

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

**KIMYO TEXNOLOGIYASINING
DOLZARB MUAMMOLARI VA
ULARNING YECHIMLARI**

O‘QUV-USLUBIY MAJMUA

Toshkent-2026

Mazkur o'quv-uslubiy majmua Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2024-yil 27-dekabrdagi 485-sonli buyrug'i bilan tasdiqlangan o'quv dasturi va o'quv rejasiga muvofiq ishlab chiqilgan.

Tuzuvchi: TDTU, "Sovutish va kriogen texnikasi" kafedrası mudiri,
t.f.d., professor Q.F.Karimov

Taqrizchi: TDTU, "Sovutish va kriogen texnikasi" kafedrası professori, t.f.d.
S.G. Zakirov

O'quv-uslubiy majmua Toshkent davlat texnika universiteti Kengashining 2025-yil 29-yanvardagi 5-sonli qarori bilan nashrga tavsiya qilingan.

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

Modulning maqsad va vazifalari

Modulning maqsadi – kimyo texnologiyasining dolzarb muammolari va ularning yechimlari, texnologik mashinalar va jihozlar yo‘nalishi fanlarini rivojlantirish masalalarining zamonaviy yechimlari va kimyo sanoati mahsulotlarini qayta ishlashdagi zamonaviy yechimlarni topish bo‘yicha ko‘nikma va malakalarni shakllantirishdan iborat.

Modulning vazifalari:

– kimyo texnologiyasining dolzarb muammolari va ularning yechimlarini topish;

-texnologik mashinalar va jihozlar yo‘nalishi fanlarini rivojlantirish masalalarining zamonaviy yechimlari ishlab chiqish;

- kimyo sanoati mahsulotlarini qayta ishlashdagi zamonaviy yechimlar ishlab chiqish.

Modul bo‘yicha bilimlar, ko‘nikmalar, malakal va kompetensiyalariga qo‘yiladigan talablar

Kutilayotgan natijalar: Tinglovchilar “Kimyo texnologiyasining dolzarb muammolari va ularning yechimlari” modulini o‘zlashtirish orqali quyidagi bilim, ko‘nikma va malakaga ega bo‘ladilar:

Tinglovchi:

- TMJ taraqqiyotining zamonaviy tendensiyalari;
- TMJning zamonaviy texnikasi va texnologiyasi;
 - xorijiy mamlakatlarda TMJdan samarali foydalanish tajribasi;
- TMJdagi ekologik muammolari;
- TMJ ni hisoblashning zamonaviy usullari;
- TMJni avtomatlashtirishda asosiy rivojlanish yo‘nalishlari bo‘yicha **bilimlarni** egallashi;
- TMJ maxsulotlari miqdor va sifatini o‘lchashining zamonoviy usullardan foydalanish;
 - texnologik jarayonlar va qurilmalarni tahlil qilish;
 - TMJni loyihalash;
 - “TMJ ” yo‘nalishi fanlarining o‘ziga xos jihatlarini izohlash **ko‘nikma va malakalariga** ega bo‘lishi;
 - kimyo, neft va gaz, oziq-ovqat sanoati; sovitish va payvandlash texnikasini rivojlantirishning zamonaviy konsepsiyasini ta’lim jarayoniga tatbiq etish;
- xorij mamlakatlar kimyo, neft va gaz, oziq - ovqat sanoati, sovitish va payvandlash texnikasining rivojlanishini tahlil qilish hamda ularning yutuq-kamchiliklariga munosabat bildirgan holda ta’lim jarayonida foydalanish **kompetensiyalarini** egallashi zarur.

Modulning oliy ta'limdagi o'rni

Ta'lim tizimida sezilarli o'zgarishlar ro'y bermoqda. Ayniqsa, ilmiy-texnik taraqqiyotning tezda o'sishi "Kimyo texnologiyasining dolzarb muammolari va ularning yechimlari" modulining oliy ta'limdagi o'rnida ham aks etmoqda.

Zamonaviy axborot texnologiyalari va pedagogik dasturiy vositalari, axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan foydalanishni o'zlashtirish va o'quv-tarbiya jarayonida qo'llash haqidagi bilim va ko'nikmalarni shakllantirishga asoslanganligi bilan alohida ahamiyatga ega.

Modul birliklari bo'yicha soatlar taqsimoti

	Modul mavzulari	Auditoriya o'quv yuklamasi			
		Jami	jumladan		
			Nazariy	Amaliy mashg'ulot	Ko'chma mashg'ulot
1.	Texnologik mashinalar va jihozlar fanlarini rivojlantirish yo'nalishlari. Texnologik mashinalar va jihozlar fanlarini rivojlantirish yo'nalishlari: ishlab chiqarish texnologiyasi yo'nalishida; pedagogik texnologiyalar yo'nalishida; o'qish jarayonini tashkil qilish yo'nalishida; ilg'or texnologiyalarni o'rganish va tatbiq qilish; fanning muammoli masalalarini o'rganish.	2	2		
2.	Texnologik mashinalar va jihozlar yo'nalishi fanlarini rivojlantirish masalalarining zamonaviy yechimlari. Ishlab chiqarish korxonalarining dolzarb texnik va texnologik muammolari. Muammoni hal qilishning texnologik jarayonlarni jadallashtirish usuli. Yangi texnologiyalarni jalb etish.	4	2	2	
3.	Kimyo sanoatida mahsulotlarni ishlab chiqarishdagi zamonaviy yechimlar. Havo ajratish texnologiyasida past bosim qurilmalarini qo'llanishi. Karbonat angidrid sovutish mashinalarining qo'llanilishi, ekspluatatsiyasi. Past bosim havo ajratish qurilmasining prinsipial sxemasini tuzish, ish siklini holat diagrammasida qurish. Qurilma unumdorligini hisoblash. Karbonat angidrid gazida ishlovchi sovutish mashinasining prinsipial sxemasini tuzish. Mashina	9	2	4	3

	Issiqlik hisobini bajarish.				
4.	Apparatlar samaradorligini oshirish. Issiqlik almashinishni jadallashtirish. Absorbsion, rektifikatsiya kolonna apparatlari samaradorligini oshirish.	7	2	2	3
Jami:		22	8	8	6

NAZARIY TA'LIM MAZMUNI

1-mavzu: Texnologik mashinalar va jihozlar fanlarini rivojlantirish yo'nalishlari.

Texnologik mashinalar va jihozlar fanlarini rivojlantirish yo'nalishlari: ishlab chiqarish texnologiyasi yo'nalishida; pedagogik texnologiyalar yo'nalishida; o'qish jarayonini tashkil qilish yo'nalishida; ilg'or texnologiyalarni o'rganish va tatbiq qilish; fanning muammoli masalalarini o'rganish.

2-mavzu: Texnologik mashinalar va jihozlar yo'nalishi fanlarini rivojlantirish masalalarining zamonaviy yechimlari.

Ishlab chiqarish korxonalarining dolzarb texnik va texnologik muammolari. Muammoni hal qilishning texnologik jarayonlarni jadallashtirish usuli. Yangi texnologiyalarni jalb etish.

3-mavzu: Kimyo sanoatida mahsulotlarni ishlab chiqarishdagi zamonaviy yechimlar.

Havo ajratish texnologiyasida past bosim qurilmalarini qo'llanishi. Karbonat angidrid sovutish mashinalarining qo'llanilishi, ekspluatatsiyasi. Past bosim havo ajratish qurilmasining prinsipial sxemasini tuzish, ish siklini holat diagrammasida qurish. Qurilma unumdorligini hisoblash.

Karbonat angidrid gazida ishlovchi sovutish mashinasining prinsipial sxemasini tuzish. Mashina issiqlik hisobini bajarish.

4-mavzu. Apparatlar samaradorligini oshirish.

Issiqlik almashinishni jadallashtirish. Absorbsion, rektifikatsiya kolonna apparatlari samaradorligini oshirish.

AMALIY MASHG'ULOT MAZMUNI

1-amaliy mashg'ulot. O'qish jarayonini tashkil qilishda o'quv rejalarini tuzish.

2-amaliy mashg'ulot. Past bosim havo ajratish qurilmasining prinsipial sxemasini tuzish, ish siklini holat diagrammasida qurish. Qurilma unumdorligini hisoblash.

3-amaliy mashg'ulot. Karbonat angidrid gazida ishlovchi sovutish mashinasining prinsipial sxemasini tuzish. Mashina issiqlik hisobini bajarish.

4-amaliy mashg'ulot. Yog'ni ekstraksiyalash texnologiyasida sovutish tizimining hisobi. Sovutish unumdorligini aniqlash, sovutish mashinasini tanlash.

5-amaliy mashg'ulot. Samarador issiqlik almashinish apparatlarini hisoblash va konstruksiyalash.

6-amaliy mashg'ulot. Samarador kolonna apparatlarini hisoblash va konstruksiyalash.

7-amaliy mashg'ulot. Samaradorlikni ifodalovchi kattaliklar. Bunday kattaliklarni tanlash va ishlatish.

KO'CHMA MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

Mavzu: Texnologik mashinalar va jihozlar yo'nalishi fanlarini rivojlantirish masalalarining zamonaviy yechimlari.

Ko'chma mashg'ulotda tinglovchilarni "Jixoz ventilyatsiya" MCHJ ga olib borish ko'zda tutilgan. Mavzu yuzasidan yangi texnika texnologiyalar va amaliy ishlarni bajarish rejalashtirilgan.

O'QITISH SHAKLLARI

Mazkur modul bo'yicha quyidagi o'qitish shakllaridan foydalaniladi:

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

- ma'ruza;
- amaliy mashg'ulot.
- O'quv ishini tashkil etish usuliga ko'ra:**
- jamoaviy;
- guruhli (kichik guruhlarda, juftlikda);
- yakka tartibda.

Dasturning informasion-metodik ta'minoti

Fanni o'qitish jarayonida zamonaviy metodlarni, pedagogik va axborot texnologiyalarni ko'llashni:

- fanning barcha ma'ruzalari bo'yicha zamonaviy kompyuter texnologiyalari yordamida multimediyali taqdimot tayyorlashni;
- amaliy mashg'ulotlarda pedagogik va axborot-komunikasiya texnologiyalaridan keng foydalanishni;
- tinglovchilarning ilg'or tajribalarni o'rganishni va ommalashtirishni nazarda tutadi.

II. MODULNI O'QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL

TA'LIM METODLARI

Hozirgi kunda O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2006 yil 10-fevraldagi 20-son qarori bilan tasdiqlangan "Oliy ta'lim muassasalariga pedagog xodimlarni tanlov asosida ishga qabul qilish tartibi to'g'risida" Nizomi

mavjud. Ammo, mamlaktimizda o'tkazilayotgan islohatlar OTMda chuqur kasbiy bilimlarga, ilmiy yutuqlarga, ijodiy, ilmiy salohiyatga, yuksak intellektual qobiliyat va axloqiy fazilatlariga ega bo'lgan, Kadrlar tayyorlash milliy dasturi talablari darajasida mutaxassislar tayyorlash bilan shug'ullanishga munosib malakali pedagog kadrlarni tanlash uslubini yaratishni ham talab etmoqda. Bu borada ma'lum ishlar mutaxassislar tomonidan olib borilmoqda. Biz ham ushbu bitiruv ishi ko'lamida o'z takliflarimizni berishni lozim ko'rdik.

6-jadvalda pedagog xodimlar faoliyatini baholashning yuqorida eslatilgan nizomga asosan hozirgi vaqtdagi baholash parametrlari berilgan.

