaysi biri katta yo'qotuvlarga olib kelishini aniqlashdan iborat.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni umumiy ko'rinishda quyidagicha ta'riflash mumkin: o'z-o'zidan sodir bo'ladigan har qanday protsess qaytmas protsessdir; yetarlicha aniq bo'lgan bu xulosani biz bundan oldingi ma'ruzada muhokama qilganmiz. Ikkinchi qonunning barcha boshqa ta'riflari bu umumiy ta'rifning xususiy hollaridan iborat.

R.Klauzius (1850 yilda) termodinamikaning ikkinchi qonunini quyidagicha ta'rifladi: issiqlik ancha sovuq jismdan ancha issiq jismga o'z-o'zidan o'ta olmaydi.

V.Tomson (lord Kelvin) 1851 yilda quyidagi ta'rifni taklif etdi: jonsiz material agent yordamida moddaning qandaydir massasidan uni atrofdagi predmetlarda eng sovuq'ining temperaturasidan past temperaturagacha sovutish yo'li bilan mexanikaviy ish olib bo'lmaydi.

M.Plank quyidagi ta'rifni taklif etdi: barcha ish bironota yukni ko'tarish va issiqlik manbaini sovutishdan iborat bo'lgan davriy ishlaydigan mashina qurib bo'lmaydi. Davriy ishlaydigan mashina deganda uzluksiz ravishda siklik protsessda issiqlikni ishga aylantiruvchi mashinani tushunish kerak. Haqiqatan ham, agar bironota manbadan to'g'ridan-to'g'ri issiqlik olib, uni uzluksiz (siklik ravishda) ishga aylantiradigan issiqlik dvigateli qurish iloji bo'lganda edi, bu hol sistemada muvozanat holati bo'lmaganidagina (jumladan, issiqlik dvigateliga tatbiqan – sistemada issiq va sovuq

manbalar temperaturasining ayirmasi bo'lganda) bu sistemaning ish bajarishi mumkinligi to'g'risida bundan oldin ta'riflangan qoidaga qarama-qarshi bo'lur edi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni qo'yadigan cheklashlar mavjud bo'lmagan edi, bu hol loaqal bitta issiqlik manbai bo'lganda ham issiqlik dvigateli qurish mumkinligini bildirar edi. Bunday daigatel, masalan, okeandagi suvning hisobiga ishlay olgan bo'lur edi. Okeanning barcha ichki energiyasi ishga aylanmagunicha bu protsessning davom etishi mumkin bo'lardi. Shu tarzda ishlaydigan issiqlik mashinasini V.F.Osvald o'rinni qilib ikkinchi tur abadiy dvigatel (energiyaning saqlanish qonuniga qarama-qarshi o'laroq ishlaydigan birinchi tur abadiy dvigateldan farqli o'laroq) deb atadi. Aytib o'tilganlarga muvofiq termodinamika ikkinchi qonuniga Plank bergan ta'rifni quyidagicha o'zgartirib aytish mumkin: ikkinchi tur abadiy dvigatel qurib bo'lmaydi. Ikkinchi tur abadiy dvigatelning mavjud bo'lishi termodinamikaning birinchi qonuniga qarshi bo'lmasligini aytib o'tish kerak; haqiqatan ham, bu dvigatelda ish hech narsadan emas, balki issiqlik manbaining ichki eneriyasi hisobiga bajarilgan bo'lur edi.

Issiqlik protsesslarining o'ziga xos muhim xususiyatini ta'kidlab o'tish zarur. Mexanikaviy ishni, elektrik ishni, magnitaviy kuchlarning ishi va hokozolarni qoldiqsiz, batamom to'la issiqlikka aylantirish mumkin. Issiqlikka kelsak davriy takrorlanadigan protsessda uning bir qismigina mexanikaviy va boshqa turlardagi ishga aylanishi mumkin: uning boshqa qismi muqarrar ravishda sovuq manbaga berilishi kerak.

Endi qaytar sikllarning ba'zi bir muhim xossalarini ko'rib chiqishga o'tamiz.

Qaytar Karno siklining f.i.k. quyidagi

$$\eta_r = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

munosabat yordamida aniqlanadi, umumiy ko'rinishda esa har qanday siklning termik f.i.k. ta'rifiga ko'ra

$$\eta_r = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}.$$

Bunday qaytar Karno sikli uchun

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}, \quad (2-1)$$

yoki, xuddi shuning o'zi,

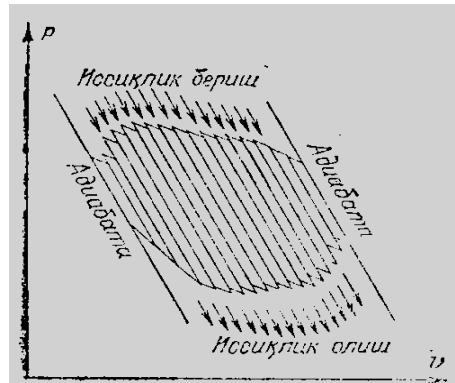
$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} \quad (2-2)$$

kelib chiqadi.

Bu munosabat umumiy ko'rinishda quyidagicha yozilishi mumkin:

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0. \quad (2-3)$$

Issiqlik uchun ishora tanlash shartli ekanligini eslatib o'tish lozim: masalan, to'g'ri siklda (bu siklning amalga oshirilish natijasi bajarilgan ish bo'ladi) issiqlik Q_2 ish jismiga nisbatan minus ishora (issiqlik ish jismidan olinadi), issiqlikning sovuq manbaga nisbatan esa plus ishoraga (issiqlik Q_2 sovuq manbaga beriladi) ega bo'lishi kerak.



2-1-rasm

Oxirgi munosabatni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\sum \frac{Q}{T} = 0. \quad (2-4)$$

Ixtiyoriy qaytar siklni ko'rib chiqamiz. Ixtiyoriy qaytar siklni amalga oshirish uchun issiqlik manbaining soni cheksiz ko'p bo'lishi kerakligini eslatib o'tamiz. Avvalgi ma'ruzalarda ko'rsatilganidek, har qanday qaytar siklni har qaysisi o'zi ΔQ_1 issiqlik oladigan issiq manba va o'zi ΔQ_2 issiqlik beradigan sovuq manbaga bog'liq bo'lgan juda ko'p sonli elementar Karno siklidan (2-1-rasmga qarang) iborat deb tasavvur etish mumkin. (2-3) tenglamani hisobga olib, bu elementar sikllarning har qaysisi uchun (ularning umumiy sonini n bilan belgilaymiz) quyidagini yozish mumkin:

1-sikl:

$$\frac{\Delta Q_1^{(1)}}{T_1^{(1)}} + \frac{\Delta Q_2^{(1)}}{T_2^{(1)}} = 0;$$

2-sikl:

$$\frac{\Delta Q_1^{(2)}}{T_1^{(2)}} + \frac{\Delta Q_2^{(2)}}{T_2^{(2)}} = 0;$$

.....

n -sikl:

$$\frac{\Delta Q_1^{(n)}}{T_1^{(n)}} + \frac{\Delta Q_2^{(n)}}{T_2^{(n)}} = 0.$$

Bu munosabatlarni qo'shib quyidagini hosil qilamiz:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\Delta Q_1^{(i)}}{T_1^{(i)}} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta Q_2^{(i)}}{T_2^{(i)}} = 0, \quad (2-5)$$

yoki, (2-4) ga o'xshash

$$\sum_{i=1}^n \frac{\Delta Q}{T} = 0. \quad (2-6)$$

Agar cheksiz kichik sikllar ko'riladigan bo'lsa, limitda

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta Q}{T} = \oint \frac{dQ}{T} \quad (2-7)$$

bo'ladi, bundan (2-6) ga muvofiq quyidagini hosil qilamiz:

$$\oint \frac{dQ}{T} = 0. \quad (2-8)$$

(2-8) tenglamaning integrali *Klauzius integrali* deb yuritiladi. (2-8) tenglama har qanday *qaytar* sikl uchun klauzius integrali nolga tengligini ko'rsatadi.

Integral ostidagi ifodaning xossasini aniqlaymiz. Integral ostidagi funktsiya uchun quyidagi belgilashlarni kiritamiz:

$$dS = \frac{dQ}{T}. \quad (2-9)$$

U holda (2-8) tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\oint dS = 0. \quad (2-10)$$

Ikkita ixtiyoriy xolat A va B orasida (4-2-rasm) qar qanday yo'l bo'yicha olingan egri chizikli integral $\int_{(l)} pS$ ning qiymati protsess amalga oshirilgan yo'lga bog'liq

bo'lmasdan, faqat shu protsess amalga oshiriladigan oxirgi holatlarga bog'liq, ya'ni

$$\int_{AaB} dS = \int_{AbB} dS = \dots = \int_A^B dS = S_B - S_A \quad (2-11)$$

bo'lishini ko'rsatish qiyin emas.

Shunday qilib, integral ostidagi s funktsiya ichki energiya va entalpiyaga o'xshab holat funktsiyasidan iborat ekan – uning qiymati holat parametrlari bilan bir qiymatda aniqlanadi. Avval qayd etib o'tilganidek, holat funktsiyasining diferentsiali to'la diferentsial ekanligini ham eslatib o'tamiz.

Klauzius kiritgan funktsiya s entropiya deb ataladi.

Entropiya ekstensiv xossa bo'lib, u ham boshqa ekstensiv kattaliklarga o'xshab additivlik xossasiga ega. Solishtirma entropiya deb ataladigan quyidagi

$$s = \frac{S}{G} \quad (2-12)$$

kattalik modda massasi birligining entropiyasidan iborat bo'ladi.

Holatning istalgan boshqa funktsiyasi kabi sistemaning solishtirma entropiyasi ham holatning istalgan ikkita parametri x, y uning funktsiyasi ko'rinishida tasavvur etilishi mumkin:

$$s = f(x, y), \quad (2-13)$$

bu yerda x va y sifatada p va v, p va T va hokazolar bo'lishi mumkin.

Modda entropiyasini boshqa termik kattaliklar yordamida hisoblab topish metodlarini keyingi ma'ruzalarda batafsil ko'rib chiqamiz.

Entropiya ta'rifidan ko'rinishicha [(2-9) tenglama], entropiya issiqlik birligining temperatura birligi bo'linmasiga teng o'lchamlikka ega. Entropiyaning o'lchov birliklaridan eng ko'p ishlatiladigani J/K, kkal/K.

Solishtirma entropiyaning o'lchov birliklari – J/(kg.K), kJ/kg.K). kkal/(kg.K) va hokazolar. Shunday qilib, entropiyaning o'lchamligi issiqlik sig'imi o'lchamligiga mos keladi. Toza modda uchun va moddalarning o'zaro ximiyaviy reaksiyaga kirmaydigan aralashmalari uchun, ichki energiyaning nol sanoq boshi ixtiyoriy tanlanganidek, entropiyaning nol sanoq boshi ham ixtiyoriy tanlanadi; turli termodinamikaviy protsesslarni ko'rib chiqishda bizni bu protsesslarda *entropiyaning o'zgarishi*, ya'ni protsessning bosh va oxirgi nuqtalaridagi entropiyalar ayirmasi qiziqtiradi, tabiiyki, bu ayirma entropiyaning sanoq boshi tanlashga bog'liq bo'lmaydi.

Sistemaning entropiyasi turli qaytar protsesslarda ortishi va kamayishi mumkinligi (2-9) munosabatda ko'rinib turibdi: temperatura kattaligi T har doim musbat bo'lganligidan, sistemaga issiqlik berilganda ($dQ > 0$) uning entropiyasi ortishi, ($dS > 0$) issiqlik olinganda esa ($dQ < 0$) uning entropiyasini kamayishi ($dS < 0$) munosabat (2-9) dan kelib chiqadi.