6-jadval

Pedagog xodimlar faoliyatini baholash va natijalari haqidagi ma'lumotlarni taqdim etish bo'yicha Yo'riqnoma		
<i>T/r</i>	Ko'rsatkichlar	Ball
O'quv-metodik faoliyati (40 ball)		40
1	O'qituvchilik faoliyati (20 ball):	20
1.1.	Nazariy bilimlarni, amaliy ko'nikmalarni va o'qitiladigai fan-ning zamonaviy tendensiyalarini egallaganlik darajasi (ochiq mashg'ulotlar natijalari bo'yicha).	8
1.2.	O'qitish sifati darajasi (talabalardan so'rab chiqish natijalari bo'yicha).	5
1.3.	Talabalarining o'qituvchining yo'llanmasi (fani) bo'yicha olimpiadalarda, har xil tanlovlar va ilmiy grantlardagi ishtiroki.	7
2	Metodik ishlar (20 ball):	20
2.1.	Yil mobaynida oliy ta'lim muassasasi o'qituvchisi tomonidan nashr etilgan darsliklar va o'quv qo'llanmalar.	8
2.2.	O'qitishda kompyuter va axborot texnologiyalaridan foydalanish darajasi, o'quv kursini va o'quv-taqdimot materiallarini ishlab chiqish.	7
2.3.	Uquv jarayonida zamonaviy ta'lim texnologiyalari va talabalar bilimlarini baholashning ilg'or usullari qo'llanilishi darajasi.	5
Tarbiyaviy faoliyati (20 ball)		20
3	Talabalar bilan tarbiyaviy ish bo'yicha tadbirlarda ishtirok etish: ma'naviy-ma'rifiy ishlar, sport klublari, ilmiy, ijodiy to'garaklar, madaniy tadbirlar va shu kabilar.	5
4	Talabalarining akademik guruhlarida kuratorlik.	6
5	Talabalarining o'qishdan tashqari bo'sh vaqtlarini mazmunli o'tkazishni tashkil etishdagi ishtiroki.	5

6	Idora, mintaqa doirasida bajariladigan jamoatchilik ishlari va oliy ta'limdan tashqari ishlar.	4
Ilmiy faoliyati (30 ball)		30
7	Ilmiy konферetssiyalar ishida ishtirok etish.	5
8	Ilmiy nashrlarda (shu jumladan xorijiy ilmiy nashrlarda) materiallar, monografiyalar e'lon qilish.	5
9	Xalkaro, ilmiy loyihalarga, xo'jalik shartnomalariga raxbarlik qilish yoki ularda ishtirok etish.	5
10	Patentlar va ixtirolar.	5
11	Katta ilmiy xodimlar-izlanuvchilarning dissertatsiya tadqiqotlariga ilmiy rahbarlik qilish.	5
12	Doktorlik dissertatsiyasi doirasida ilmiy tadqiqot olib borish.	5
Oliy ta'lim muassasasini rivojlantirishga qo'shgan ulushi (10 ball)		10
13	Boshqa ta'lim muassasalari: oliy ta'lim muassasalari, akademik litseylar va kasb-hunar kollejlari bilan hamkorlikni mustahkamlashda ishtirok etish (o'qituvchanlik faoliyati va ular uchun bilimlar darajasini oshirish treninglarini tashkil etish).	3
14	Xorijiy oliy ta'lim muassasalari bilan ayirboshlash dasturlarida ishtirok etish va ularni tashkil etish.	4
15.	Yangi yo'nalishni, yangi kafedrani, laboratoriyani ochish ishida, Axborot-resurs markazining elektron bazasini to'ldirishda ishtirok etish.	3
Shaxsiy fazilatlari (10 ball)		10
16.	Ilmiy daraja va ilmiy unvon.	3
17.	Malaka oshirish kurslaridan o'tish.	2
18.	Xorijiy tillarni egallaganlik, materiallarni ishlab chiqish va fanni o'qitishda ulardan amalda foydalanish.	2
19.	Xorijiy ta'lim muassasalari va ilmiy muassaslarda stajirovkadan o'tish.	3
JAMI (eng ko'p ball - 110)		110

Yuqoridagi jadvalda faoliyatning ajratib ko'rsatilgan turlari, ularga beriladigan ballar o'zgartirishni talab etishni anglatadi. Bu o'zgartirishlarni kafedra a'zolari – professor-dotsentlar va katta o'qituvchi-assistenlar bo'yicha alohida-alohida ko'rib chiqamiz (7,8-jadvallar).

7-jadval

Professorlar, dotsentlar faoliyatini baholash - KPI

T/r	Ko'rsatkichlar	Ball
O'quv-metodik faoliyati (30 ball)		40

1	O'qituvchilik faoliyati (10 ball):	10
1.1.	O'qitish sifati darajasi (talabalardan so'rab chiqish natijalari bo'yicha).	5
1.2.	Talabalarining o'qituvchining yo'llanmasi (fani) bo'yicha olimpiadalarda, har xil tanlovlar va ilmiy grantlardagi ishtiroki.	5
2	Metodik ishlar (20 ball):	20
2.1.	Yil mobaynida oliy ta'lim muassasasi o'qituvchisi tomonidan nashr etilgan darsliklar va o'quv qo'llanmalari.	20
	Tarbiyaviy faoliyati (10 ball)	10
3	Talabalar bilan tarbiyaviy ish bo'yicha tadbirlarda ishtirok etish: ma'naviy-ma'rifiy ishlar, sport klublari, ilmiy, ijodiy to'garaklar, madaniy tadbirlar va shu kabilar.	5
6	Idora, mintaqa doirasida bajariladigan jamoatchilik ishlari va oliy ta'limdan tashqari ishlar.	5
	Ilmiy faoliyati (50 ball)	50
7	Ilmiy konferetssiyalar ishida ishtirok etish.	6
8	Ilmiy nashrlarda (shu jumladan xorijiy ilmiy nashrlarda) materiallar, monografiyalar e'lon qilish.	12
9	Xalkaro, ilmiy loyihalarga, xo'jalik shartnomalariga raxbarlik qilish yoki ularda ishtirok etish.	12
10	Patentlar va ixtirolar.	10
11	Katta ilmiy xodimlar-izlanuvchilarning dissertasiya tadqiqotlariga ilmiy rahbarlik qilish.	5
12	Doktorlik dissertasiyasi doirasida ilmiy tadqiqot olib borish.	5
	Oliy ta'lim muassasasini rivojlantirishga qo'shgan ulushi (10 ball)	10
13	Boshqa ta'lim muassasalari: oliy ta'lim muassasalari, akademik litseyilar va kasb-hunar kollejlari bilan hamkorlikni mustahkamlashda ishtirok etish (o'qituvchanlik faoliyati va ular uchun bilimlar darajasini oshirish treninglarini tashkil etish).	5
14	Xorijiy oliy ta'lim muassasalari bilan ayirboshlash dasturlarida ishtirok etish va ularni tashkil etish.	5
	JAMI (eng ko'p ball - 100)	100

8-jadval

Katta o'qituvchilar, assistentlar faoliyatini baholash - KPI

T/r	Ko'rsatkichlar	Ball
	O'quv-metodik faoliyati (30 ball)	30
1	O'qituvchilik faoliyati (20 ball):	15
1.1.	Nazariy bilimlarni, amaliy ko'nikmalarni va o'qitiladigai fanning zamonaviy tendensiyalarini egallaganlik darajasi (ochiq mashg'ulotlar natijalari bo'yicha).	5
1.2.	O'qitish sifati darajasi (talabalardan so'rab chiqish natijalari bo'yicha).	5

1.3.	Talabalarining o'qituvchining yo'llanmasi (fani) bo'yicha olimpiadalarda, har xil tanlovlar va ilmiy grantlardagi ishtiroki.	5
2	Metodik ishlar (20 ball):	15
2.1.	Yil mobaynida oliy ta'lim muassasasi o'qituvchisi tomonidan nashr etilgan o'quv-uslubiy ko'rsatmalar.	5
2.2.	O'qitishda kompyuter va axborot texnologiyalaridan foydalanish darajasi, o'quv kursini va o'quv-taqdimot materiallarini ishlab chiqish.	5
2.3.	Uquv jarayonida zamonaviy ta'lim texnologiyalari va talabalar bilimlarini baholashning ilg'or usullari qo'llanilishi darajasi.	5
Tarbiyaviy faoliyati (20 ball)		20
3	Talabalar bilan tarbiyaviy ish bo'yicha tadbirlarda ishtirok etish: ma'naviy-ma'rifiy ishlar, sport klublari, ilmiy, ijodiy to'garaklar, madaniy tadbirlar va shu kabilar.	10
6	Idora, mintaqa doirasida bajariladigan jamoatchilik ishlari va oliy ta'limdan tashqari ishlar.	10
Ilmiy faoliyati (30 ball)		30
7	Ilmiy konferetssiyalar ishida ishtirok etish.	6
8	Ilmiy nashrlarda (shu jumladan xorijiy ilmiy nashrlarda) materiallar, monografiyalar e'lon qilish.	6
9	Xalkaro, ilmiy loyihalarga, xo'jalik shartnomalariga raxbarlik qilish yoki ularda ishtirok etish.	6
10	Patentlar va ixtirolar.	6
12	Doktorlik dissertatsiyasi doirasida ilmiy tadqiqot olib borish.	6
Oliy ta'lim muassasasini rivojlantirishga qo'shgan ulushi (10 ball)		10
13	Boshqa ta'lim muassasalari: oliy ta'lim muassasalari, akademik litseylar va kasb-hunar kollejlari bilan hamkorlikni mustahkamlashda ishtirok etish (o'qituvchanlik faoliyati va ular uchun bilimlar darajasini oshirish treninglarini tashkil etish).	5
14	Xorijiy oliy ta'lim muassasalari bilan ayirboshlash dasturlarida ishtirok etish va ularni tashkil etish.	5
Malaka oshirish va stajirovkalar (10 ball)		10
17.	Malaka oshirish kurslaridan o'tish.	4
19.	Xorijiy ta'lim muassasalari va ilmiy muassaslarda stajirovkadan o'tish.	6
JAMI (eng ko'p ball - 100)		100

Biz taklif qilayotgan baholash parametrlari mazmuni quyidagicha: avvalambor, baholashda professor-o'qituvchilarni turi bo'yicha ajratilgan, ya'ni fan doktori, professor va yosh assistent faoliyatini bitta shkala bo'yicha baholash – metodik xatodir. Ikkinchidan, ayrim faoliyat turi, masalan, 18 punktdagi “Xorijiy tillarni egallaganlik, materiallarni ishlab chiqish va fanni o'qitishda ulardan amalda foydalanish” olib tashlandi. Bunga sabab ayrim faoliyat turlari bir necha marta

baholanish hollari mavjud, masalan, 1.2 punktdagi “O‘qitish sifati darajasi (talabalardan so‘rab chiqish natijalari bo‘yicha)” faoliyat turi yuqorida ko‘rsatilgan 18 punktdagi faoliyatni qamrab oladi (6-jadval) va h.k.

III. NAZARIY MATERIALLAR

1-MA`RUZA. TEXNOLOGIK MASHINALAR VA JIHOZLAR FANLARINI RIVOJLANTIRISH YO`NALISHLARI

Reja:

1. Texnologik mashinalar va jihozlar fanlarini rivojlantirishning umumiy yo`nalishlari
2. Ishlab chiqarish texnologiyasi yo`nalishi
3. O`qish jarayonini tashkil qilish yo`nalishi

Tayanch soʻz va atamalar: fanlarni rivojlantirish; ishlab chiqarish muammolari; o`quv jarayonini tashkil qilish.

1. Texnologik mashinalar va jihozlar fanlarini rivojlantirishning umumiy yo`nalishlari

Texnologik mashinalar va jihozlar fanlarini rivojlantirish yo`nalishlarini umumiy ko`rinishda quyidagicha belgilash mumkin: ishlab chiqarish texnologiyasi yo`nalishida; pedagogik texnologiyalar yo`nalishida; o`qish jarayonini tashkil qilish yo`nalishida. Bu ko`rsatilgan yo`nalishlar shartli bo`lib, uni boshqa jihatlar, ko`rsatgichlar boyicha ham yo`nalishlarga bo`lish mumkin. Ammo, barcha hollarda ham shuni alohida ta`kidlash zarurki, fanlar rivoji, barcha sohalarda ham, fan-texnika yutuqlari bilan bog`liq. Oliy o`quv yurtlari o`quv rejalarida sun`iy tarzda fanlarni, kurslarni tashkil qilishga yo`l qoymaslik darkor.

2. Ishlab chiqarish texnologiyasi yo`nalishi

Texnologik mashinalar va jihozlar fanlarini rivojlantirishning ishlab chiqarish texnologiyasi yo`nalishi, birinchidan, ilg`or texnologiyalarni o`rganish, tatbiq qilish qilishdan iborat. Masalan, kimyo ishlab chiqarish sanoatida kislorod, azot va havoning boshqa komponentlarini olishning ilg`or usuli bu – past haroratda rektifikatsiya qilish usulidir, garchi boshqa usullar ham mavjud bo`lsada. Oziq-ovqat sanoatida, masalan, sutni qayta ishlashda sutni pasterizatsiya qilinishi anchadan beri ma`lum. Pasterizatsiya qilish sutning saqlanish muddatini 6-7 kunga yetkazadi. Hozirgi paytda ilg`or texnologiyalarni yaratilishi va qo`llanilishi qayta ishlangan sutning saqlanish muddatini uzaytirdi va u 25-30 kunni tashkil qiladi.

Meva va sabzavotlarni sovutib saqlash bilan birga inert gaz muhitida ushlash ularning saqlanish muddatini oshiribgina qolmay, balki dastlabki tovar ko'rinishini kam o'zgartiradi.

Fanni rivojlantirishning ishlab chiqarish texnologiyasi yo'nalishida, ikkinchidan, ishlab chiqarish va ilm-fandagi muammoli masalalarni o'rganishdir. Masalan, past haroratda rektifikatsiya qilish ilg'or usul bo'lishi bilan birga ko'p energiya sarflanish bilan ham xarakterlanadi. Bu usulda energiya sarflarini kamaytirish fanning dolzarb muammolaridandir. Tabiiy gazni qayta ishlashda uning tarkibidagi vodorod sulfidini ajratish muhim texnologik bosqichdir. Ana shu bosqichda ishlatiluvchi absorbentlar qator talablarga javob berishi zarur. Bu talablar, ko'pincha, qarama-qarshidir. Masalan, absorbent tanlovchanlik xususiyatiga ega bo'lish bilan birga kimyoviy inert ham bo'lishi zarur. Yoki, absorbent keng tarqalgan va arzon bo'lish bilan birga apparat materialiga nisbatan inert, atrof-muhitga zararsiz bo'lishi zarur. Shu kabi muammolar va ularning zamonaviy yechimlari fanni o'qitishda rejaga kiritilishi va doimiy ravishda ilm-fan, texnika taraqqiyotiga mos holda yangilanib borishi zarur.