Qaytar protsessda jism holati boshlang'ich holat 1 dan oxirgi holat 2 gacha o'zgarganda jism entropiyasining quyidagi

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T} \quad (2-14)$$

kattalikka o'zgarishi ham (2-9) dan kelib chiqadi.

$$dQ = Gc_p dT$$

bo'lganligidan G va c_p larni integral belgisidan tashqariga chiqarib, (2-9) dan quyidagini hosil qilamiz:

$$S_2 - S_1 = Gc_p \ln \frac{T_2}{T_1},$$

yoki

$$S_2 - S_1 = 10 \times 4,19 \ln \frac{60 + 273,15}{20 + 273,15} = 5,40 \text{ kJ} / \text{K} (1,29 \text{ kkal} / \text{град})$$

Bitta muhim holni alohida qayd qilib o'tish lozim. Entropiya haqidagi tushuncha qaytar sikllarni ko'rib chiqish asosida kiritilgan. Bu hol go'yo bizni qaytmas protsesslarni analiz qilishda entropiya tushunchasidan foydalanish imkoniyatidan mahrum qiladi. Lekin entropiya holat funktsiyasi ekanligini va, binobarin, uning bironta protsessda o'zgarishi faqat dastlabki va oxirgi holatlar bilangina aniqlanishini esda tutish lozim.

Entropiya tushunchasi issiqlik dvigatellarining sikllarini analiz qilish uchun juda qulay bo'lgan holat diagrammasini kiritishga imkon beradi. Holat diagrammasida abtsissa bo'yicha entropiya, ordinata bo'yicha esa absolyut temperatura qo'yiladi (2-3-rasm). Ixtiyoriy protsess $I - II$ ning egri chizig'ini T, S - diagrammada tasvirlaymiz.

(2-9) tenglamada qaytar protsessda

$$dQ = TdS \quad (2-15)$$

ekanligi kelib chiqadi.

Holat $I - II$ lar oralig'ida amalga oshiriladigan qaytar protsessda sistemaga beriladigan (yoki undan olinadigan) issiqlik miqdori quyidagiga teng bo'ladi:

$$Q_{I-II} = \int_{S_I}^{S_{II}} TdS. \quad (2-16)$$

Ma'lumki qaytar protsessda sistema olgan (yoki bergan) issiqlik miqdori T, S - diagrammada protsess egri chizig'i ostidagi yuza bilan tasvirlanadi. 2-4-rasmda issiqlik dvigatelining qaytar sikli T, S - diagrammada tasvirlangan. Sikl ichida ish jismiga keltirilgan Q_1 issiqlik miqdori ABC egri chizig'i ostidagi yuza bilan, ish jismandan olingan Q_2 issiqlik miqdori esa CDA egri chizig'i ostidagi yuza bilan tasvirlanadi. Siklda ish jismi bajargan $L_{\text{ish}} = Q_1 - Q_2$ ish berk egri chiziq $ABCD$ bilan chegaralangan yuza bilan tasvirlanadi.

T, S - diagrammaning qulayligi shundaki, siklda keltirilgan va olingan issilik miqdori ham, siklni amalga oshirish natijasida olingan ish (yoki agar sikl teskari bo'lsa, sarflangan ish) unda yaqqol tasvirlanadi. T, S - diagrammada siklning qaysi uchastkalarida ish jismiga issiqlik keltirilishi va qaysi uchastkalarda issiqlik olinishi ham ko'rinadi: issiqlikning qaytuvchan keltirish protsessiga entropiyaning ortishi, issiqlik olish protsessiga esa entropiyaning kamayishi mos keladi.

Izotermik protsess T, S - diagrammada gorizontaal to'g'ri chiziq bilan ifodalanishi mumkin.

Izotermik protsess $I - II$ da

$$Q_{I-II} = T(S_{II} - S_I)$$

bo'lishi (2-16) dan kelib chiqadi.

Tenglama

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

dan qaytar adiabat protsessda ($dQ = 0$)

$$dS = 0 \quad (2-17)$$

va

$$S = \text{const} \quad \text{bo'ladi.} \quad (2-18)$$

Shuning uchun qaytar adiabatik protsesslar izoentropik protsesslar deb, bu protsess egri chizig'i esa izoentropa deb ham ataladi, izoentropa T, S – diagrammada vertikal to'g'ri chiziq bilan tasvirlanadi.

Qaytmas protsesslarda entropiyaning o'zgarishi

Shu paytgacha biz entropiyaning faqat qaytar protsesslardagina o'zgarishini ko'rib chiqdik. Endi qaytmas protsesslarda sistemaning entropiyasi qanday o'zgarishi masalasiga o'tamiz.

Biz uchun eng qiziqarlisi izolyatsiyalangan sistemada sodir bo'ladigan qaytmas protsesslarni ko'rib chiqishdir. Atrofdagi muhitdan juda yaxshi izolyatsiyalangan, qattiq (bikr) qobiqli sistema izolyatsiyalangan sistema deb ataladi. Ideal issiqlik izolyatsiyasi sistemani atrofdagi muhit bilan issiqlik almashishdan saqlaydi ($dQ_{\text{cucm}} = 0$), qattiq qobiqli esa kengayish ishini atrofdagi muhit bilan almashishdan saqlaydi. ($dQ_{\text{cucm}} = 0$), va $p dV_{\text{cucm}} = 0$ bo'lganligidan [1] tenglamadan $dU_{\text{cucm}} = 0$, ya'ni $U_{\text{cucm}} = \text{const}$ bo'lishi ko'rinib turibdi. Izolyatsiyalangan sistemada sodir bo'ladigan protsesslarni analiz qilish yana shu narsasi bilan qiziqarlilik, izolyatsiya qilinmagan har qanday sistemani va uni o'rab olgan muhitni ma'lum bir chegarada izolyatsiyalangan bitta sistemadek fikran ko'rib chiqish mumkin.

Izolyatsiyalangan sistema uchun $dQ_{\text{cucm}} = 0$ bo'lganligidan bunday sistemada sodir bo'ladigan har qanday protsess butun sistema uchun adiabat protsess hisoblanadi.

Turli T_1 va T_2 temperaturalarga ($T > T_2$) ega bo'lgan ikkita qism (jism) dan iborat izolyatsiyalangan sistemani ko'rib chiqamiz. Sistemaning bu qismlari orasida issiqlik almashinish protsessi sodir bo'ladi – issiqlik ancha yuqori temperatura T_1 li jismdan ancha past temperatura T_2 li jismga o'tadi. Agar birinchi jismdan ikkinchisiga issiqlik dQ miqdori o'tsa, u holda (2-9) ga muvofiq birinchi jismning entropiyasi

$$dS_1 = -\frac{dQ}{T_1} \quad (2-19)$$

kattalikka kamayadi, ikkinchi jismning entropiyasi esa

$$dS_2 = \frac{dQ}{T_2} \quad (2-20)$$

kattalikka oshadi.

Butun sistema entropiyasining umumiy o'zgarishi quyidagicha bo'ladi:

$$dS_{cucm} = dQ \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right). \quad (2-21)$$

Temperaturalar

$$T_2 < T_1$$

bo'lishi tufayli

$$dS_{cucm} > 0 \quad (2-22)$$

bo'ladi, ya'ni qaytmas protsess natijasida ko'rilayotgan izolyatsiyalangan sistemaning entropiyasi ortadi.

Agar sistemaning qismlari orasidagi issiqlik almashinish protsessi qaytar o'tganda edi (bu protsessning qaytar tarzda amalga oshirilish sharti jism temperaturalarining bir-biridan cheksiz kichik tafovut qilishi: $T_1 - T_2 = dT$ bo'lishi ekanligini eslatamiz), u holda birinchi jism entropiyasi

$$dS_1 = -\frac{dQ}{T_1}$$

kattalikka kamaygan, ikkinchi jism entropiyasi esa

$$dS_2 = \frac{dQ}{T_1 - dT}$$

kattalikka ortgan bo'lur edi, umuman sistema uchun entropiyaning o'zgarishi nazarga olinmaydigan darajada kichik bo'lardi:

$$dS = dQ \left(\frac{1}{T_1 - dT} - \frac{1}{T_1} \right) \approx dQ \frac{dT}{T_1^2} \approx 0. \quad (2-23)$$

Ko'proq qizigan jismdan kamroq qizigan jismga o'tishni qaytar amalga oshirishning boshqa usuli, oldin eslatib o'tilganidek, qaytar Karno siklidan foydalanishdan iborat. Har qanday qaytmas siklni amalga oshirish uchun muvozanatda bo'lmagan uchta element: issiq manba, sovuq manba va ish jismdan iborat sistema bo'lishi zarur. Agar bir sikl ichida issiqlik manbadan (temperaturasi T_1) issiqlik Q olinsa, sovuq manbaga (teiperaturasi T_2) issiqlik Q_2 berilsa, u holda issiq manbaning entropiyasi

$$\Delta S_{ucc .man .} = -\frac{Q_1}{T_1} \quad (2-24)$$

kattalikka kamayadi, sovuq manbaning entropiyasi esa

$$\Delta S_{sov .man .} = \frac{Q_2}{T_2} \quad (2-25)$$

kattalikka ortdi; ish jismi entropiyasi esa siklning amalga oshirilishi natijasida ish jismi dastlabki holatiga qaytishi tufayli uning entropiyasi o'zgarmaydi, ya'ni

$$\Delta S_{u.\text{жс}} = 0 \quad (2-26)$$

bo'ladi.

Binobarin, ko'rib chiqilayotgan butun sistema entropiyasining o'zgarishi siklning amalga oshirilishi natijasida quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta S_{cucm} = \Delta S_{ucc.man} + \Delta S_{u.\text{жс}} + \Delta S_{cov.man} = \frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1}. \quad (2-27)$$

Bu munosabat ikkita issiqlik manbai orasida amalga oshiriladigan har qanday qaytar va qaytmas sikllar uchun to'g'ridir.

Oldin ko'rsatib o'tilganidek, qaytar Karno sikli uchun

$$\frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1} = 0.$$

Binobarin, agar sistemada qaytar Karno sikli (yo ikkita issiqlik manbai orasida har qanday istalgan boshqa qaytar sikl) amalga oshirilayotgan bo'lsa, u holda sistemaning entropiyasi o'zgarmaydi:

$$\Delta S_{cucm} = 0. \quad (2-28)$$

Bunday xulosani istalgan sondagi issiqlik manbalari orasida amalga oshiriladigan qaytmas sikllar uchun ham chiqarish mumkin.

Agar sistemada ixtiyoriy qaytmas sikl amalga oshirilayotgan bo'lsa, sistemaning entropiyasi albatta o'zgaradi. Oldin ko'rsatilganidek, har qanday qaytmas siklning termik f.i.k. aynan shu issiqlik manbalarining orasida amalga oshiriladigan qaytar Karno siklining termik f.i.k. $\eta^{\kappa p.K.u}$ dan har doim kichik bo'ladi.

Qaytar Karno sikli uchun

$$\eta_T^{\kappa p.K.u} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

bo'lishi, har qanday qaytmas sikl uchun esa umumiy ta'rifga muvofiq

$$\eta_T^{\kappa c.u} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

bo'lishini hisobga olib tengsizlik

$$\eta_T^{\kappa c.u} < \eta_T^{\kappa p.K.u}$$

ni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin;

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \quad (2-29)$$

bunday qaytmas sikl uchun

$$\frac{Q_2}{T_2} > \frac{Q_1}{T_1} \quad (2-30)$$

ekanligi kelib chiqadi (bu yerda temperaturalar ish jismiga emas, balki issiqlik manbalariga taaluqlidir). Binobarin, sistemada ikita issiqlik manbai orasida qaytmas sikl amalga oshirilsa, sistemaning entropiyasi ortadi:

$$\Delta S_{cucm} > 0. \quad (2-31)$$

Bu xulosa istalgan sondagi issiqlik manbalari orasida amalga oshiriladigan qaytmas sikllar uchun ham to'g'ridir.