3. O'qish jarayonini tashkil qilish yo'nalishi

Texnologik mashinalar va jihozlar fanlarini rivojlantirishning o'qish jarayonini tashkil qilish yo'nalishi, birinchidan, o'quv rejaga mahsus fanlarni kiritishdan iborat. Bu ta'lim darajasiga qoyiladigan Davlat talablarida ko'rsatilganidek ta'limdagi izchillik va uzviylik tamoyillariga mos bo'lishi muhim. Masalan, ToshDTU "Sovutish va kriogen texnikasi" kafedrasida quyidagicha yo'l tutilgani maqsadga muvofiq bo'lgan: "Texnologik mashinalar va jihozlar" yo'nalishida "Termodinamika" fani 2-kursda o'qitiladi. Fanga ajratilgan soat miqdori (soat miqdorini kafedra belgilamagan) fanning "Termodinamik tahlil" bo'limini dasturga kiritish uchun yetarli emas. Termodinamik tahlil fanning yakuniy qismi bo'lib, uni bilish amaliyotda muhimdir. Shuning uchun "Termodinamik tahlil" bo'limi "Sovutish va kriogen texnikasi mashina hamda agregatlari" magistratura mutaxassislik o'quv rejasiga kiritilgan. Bu bilan

bakalavriatura va magistratura fanlari o'rtasidagi davomiylik va uzviylik ta'minlangan. Shu bilan birga, fanlarni sun'iy hosil qilishdan qochilgan.

O'qish jarayonini tashkil etishda, ikkinchidan, yo'nalish fanlari soatlarini oshirish muhimdir. Bu yerda gap ixtisoslik fanlari haqida borayapti. O'quv rejaning hozirgi ko'rinishida, ko'p mutaxassislar fikricha, ixtisoslik fanlari soatlarining ulushi umumiy soatlarga nisbatan oz qiymatni tashkil etadi. Bunday holatni tayanch oliy o'quv yurtlari tajribali professor-o'qituvchilari OO'MT vazirligining Rivojlantirish instituti xodimlari bilan hamkorlikda ko'rib chiqishlari kerak. Shuni aytish kerakki, mamlakatimizda xorij ta'lim tizimini o'rganish, uning ilg'or g'oyalarini qo'llash davom etmoqda. Masalan, Toshkent axborot-texnologiyalari universitetida Janubiy Koreya ta'lim tizimining tajribasi qo'llanilyapti. Bu tajribaga ko'ra o'quv rejadagi 1-blok fanlarining (gumanitar fanlar blogi) ulushi kamaytirilgan, buning evaziga ixtisoslik fanlari soatlari oshirilgan. Toshkent axborot texnologiyalari universitetida o'qishni tashkil etishdagi bunday yangilik o'zining ijobiy mahsulini berganda mamlakatimizdagi boshqa O'Yulariga tatbiq etiladi.

Amaldagi o'quv rejalarda fanning nazariy va laboratoriya, amaliy mashg'ulotlar soatlarini teng qilingan. Hatto amaliyot (laboratoriya) soatlarining ulushini nazariynikidan oshirishga ham ruhsat etilgani, albatta, yaxshidir. Chunki, injenerlik ishida nazariy bilimlar asosidagi ko'nikmalarni amalda qo'llash talabdan kelgusida talab etiladigan asosiy talabdir.

Texnologik mashinalar va jihozlar fanlarini o'qitishda e'tibor berilishi zarur bo'lgan hollardan biri bu – o'qitishda zamonaviy laboratoriya jihozlari bilan ta'minlanganlikdir. Misol uchun, ToshDTU "Sovutish va kriogen texnikasi" kafedrasida ko'p yillar davomida ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Bunda ko'plab tadqiqot qurilmalari yaratilib, yig'ilib ular tadqiqot ishlaridan so'ng o'qish jarayonida ishlatilgan. Bunday amaliyot o'qitish va tadqiqot ishlarining birligini ta'minlagan. Albatta, hozirgi paytda bunday amaliyotni qo'llash ham yetarli moddiy mablag'ni jalb etishni, ham kafedrada malakali injener-texnik xodimlar kontingentini talab qiladi.

E'tibor qaratilishi lozim bo'lgan jihatlardan yana zamonaviy o'qitish vositalari, multimedia, informatsion texnologiyalar mavjudligi va ulardan foydalanish; o'qitishga malakali mutaxassis va o'qituvchilarning jalb etilishi masalalaridir.

Nazorat savollari

1. Texnologik mashinalar va jihozlar fanlarini rivojlantirishning qanday umumiy yo'nalishlari mavjud?
2. Kimyo sanoatida, sanoat gazlarini olishda qanday yangi texnologiyalarni bilasiz?
3. Oziq-ovqat sanoatida sut mahsulotlarini ishlab chiqarishning qanday yangi texnologiyalarini bilasiz?
4. Oziq-ovqat sanoatida mahsulotlarni saqlashning qanday yangi texnologiyalarini bilasiz?
5. Tabiiy gazni qayta ishlashda uning tarkibidagi vodorod sulfidini ajratish uchun qanday talablar bajarilishi kerak?
6. O'qish jarayonini tashkil qilishda "Texnologik mashinalar va jihozlar" yo'nalishi "Termodinamika" fani bilan bog'liq qanday yechimga kelingan?

2-MA'RUZA. TEXNOLOGIK MASHINALAR VA JIHOZLAR YO'NALISHI FANLARINI RIVOJLANTIRISH MASALALARINING ZAMONAVIY YECHIMLARI

Reja:

1. Kimyo sanoatida sovuqlikning iste'moli.
2. Past temperaturalardagi kimyoviy reaksiyalar.
3. Sovuqlik qo'llanilishining asosiy sohalari.
4. Sintetik kauchuk ishlab chiqarish.

Tayanch so'z va iboralar. Sintetik kauchuk; uksus kislotasi; deparafinlash; kimyo sanoati.

Kimyo va kimyo texnologiyasida sovuqlik turli asosiy texnologik jarayonlarda ajralayotgan issiqlikni olib ketish uchun ham, ayrim kimyoviy reaksiyalarni past temperaturada maqsadli o'tkazish uchun ham qo'llaniladi. Bundan tashqari, sovuqlik neft, gaz va kimyo sanoati sohalarida havoni konditsiyalash qurilmalari ishini ta'minlash uchun keng qo'llaniladi. Havoni

konditsiyalash sun'iy tola ishlab chiqarishda texnologik maqsadlar uchun keng qo'llaniladi.

Kimyo sanoatida kimyoviy mahsulotlar ayrim turlarini ishlab chiqarishda sovuqlikni qo'llanilish ko'lamini 1-jadvalda ko'rsatilgan.

1-jadval.

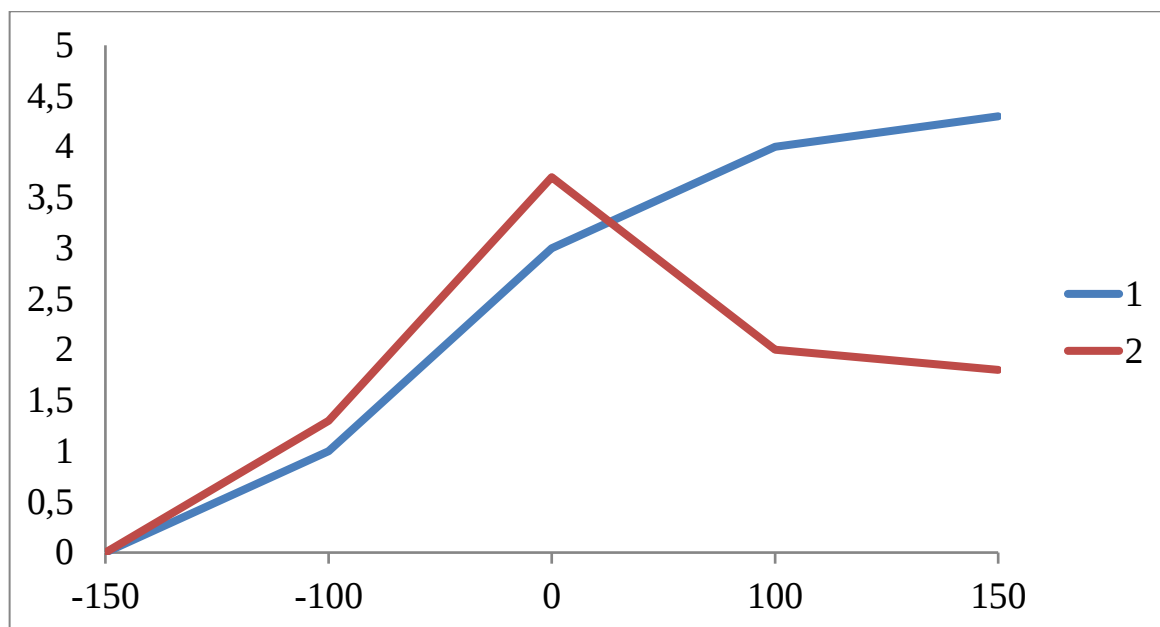
Kimyoviy mahsulot	Temperatura, K	Sovuqlik sarfi, ming. kJ/t
Uksus kislotasi va uksus angidridi	263	2500
Metan xloroformi		
– xlorlash usuli bilan olingani	223	1500
– metilens xloridni fotokimyoviy xlorlash usuli bilan olingani	223	1900
Xlormetil	293	4
Trixloretilen	228	46
Kauchuk		
– nayrit	258	7350
– ftorsilikonli	258	4300
Metanol (rektifikat)	258	34
Kaprolaktin		
– fenol usuli bilan olingani	257	8150
– anilin usuli bilan olingani	257	7400

Sovutish texnikasining rivojlanishi va takomillashishi kimyo va kimyo texnologiyasi sanoatida sovuqlikni kelgusida qo'llanilish imkonini yanada kengaytiradi.

Past temperaturalardagi kimyoviy reaksiyalar. Ma'lumki, ko'pgina kimyoviy reaksiyalarning tezligi temperatura ko'tarilishi bilan monoton oshib boradi. Bu bog'liqlik miqdoran Arrhenius qonuni sifatida ma'lum. Molekulyar-kinetik nazariyaga asosan Arrhenius qonuni to'la aniq talqinga ega. Temperatura pasayishi bilan molekulalar issiqlik harakati jadalligi kamayadi, shu tufayli ularning bir-biri bilan ta'sirlashuv imkoniyati kamayadi.

Ammo, bu qonuniyatdan istisno hollar ham mavjud: temperatura pasayishi bilan tezligi dastlab ortib, so'ngra kamayadigan kimyoviy reaksiyalar guruhi mavjud; bunda reaksiya maksimal tezligi qator hollarda eritmaning muzlash

temperaturaidan past temperaturaga to'g'ri keladi (1-rasm). 1-rasmdagi 1 egri chiziq muzlash temperaturasidan 10 – 20 °S past temperaturada maksimal reaksiya tezligiga ega bo'lgan ayrim eritmalar kimyoviy reaksiya tezligi ortishini sifat jihatidan ifodalaydi. 2 egri chiziq bilan tezligi xarakterlanuvchi reaksiyalar mexanizmi quyidagicha.



1-rasm. Kimyoviy reaksiyalar tezligini temperaturaga bog'liqligi

Eritmalar muzlash nuqtasidan 10 – 20 °S past temperaturalarda ular tarkibida molekulalar nisbiy harakatchanligi yuqori bo'lgan, suyuq mikroqo'shimchalar deb yuritiluvchi, hududlar saqlanib qoladi. Bu mikroqo'shimchalarda erigan komponentlar konsentrasiyasi ortadi, to'qnashuvlar soni ko'payadi va reaksiya tezligi ortadi. Ayrim hollarda reaksiya tezligi kristallanishning boshlanish temperaturasidan yuqori temperaturadagi reaksiya tezligiga nisbatan 1000 marotabaga ortadi.

Temperaturaning keyingi pasayishidagina suyuq mikroqo'shimchalar muzlaydi va reaksiya tezligi kamayadi. Past temperaturalar ayrim reaksiyalarni sekinlashtirsa, boshqalarini tezroq borishiga sabab bo'ladi.

Past temperaturalarda kimyoviy sintez qilish o'ta sof moddalar va yuqori sifatli mahsulotlarni olishning istiqbolli usullaridan biridir. Hozirgi paytda faqat yuqori sifatli polimerlar olish imkonini beruvchi past temperaturali polimerlash apparatlari mavjud. Past temperaturalarigacha (kriogen temperaturalarigacha)

sovutilgan reagentlar kimyoviy reaksiyasining tezligini ularga nurlanish ta'sir etayotgan vaqtning o'zida anchaga oshirish imkoniyati yaratilgan.

Bu hol past temperaturali reaksiyalar sababli kosmosda organik modda yuzaga kelish ehtimoli borligini ko'rsatadi. Gipotezaning asosi Borliq massasining anchagina qismi sovuq gazlarda – temperaturasi -100°S dan past kosmik chang bulutlarida yig'ilganidir. Bu moddalarda SO_2 , SO , SN_4NH_3 kabi kimyoviy moddalar bor. Kosmos kengliklarida katta energiya nurlanishlari sodir bo'lar ekan, turli kriokimyoviy o'zgarishlarni kutish mumkin. Shunday taxminlar ham borki, kosmosda paydo bo'luvchi organik moddalar Borliqda hayot tug'ilishiga asos bo'ladi.