Sistema entropiyasining ortishi shu narsaga bog'liqki, ish jismining entropiyasi sikl davomida o'zgarmaydi, issiqlik manbalar entropiyasining kamayishi esa absolyut qiymati bo'yicha sovuq manbalar issiqligi entropiyasining ortishiga qaraganda oz kamayadi. Shunday qilib, qaytmas siklni amalga oshirish natijasida izolyatsiyalangan sistemaning entropiyasi ortadi.

Bu holatni umumiy ko'rinishda quyidagi tarzda isbotlash mumkin. Qaytmas Karno sikli uchun har qanday qaytmas sikl uchun bo'lganidek, quyidagi ravishda yozishimiz mumkin bo'lgan (4-30) tengsizlik to'g'ri bo'ladi:

$$\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} < 0,$$

yo, xuddi shuning o'zi.

$$\sum \frac{Q}{T} < 0. \quad (2-32)$$

Ixtiyoriy qaytmas siklni cheksiz ko'p n sonli qaytmas Karno elementar sikllarining to'plamida ko'rib chiqib va bunda

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta Q}{T} = \oint \frac{dQ}{T}$$

Nazorat savollari:

1. Kimyo korxonalarini uchun eksergetik tahlil vazifasi nimalardan iborat?
2. Kimyo ishlab chiqarish jarayonlarining termodinamik samaradorligi qanday?
3. Kimyo ishlab chiqarish korxonasining xarakterli sxemasi (1-rasm)ni izohlang.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S. G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – T.: Sharq. 2015.-848 b.
2. Tsatsaronis, G. & Morosuk, T. Advances in exergy-based methods for improving energy conversion systems. // "Optimization using exergy-based methods and com-

putational fluid dynamics”, G.Tsatsaronis & A.Boyano A., eds., Clausthal-Zellerfeld: Papierflieger Verlag, p.1-10. 2009.

4-mavzu: Azot kistotasini ishlab chiqarish

Reja:

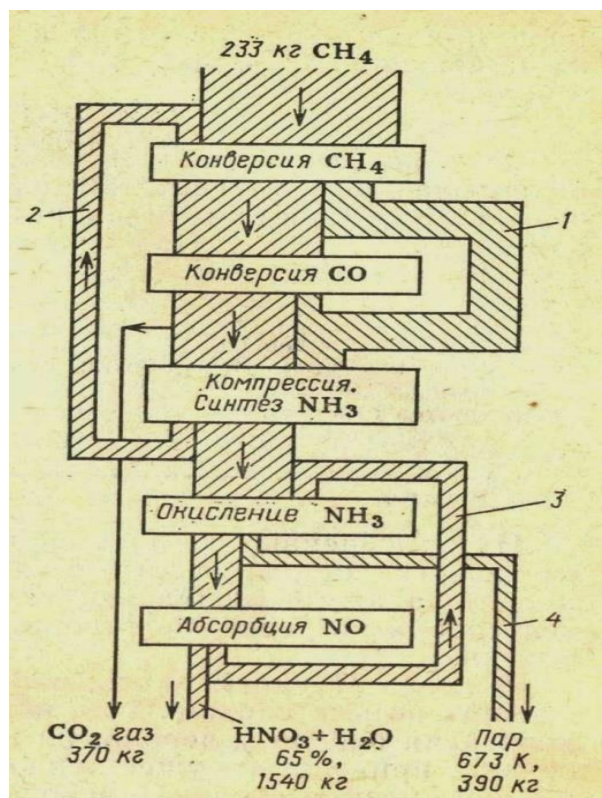
1. Tabiiy gazdan azot kislotasini olish texnologiyasi
2. Tabiiy gazdan azot kislotasini olish texnologiyasining eksergetik tahlili

Tayanch iboralar: azot kislotasi, ammiak, konversiyalash, sintez qilish, metanlashtirish, kimyoviy reaksiya.

1. Tabiiy gazdan azot kislotasini olish texnologiyasi

Tabiiy gazdan azot kislotasini olishning prinsipial sxemasi 1-rasmda ko‘rsatilgan. Sxemada energiya manb’ai ham tabiiy gazdir.

Metan va uglerod oksidi konversiyalash, gazni CO₂ dan tozalash va CO, CO₂ metanlashtirilgandan so‘ng sintez-gaz siqiladi, ammiakni sintez qilish uchun uzatiladi (sxemada bir necha bosqichlar ko‘rsatilmagan). So‘ngra ammiak kislorod bilan oksidlanadi, hosil bo‘lgan azot oksidi suvga yutilib azot kislotasining suvdagi 65% li eritmasini hosil qiladi.



1-rasm

Kimyoviy reaksiyalar issiqligidan foydalanilganda olinuvchi va sistema ichidagi energiya sarflarini qoplash hamda tashqariga energiya berish uchun sarflanuvchi texnologik bug‘ oqimlari ham sxemada ko‘rsatilgan. Oqim berayotgan ekssergiya miqdori strelka qalinligi bilan taqriban xarakterlanadi. 1 t azot kislotasiga (aniqrog‘i, uning 1,54 t suvli eritmasiga) tarkibida 93% metan bo‘lgan 13,5 kmol tabiiy gaz sarflanadi. Uning ekssergiyasi sarfi $1,02 \cdot 10^7$ kJ. Bunda quyidagi mahsulotlar ishlab chiqariladi:

	Miqdor, kg	Eksergiya, 10^5 kJ
HNO ₃ (65%)	1540	4,6
Suv bug‘i (4,2 MPa, 670 K)	390	4,3
CO ₂ (0,2 MPa)	370	0,5
Ja‘mi		9,4

2. Tabiiy gazdan azot kislotasini olish texnologiyasining eksergetik tahlili

SHu tariqa, eksergiyaning taxminan yarmi ekzotermik reaksiya issiqligi hisobiga ishlab chiqaruvchi suv bug‘iga to‘g‘ri keladi. Jarayon davomida 670 K temperaturali va

4,2 MPa bosimli 360 kg suv bug‘i tashqariga sarflanadi. Keltirilgan ma‘lumotlardan ko‘rinadiki, boshqa kimyoviy jarayonlar bilan solishtirganda azot kislotasini ishlab chiqarish FIK katta emas:

$$\eta_e = \frac{9,4 \cdot 10^6}{1,02 \cdot 10^7} = 0,09$$

Jarayon bosqichlari bo‘yicha ekssergiya yo‘qotuvlari quyidagicha taqsimlanadi:

	1t ga nisbatan yo‘qotuvlar	
	100% HNO ₃	
Bug‘ konversiyasi	19,0	20,5
Sintez-gaz qayta ishlashning boshqa bosqichlari	2,5	2,7
Ammiak sintezi	23,2	25,1
Ammiakni oksidlash	39,3	42,5
Azot oksidlarini absorbsiyalash	8,5	9,2
Ja‘mi	92,5	100

Keltirilgan ma‘lumotlardan ayon bo‘ladiki, ammiakni oksidlash va sintezlash ekzotermik reaksiyalarida ekssergiya yo‘qotuvlari eng katta ekan. Ammo bunday xulosa yo‘qotuvlar kamroq bo‘lgan bosqichlarni mukammallashtirmasa bo‘ladi degani emas. Turli bosqichlardagi yo‘qotuvlarning o‘zaro bog‘liqligi juda murakkab. Masalan, yo‘qotuvlarni nisbatan kam bo‘lgan uglerod oksidini konversiyalash darajasini ozgina yaxshilash azotvodorod aralashmasi yo‘qotuvini demakki, ammiak sintezi bosqichida ekssergiya yo‘qotuvlarini sezilarli kamayishiga olib keladi.

Kimyoviy qayta ishlash bosqichlaridagi umumiy yo‘qotuvlar barcha yo‘qotuvlarning taxminan 90% ni tashkil qiladi. YUqorida keltirilgan ma‘lumotlarni taqqoslash azot kislotasini ishlab chiqarishning termodinamik kam samarador ekanligi haqidagi xulosani bir muncha aniqlashtirishga imkon beradi. Azot kislotasini ishlab chiqarish texnologik “zanjiri” masalan, azot kislotasi ishlab chiqarishda oraliq bosqich bo‘lgan ammiak ishlab chiqarishnikiga nisbatan uzunroq.

Azot kislotasi ishlab chiqarishdagi yo‘qotuvlarning taxminan yarmini ammiak ishlab chiqarish bosqichidagi yo‘qotuvlar tashkil qiladi. SHuning uchun $\eta_{eHNO_{3,um}} =$

$\eta_{eNH_3} \cdot \eta_{eHNO_3}$ ekanini e'tiborga olib, $\eta_{eHNO_3} = 16\%$ ni olish mumkin. bu erda $\eta_{eHNO_3,um}$, η_{eNH_3} , η_{eHNO_3} - mos ravishda tabiiy gazdan azot kislota olish, ammiak olish va ammiakdan azot kislota olish FIK.

Entropiya bilan ifodalanmaydigan, energiyaning o'zidan iborat ekssergiya, ya'ni $y \neq E$ (mexanik, elektrik va boshqa energiyalar) va entropiya bilan ifodalanuvchi ekssergiya, ya'ni $y = E$ (ichki energiya, nurlanish energiyasi, termomexanik, kimyoviy ekssergiyalar). Ikkinchi tur ekssergiya, o'z navbatida, yopiq hajmdagi modda ekssergiyasi, modda oqimi ekssergiyasi va energiya oqimi ekssergiyasiga bo'linadi. Yopiq hajmdagi modda ekssergiyasi termomexanik (fizik), kimyoviy va nurlanish ekssergiyalaridan iborat. Modda oqimi ekssergiyasi termomexanik va kimeviy (nol) ekssergiyadan iborat. Energiya oqimi ekssergiyasi issiqlik oqimi va nurlanish ekssergiyasidan iborat.

Yopiq hajmdagi modda ekssergiyasi - e_v . Bu ekssergiya yopiq sistemalar uchun ko'riladi. Yopiq hajmdagi modda termomexanik ekssergiyasini, ya'ni boshlang'ich parametrlari p, v, T, u, i, s bo'lgan moddaning atrof muhit bilan muvozanatga qaytar jarayonda o'tishidagi maksimal ishni aniqlaymiz. Muvozanat holatida atrof muhit parametrlari $p_0, v_0, T_0, u_0, i_0, s_0$ ga erishadi. Modda atrof muhit bilan muvozanat holatiga o'tishi uchun uning ichki energiyasi issiqlik olish (yoki berish) yoki tashqi ish bajarish hisobiga o'zgartirilishi zarur, chunki termodinamikaning birinchi qonuniga ko'ra $du = \delta q - \delta l$.

Qaytar jarayonda moddaga issiqlik berish yoki undan issiqlikning atrof muhitga tarqalishi – muhit temperaturasiga teng bo'lgan, ya'ni $\delta q = T_0 dS$ o'zgarmas temperatura-da amalga oshadi. Bunda yopiq hajmdagi modda ekssergiyasi dye_v ish δl va moddaning atrof muhit bosimini Yengishga sarflagan ishi $p_0 dv$ ayirmasiga teng, ya'ni

$$de_v = \delta l - p_0 dv = \delta q - du - p_0 dv = T_0 dS - du - p_0 dv \quad (3.1)$$

yoki integrallashdan so'ng

$$e_v = T_0(S_0 - S) - (u_0 - u) - p_0(v_0 - v) = (u - u_0) - T_0(S - S_0) + p_0(v - v_0) \quad (3.2)$$

Moddani o'rab turgan ushbu muhit uchun p_0, v_0, T_0, u_0 va s_0 kattaliklar o'zgarmas bo'lgani uchun (3.2) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$e_v = u - T_0 S + p_0 v + c \quad (3.3)$$

bu Yerdagi $c = -u_0 + T_0 S_0 - p_0 v_0 = \text{const}$ va demak, e_v kattalik modda va muhit holatining parametri – **eksenergetik funktsiya** ekan.