Demak, barcha tiriklikning konservanti bo'lmish sovuqlik organik hayot vujudga kelishining zaruriy shartlaridan biri bo'lishi mumkin ekan. Organik hayot biz tomondan uzluksiz kuzatiladi va biz uning bir qismimiz.

Sovuqlik qo'llanilishining asosiy sohalari. Sovuqlik moylarni deparafinlash, neftni qayta ishlashdagi gazlarni ajratish, kinoplyonka ishlab chiqarish va boshqa jarayonlarda qo'llaniladi.

Past temperaturada qotuvchi yuqori sifatli moylarni olish uchun neftni qayta ishlashda moy fraksiyalaridan qotish temperaturasi yuqori bo'lgan parafinlarni chiqarib tashlash zarur. Parafinlarni chiqarib tashlash jarayoni deparafinlash deb ataladi. Deparafinlash fraksiyalarni maxsus ertiuvchilar (benzol, toluol va keton) bilan selektiv eritish va keyin erituvchini kristallizator-issiqlik almashinish apparatida sovutish bilan sodir bo'ladi. Kristallizator-issiqlik almashinish apparatida parafin $-25\div-35^{\circ}\text{S}$ temperaturada kristallanadi.

Tabiiy gazni suyultirish jarayonida u tozalanadi, quritiladi va metan bilan boyitiladi (dastlabki tabiiy gazda metan 95% atrofida bo'ladi). Suyultirilgandan so'ng suyuqlik $(1,5 - 2)10^5$ Pa bosimgacha drossellanadi, oqibatda uning temperaturasi $-150\div-160^{\circ}\text{S}$ gacha pasayadi.

Ana shu xususiyatga (temperatura pasayishi bilan eruvchanlikni kamayishi) kriokonsentrasiya jarayoni (sof erituvchi konsentratsiyalangan eritmaga nisbatan yuqori temperaturada muzlashi sababli erituvchilarni bosqichli muzlatish yo'li

bilan eritmalarni quyuqlantirish) asoslangan. Bu jarayon kimyo sanoatida ham oziq-ovqat sanoatida ham, (sharbatlarni quyuqlantirish va h.k.) hamda dengiz suvini chuchuklashtirish va oqava suvlarni tozalash uchun ham qo'llanadi.

Kinoplyonka ishlab chiqarishda plyonka asosini yasash va yorug'likka sezgir emulsiyani sovutish uchun sun'iy sovuqlik zarur. Plyonka asosini yasash uchun talab etiladigan sovuqlik $-22\div-24\text{ }^{\circ}\text{S}$. Yorug'likka sezgir emulsiyani sovutish $-3\text{ }^{\circ}\text{S}$ temperaturada amalga oshiriladi. Emulsiyani saqlash va uni asosga surtish $3\text{ }^{\circ}\text{S}$ temperaturada amalga oshiriladi.

Kimyo sanoatida gazlarni (neft, koks va boshqa) ajratish dastlabki mahsulotlarni – uglevodorodlarni keyinchalik korxonalarga yuborish maqsadida amalga oshiriladi. Ajratish jarayonining yurituvchi kuchi komponentlar qaynash temperaturalari farqidir; bu temperaturalar manfiy bo'lgani uchun gazlarni ajratish uchun komponentlar qaynash temperaturasi darajasigacha sovutish zarur bo'ladi.

Sintetik kauchuk ishlab chiqarish. Spirt dan sintetik kauchuk olishda sovuqlik polimerlash jarayonida temperatura rejimini rostlash uchun, bug' kondensasiya issiqligini olish uchun, suvni sovutish uchun qo'llaniladi.

Sovuqlik elituvchilar sifatida -12 , $-14\text{ }^{\circ}\text{S}$ temperaturali kalsiy xlor eritmasi, etilenglikol va $10\text{ }^{\circ}\text{S}$ gacha sovutilgan suv ishlatiladi.

Azot ishlab chiqarishda azotvodorod aralashmasini gazlardan ajratib olish va ularni uglerod oksidi va metandan tozalashda sovuqlik qo'llaniladi.

To'qimachilik sanoati uchun anilinli bo'yoqlarni ishlab chiqarishda asosiy jarayonlardan biri – oraliq mahsulotni nitratlash – ko'p miqdorda issiqlik ajralishi bilan sodir bo'ladi. Bu issiqlikni olish uchun namokobli yoki muz bilan sovutish shunday amalga oshiriladiki, jarayon temperaturasi $1 - 3\text{ }^{\circ}\text{S}$ bo'ladi.

Kimyo sanoati korxonalarining o'ziga xos tomonlari ularda ishlatiluvchi sovutish qurilmalarining asosiy xarakterini belgilaydi. Odatda, kimyo sanoati korxonalari neft hamda gaz sanoati korxonalari kabi katta hajmda mahsulot ishlab chiqaruvchi yirik sanoat majmualaridir. Shu sababli kimyo sanoati korxonalariga xizmat ko'rsatuvchi sovutish qurilmalari katta sovutish unumdorligiga ega bo'lishi kerak.

Kimyo sanoati korxonalaridagi asosiy ishlab chiqarish jarayonlari bu, odatda, uzoq davom etuvchi uzluksiz jarayonlar bo'lib, ularda sovutish qurilmalari stabil nagruzka ostida yuqori ishonchlilikda ishlashlari zarur. Ko'pgina kimyo korxonalarida past bosimli bug' va qaynoq suv ko'rinishidagi energetik chiqindilar mavjud. 2-jadvalda sintetik spirt olish zavodlaridagi ikkilamchi energetik resurslar xarakteristikasi berilgan.

2-jadval

Issiqlik man'bai	Chiqarib yuborilayotgan issiqlik man'baining temperaturasi, K	Ichqarib yuborilayotgan issiqlik miqdori, MVt
Tutun gazlar	423	11,6
Piroliz gazlari	383	31,7
Suv-spirt kondensati	363	9,2

Bu energiyani, xususan, absorbsion sovutish mashinalari ishi uchun ishlatish maqsadga muvofiq.

Nazorat savollari

1. Qanday kimyoviy reaksiyalar sovutish bilan olib boriladi?
2. Kimyo va kimyo texnologiyasida sovuqlik qo'llaniladi?
3. Arrenus qonunining mazmuni nimadan iborat?
4. Moylarni deparafinlashda sovuqlik nima uchun ishlatiladi?
5. Tabiiy gazni suyultirishda sovuqlik nima uchun ishlatiladi?
6. Sovuqlik tashuvchi moddalar sifatida nima ishlatiladi?

3- MA`RUZA. Kimyo sanoatida mahsulotlarni ishlab chiqarishdagi zamonaviy yechimlar

Reja:

1. Havo ajratish texnologiyasida past bosim qurilmalarini qo'llanishi.
2. Karbonat angidrid sovutish mashinalarining qo'llanilishi, ekspluatatsiyasi.

Tayanch soʻz va iboralar. Past bosim qurilmalari, kriptonksenon aralashmasi, rektifikatsion colonna, havo ajratish qurilmalari, sovuq puflash, flegma.

1. Havoni ajratish qurilmalarida havoni ajratish texnologik sikli oʻzaro bogʻlangan bir nechta jarayonlardan tashkil topgan: havoni siqish; uni quritish va uglerod ikki oksidi, uglevodorodlardan tozalash; toyinish haroratlarigacha va flegma deb ataluvchi suyuq fazaning kerakli miqdori hosil boʻlgunicha sovutish; past haroratda rektifikatsiya qilish usuli bilan havoni ajratish, mahsulot olish. Havo, odatda, sovutish siklining ishchi jismi boʻlgani uchun gaz ajratish qurilmalarida, koʻpincha, gazsimon oqimlarni detanderlarda kengaytirish va havoni tashqi sovuqlik manʼbalari bilan sovutish jarayonlari bir vaqtda amalga oshiriladi. Ajratish mahsulotlari gazsimon, 40 MPa gacha siqilgan holda yoki suyuqlik (oʻta sovutilgan) koʻrinishida olinishi mumkin. HAQlaridagi barcha jarayonlar konstruksion jihatdan turli xil mashina va apparatlarda amalga oshiriladi, quritish va tozalash esa turli xil usullar bilan bajariladi.

Zamonaviy HAQni oʻrganishda ularning quyidagi yirik qismlarni ajratib koʻrish maqsadga muvofiq: siqish, sovutish va rektifikatsiya qilish.

Siqish qismi havoni kompressorga uzatish qurilmalarini, kompressorni, siqilgan havoni suv yoki havo bilan sovutish sistemasini, namlik va moy ajratgichlarni, filtrlarni va h.k. oʻz ichiga oladi.

Sovutish qismiga, toʻgʻri oqim deb ataluvchi siqilgan havo teskari oqim (mahsulot va atrofga chiqarib tashlanuvchi)lar bilan sovutiluvchi IAA (IAA) kiradi. Agar qurilmada regenerator yoki reversiv IAA ishlatilgan boʻlsa, havoni quritish va tozalashni regenerator nasadkalarida yoki IAA kanallari devorlarida aralashmalarni muzlatish usuli bilan amalga oshiriladi; agar almashinmaydigan IAA ishlatilgan boʻlsa, sovutish qismiga adsorbtsion quritish va tozalash mahsus kompleks bloki kiritilgan boʻlishi kerak. Sovutish qismiga yana detander agregatlari, ularning IAA, filtrlar, gaz fazali adsorberlar, dastlabki sovutish freon va ammiak qurilmalari va h.k. kiradi.

Rektifikatsiya qismi rektifikatsion kolonnalarni, kondensatorlarni, flegmani o'ta sovutgichlarni, suyuq fazali adsorberlarni, suyuqlik uzatish va suyuq mahsulotlarni siqish nasoslarini va h.k. o'z ichiga oladi.

HAQlarni loyihalashda siqish qismini doim bino ichiga joylashtiriladi, chunki kompressorlarning ancha murakkab elektr jihozlari va elektr yuritmalariga xizmat ko'rsatish shuni taqazo etadi. Iqlim sharoitlariga ko'ra sovutish va rektifikatsiya qismlari bino ichiga yoki tashqariga joylashtirilishi, birlashtirilishi yoki ajratilishi mumkin. HAQning har bir qism parametrlari boshqa qismlar va butun qurilmaning ishiga katta ta'sir etishi mumkin, shuning uchun HAQ qismlaridagi sovutish unumdorligi va energiya yo'qotuvlari o'zaro bog'liq. Buni qurilmalarni loyihalashda ham, ishlatishda ham etiborga olish zarur.

Havoni ajratish texnologiyasini o'rganish va HAQ qismlarining o'zaro bog'liqligini oydinlashtirish uchun yuqori, o'rta va past bosim qurilmalarining aniq bir texnologik sxemalari misolida texnologik qismlarining xususiyatlari va parametrlarini tahlil qilish kerak. Bunda havoning namlik saqlamlaridagi farqqa, tozalash usuliga, havoni N_2-O_2-Ar aralashma sifatida ajratishga, bir vaqtda toza azot va kislorod olish imkoniyati shartlariga, havoni kompleks ajratish va argon, kriptonksenon, neongeliy aralashmalarini olish printsiplariga e'tibor qaratish lozim. Turli qurilmalarning sovutish unumdorligi boyicha balansga egaligini baholash va sovutish sarfining tashkil etuvchilarini alohida baholash muhim ahamiyatga ega.

Past bosim havo ajratish qurilmalari. KAp-30 qurilmasi past bosim siklida ishlovchi havoni kompleks ajratish yirik qurilmasi hisoblanadi. Sarflanuvchi havo miqdori $B = 18 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{soat}$ (217000 kg/soat). Sof argon ($350 \text{ m}^3/\text{soat}$) suyuq yoki siqilgan ($p = 22 \text{ MPa}$) holda; texnik kislorod mahsulotining bir qismi ($300 \text{ m}^3/\text{soat}$) ham siqilgan holda (22 MPa gacha) olinishi mumkin. Suyuq azot va kislorod (200 kg/soat dan) yoki faqat suyuq kislorod (670 kg/soat) olish imkoniyati ko'zda tutilgan. Qurilmada 0,2 % li kriptonksenon kontsentrati $75 \text{ m}^3/\text{soat}$ miqdorda va 50÷40 % li neongeliy kontsentrati (Ne; He; N_2 ; H_2) $4 \text{ m}^3/\text{soat}$ miqdorda olinadi. Aralashmada neon va geliy ulushi 60 % gacha, olinuvchi suyuq mahsulotlar molyar ulushi 1,2% gacha oshirilishi mumkinligi tadqiqotlarda ko'rsatilgan.