Modda oqimi termomekanik eksenergiyasi. Bu eksenergiyani aniqlash uchun moddaning p, v, T, u, i, S parametrli holatidan $p_0, v_0, T_0, u_0, i_0, S_0$ parametrli atrof muhit bilan muvozanat holatiga qaytar jarayonda o'tish maksimal ishini hisoblash zarur. Tabiiyki, modda oqimining eksenergiyasi e yopiq hajmdagi modda eksenergiyasidan e_v oqimni harakatlantirishiga sarflangan ish miqdoriga farq qiladi. Xolatni to'liq o'zgartirish uchun bu ish $p v$ ishi bilan muhit qarshiligini Yengish ishi $p_0 v$ ayirmasiga teng:

$$p v - p_0 v = v \cdot (p - p_0) \quad (3.4)$$

Demak, modda oqimi eksenergiyasi

$$e = e_v + v \cdot (p - p_0) \quad (3.5)$$

(3.5) formuladagi e_v o'rniga uning (3.4) dagi qiymatini qo'ysak, quyidagini olamiz:

$$e = i - T_0 S + C \quad (3.6)$$

bu Yerdagi e ham e_v kabi eksenergetik funktsiyadir, chunki uning qiymati modda va muhit parametrlari bilan ifodalanadi.

Odatda, hisoblashlarda Δe_v va Δe kattaliklar ayirmasi sistemaning ikki holatida aniqlanadi. Bu holda Δe_v va Δe lar mos ravishda quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta e_v = \Delta u - T_0 \Delta S + p_0 \Delta v \quad (3.7)$$

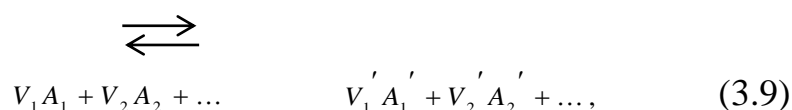
$$\Delta e = \Delta i - T_0 \Delta S \quad (3.8)$$

Shuni nazarda tutish lozimki, yopiq hajmdagi modda eksenergiyasi atrof muhitga temperatura va bosim orqali bog'liq; atrof muhit tarkibi esa, ahamiyatga ega emas.

Kimyoviy eksenergiya - e_0 . Bu eksenergiya modda va atrof muhitning tegishli komponentlari o'rtasidagi kimyoviy potentsiallar muvozanati bilan bog'liq bo'lib, p_0 va T_0 da muvozanat o'rnatilish qaytar jarayondagi olinishi mumkin bo'lgan ish miqdori bilan o'lchanadi. Shuni yodda tutish lozimki, moddaning atrof muhit bilan massa almashinish jarayonlari doimo ham kimyoviy reaksiyalar vositasida bo'lavermaydi; bunga misol

ajratish, aralashish va erish jarayonlaridir. Kimyoviy reaktorlarda kimyoviy eksbergiya asosiy jarayon bo'lib hisoblanadi. ye_0 ni aniqlash uchun atrof muhit tarkibini bilish zarur. Lekin atrof muhit tarkibi ko'p jinsliligi uchun ye_0 ning absolyut qiymatini hisoblash aniqligi ye va ye_0 larnikidek emas. Amaliyotda ye_0 ni hisoblashda ma'lum soddalashtirishlar qilinishi zarur.

Kimyoviy o'zgarishlardagi kimyoviy (nol) eksbergiyani hisoblaylik. Kimyoviy reaktorda quyidagi reaksiya borayotgan bo'lsin:



bu Yerda, V_1, V_2, \dots va V_1', V_2', \dots dastlabki A_1, A_2, \dots moddalar va olinuvchi A_1', A_2', \dots moddalarning stexiometrik koeffitsiyentlari.

Muxandislik amaliyotida kimyoviy reaktorlarda borayotgan kimyoviy o'zgarishlar uchun nol eksbergiya modda oqimi eksbergiyasi ye ni aniqlash formulasi (3.6) asosida hisoblanadi.

Agar reaksiya $T=298K$ temperaturada kechsa, u holda eksbergiya YE_{xp} (kJ/mol) quyidagicha aniqlanadi:

$$E_{xp} = \Delta Z_{298}^0 - \sum_j E_{0,j} \quad (3.10)$$

bu yerda

$$\Delta Z_{298}^0 - \sum_i V_i (\Delta Z_{298}^0)_i - \sum_i V_i' (\Delta Z_{298}^0)_i' = \sum_i V_i (\Delta i_{298}^0)_i - \sum_i V_i' (\Delta i_{298}^0)_i' - T_0 \left[\sum_i V_i (S_{298}^0)_i - \sum_i V_i' (S_{298}^0)_i' \right]$$

bu Yerda $\Delta Z_{298}^0 - T = 298 K$ - standart izobar-izotermik potentsial, kJ/mol; $(\Delta H_{298}^0)'$ va (ΔH_{298}^0) - reaksiyani boshlanish va oxiridagi tashkil etuvchilar entalpiyalarining standart qiymatlari, kJ/mol; $(S_{298}^0)'$ va (S_{298}^0) - reaksiyani boshlanish va oxiridagi entalpiyalarning standart absolyut qiymatlari, kJ/mol; $\sum_j E_{0,j}$ - p_0 va T_0 da olingan reak-

tsiyada ishtirok etuvchi qo'shimcha moddalar [(3.9) tenglamaning chap qismi] kimyoviy (nol) eksbergiyasining yig'indisi (masalan, $CaCO_3$ ni olish reaksiyasida $Ca + 0,5O_2 + CO_2 = CaCO_3$ tenglama bo'yicha qo'shimcha modda bo'lib O_2 va CO_2 lar

hisoblanadi).

Qo'shimcha moddalar kimyoviy (nol) ekssergiyasini aniqlash uslubi va ularning eng ko'p tarqalgan noorganik birikmasining elementlari uchun qiymatlari maxsus adabiyotda berilgan.

Issiqlik oqimi q ekssergiyasi - ye_q . Bu ekssergiya quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$e_q = \sum_{i=1}^{i=n} \delta q_i \frac{T_i - T_0}{T_i} = \sum_{i=1}^{i=n} \delta q \tau e_i \quad (3.11)$$

bu yerda $\tau_e = 1 - (T_0 / T)$ - eksergetik temperatura funktsiyasi deb ataluvchi kattalik.

Xususiy $T=idem$, $\tau_e=1-(T_0/T)=idem$ holda (31) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$e_q = q \cdot \tau_e \quad (3.12)$$

ma'lumki τ_e funktsiya universal ahamiyatga ega: u yopiq va ochiq termodinamik jarayonlarning maksimal ekssergiyasini aniqlash uchun yaroqli.

Oqim termomexanik ekssergiyasining o'zgarish bosimdagi entalpiya bo'yicha xususiy hosilasi τ_e ga teng:

$$\left(\frac{\partial e}{\partial i} \right)_p = \tau_e \quad (3.13)$$

$(di)_p = \delta q_p$ yoki $(\Delta i)_p = q_p$ bo'lgan uchun (31) va (32) tenglamalardan

$$(\Delta e)_p = (\Delta i)_p \tau_e = q_p \tau_e = (e_q)_p \quad (3.14)$$

ekani ma'lum bo'ladi, ya'ni izobar jarayondagi ishchi jism oqimi ekssergiyasining o'zgarishi shu jarayon bilan bog'liq issiqlik oqimi ekssergiyasiga teng. Demak, o'zgarish bosimda sodir bo'layotgan issiqlik almashinish jarayonlarida issiqlik oqimi ekssergiyasini modda oqimi ekssergiyasi ayirmasi Δe dan aniqlash mumkin. Bu hisob ishlarini ancha osonlashtiradi, chunki bevosita e_q ni hisoblash, masalan o'zgaruvchan temperaturada, juda murakkabdir.

Nurlanish ekssergiyasi - e_ϵ . Bu ekssergiya nurlanish atrof muhit bilan muvozanat holatiga kelish (T_0) da qaytar jarayondagi maksimal ish bilan ifodalanadi. Uni quyidagi tenglamadan hisoblab topish mumkin:

$$e_{\varepsilon} = \varepsilon C_0 \left\{ \left(\frac{T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 - \frac{4}{3} T_0 \left[\left(\frac{T}{100} \right)^3 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^3 \right] \right\} \quad (3.15)$$

bu yerda ε - yuzaning qoralik darajasi; S_0 – absolyut qora jismning nurlanish koef-fitsiyenti.

Nazorat savollari:

1. Tabiiy gazdan azot kislotasini olishning prinsipial sxemasini tushuntiring.
2. Azot kislotasini ishlab chiqarish FIK nimaga teng?
3. Azot kislotasi ishlab chiqarishdagi yo‘qotuvlarning katta qismi qaysi bosqichga tegishli?

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S. G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – T.: Sharq. 2015.-848 b.
2. Tsatsaronis, G. & Morosuk, T. Advances in exergy-based methods for improving energy conversion systems. // *“Optimization using exergy-based methods and computational fluid dynamics”*, G. Tsatsaronis & A. Boyano A., eds., Clausthal-Zellerfeld: Papierflieger Verlag, p.1-10. 2009.

IV. AMALIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI

1-amaliy mashg‘ulot. Kaskadli sovitish mashinalarining unumdorligini oshirish.

Ishdan maqsad: Sovutish mashinasining ishiga issiqlik almashinish ja-rayonining ta’sirini o’rganish.

Masalaning qo’yilishi: Sovitish mashinalarining energetik unumdorligini oshirish turli usullari mavjud: samrador sovitish eltgichlaridan foydalanish, ikki bosqichli siqish, ikki bosqichli kengayishni qo’llash va h. ToshDTU “Sovitish va kriogen texnikasi” kafedrasida bajarilgan ilmiy-tadqiqot ishlarida issiqlik almashinishni jadallashtirish evaziga sovitish mashinasining unumdorligini oshirishga erishildi.

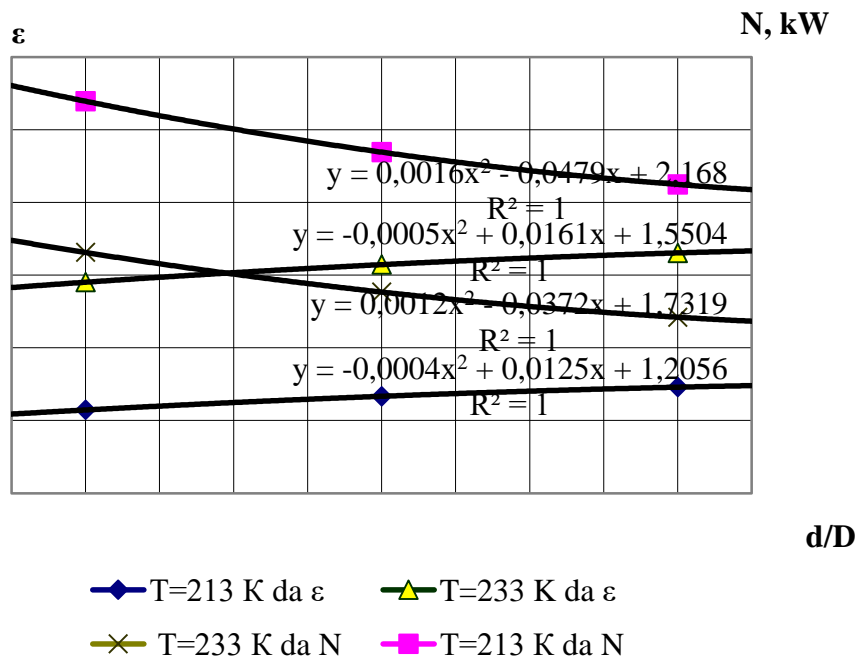
Tadqiqotlarda kaskadli sovitish mashinasining quyi qismida ishchi eltgich sifatida etan (R170) ishlatilgan. Bunga sabab, past bosimda ishlaydigan kompressorning nazariy hajmi yuqori bosimda ishlaydiganiga qaraganda ancha katta. Bosim qanchalik kichik bo’lsa, kompressorlar siqish bosimlarining nisbati shunchalik katta bo’ladi. Bu esa

kapital sarflarning va kompressor ishqalanish quvvatining ortishiga olib keladi. Bundan tashqari, so'rish bosimi pasayganida klapanlardagi gazodinamik yo'qotishlar kompressorning siqish ishiga yaqinlashib qoladi. Natijada, sovitish mashinasining energetik unumdorligi yanada kamayadi.

Yuqori qismning sovitish eltgichi – past bosimli uch komponentli uglevodorod gazlar aralashmasidir. Gazlar aralashmasi R290/R600a/R600 noazeotrop, gomogen bo'lib, qaynash va kondensatsiya jarayonida temperaturasi bir tekis o'zgaradi.

Kaskadli sovitish mashinasining kondensatori, bug'latkichi va kondensator-bug'latkichida tekis yuzali trubalar o'rniga [1] paragrafda bayon qilingan konstruksiyadagi samarador trubalar ishlatilgan. Masalan, kaskadli sovitish mashinasining bug'latkichida tashqi tomonida ko'ndalang botiq ariqcha va ichki tomonida bo'rtiq to'siqli trubaning qo'llanishi sovitish eltgichining qaynash temperaturasini oshiradi. Qaynash temperaturasining ortishi namokob yoki suyuqlikning issiqlik berish koeffitsiyentini o'sishi hisobiga sodir bo'ladi, qaynash jarayonidagi issiqlik berish koeffitsiyenti esa deyarli o'zgarmaydi. Har bir truba konstruksiyalari uchun qaynash temperaturasi ma'lum qiymatgacha ortib boradi. Kaskadli sovitish mashinasining unumdorligi $T_o = 233$ K temperaturada kattaroq (1-rasm). Eksploatatsiya sharoitlari bir xil bo'lganida eng unumdor mashina – nisbiy diametri $d/D = 0,945$ o'lchamli trubadan yasalgan bug'latkichga ega mashinadir. Energetik unumdorlik sovitish unumdorligining deyarli o'zgarماسligi va kompressor quvvatining kamayishi hisobiga erishiladi.

Tashqitomonidako'ndalangbotiqariqchavaichkitomonisilliqbo'rtiqto'siqlitrubalar nisovitishmashinasiningkondensator-bug'latkichida qo'llanilishi tajribalarda sovutish koeffitsiyentiga deyarli ta'sir qilmadi.



1-rasm. Sovitish koeffitsiyenti va quvvatning samarador trubaning nisbiy diametri d/D ga bog'liqligi

Topshiriqlar:

1. Nakatkalangan truba uchun issiqlik berish koeffitsientini gorizontal holda majburiy konvektiv issiqlik almashinishda hisoblang.
2. Nakatkalangan truba uchun issiqlik berish koeffitsientini vertikal holda majburiy konvektiv issiqlik almashinishda hisoblang.
3. Nakatkalangan truba uchun issiqlik berish koeffitsientini gorizontal holda erkin konvektiv issiqlik almashinishda hisoblang.
4. Nakatkalangan truba uchun issiqlik berish koeffitsientini vertikal holda erkin konvektiv issiqlik almashinishda hisoblang.
5. Nakatkalangan truba uchun gidravlik qarshilik koeffitsientini gorizontal holda majburiy konvektiv issiqlik almashinishda hisoblang.
6. Nakatkalangan truba uchun gidravlik qarshilik koeffitsientini vertikal holda majburiy konvektiv issiqlik almashinishda hisoblang.
7. Nakatkalangan truba uchun gidravlik qarshilik koeffitsientini gorizontal holda erkin konvektiv issiqlik almashinishda hisoblang.

8. Nakatkalangan truba uchun gidravlik qarshilik koeffitsientini vertikal holda erkin konvektiv issiqlik almashinishda hisoblang.

9. Nakatkalangan truba uchun issiqlik berish koeffitsientini gorizontal holda kondensastiyada hisoblang.

10. Nakatkalangan truba uchun issiqlik berish koeffitsientini vertikal holda kondensastiyada hisoblang.

11. Nakatkalangan truba uchun issiqlik berish koeffitsientini gorizontal holda kondensastiyada hisoblang.

12. Nakatkalangan truba uchun issiqlik berish koeffitsientini vertikal holda kondensastiyada hisoblang.

13. Nakatkalangan truba uchun gidravlik qarshilik koeffitsientini gorizontal holda kondensastiyada hisoblang.

14. Nakatkalangan truba uchun gidravlik qarshilik koeffitsientini vertikal holda kondensastiyada hisoblang.

15. Nakatkalangan truba uchun gidravlik qarshilik koeffitsientini gorizontal holda kondensastiyada hisoblang.

16. Nakatkalangan truba uchun gidravlik qarshilik koeffitsientini vertikal holda kondensastiyada hisoblang.

Ishni bajarish uchun tavsiyalar:

Ushbu amaliy ish (C++, Beysik) algoritmik dasturlardan foydalanib, shaxsiykompyuterlarda amalga oshiriladi.

Hisob natijalari bo'yicha grafik quriladi.

Hisobot ishi A4 format qog'ozda bajariladi.

Nazorat savollari:

1. Trubalarni nakatkalash afzalligi nimada?
2. Issiqlik almashinishni jadallashtirishning yana qanday usullari mavjud?
3. Sovutish mashinasining ishiga issiqlik almashinish qanday ta'sir ko'rsatadi?

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Бродянский В.М., Верхивкер Г.П., Дубовской С.В. и др. Эксергетические расчеты технических систем. Под ред. А.А. Долинского, В.М. Бродянского. Киев: Наук.думка, 2005. 360 с.
2. Каримов К.Ф. Критерий эффективности поверхностей теплообмена // Химическая технология. – Москва, 2009, №7. С. 425–429.

2-amaliy mashg'ulot.Sovitish mashinasi unumdorligini baholashning eksergetik kriteriyarlari.

Ishdan maqsad: Aralash eksergetik kriteriyning fizik mohiyatini tushunish va uni qo'llashni o'rganish.

Masalaning qo'yilishi: Mashina va qurilmalarni energetik baholashda eksergetik oydali ish koeffitsiyentidan tashqari aralash eksergetik kriteriyarlardan ham foydalanish mumkin: prof. Zokirov S.G. va dots. Karimov Q.F. tomonidan aralash eksergetik kriteriy taklif etilgan va ushbu ko'rinishga ega bo'lib

$$f = \frac{F}{E} \quad (1)$$

1 ekseksergiyaga mos keluvchi issiqlik almashinish yuzasining maydonini bildiradi.

Issiqlik almashinish qurilmalari uchun asosiy ko'rsatkichlardan biri issiqlik almashinish yuzasini massa, gabarit o'lchamlar qatori termodinamik yoki iqtisodiy parametrlarga kirmaydi. Shuning uchun, aralash eksergetik kriteriyarlardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Ammo (1) da keltirilgan formula amaliy hisoblashlarda qo'llash ancha noqulay. Muhandislik hisoblarida jarayon va qurilmalarni tahlil qilish va baholashda ushbu ko'rinishdagi formulani qo'llash tavsiya etiladi:

$$f = \frac{F}{Q \cdot \tau_e} = \frac{1}{\alpha \cdot \tau_e (T' - T'')} \quad (2)$$

Aralash eksergetik kriteriy f 0 dan $+\infty$ gacha oraliqda o'zgaradi. $T \rightarrow T_{o,c}$, ya'ni $\tau_e \rightarrow 0$ da eksergetik kriteriy f nolga intiladi. Issiqlik oqimining temperaturasi atrof-

muhit temperaturasiga tenglashganida, ya'ni $\tau_e = 0$ da, f kriteriysi ma'noga ega emas. Issiqlik almashinish qurilmasining bunday termodinamik holati nol holat (inglizcha dead state) deb ataladi. Bu kriteriy eksergetik foydali ish koeffitsiyenti kabi ishonchli, chunki universal kattaliklarga taalluqlidir [2]. Energetik jihatdan maqbul issiqlik almashinish qurilma bu $-f$ kichik qiymatlarga ega bo'lganidir.

f kriteriysidan foydalanishni sovitish mashinasi kondensatorini hisoblash misolida ko'ramiz. Kondensator gorizontal, "truba ichida truba" konstruksiyali bo'lib, suv bilan sovutiladi.

Suv tekis truba ichida harakatlanadi, sovitish eltkichi trubaning tashqi yuzasida kondensatsiyalanadi. Suvning o'tish harakatlanish rejimda, chunki aynan shu rejimda issiqlik almashinishning intensivlash ishi katta qiymatlarga ega.

Ma'lumki, issiqlik berish koeffitsiyentini ko'paytirish uchun devor yaqinida oqim harakatini intensivlash, ya'ni turbulizatsiyalash zarur. Buni esa trubani qovurg'alash, ariqchali turbulizatorlar qilish, burama trubalar va boshqa usullar qo'llab erishish mumkin.

Suvning qurilmalarga kirishda temperaturalari $T_c' = 278, 288, 298$ K. Temperaturalarning minimal farqi $\Delta T_c = 5$ K.

Kondensatsiya jarayonida sovitish eltkichi uchun $T' - T''$ farq doim nolga teng. Formula (2) ni esa qurilmada muhitlar temperaturalari vaqt bo'yicha o'zgargan holatda kondensatorlar uchun qo'llash mumkin.

Kondensatorning issiqlik yuklamasi Q_K ($Q_K = Q_c$). Bunday shartda E'' ning bir muncha katta qiymatlarini hosil qilamiz. Formula (2) da issiqlik berish koeffitsiyenti sovutuvchi eltkichga tegishli.

Atrof-muhit temperaturasi suvning kondensatorga kirish temperaturasiga teng. Eksergetik temperaturalar funksiyasini hisoblashda T ni suvning o'rtacha arifmetik temperaturasiga teng qilib qabul qilamiz:

$$T = \frac{T_c'' + T_c'}{2}.$$

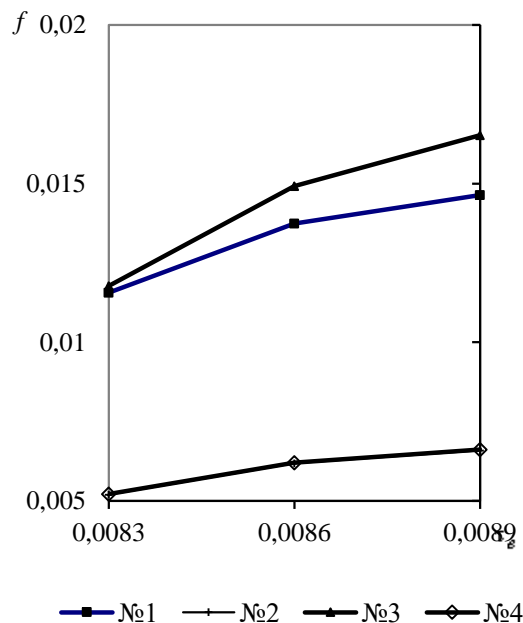
Issiqlik almashinish trubalar yuzalarining turli konstruksiyalari geometrik xarakteristikalarini va issiqlik berish koeffitsiyenti α ni hisoblash formulalari keltirilgan (1-jadval).