Havo filtr 1 dan o'tib, turbokompressor 2 da 0,66 MPa gacha siqiladi. Atmosfera havosining nisbiy namligi $\varphi = 0,7$ va harorati 30 °C da kompressorga havo bilan kiruvchi namlik:

$$(G_{H_2O})_{p_c} = 217000 \cdot 0,7 \cdot 25,4 / 1000 = 3850 \text{ kg/soat}$$

0,66 MPa gacha siqish va turbokompressor sovutgichida toyinish holatigacha sovutishdan so'ng havodagi namlik

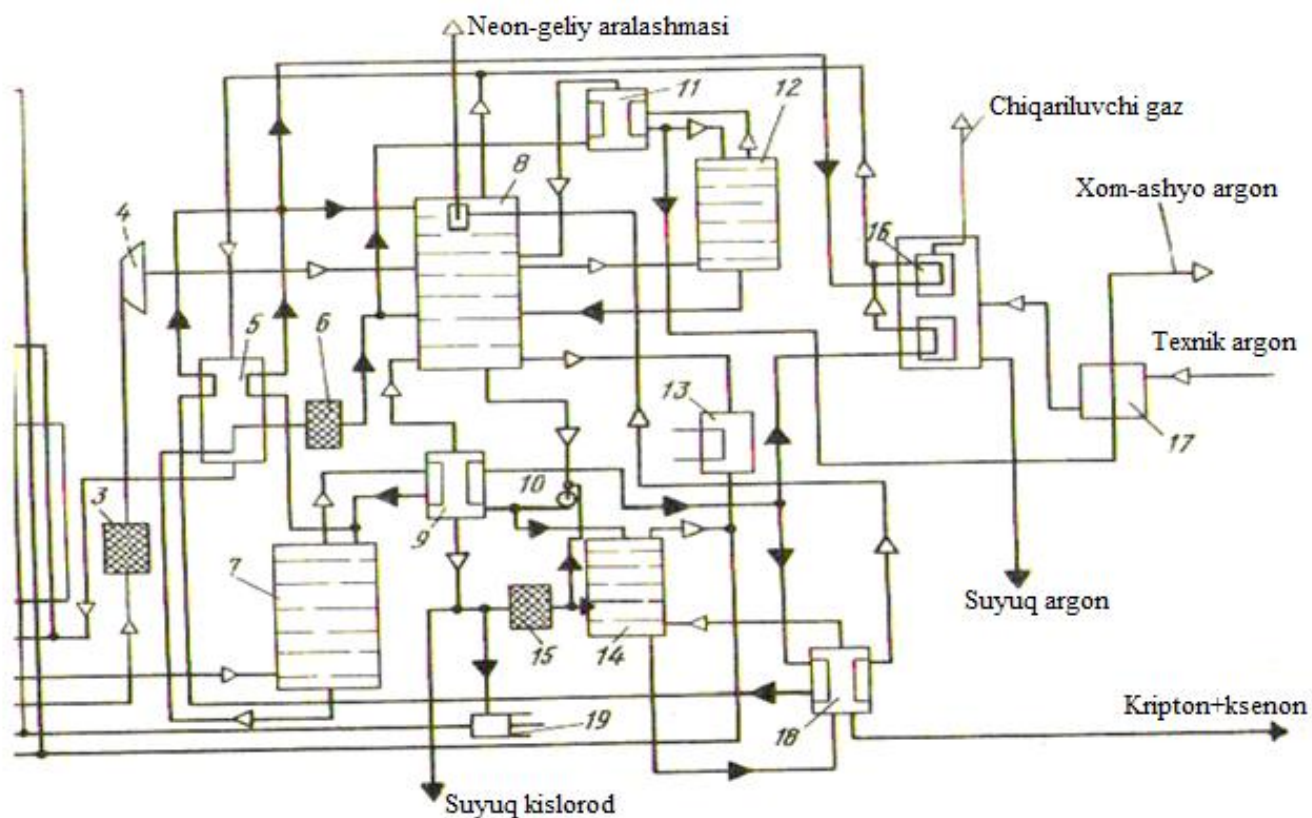
$$(G_{H_2O})_{p_x} = 217000 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 1300 \text{ kg/soat}$$

ya'ni, siqish qismining namlik ajratgichida 1 soatda $3850 - 1300 = 2550$ kg suv ajraladi. Suv bug'lari bilan toyingan havo azot-suv sovutish sistemasi 3 ga va keyin regeneratrlar 5 ga beriladi, ularda toyinish haroratlariga (101–102K) yaqin haroratgacha soviydi. Regeneratrlarda "issiq puflash davri" deb ataluvchi vaqtda havo maydalangan bazalt toshi qatlamidan o'tadi, qatlam "sovuq puflash davrida" teskari azot oqimi bilan sovutilgan bo'ladi. Havo va azot oqimlari davriy ravishda (har 9 minutda) almashinib turadi. Regeneratrlarning 20 °C da namlik boyicha nagruzkasi

$$(G_{H_2O})_{pez} \approx 217000 \cdot 3,5 \cdot 10^{-3} \approx 760 \text{ kg/soat}$$

uglerod ikki oksidi boyicha nagruzka

$$(G_{C_2O})_{pez} \approx 217000 \cdot 0,046 / 100 \approx 100 \text{ kg/soat}$$



2.27-rasm. KAR-30 qurilmasining soddalashtirilgan texnologik sxemasi.

Past bosim qurilmalari uchun azot-suv sovutish sistemasi muhim ahamiyatga ega. Gap shundaki, oqimlar yo'nalishi almashganda regeneratlarda bosim qisqa vaqtda 0,65 dan 0,13 MPa gacha pasayadi. Bunda, issiq puflashda havodan nasadka yuzasida kondensatsiyalangan namlikning bir qismi gaz oqimi bilan chiqib ketadi, shuning uchun sovuq puflash davrining dastlabki 30-60 s davomida namlikning asosiy qismi teskari oqim bilan chiqib ketadi va vaqtning qolgan (ko'p) qismida teskari oqim regeneratlardan quruq holda chiqadi. Namlik qurilmaga havo bilan bug' ko'rinishida kirib qurilmadan kondensat shaklida chiqqani uchun shunga mos sovutish unumdorligi ham yo'qoladi. Bu yo'qotuv son jihatdan namlikni kondensatsiyalanishga sarflangan sovutish unumdorligiga teng. Past bosim qurilmalari kichik sovutish unumdorligiga ega ekanligi sababli sovutish unumdorligining bunday qo'shimcha yo'qotuvlariga, ayniqsa janubiy kengliklardagi atmosfera havosining yuqori haroratlarida ta'sirchandır. Havo harorati ortganida regeneratga kiruvchi suv bug'larining ulushi ortadi, chiqariluvchi kondensatsiyalangan namlik bilan yo'qoluvchi sovutish unumdorligi ham ortadi. Bir vaqtning

o'zida sovuq apparatlarga issiqlik oqimi ham ortadi. Agar zaruriy choralar ko'rilmasa, bu omillar qurilma unumdorligini pasaytiradi va hatto turg'un rejimni buzishi mumkin.

Sovutish unumdorligining bu yo'qotuvlarini bir necha usul bilan qoplash mumkin. Masalan, sovuq puflash vaqtida nasadka harorati 5–7 °S bo'lgan regenerator zonasiga ma'lum suv miqdorini kiritish mumkin, suv bug'lanib regenerator nasadkasini sovutadi. Azot-suv sovutish sistemasi deb nomlanuvchi sistemalar amalda ko'p ishlatiladi. Sovuq puflash davrining ko'p qismida quruq holda qoluvchi teskari azot oqimi azot skrubberiga yo'naladi, suv bug'lari bilan toyinadi, pastga oqib tushayotgan suvni sovutadi. Sovutilgan suv nasos vositasida skrubberga beriladi va pastga oqa turib qarama-qarshi yo'nalgan siqilgan havo oqimini sovutadi, havo, so'ngra, namlik ajratgich orqali regeneratorlarga boradi. Regeneratorlarning namlik boyicha nagruzkasi havoning skrubberdan chiqishidagi harorat va bosim bilan aniqlanadi. Past bosim qurilmalarida regeneratorlarning namlik boyicha nagruzkasi SO₂ boyicha nagruzkasidan, odatda, 10 marotaba katta bo'lishiga qaramay, namlikni teskari oqim bilan ma'lum haroratlar farqida olib ketilishi regeneratorlarni o'z-o'zini tozalashini ishonchli taminlaydi.

KAp-30 HAQda regeneratorlar uchtdan to'rtta guruhga ajratilgan (2.27-rasmda 1 ta guruh ko'rsatilgan). Regeneratorlardan so'ng havo adsorberlar 28 ga (ular 2 ta) tushib, qolgan uglevodorodlar yutiladi. So'ngra, havo ikki oqimga ajraladi: birinchi (asosiy) oqim quyi kolonna 25 ga (diametr 3700 mm, tarelkalar soni 17 ta) yo'naladi, ikkinchisi esa - "sirtmoq" zmeevigiga borib, undan 155 K haroratda (regeneratorning o'rta qismidan) oz miqdordagi sovuq havo bilan qo'shilib turbodetander 6 ga yuboriladi. Asosiy oqimning bir qismi 27 va 7 apparatlariga yuborilib sovutiladi va qisman kondensatsiyalanadi. Turbodetanderda 1 soatda 42300 kg ga yaqin havo kengayadi, unga kirish va chiqishdagi harorat mos ravishda 138 K va 97 K. Turli ish rejimlarida harorat va detander oqimining ulushi turlicha. Detanderda gaz sarfining minimal qiymati 128 K da 30000 kg/soat. Turbodetanderdan so'ng havo oqimi "sirtmoq" oqimining qismi bilan aralashib, argon IAA 14 ga yo'naladi va yuqori kolonna 8 ga beriladi.

Rektifikatsion kolonnalar 8, 25 dagi ishchi jarayon oldingi ko'rilganlarga o'xshash. Kolonnalar bir xil balandliklarga o'rnatilgani sababli suyuq kislorodni idish 24 ga uzatish uchun unumdorligi $130 \text{ m}^3/\text{soat}$ bo'lgan ikkita markazdan qochma 26 nasos (1 tasi rezerv) o'rnatiladi. Idishdan suyuq kislorod kondensator-bug'latgich 23 ga va kripton kolonnasi 22 (diametr 1000 mm, tarelkalar soni 31 ta) ga boradi. Kondensator-bug'latgich 23 dan suyuq kislorodning bir qismi suyuq faza adsorberi 21 orqali bug'latgichga, portlovchi aralashmalar yig'ilishini bartaraf qilishi uchun boradi, so'ng kripton kolonnasi 22 ga yo'naladi. Kripton kolonnasidan texnik kislorod (99,7 % O_2) bug'latgich-o'ta sovutgichga borib suyuq kislorod nasosi 20 ga so'riladi. Suyuq kislorodni mahsulot sifatida olish ham mumkin. Nasos 20 da siqilgan texnik kislorod regenerator zmeeviklaridan o'tib gazga aylanadi, isiydi va iste'molchi ballonlariga uzatiladi. Past bosimli gazsimon texnik kislorodning (99,5 % O_2) asosiy oqimi yuqori kolonna 8 ning ikkinchi tarelkasidan (pastdan hisoblanganda) olinib kripton kolonnasi 22 dan kelayotgan kislorod bilan qo'shiladi, IAA 27 da havoning to'g'ri oqimi bilan isitiladi va regeneratorlarning zmeeviklariga beriladi. Quruq texnik kislorod mahsuloti regeneratorlardan 6–7 K norekuperatsiya haroratida chiqib iste'molchiga beriladi. Kripton kolonnasi 22 ning quyi qismida (bug'latgich 19 da) qiyin uchuvchan kripton va ksenonlar konsentrasiyalanadi. Bu yerdan suyuqlik kondensator-bug'latgich 16 ga borib, bug'lanish natijasida kripton va ksenonning suyuqlikdagi ulushi 0,1-0,2 % gacha ortadi. Dastlabki krypton-ksenon kontsentrati deb ataluvchi aralashma bug'latgich 15 ga quyiladi, suv bilan tezda bug'lantirilib (portlovchi aralashmalar yig'ilmasligi uchun), iste'molchiga beriladi. Kriptonni ajratish koeffitsienti tahminan 60-68%.

Yuqorida aytib o'tilganidek, neon, geliy va vodorod kondensatorlarning bug' o'tmaydigan yuqori qismida kondensatsiyalanmaydigan bug'lar sifatida to'planadi. Neongeliy aralashmasi kondensator 19 qopqog'i va kolonna 13 kondensatoridan (sxemada faqat kondensator 19 dan chiqarish ko'rsatilgan) olinib, kolonna 8 ning yuqori qismiga joylashtirilgan deflegmatorga drossellanadi. Bu yerdan 50-40 % Ne va He, 2 % gacha H_2 (qolgani – azot) tarkibidagi kondensatsiyalanmagan bug'lar iste'molchiga boradi.

Detanderdan chiqqan havoni yuqori kolonna 8 ga kiritish komponentlarni kolonna balandligi boyicha va uning har bir sektsiyasida taqsimlanishini sezilarli o'zgartiradi. Argon fraktsiyasini kolonna 8 da olishda flegma turli nisbati bilan ishlovchi beshtadan kam bo'lmagan sektsiyalar mavjud. 3800 mm diametrli 8 yuqori kolonna 57 ta tarelkaga ega. Argon fraktsiyasi 27-tarelkadan olinib, xom-ashyo argoni kolonnasi 9 (diametr 2800 mm, 53 ta tarelkalar) ga boradi. 4% gacha O₂ va 10 % gacha N₂ dan iborat xom-ashyo argoni kondensator 10 dan kondensator 11 ga beriladi, so'ng argon IAA 14 da bug'lanadi, isiydi va kisloroddan tozalanish uchun ApT qurilmasiga beriladi. Tozalanib, qurigandan so'ng texnik argon IAA da sovuydi va kondensator 12 da kub suyuqlikning bir qismini bug'lanishi natijasida kondensatsiyalanadi, sof argon kolonnasi 13 (diametr 600 mm, 30 ta tarelka) ga borib Ar-N₂ aralashmasi ajraladi. Argon kolonna quyi qismidan suyuq argon nasosi 17 ga beriladi (yoki quyiladi) va gazga aylanib regeneratrlar 5 ning argon zmeeviklarida isiydi va iste'molchi ballonlariga beriladi. Azot kolonna 13 bug'latgichidan chiqib yuqori kolonna 8 dan chiquvchi azotning asosiy oqimi bilan aralashadi va o'ta sovutgichlar 7 orqali regeneratrlar 5 ga, azotsuv sovutish sistemi 3 ga boradi. Chiqindi azot (97-99 %) atmosferaga chiqariladi. Kondensatsiyalanmagan gazlar N₂; Ar; H₂ kolonna 13 kondensatorining yuqori qismidan oz miqdorda X liniyasidan doimiy chiqariladi.

KAp-30 qurilmasining sovutish unumdorligi boyicha balansiga baho berish maqsadga muvofiq. Havoni kompressorda siqishda sovutgichdan olib ketilgan is-siqliklar farqi va 0,66 MPa gacha siqish ishi tufayli olingan sovutish unumdorligi

$$\Delta i_{T_a} = 35,0 \text{ J/mol}$$

Havoni turbodetanderda ($T_{kup} = 138 \text{ K}$; $\eta_{ao} = 85 \%$) kengayishidagi 1 mol siqilgan havoga to'g'ri keluvchi sovutish unumdorligi

$$q_{oem} = \frac{42300}{217000} 0,85 (3850 - 2500) = 224 \text{ J/mol.}$$

Shu tariqa, sikl uchun

$$q_{it} = 35 + 224 = 259 \text{ J/mol.}$$

Havoning sekundli sarfi

$$q_x = \frac{217000 \cdot 1000}{29 \cdot 3600} = 2080 \text{ mol/s,}$$

bu holda qurilmaning to'liq sovutish unumdorligi

$$Q_T = 2080 \cdot 259 = 540000 \text{ Vt.}$$

Asosiy rejim uchun

1) atrof-muhitdan kelayotgan issiqlik oqimlarini qoplash uchun sovutish unumdorligi ($q_a = 8200 \cdot B^{-0,25} = 8200 \cdot 180000^{-0,25} = 4000 \text{ J/m}^3$ nisbiy yo'qotuvlarda):

$$Q_a = 4000 \cdot 180000 / 3600 = 200000 \text{ Vt;}$$

2) nasadka boyicha $\Delta T_h = 3 \text{ K}$ li isimagan oqim (1712 mol/s) va zmeevikda $\Delta T_h = 6 \text{ K}$, $c_p \approx 29,4 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ li oqim bilan yo'qalayotgan sovutish unumdorligi:

$$Q_h = 1712 \cdot 29,4 \cdot 3 + 360 \cdot 29,4 \cdot 6 = 214000 \text{ Vt;}$$

3) suyuq argon (4 mol/s) olish uchun sarflanuvchi sovutish unumdorligi:

$$Q_{Ap} = 4(163 + (300 - 87) \cdot 0,523)39,9 = 43000 \text{ Vt,}$$

bu yerda entalpiyalar farqi argonning bug' hosil qilish issiqligi 163 J/g va 300 K dan kondensatsiyalanish boshlanish harorati 87 K gacha sovutishdagi (o'rtacha nisbiy issiqlik sig'imi 0,523 J/(g*K) dagi issiqliklar yig'indisi sifatida hisoblangan; 39,9 – argonning molekulyar massasi;

4) suyuq kislorod (1,7 mol/s) va suyuq kriptonksenon aralashmasini (0,87 mol/s) olishga sarflanuvchi sovutish unumdorligi:

$$Q_k = 2,57(212,7 + (300 - 90)0,94)32 = 33600 \text{ Vt;}$$

5) suyuq azot olishga (1,97 mol/s) sarflanuvchi sovutish unumdorligi:

$$Q_A = 1,97(199 + (300 - 77)1,035)28 = 23400 \text{ Vt;}$$

6) 22 MPa gacha siqilgan, chiqarilayotgan kislorod (3,45 mol/s) bilan yo'qalayotgan sovutish unumdorligi

$$Q_{Kc} = 3,45(548,3 - 505,5)32 = 4750 \text{ Vt}$$

bu yerda, qavs ichida siqilgan va siqilmagan kislorodning 300 K dagi entalpiyalari farqi berilgan;

7) nasosning suyuq kislorodni $0,97 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ miqdorda uzatib, 22 MPa gacha siqishidagi quvvatini qoplash uchun zaruriy sovutish unumdorligi:

$$Q_{nac} = 22 \cdot 10^6 \cdot 0,97 \cdot 10^{-4} = 2080 \text{ Vt.}$$

Natijada, $Q_a + Q_n + Q_{Ap} + Q_K + Q_A + Q_{Kc} + Q_{nac} = 520830 \text{ Vt.}$

Hisoblashda neongeliy aralashmasini sizib chiqishidagi, sovuq oqimlar quyilishidagi sovutish unumdorligining yo'qotuvlari, adsorbtsiya issiqligining chiqishi e'tiborga olinmadi, shuning uchun sovutish unumdorligining balansi 3,5 % ga farq qilishini e'tiborga olish kerak.

Nazorat savollari

1. Gaz ajratish qurilmalarining asosiy qismlari qaysilar?
2. Yuqori bosim qurilmasi qanday xususiyatlarga ega?
3. KjKAj-0,25 qurilmasining ishlash printsipini tushuntiring.
4. Past bosim HAQ si azotsuv sovutish sistemasining vazifasi nima?
5. Past bosim HAQ sidagi almashinuvchan regeneratlarning vazifasi nima?
6. KAr-30 qurilmasining ishlash printsipini tushuntiring.

4-MA'RUZA. APPARATLAR SAMARADORLIGINI OSHIRISH. ISSIQLIK ALMASHINISHNI JADALLASHTIRISH. ABSORBSION, REKTIFIKATSIYA KOLONNA APPARATLARI SAMARADORLIGINI OSHIRISH.

Reja.

1. Issiqlik almashinish apparatlari samaradorligini oshirish.
2. Rektifikatsiya kolonna apparatlari samaradorligini oshirish.
3. Absorbion kolonna apparatlari samaradorligini oshirish.

Tayanch so'z va iboralar. issiqlik almashinish apparati, kolonna apparati, rektifikatsion absorber, samaradorlik, unumdorlik

1. Ma'lum qurilmaga qaraganda, yangi issiqlik almashinish qurilmasi yuqori issiqlik o'tkazish koeffitsiyentli, yemirilishga bardosh, metall va issiqlik eltkichni uzatishga energiya sarfi kam kabi ko'rsatkichlarga ega bo'lishi zarur.

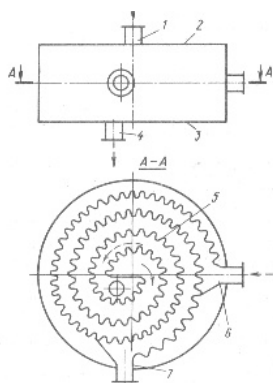
Bunday issiqlik almashinish qurilmalarini loyihalash usullaridan biri – issiqlik berishni chegaralaydigan, suyuqlik yupqa qatlamini buzadigan yuzali qurilmalar

yaratishdir. 1-rasmda samarador plastinali – spiralsimon issiqlik almashinish qurilmasi keltirilgan.

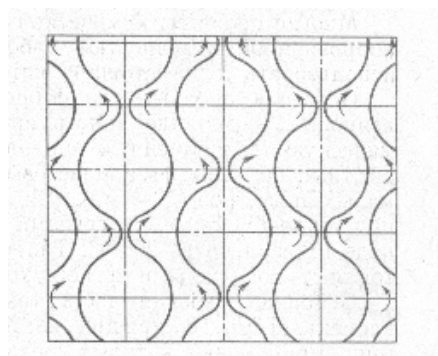
Bu turdagi qurilmalar spiral bo'yicha o'rilgan gofrirlangan list 5 va ikkala tomonidan tekis qopqoq 2 lardan tarkib topgan. Issiqlik eltkichlarni kirish va chiqishi uchun 1,4,6,7 shtuserlar mo'ljallangan. Muhitlarning qarama - qarshi yo'nalishli harakatidagi birinchi issiqlik eltkich shtuser 6 dan kiradi va gofrirlangan kanallar orqali o'tib, shtuser 4 dan chiqariladi. Ikkinchi issiqlik eltkich esa, shtuser 1 dan kirib, gofrirlangan kanaldan o'tib shtuser 7 dan chiqadi.

Gofrirlangan listlardan yasalgan kanallarda sun'iy ravishda hosil qilingan gofrlar yoki makro g'adir-budurliklar diskret joylashgan bo'ladi. Ushbu g'adir-budurliklar devor yuzasidagi suyuqlik chegaraviy qatlamni buzadi va issiqlik almashinish jarayonini intensivlaydi. Undan tashqari, kanallar spiralsimon bo'lgani uchun suyuqlik oqimlari harakati davrida markazdan qochma kuchlar paydo bo'ladi. Bu omil ham jarayonni jadallashiga olib keladi.

Bu turdagi qurilmalar juda yuqori issiqlik – energetik xarakteristikalariga egadir. Masalan, plastinali-spiralsimon issiqlik almashinish qurilmalarida 1 m² yu-



1-rasm. Plastinali spiralsimon issiqlik almashinish qurilmasi.
1,4,6,7 – shtuserlar; 2,3 – tekis qopqoqlar; 5 – gofrirlangan list.



2-rasm. «Babeks» tipidagi issiqlik almashinish qurilmasining kombi-natsiyalashgan trubalar o'rami.

zaga sarflanadigan quvvat miqdori oddiy turbulizatorsiz qobiq-trubali qurilmalarnikiga qaraganda tahminan 10 marta kam.

Germaniya firmasi «Bavariya Anlagenbau» tomonidan «Babeks» tipidagi issiqlik almashinish qurilmasida ham issiqlik eltkichning chegaraviy qatlami buzi-

ladi va jarayon intensivlashadi (2-rasm). Bu qurilma qobiq-trubali va plastinali issiqlik almashinish qurilmalarining eng yaxshi xususiyatlarini o'z ichida mujasamlagan.

Issiqlik almashinish yuzalari 0,2...1,0 mm qalinlikdagi shtamplangan metall listlardan iborat. Metall listda yarim doira shaklidagi ariqchalar shtampovki usulida qilinadi. Shtampovka qilingan listlar simmetrik holatda ketma-ket yig'ilib mahkamlanadi va natijada trubalar va trubalararo bo'shliqlar hosil bo'ladi. Suyuqlik gofrlarni tashqi tomonidan oqib o'tishi paytida to'lqinsimon harakatlanadi. Listlar (1500 va undan ortiq) yig'ilib blok hosil qiladi va uning yuzasi 7200 m² gacha bo'lishi mumkin.

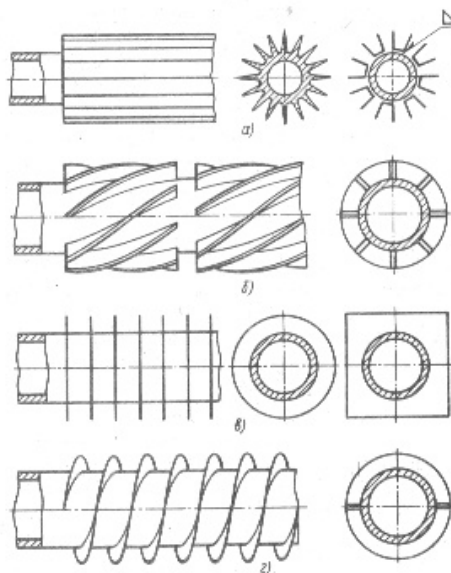
Kurilmaning trubalar bo'shlig'i 8,4 MPa, trubalararo bo'shlig'i esa 10,5 MPa gacha bo'lgan bosimlarga bardosh bera oladi. Issiqlik eltkichlarning temperaturasi 130...760⁰S oralikda bo'lishi mumkin.

Ma'lumki, kimyoviy texnologiya jarayonlarida kimyoviy agressiv issiqlik eltkichlar qo'llaniladi. Shuning uchun, qurilma yasashda legirlangan va maxsus materiallardan foydalaniladi.

Qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmalarida jarayonni jadallashtirishning asosiy muammosi – bu issiqlik almashinish yuzasining qarama - qarshi tomonlaridagi termik qarshiliklarni tenglashtirish yoki bir-biriga yaqinlashtirishdir. Bunga erishish uchun issiqlik almashinish yuzasi F oshiriladi yoki issiqlik eltkichning optimal gidrodinamik rejimi tashkil etiladi.

Jarayon gidrodinamikasini yaxshilashdan maqsad, oqimning butun ko'ndalang kesimida temperatura va tezlikni tekislashdir. Natijada, qovushoq, chegaraviy qatlamning termik qarshiligi kamayadi. Ko'pchilik olimlarning tajribalari shuni ko'rsatdiki, issiqlik almashinish jarayoni intensivligini pasaytiruvchi asosiy omillardan biri, bu suyuqlik chegaraviy yupqa qatlamining qalinligidir. Shuning uchun, issiqlik eltkichlarning harakati paytida trubalararo bo'shliq trubalarida hosil bo'ladigan chegaraviy yupqa qatlamni buzadigan turli shakldagi turbulizatorlar qo'llaniladi (3-rasm).