1-jadval

Issiqlik almashinish trubalari Truba raqami	Trubalar	Issiqlik berishni hisoblash formulasi	Geometrik parametrlari
1.	tekis	$Nu = 0,021 Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_s}{Pr_d} \right)^{0,25}$	$d_{ichki} = 0,020 \text{ m}$
2.	tashqarisi botiq ariqchali va ichki tomoni bo'rtiq diafragmali	$\frac{Nu}{Nu_{silliq}} = \left[100 \cdot \left(1 - \frac{d}{D} \right) \right]^{0,445}$	ariqchalarning nisbiy qadami $t/d = 0,5$, nisbiy diametri $d/D = 0,94$
3.	plastina-spiral lentali	$\frac{Nu}{0,03 Re^{0,755}} = 2,2 + 2,33 \cdot \frac{2h}{d} - \frac{1,2 + 2,3 \cdot \frac{2h}{d}}{7,6 + 5 \cdot \frac{2h}{d}} \cdot \frac{H}{d}$	spiral-lentalar joylashish nisbiy qadami $H/d = 4$, nisbiy balandligi $2h/d = 0,4$
4.	prujinali turbulizator	$\frac{Nu}{Nu_{silliq}} = 1,85 + 2,5 \frac{2h}{d} - \frac{0,85 + 2,5(2h/d)}{2,8 + 12,6(2h/d)} \cdot \frac{t}{d}$	prujinali turbulizator nisbiy qadami $t/d = 3,1$ va balandligi $2h/d = 0,435$

2-rasmda f ni τ_e ga bog'liqlik funktsiyasi orqali ko'rsatilgan. Eksperimental izlanishlar natijasidan ko'rinadiki, τ_e ni ortishi barcha issiqlik almashinish yuzalari uchun f ni ortishiga olib keladi. Demak, atrof-muhit temperaturasining pasayishi bilan

birlik issiqlik almashinish yuzasidan o'tadigan ekssergiya miqdori kamayadi, oqibatda qurilmaning unumdorligi pasayadi.



2-rasm. Nisbiy yuzaning ekssergetik harorat funksiyasiga bog'liqligi. Chiziqqa rbelgilanishi 1-jadval dagi trubalar raqamlariga mos

Bo'rtiq diafragmalı va prujina turbulizatorli issiqlik almashinish yuzalarining nisbiy maydonlari teng va tadqiq qilingan trubalar ichida ekssergetik eng unumdoridir. Termodinamik jihatdan eng past ko'rsatkichga – plastina-spiral lentali truba egadir. Ular uchun f , hatto, tekis trubalarnikiga qaraganda ham katta. Suvning kirish temperaturasi ortishi bilan plastina spiral lentali truba uchun f kriteriy qiymati kamayadi, tekis trubalarnikiga yaqinlashadi.

Samarador trubalarning gidravlik qarshiligi tekis yuzali trubalarnikiga qaraganda yuqoriroq. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, gidravlik qarshiliklar tufayli ekssergetik yo'qotishlar ulushi umumiy yo'qotishlarning juda kichik qismini tashkil etadi, qaytmas issiqlik almashinish tufayli ekssergiya yo'qotuvlari ulushiga nisbatan oz miqdorni tashkil etadi.

Ma'lumki, issiqlik almashinish qurilmalarini loyihalashda issiqlik berish koeffitsiyentini hisoblash formulasini aniqlash Yetarli.

Unumdorlik kriteriysi eksergiya tushunchasiga asoslanadi va issiqlik almashinish qurilmalarining unumdorligini aniqlash va termodinamik unumdor qurilmalarni loyihalashda qo'llash maqsadga muvofiq.

Hajm, uzunlik va boshqa parametrlarni optimallashtirishda yuqorida taklifetilganga o'xshash kriteriylarni olish mumkin.

Bug'-gaz kondensatsiyalash jarayonida issiqlik almashinishni intensivlash

Bir va ko'p komponentli bug'-gaz va qattiq fazali (mayda dispers) aralashmalarni kondensatsiyalash jarayonida issiqlik almashinishni intensivlash prof. Zokirov S.G. rahbarligidagi ilmiy guruh tomonidan o'rganilgan. Issiqlik almashinishni intensivlash uchun 4.13 [1] paragrafda bayon qilingan konstruktsiyadagi trubalar o'rganilgan va tavsiya etilgan. Bu turdagi trubani qo'llash bir komponentli bug'larni kondensatsiyalash jarayonida issiqlik almashinishni tekis trubaga nisbatan issiqlik almashinishni 1,7 – 2,0 marotabaga oshiradi, chunonchi, atseton bug'lari uchun 1,4 – 1,7; ekstraksion benzin bug'lari uchun 1,9 ni tashkil etadi. Eksperimental tadqiqotlar asosida samarador tuba turbulizatorlarining joylashish qadamit/ D ning kamayishi bilan issiqlik berish koeffitsiyenti ortib boradi. Xuddi shunday, d/D kattalikning kamayishi bilan issiqlik berish koeffitsiyenti α ham ortadi. Bunga sabab, mayda dispers qattiq mikrozarraçalar nisbatan sovuq devorga yopishishi, qo'shimcha kondensatsiyalanish markazlari vazifasini bajaradi va oqibatda jarayon intensivlashadi. Qattiq zarralarning kontsentratsiyasi $s = 3 \div 3,5\%$ gacha kondensatsiya ortib boradi. Lekin, qattiq faza kontsentratsiyasi bu ko'rsatkichdan ortganida uning ta'siri sekinlashadi va o'sishi to'xtaydi. Issiqlik almashinish yuzasining optimal o'lçamlari deb $t/D = 0,25$ qadam va $d/D = 0,88 \div 0,91$ halqasimon ariqçalar nisbiy diametri topildi.

Ko'p komponentli qattiq fazali bug'-gaz aralashmasining samarador trubada yupqa qatlamda kondensatsiyalanish jarayoni uchun quyidagi kriterial formula keltirib chiqarilgan:

$$Nu = 0,0216 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \left[\left(m \frac{t}{D} - n \right) \frac{d}{D} - b \right]$$

bu Yerda koeffitsiyent $m = -1,895 \cdot c - 63,683$; $n = 0,434 \cdot c - 13,51$; $b = z \cdot (t/D) - \theta$; $z = -1,32 \cdot c - 56,324$; $\theta = 0,657 \cdot c - 9,24$.

Ushbu formula quyidagi rejimlar uchun o'rinli: Reynolds soni $Re = (1,2 \div 15) \cdot 10^3$; halqasimon ariqchalar nisbiy diametri $d/D = 0,88 \div 0,96$; ariqchalarning joylashish qadamit $t/D = 0,25 \div 0,5$; bug'-gaz aralashmasida qattiq faza kontsentratsiyasi $c = 0 \div 5,0\%$.

Formulaning xatoligi $\pm 12,8\%$.

Topshiriqlar:

1. Tekis (silliq) truba uchun eksergetik aralash kriteriyni hisoblang.
2. Tashqarisi botiq ariqchali va ichki tomoni bo'rtiq diafragmali truba uchun eksergetik aralash kriteriyni hisoblang.
3. Plastina-spiral lentali truba uchun eksergetik aralash kriteriyni hisoblang.
4. Prujinali turbulizator truba uchun eksergetik aralash kriteriyni hisoblang.

Ishni bajarish uchun tavsiyalar:

Ushbu amaliy ish (C++, Beysik) algoritmik dasturlardan foydalanib, shaxsiykompyuterlarda amalga oshiriladi.

Hisob natijalari bo'yicha grafik quriladi.

Hisobot ishi A4 format qog'ozda bajariladi.

Nazorat savollari:

1. Kondensatsiyajarayonidasovitisheltkichiuchun $T' - T''$ farq nimagateng?
2. Energetik jihatdan maqbul issiqlik almashinish qurilma bu $-f$ nimagateng bo'lganidir?
3. Nima uchun aralash eksergetik kriteriy ishlatiladi?

Foydalanilgan adabiyotlar

3. Бродянский В.М., Верхивкер Г.П., Дубовской С.В. и др. Эксергетические расчеты технических систем. Под ред. А.А. Долинского, В.М. Бродянского. Киев: Наук.думка, 2005. 360 с.
4. Каримов К.Ф. Критерий эффективности поверхностей теплообмена // Химическая технология. – Москва, 2009, №7. С. 425–429.

3-amaliy mashg'ulot. Oqimdagi modda eksergiyasini hisoblash.

Ishdan maqsad: Eksergiya turlaridan biri – oqimdagi modda eksergiyasini hisoblashni o'rganish.

Masalaning qo'yilishi: Uch fazali mavhum qaynash qatlami (UFMQQ) apparati uchun oqimdagi modda eksergiyasini hisoblash kerak, chunki modda almashinish – suv havoni yutish jarayoni (absorbsiya) bilan sodir bo'luvchi statsionar jarayon kechadi.

Ko'pikning turg'un oqimini – u, v, s, T va p parametrli suv va havo aralashmasini ko'ramiz. Atrof-muhit bilan muvozanat holatini ifodalovchi parametrlarni $u_{o,s}, v_{o,s}, s_{o,s}, T_{o,s}$ i $p_{o,s}$ bilan belgilaymiz. Oqim eksergiyasini e aniqlash uchun UFMQQ apparatiga kirish holatidan chiqish holatiga o'tishdagi maksimal ishni topish talab etiladi.

Muhit bosimini engishga sarflanuvchi ishni e'tiborga olgan holda modda oqimi (ko'pik)ni ko'chirishga sarflanuvchi ish $p v$ quyidagi ifoda bilan aniqlanadi [1]:

$$p v - p_{o,c} v = v(p - p_{o,c}). \quad (1)$$

(3.5) formulani [1] e'tiborga olgan holda

$$e = i - i_{o,c} - T_{o,c}(s - s_{o,c}) = i - T_{o,c} + c \quad (2)$$

Ni hosil qilamiz yoki differensial shaklda

$$de = di - T_{o,c} ds.$$

e funksiya – eksergetikdir, chunki u modda va atrof-muhit parametrlari bilan aniqlanadi.

(2) formuladan ko'rinadiki, uning qiymati faqat atrof-muhit temperaturasi $T_{o,s}$ bilan bevosita bog'liq, bosim $p_{o,s}$ esa additiv konstanta $c = -(i_{o,c} - T_{o,c} s_{o,c}) =$

$-(u_{o,c} + p_{o,c}v_{o,c} - T_{o,c}s_{o,c})$ tarkibiga kiradi xolos. Bu atrof-muhit bosimi $p_{o,s}$ faqatgina e funksiyaning absolyut qiymatini hisoblashdagina e'tiborga olinishini anglatadi [1]. Bizning hisob ishimizda eksergiyalar farqini Δe qo'llash talab etiladi, bosim $p_{o,s}$ esa ko'rilayotgan jarayon xarakteristikasiga ta'sir etmaydi, chunki s konstanta qisqarib ketadi.

Quyida bir nechta temperatura va 0,2 MPa bosimda (kirishda) suv va havo oqimlari eksergiyasining hisoblash natijalari berilgan (1-jadval).

1-jadval

T, K	suv			havo		
	i, kJ/kg	s, kJ/(kg·K)	e, kJ/kg	i, kJ/kg	s, kJ/(kg·K)	e, kJ/kg
291	75.5	0.2677	-2.4007	291.01	6.6404	-1641.35
298	104.77	0.367	-2.027	298.08	6.6642	-1641.2
303	125.66	0.4365	-1.3615	303.1	6.6812	-1641.13

Topshiriqlar:

1. 0,3 MPa bosim va 313 K temperaturada moy eksergiyasini hisoblang.
2. 0,3 MPa bosim va 313 K temperaturada karbonat angidrid eksergiyasini hisoblang.
3. 0,3 MPa bosim va 313 K temperaturada kislorod eksergiyasini hisoblang.
4. Suv eksergiyasini 0,5 MPa bosim va 323 K temperaturada hisoblang.
5. Suv eksergiyasini 0,6 MPa bosim va 323 K temperaturada hisoblang.
6. Suv eksergiyasini 0,7 MPa bosim va 323 K temperaturada hisoblang.
7. Suv eksergiyasini 0,5 MPa bosim va 333 K temperaturada hisoblang.
8. Suv eksergiyasini 0,5 MPa bosim va 343 K temperaturada hisoblang.
9. Havo eksergiyasini 0,5 MPa bosim va 323 K temperaturada hisoblang.
10. Havo eksergiyasini 0,5 MPa bosim va 323 K temperaturada hisoblang.

Ishni bajarish uchun tavsiyalar:

Ushbu amaliy ish (C++, Beysik) algoritmik dasturlardan foydalanib, shaxsiykompyuterlarda amalga oshiriladi.
Hisob natijalari bo'yicha grafik quriladi.
Hisobot ishi A4 format qog'ozda bajariladi.

Nazorat savollari:

1. e funksiya qaysi kattalikka bog'liq?
2. UFMQQ apparatidabajariladiganmaksimalishqanday topiladi?
3. 0,3 MPa bosim va 313 K temperaturada moy eksergiyasi nimaga teng ekan?

Foydalanilgan adabiyotlar

5. Бродянский В.М., Верхивкер Г.П., Дубовской С.В. и др. Эксергетические расчеты технических систем. Под ред. А.А. Долинского, В.М. Бродянского. Киев: Наук.думка, 2005. 360 с.
6. Каримов К.Ф. Критерий эффективности поверхностей теплообмена // Химическая технология. – Москва, 2009, №7. С. 425–429.

4-amaliy mashg'ulot. Eksergetik balans tenglamasini tuzish

Ishdan maqsad: Oziq-ovqat sanoatida ishlatiluvchi UFMQQ – sabzavotlarni archish apparati misolida eksergetik balans tenglamasini tuzishni o'rganish.

Masalaning qo'yilishi: UFMQQ apparatining eksergetik balans tenglamasini tuzish uchun ko'rilayotgan sistemani hayolan nazorat yuzasi bilan qoplash va kirayotgan hamda chiqayotgan eksergiya eksergiyalar oqimlarini aniqlash zarur.

Sistemaga kirayotgan va chiqayotgan modda, issiqlik, ish oqimlari eksergetik balansi umumiy holda quyidagicha yoziladi [1]:

$$\Sigma E'_i + \Sigma E'_q + \Sigma L' = E_i'' + \Sigma E_q'' + \Delta E + \Sigma L'' \Sigma D \quad (3)$$

$$\Sigma E' = \Sigma E'' + \Sigma D \quad (4)$$

Real qurilmalarda energiya dissipatsiyasi bilan kechuvchi qaytmas jarayonlar (ishqalanish, issiqlik almashinish, drossellanish, kimyoviy o'zgarishlar va h.k.) sodir bo'ladi, shuning uchun quyidagi tengsizlik ular uchun o'rindir

$$\Sigma E' > \Sigma E'' \quad (5)$$

Bundan sistemada (qurilmada, apparatda) yo'qoluvchi eksergiyani quyidagicha aniqlash mumkin

$$\Sigma D = \Sigma E' - \Sigma E'' \quad (6)$$

Kirayotgan va chiqayotgan modda hamda energiya oqimlarining eksergiyalari ishlab turgan qurilmalarda o'lchangan yoki loyihalanayotgan qurilma uchun hisoblangan shu oqimlar parametrlari bo'yicha aniqlanadi.

UFMQQ apparati uchun eksergetik balans tenglamasini 3÷6 formulalar asosida va quyidagi soddalashtirishlarni qabul qilib tuzamiz.

1) UFMQQ apparatida oqish jarayoni bilan birga absorbsiya jarayoni sodir bo'ladi. Havoni suvga yutilish jarayonini to'liq qaytmas deb qabul qilamiz, ya'ni ideal gaz va suyuqlik aralashish jarayonini ko'ramiz. Bu havo absorbsiyalanganda issiqlik yutilmaydi ham, ajralmaydi ham demakdir.

2) Absorbsiyada eritma tepasidagi gazning parsial bosim ortish foydali ishi bajarilmaydi. Bu gazlar aralashmasini absorbsiya bilan tozalash jarayoni ko'rilmayapganini anglatadi. Havo va suv turlicha temperaturalarga ega. Aralashtirishda havo va suv o'rtasida issiqlik almashiniladi. Ammo bu issiqlik yutilish jarayoniga ta'sir qilmaydi.

3) Havoning uch fazali eritmadagi konsentratsiyasi kam va temperaturaga ta'sir qilmaydi, ya'ni suv hamda ko'pikning UFMQQ apparatiga kirish-chiqishdagi temperaturalari teng.

4) Uch fazali oqimdagi qattiq fazaning mavjudligi u hosil qilayotgan gidravlik qarshilik p_m orqali e'tiborga olinadi.

5) Uch fazali oqimning apparatdan chiqishidagi eksergiyasini seksiyalangan to'urning eng yaxshi joylashish burchagi - 20° va oqim tezligi ~ 15 mm/s uchun, ya'ni seksiyalangan to'urning gidravlik qarshiligi $p_r = 100$ Pa bo'lgan holda hisoblaymiz.

CHiqayotgan uch fazali eritmaning 1 kg ga nisbatan UFMQQ apparatining eksergetik balansi

$$G_v(e_v - e_v^r) = G_{vz}(e_{vz}^r - e_{vz}) + \Sigma D \quad (7)$$

ening «v» va «vz» indeklari mos ravishda suv yoki havoga tegishli.

Suv va havoning aralashishlari sababli UFMQQ apparatidan chiqishda ikala agentning entropiyalari aralashish entropiyasi miqdoriga ortadi, eksergiya esa kamayadi. SHu sabab har bir komponent uchun chiqishdagi eksergiya hisoblanishi shart. Aralashish entropiyasiga tuzatish $\Delta s_p = \frac{8,314}{\mu_i} \ln z_i$, bu erda μ_i – aralashma (ko‘pik) i - komponentning molekulyar massasi; z_i – shu komponentning molyar ulushi.

39 kg/s suv 3,9 kg/s havo bilan aralashganida havoning uch fazali aralashmadagi massaviy ulushi $g_{vz} = \frac{3,9}{39+3,9} = 0,091$, suvniki – $g_v = 0,909$. Massaviy ulushlardan molyar ulushlarga o‘tib quyidagini hosil qilamiz

$$z_v = \frac{g_v/\mu_v}{g_v/\mu_v + g_{vz}/\mu_{vz}} = \frac{0,91/18}{0,91/18 + 0,091/28,84} = 0,9404.$$

Mos holda $z_{vz} = 0,0596$. U holda suv uchun $\Delta s_v^r = \frac{8,314}{18} \ln 0,9404 = -0,0284$ kJ/(kg·K) va havo uchun $\Delta s_{vz}^r = \frac{8,314}{28,84} \ln 0,0596 = -0,813$ kJ/(kg·K).

Suvning chiqishdagi eksergiyasi

$$e_v^r = i_v^r - T_{o.s}(s_v^r - \Delta s_v^r) = 75,5 - 291(0,2677 + 0,0284) = -10,6651 \text{ kJ/kg.}$$

Bunda entalpiya i_v^r va entropiya s_v^r $p_{v\text{blx}}$ i $T_{v\text{blx}}$ parametrlarda olinadi.

Havoning chiqishdagi entropiyasi

$$s_{vz}^r = s^r - \Delta s_{vz}^r = c_r \ln \frac{T_r}{T_{o.s}} - \frac{R}{\mu_{vz}} \ln \frac{p_{o.s}}{p^r} - \Delta s_{vz}^r$$

$c_p = 1,01$ kJ/(kg·K), $\mu_v = 28,84$ kg/mol da

$$s_{vz}^r = 1,01 \ln \frac{298}{291} - \frac{8,314}{28,84} \ln \frac{0,1}{0,19} - (0,813) = 1,022 \text{ kJ/kg.}$$

$$vae_{vz}^r = i_{vz}^r - 291 s_{vz}^r = 300,2 - 291 \cdot 1,022 = 2,798 \text{ kJ/kg.}$$

bu erda bosim $p_{v\text{blx}} \approx 0,15$ MPa bo‘lganidagi $i_{vz}^r = 300,2$ kJ/kg. Uch fazali suyuqlik aralashmasi ustunining $p_{st.j}$, material po‘chog‘ining p_m va seksiyalangan to‘rning p_r

gidravlik qarshiliklari tufayli eritmaning UFMQQ apparatidan chiqishidagi bosimi kirishdagiga qaraganda kichik.

$$\Delta p_{ob} = p_{st.j} + p_m + p_r = 1700 + 800 + 100 = 2600 \text{ Pa.}$$

Eksergiyaning to'liq yo'qolishi

$$\Sigma D = 39(-2,4007 + 10,6651) - 3,9(2,798 - 1699,2) = 6938 \text{ kJ/c}$$

to'laligicha ichkidir, chunki atrof-muhitga issiqlik yo'qolmaydi. Yo'qotuvlarning barchasi ichki bo'lib, texnik va shaxsiy yo'qotuvlar yig'indisidan iborat. Bu suv va havoning qaytmas aralashish jarayoni natijasidir va aralashish tufayli eksergiyani kamayishi sifatida aniqlanadi

$$D_s = T_s(G_v \Delta s_v^r + G_{vz} \Delta s_{vz}^r) = 291[39(0,0284) + 3,9(0,813)] = 1245 \text{ kJ/c.}$$

Demak, texnichik yo'qotuv $D_t = 5693 \text{ kJ/c}$. U seksiyalangan to'rni o'rnatish, archi-ladigan sabzavotlarni ortish va h.k. tufayli yuzaga keladi.

2-jadvalda eksergetik balansning suv va havo turli sarflaridagi hisoblangan natijalari berilgan.

2-jadval

G_v , kg/s	G_{vz} , kg/s	ΣD , kJ/s	D_c , kJ/s	E' , kJ/s	E'' , kJ/s
9	0.9	1604	287	1498.686	96.26854
12	1.2	2138	382	1998.248	128.3581
25	2.5	4455	797	4163.018	267.4126
39	3.9	6951	1244	6494.307	417.1637
43	4.3	7663	1372	7160.39	459.9497
59	5.9	10515	1883	9824.721	631.0938
63	6.3	11228	2010	10490.8	673.8798
77	7.7	13723	2457	12822.09	823.6308

Topshiriqlar:

1. Suv va havo uchun mos ravishda 100 kg/s hamda 10 kg/s sarflardagi eksergetik balans tenglamasini tuzing.
2. Suv va havo uchun mos ravishda 110 kg/s hamda 15 kg/s sarflardagi eksergetik balans tenglamasini tuzing.

3. Suv va havo uchun mos ravishda 120 kg/s hamda 20 kg/s sarflardagi eksergetik balans tenglamasini tuzing.
4. Suv va havo uchun mos ravishda 130 kg/s hamda 25 kg/s sarflardagi eksergetik balans tenglamasini tuzing.
5. Suv va havo uchun mos ravishda 140 kg/s hamda 30 kg/s sarflardagi eksergetik balans tenglamasini tuzing.
6. Suv va havo uchun mos ravishda 150 kg/s hamda 35 kg/s sarflardagi eksergetik balans tenglamasini tuzing.
7. Suv va havo uchun mos ravishda 160 kg/s hamda 40 kg/s sarflardagi eksergetik balans tenglamasini tuzing.
8. Suv va havo uchun mos ravishda 170 kg/s hamda 40 kg/s sarflardagi eksergetik balans tenglamasini tuzing.

Ishni bajarish uchun tavsiyalar:

Ushbu amaliy ish (C++, Beysik) algoritmik dasturlardan foydalanib, shaxsiykompyuterlarda amalga oshiriladi.
Hisob natijalari bo'yicha grafik quriladi.
Hisobot ishi A4 format qog'ozda bajariladi.

Nazorat savollari:

1. Energiya dissipatsiyasi nima?
2. Real qurilmalar uchun eksergetik balans tenglamasini yozing.
3. Eksergiyaning gidravlik qarshiliklar tufayli yo'qolishi qanday hisoblanadi?