Qirrali trubalarda na faqat issiqlik almashinish yuzasi F ortadi, balki oqim turbulizatsiyasi jadallashganligi sababli qirrali yuzadan issiqlik eltkichga issiqlik



3-rasm. Samarador qirrali trubalar

a – bo‘ylama qirrali; b - qirqma, spiralsimon qirrali;
v – ko‘ndalang qirqma; g- spiralsimon qirrali.

berish koef

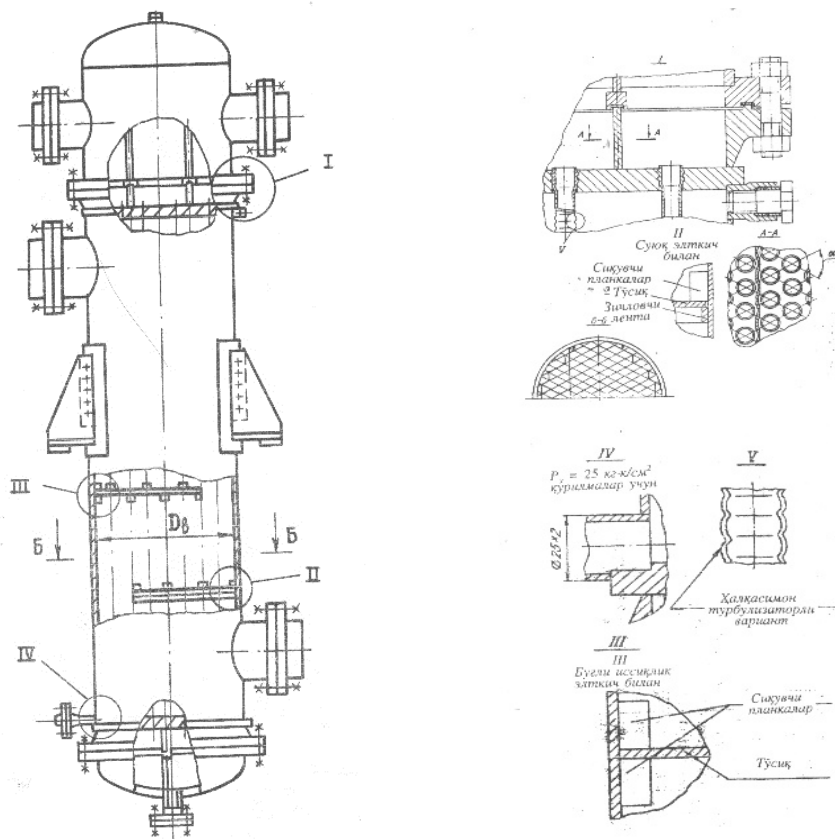
fitsiyentining qiymati ham ko‘payadi. Lekin, shu bilan birga, gidravlik qarshilik ham oshadi, ya’ni suyuqlikni uzatish uchun bo‘ladigan qo‘shimcha energiya sarfini ham inobatga olish kerak.

Trubalar samaradorligi qovurg‘a shakli, geometrik o‘lchami va materialiga bog‘liq bo‘lib, issiqlik berish koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi.

Issiqlik berish koeffitsiyentini oz miqdorda oshirish uchun po‘latdan, ko‘p miqdorda oshirish uchun esa – mis va alyuminiydan yasalgan qovurg‘alar qo‘llash maqsadga muvofiq.

Truba ichida hosil bo‘ladigan chegaraviy qatlamni buzish va jarayonni intensivlash uchun sun’iy ravishda diskret joylashtirilgan silliq diafragma, g‘adirbudurlik va moslamalar juda yuqori samara beradi. Har tomonlama mukammal va samarador issiqlik almashinish yuzali (4.42-rasm) qurilmalardan birining tuzilishi 4-rasmda keltirilgan.

Bu turdagi trubali qurilmalarda, hattoki laminar rejimda ham, issiqlik berish koeffitsiyenti oddiy trubalarnikiga qaraganda 20...100% ga ortiq bo‘ladi. Agar, ushbu qurilma trubalarida diskret yasalgan botiq ariqcha va ichki tomonida silliq,



4-rasm. Samarador qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmasi.

bo‘rtiq to‘siqlar joylashish qadami $t/D = 0,25...1,0$, $d/D = 0,88...0,94$ va $Re \geq 10^4$ bo‘lganida jarayon intensivligi $Nu/Nu_{tek} = 1,8...3,2$ marta ortadi, gidravlik qarshilik esa - $\xi/\xi_{tek} = 1,8...7$ barobar o‘sadi.

Ftoroplast kabi materiallarning kashf etilishi bilan yemirilishga bardosh kimyoviy issiqlik almashinish qurilmalarini yaratish imkoni paydo bo‘ldi. Bunday qurilmalar diametri 2...5 mm li trubalardan tayyorlanadi. Qurilmalardagi bosim $P = 1,0$ MPa va issiqlik eltkichlar orasidagi temperaturalar farqi 200°S gacha bo‘lishi mumkin. Odatda, ftoroplastdan yasaladigan qurilmalar qobiq-trubali tuzilishli



5-rasm. Ftoroplast trubali issiqlik almashinish elementi.

bo‘ladi (5-rasm).

Egiluvchan polimer trubalar o‘ramining uchlari teshikli panjaraga payvandlanadi (5b-rasm). Ftoroplast trubali issiqlik almashinish qurilmalari sulfat kislota, xlorli organik va tibbiyot mahsulotlarini ishlab chiqarishda qo‘llaniladi.

Samarador qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmalarini yaratishni yana bir usuli – bu teshikli panjara qalinligini issiqlik almashinish devori yoki unga yaqin qalinlikda qilishdir (5b-rasm). Bunday holatlarda, temperaturalar farqi katta bo‘lishiga qaramasdan, truba va teshikli panjara mahkamlanishi joyida kuchlanishlar hosil bo‘lmaydi. Natijada, linza kompensator, U-simon truba yoki harakatchan qalpoqchali konstruksiyalar qilishga hojat qolmaydi.

Undan tashqari, elektromagnit maydonining (o‘ta yuqori chastotasi SVCH) nurlanish energiyasidan issiqlik energiya manbai sifatida foydalanishning kelajagi porloqdir.

TDTU “Sovutish va kriogen” kafedrası ilmiy-tadqiqot ishlarida kondensator, bug‘latgich va kondensator-bug‘latgich ishining sovutish mashinalari energetik xarakteristikalariga ta’siri ko‘rilgan.

Silliq va nakatka trubali kondensatorga ega sovutish mashinalari tadqiq qilindi. Tadqiqotning temperaturalar rejimi: $T_o = 213 \div 233 \text{ K}$; $T_{\kappa}^H = 258 \div 278 \text{ K}$;

$T_o^{\epsilon} = 253 \div 271 \text{ K}$; $T_{\kappa} = 303 \div 313 \text{ K}$; $T_{\kappa}^H - T_o^{\epsilon} = 5 \div 10 \text{ K}$. Bosim rejimi:

$\frac{p_{\kappa}^H}{p_o^H} = 3,04 \div 5,14$; $\frac{p_{\kappa}^{\epsilon}}{p_o^{\epsilon}} = 3,28 \div 5,39$. Trubalarning to‘rtta varianti tekshirildi:

1- truba	silliq truba
2- truba	$t/D = 0,4$; $d/D = 0,876$
3- truba	$t/D = 0,4$; $d/D = 0,91$
4- truba	$t/D = 0,4$; $d/D = 0,945$.

1-jadval

Silliq trubali kondensatorlari uchun tajriba natijalari

Sovuqlik elituvchining bug‘latgichdan chiqishdagi temperaturasi, °S	Re	R12 sovutish agenti			290/R600a/R600 sovutish agenti		
		$t_k, ^\circ\text{S}$	N, Vt	Q, kVt	$t_k, ^\circ\text{S}$	N, Vt	Q, kVt

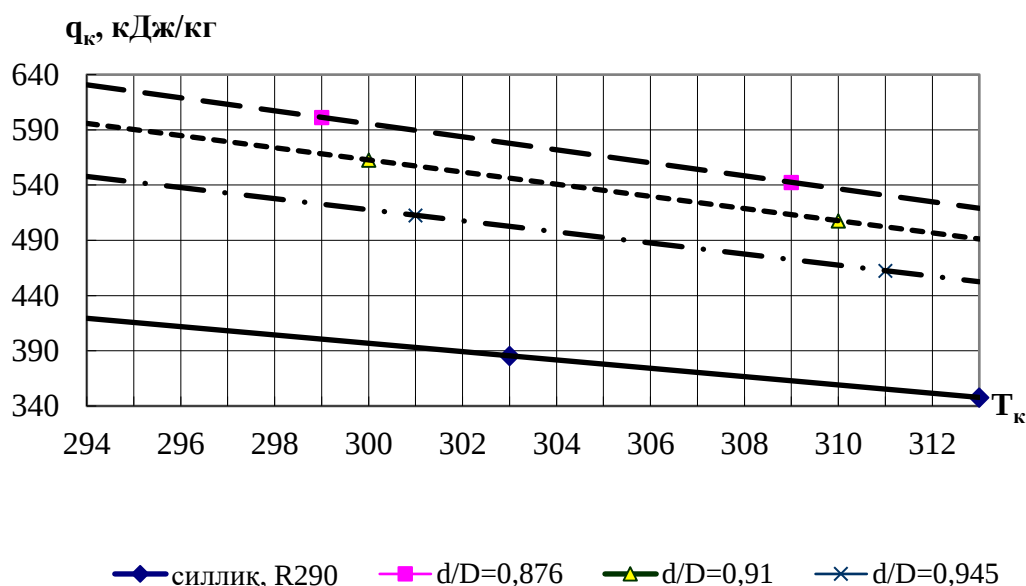
0	1532	48	492	0,73	45,3	470	0,74
	3219	38,75	453	0,77	36,5	440	0,79
	7321	32,5	430	0,79	31,0	425	0,84
-5	1475	44,5	446	0,6	42,8	435	0,64
	3177	37,5	421	0,63	34,5	420	0,68
	7252	32,5	400	0,67	30,5	400	0,68
-10	1420	42,5	395	0,51	39,8	401	0,48
	3111	36,25	386	0,53	32,5	390	0,53
	7197	31,5	373	0,56	29,0	385	0,55

Kaskad sovutish mashinasida ikkita ishchi jism ishlatildi. Ulardan biri – yuqori bosim ishchi agenti (past temperatura ishchi jismi) – etan (R170). Boshqa ishchi agent ham ko‘rib o‘tilgan – past bosim uch komponentli aralashmasi (yuqori temperatura ishchi jismi). R290/R600a/R600 aralashmani biz ozonga xavfli R12 ga muqobil sifatida taklif qilganmiz. Bu noazeotrop aralashma R290/R600a/R600 gomogen, qaynash va kondensatsiya jarayonlari temperatura o‘zgarishi bilan borishi unga xos. Bunda suyuqliklar ajralib qolmaydi va tarkibi ham asta o‘zgarib boradi.

Kaskad sovutish mashinasining yuqorigi tarmog‘ining sovutish koeffitsiyenti tajriba qiymatlaridan ko‘rinadiki (1-jadval), noazeotrop aralashmadagi sikl R12 siklga nisbatan $2 \div 8\%$ samarador. Samaradorlikning taxminan 5% aralashmaning termodinamik xossalari yaxshiligi, qolgani esa kondensatsiya jarayonining noizotermikligi tufaylidir. Leikn, $t_o = -10\text{ }^{\circ}\text{S}$ da shunday rejimlar ham borki, ularda R12 sikldagi samaradorlik katta. Shuning uchun freon-12 va aralashmada ishlovchi sovutish mashinalarining o‘rtacha samaradorligi teng.

Sovutish mashinalari xarakteristikalarini taqqoslash uchun yuqori tarmoq ishchi agenti sifatida propan (R290) ishlatildi. Individual modda R290 aralashma R290/R600a/R600 qaynash va kondensatsiyalanish jarayonlarining noizotermiklik ta’sirini ko‘rsatdi.