Foydalanilgan adabiyotlar

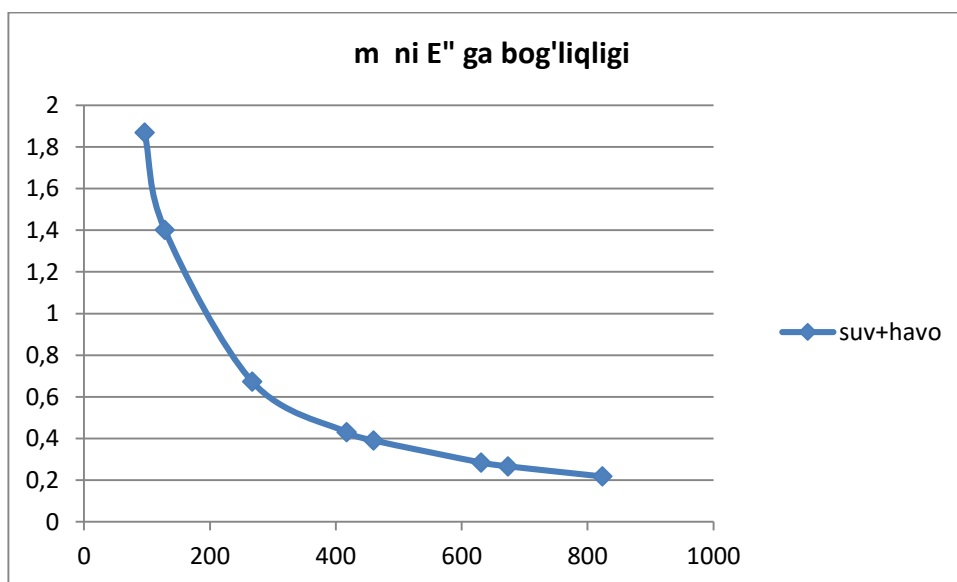
1. Бродянский В.М., Верхивкер Г.П., Дубовской С.В. и др. Эксергетические расчеты технических систем. Под ред. А.А. Долинского, В.М. Бродянского. Киев: Наук.думка, 2005. 360 с.
2. Каримов К.Ф. Критерий эффективности поверхностей теплообмена // Химическая технология. – Москва, 2009, №7. С. 425–429.

5-amaliy mashg'ulot. UFMQQ apparatining samaradorligi.

Ishdan maqsad: Oziq-ovqat sanoatida ishlatiluvchi UFMQQ – sabzavotlarni archish apparati misolida eksergetik eksergetik samaradorlikni baholashni o'rganish.

Masalaning qo'yilishi: UFMQQ apparatini archilayotgan sabzavot yoki uning po'chog'i massasi bo'yicha baholanishi lozim, ular esa na termodinamik va na iqtisodiy ko'rsatgichlar bo'lib oraliq kattaliklardir. Bu holda maqsadli kriteriy sifatida aralash eksergetik ko'rsatgichlarni qo'llash qulay. Aralash eksergetik kriteriyalar massa, hajm va h.k. ning nisbiy ifodasidir [1, 2].

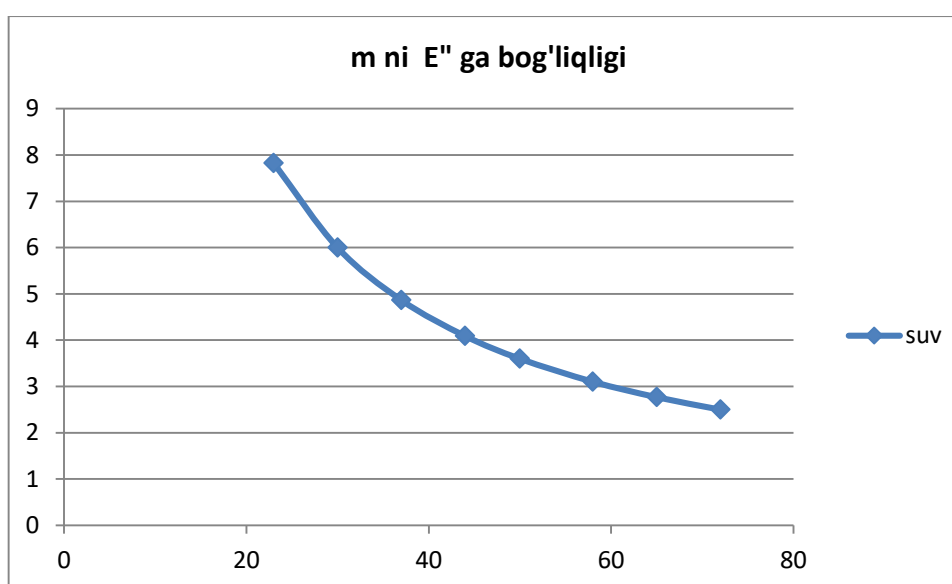
Vaqt birligida mahsulot – archilgan sabzavot massasi 0,18 kg (15,52 t/sut). U holda UFMQQ apparatining samaradorligi $= \frac{M}{E''}$, [kg·kJ/kg] formuladan aniqlanadi. m ning qiymati qancha kam bo'lsa, apparatning ishi shuncha samarador. 1-rasmdan ko'rinadiki, $m = 0,18$ kg da suv va havo sarflari ortishi bilan UFMQQ apparatining samaradorligi ortib boradi. m ning boshqa qiymatlarida ham shunga o'xshash egri chiziqlar olinadi.



1-rasm

3-jadval va 2-rasmda UFMQQ apparatining samaradorligi archish uchun faqat suv ishlatiluvchi (havoni aralashtirmasdan) apparat samaradorligi bilan taqqoslangan.

$G_v, \text{kg/s}$	$E', \text{kJ/s}$	$E'', \text{kJ/s}$	$m, (\text{t} \cdot \text{kJ})/\text{t}$
10	24.007	23	7.826087
13	31.2091	30	6
16	38.4112	37	4.864865
19	45.6133	44	4.090909
22	52.8154	50	3.6
25	60.0175	58	3.103448
28	67.2196	65	2.769231
31	74.4217	72	2.5



2-rasm

Grafiklardan ko‘rinadiki, taqqoslanayotgan apparatlarda suv va ko‘pik sarflari teng bo‘lganida m koeffitsientining qiymati UFMQQ apparati uchun kichikdir, ya’ni UFMQQ apparatining samaradorligi havo aralashtirilganida bir faza – suv ishlatilganiga nisbatan samaraliroqdir. Buning sababi shundaki, havo suvga aralashtirilganida ko‘taruvchi kuch yuzaga keladi (erlift effekti), gidravlik qarshilikni kamaytiradi.

Topshiriqlar:

1. m kriteriysini ixtiyoriy boshqa kattaliklarda hisoblang.

2. Suv –havo aralashmasi uchun m ni olinayotgan eksbergiyaga bog‘liqlik grafigini quring.
3. Suv uchun m ni olinayotgan eksbergiyaga bog‘liqlik grafigini quring.

Ishni bajarish uchun tavsiyalar:

Ushbu amaliy ish (C++, Beysik) algoritmik dasturlardan foydalanib, shaxsiy kompyuterlarda amalga oshiriladi.

Hisob natijalari bo‘yicha grafik quriladi.

Hisobot ishi A4 format qog‘ozda bajariladi.

Nazorat savollari:

1. m kriteriysi qaysi holda (faqat suv uchun yoki suv – havo aralashmasi uchun) katta? Sabab?
2. m kriteriysi qanday hisoblanadi?
3. Erlift effekti nima?

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Бродянский В.М., Верхивкер Г.П., Дубовской С.В. и др. Эксергетические расчеты технических систем. Под ред. А.А. Долинского, В.М. Бродянского. Киев: Наук.думка, 2005. 360 с.
2. Каримов К.Ф. Критерий эффективности поверхностей теплообмена // Химическая технология. – Москва, 2009, №7. С. 425–429.

V. KEYSLAR BANKI

1. Absorberda jarayonning eksergetik FIK katta emas va ko‘pincha 4 – 6% dan oshmaydi. Eksergiya yo‘qotuvlarini kamaytirish uchun qanday chora ko‘rilishi zarur?

Keysni bajarish bosqchilari va topshiriqlar:

Keysdagi muammoni keltirib chiqargan asosiy sabablar va hal etish yo‘llarini jadval asosida izohlang (individual va kichik guruhda).

Muammo turi	Kelib chiqish sabablari	Hal etish yo‘llari

2. Issiqlik almashinish apparatida uchta oqim 350 K temperaturadan 450 K temperaturagacha 530 Ktemperaturali suv bug‘i bilan isitilmoqda. Bir vaqtning o‘zida uchta oqim 600 K temperaturadan 500 K gacha sovutilmoqda. Issiqlik rekuperatsiya qilinmayapti. Issiqlikni qanday tejash mumkin?

Keysni bajarish bosqchilari va topshiriqlar:

Keysdagi muammoni keltirib chiqargan asosiy sabablar va hal etish yo‘llarini jadval asosida izohlang (individual va kichik guruhda).

Muammo turi	Kelib chiqish sabablari	Hal etish yo‘llari

3. Rektifikatsion kolonnada ko‘p komponentli havo aralashmasi ajratilyapti. 90 K temperaturada kislorod, 78 K da azot ajratib olinyapti. Qanday qilib samaradorlikni oshirish mumkin?

Keysni bajarish bosqchilari va topshiriqlar:

Tinglovchining qoli jaroxatlanishini keltirib chiqargan asosiy sabablar va hal etish yo‘llarini jadval asosida izohlang (individual va kichik guruhda).

Muammo turi	Kelib chiqish sabablari	Hal etish yo‘llari

VII. GLOSSARIY

Eksergiya	Energiyaning ishga yaroqli qismi; tushuncha termodinamikaning birinchi va ikkinchi qonunlariga asoslanadi.	Exergy is a workable part of energy; The concept is based on the first and second laws of thermodynamics.
Ish	Energiyaning bir turi bo'lib, sistema tomonidan bajariladi yoki sarflanadi.	Work is a kind of energy performed or spent by the system.
Texnik sistema	Apparat, mashina, agregat, qurilmalar va h.k. elementlari, qismlarining to'plami.	Technical system - a set of elements, parts of the apparatus, machine, unit, installation, etc.
Termodinamik tahlil	Texnik termodinamika masalalaridan biri bo'lib, energetik ta'sir bir turini ikkinchisiga o'tish shartlarini belgilaydi.	Thermodynamic analysis of the task of technical thermodynamics, which determines the conditions for the transformation of some types of energy impact into others.
Qayta ishlash sanoatining energotexnologik asoslari	Qayta ishlash sanoatida mahsulot va energiyani birga ishlab chiqarish hamda energiya resurslarini tejab ishlatish haqidagi bilimlar to'plami.	Energotechnology basis of the processing industry - a set of knowledge about the joint production of products and energy in the processing industry, as well as the economical use of energy resources.
Azot kislotasi ishlab chiqarish	Tabiiy gazdan asosiy va ikkilamchi mahsulotlar olinadigan ko'p bosqichli ishlab chiqarish; energiya manb'ai ham tabiiy gazdir.	Nitric acid production is a multi-stage production in which the target product is produced from natural gas concomitantly; The source of energy is also natural gas.

VIII. ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S. G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – T.: Sharq. 2015.-848 b.
2. Tsatsaronis, G. & Morosuk, T. Advances in exergy-based methods for improving energy conversion systems. // “Optimization using exergy-based methods and computational fluid dynamics”, G.Tsatsaronis & A.Boyano A., eds., Clausthal-Zellerfeld: Papierflieger Verlag, p.1-10. 2009.
3. Tsatsaronis, G. & Morosuk, T. Advanced exergetic analysis of a novel system for generating electricity and vaporizing liquefied natural gas. Energy – The international Journal, 2010. 35, p.820-829.
4. Закиров С.Г., Каримов К.Ф. Эксергетический анализ двухступенчатых, каскадных холодильных установок и их теплообменных аппаратов. Методическое пособие по практическим занятиям (для магистров специальности 5А520711 «Машины и агрегаты холодильной и криогенной техники, систем кондиционирования»). Т.: TashGTU. 2007. – 28 с.
5. Бродянский В.М., Верхивкер Г.П., Дубовской С.В. и др. Эксергетические расчеты технических систем. Под ред. А.А. Долинского, В.М. Бродянского. Киев: Наук.думка, 2005. 360 с.
6. Каримов К.Ф. Критерий эффективности поверхностей теплообмена // Химическая технология. – Москва, 2009, №7. С. 425–429.