6-rasmda kondensatordagi nisbiy issiqlik oqimining propan kondensatsiyalanish temperaturasi bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Kondensatsiya temperaturasi ortishi issiqlik nagruzkasining pasayishi bilan sodir

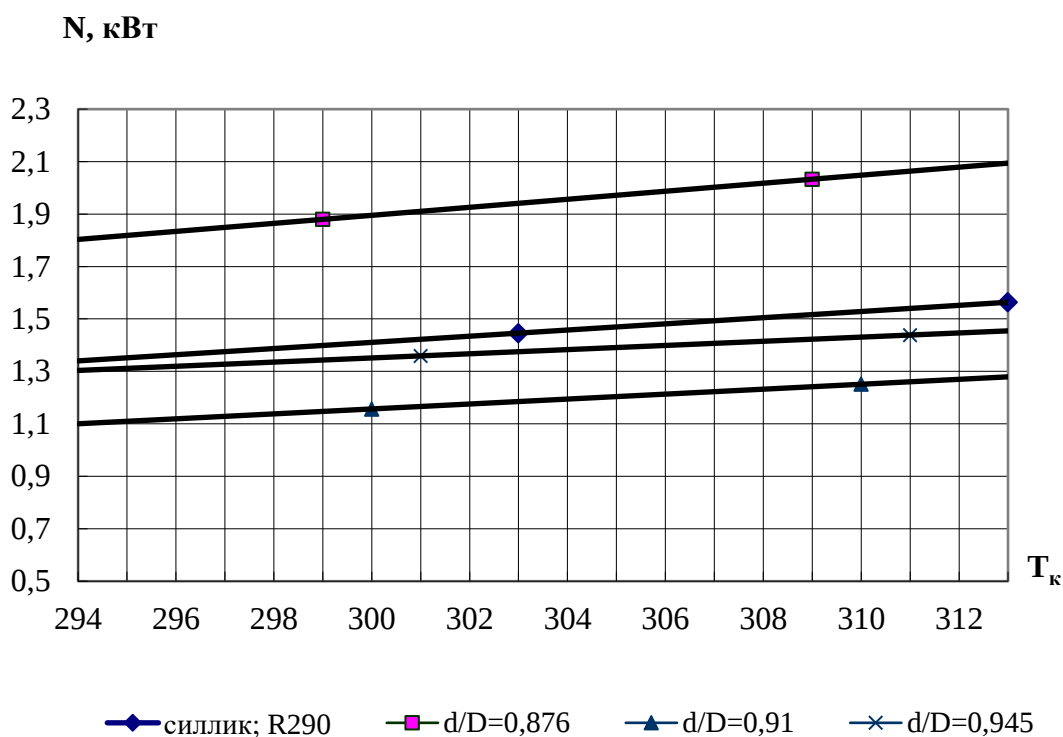


6-rasm. Propanni kondensatsiyalanish temperaturasi nisbiy issiqlik oqimining bog'liqligi

bo'ladi, bu ideal sovutish mashinasi nazariyasiga ziddir. Pasayish $q_k^{T=303\text{ K}} / q_k^{T=313\text{ K}} = 1,11$ ni tashkil qiladi. Bu nisbat noazeotrop aralashma kondensatsiyalanganda $q_k^{T=303\text{ K}} / q_k^{T=313\text{ K}} = 1,06$ gacha kamayadi, bu jarayon noizotermikligi bilan tushuntiriladi. Kondensatsiya temperaturasi bir xil bo'lganida issiqlik oqimining silliq trubadagiga nisban ortishi barcha trubalar uchun kuzatiladi. Qurilmaning issiqlik unumdorligi issiq suvning $70 \div 85^\circ\text{S}$ temperaturalar diapazonida pasayadi, so'ngra esa asta asta 95°S gacha o'sadi. $Q_k = f(t_{w2})$ (yoki $Q_k = f(t_k)$) bog'liqlikning bunday tabiati tadqiq qilingan individual sovutish agentlari uchun ham, ularning aralashmalari uchun ham xarakterli. $t_k = (t_{w1} + t_{w2})/2 + 5^\circ\text{C}$ ekanini e'tiborga olish zarur.

Halqasimon diafragma va ariqchali trubalarni qo'llash yuqori tarmoqda kondensatsiya temperaturasi pasayishiga olib keldi. Halqasimon diafragma va ariqchalar suyuqliklarni uzatish quvvatiga turlicha ta'sir ko'rsatadi (7-rasm). 3 va 4-trubalarni qo'llanilishi suyuqliklarni uzatish quvvatini silliq trubalidagi quvvatga nisbatan pasayishiga olib keladi. 3-truba uchun $N/N_{\text{эл}} = 0,8$ va 4-truba uchun $N/N_{\text{эл}} = 0,92 \div 0,94$. 2-trubani qo'llanilishi sarf qilinuvchi quvvatni ortishiga olib

keladi. Bunday hol trubadagi baland turbulizatorlar gidrodinamik chegaraviy qatlamni buzishi va bu qatlamdan chiqib turishi bilan tushuntiriladi. Turbulizatorning chiqib turgan qismi oqim yadrosi yo'lida qo'shimcha qarshilik hosil qiladi va natijada suyuqlikni haydash quvvati ortadi. Sarflanuvchi quvvatni kondensatsiyalanish temperaturasi bog'liqlik xarakteri R290 sovutish agenti va noazeotrop aralashma uchun bir xil. Aralashma kondensatsiyalanishining noizotermikligini ta'siri bor: $N = f(T_k)$ to'g'ri chizig'i R290 sovutish agenti chizig'iga nisbatan tik.

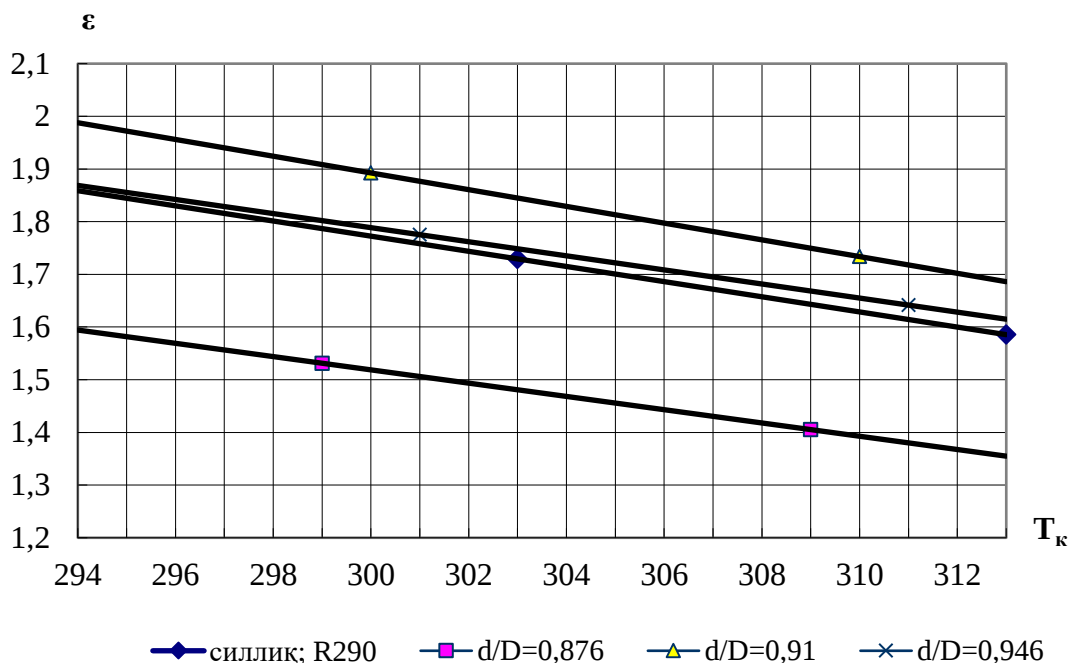


7-rasm. Propanni uzatish quvvatini kondensatsiyalanish temperaturasi bog'liqligi

Shu tariqa, halqasimon turbulizatorli trubalar issiqlik almashinishni jadallashtiradi va shu bilan birga suyuqliklarni (bug'larni) uzatish quvvatini o'zgartiradi (oshiradi yoki kamaytiradi). Trubalarning eng yaxshi variantini aniqlash uchun sovutish koeffitsiyentidan foydalanish mumkin. Lekin, birinchi bobda ta'kidlanganidek, bu koeffitsiyentdan bir xil temperatura rejimida ishlovchi sovutish mashinalarini faqat solishtirish uchun foydalanish mumkin.

Silliq trubalar va issiqlik almashinishni jadallashtiruvchi trubalardan iborat kondensatorlar bilan jihozlangan barcha sovutish mashinalari uchun kondensatsiya

temperaturasini ortishi sovutish ko'effitsiyentini pasayishiga olib keladi (8-rasm). $\varepsilon = f(T_{\kappa})$ chizig'i sovutish agentlarining aralashmasi kondensatsiyalanganida ancha tik, bu uning issiqlik-fizik xossalari bilan tushuntiriladi. 2-kondensatorli sovutish mashinasining ε 1-kondensatorli mashinaning ε sidan kichik. 4-trubani qo'llash sovutish mashinasining samaradorligiga ta'sir etmaydi, ε ko'effitsiyentlar teng.



8-rasm. Sovutish ko'effitsiyentini propan kondensatsiyalanish temperaturasi-ga bog'liqligi

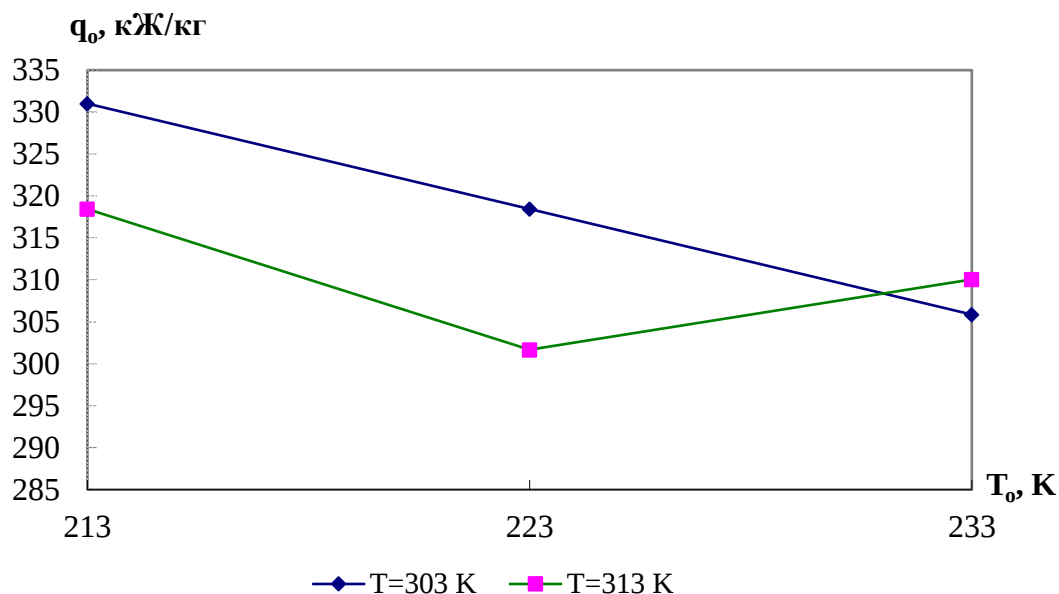
Tadqiqot ishida moyning kondensatsiyalanish jarayoniga ta'siri ko'rilgan. Sovutish agenti va moylarning o'zaro aralashuvchanligiga bog'liq ravishda ularning kondensatordagi issiqlik almashinishga ta'siri turlicha bo'lishi mumkin. Freon-moy aralashmasining halqasimon ariqchali gorizonta-l trubada kondensatsiyalanishidagi issiqlik berish ko'effitsiyenti hisoblash uchun tenglama tavsiya qilingan

$$\alpha_{\kappa.\kappa} = A \frac{\alpha_{\omega}}{\alpha_o} \quad (1)$$

bu yerda $A = [1,67 - 0,85(t/d_{\text{H}})] \cdot 16 \cdot \exp[-3(d/d_{\text{H}})]$ – kondensatsiyada issiqlik almashinishni o'sish kattaligi.

(1) tenglama nisbiy qadami $t/d_{\text{н}} = 0,2 \div 0,4$ va ariqcha chuqurligi $d/d_{\text{н}} = 0,872 \div 0,945$ bo'lgan trubalar uchun o'rinli. Freon-moy aralashmasini silliq trubada va halqasimon ariqchalar diskret joylashgan trubalarda plyonkali kondensatsiyalanishidagi issiqlik berish jadalligini taqqoslashdan ko'rinadiki, ushbu yuqori samarador trubalarni qo'llash issiqlik almashinishni 2 dan 3,6 marttagacha jadallashtiradi. Bunday samaradorlik issiqlik almashinish yuzasini shuncha marttaga qisqartirishga, ixcham issiqlik almashinish apparatini yaratishga imkon beradi.

9-rasmda quyi tarmoq sovutish unumdorligining etanni qaynash temperaturasi bog'liqligi kondensatsiya temperaturasi $T_{\kappa} = 303 \text{ K}$ va $T_{\kappa} = 313 \text{ K}$ da ko'rsatilgan. Qaynash temperaturasi ortishi sovutish unumdorligining pasayishiga olib keladi. Masalan, qaynash temperaturasi $T_o = 213 \text{ K}$ dan $T_o = 223 \text{ K}$ ga ortishi (o'sish 9%) nisbiy sovutish unumdorligining 5% ga kamayishi bilan sodir bo'ladi ($q_o = 318 \text{ kDj/kg}$ dan $q_o = 301 \text{ kDj/kg}$ ga). Turli T_{κ} va bir xil T_o da sovutish unumdorligi sovutish mashinasi kichik kondensatsiya temperaturasi ishlovchi rejim uchun kattadir. Faqatgina $T_o = 233$ temperaturada q_o katta qiymatli T_{κ} uchun katta bo'ldi, bu xato bo'lib etan holat parametrlarini aniqlashdagi xatolik bilan tushuntiriladi. Tadqiqot natijalarini bunday tavsiflash boshqa ko'p sonli olimlar tajribalari va nazariyaga asoslanadi. Bu shunday tushuntirilishi mumkin: yuqori bosim sovutish agenti (ettan) tavsiya etilmagan qaynash oblastida ishlatilgan.

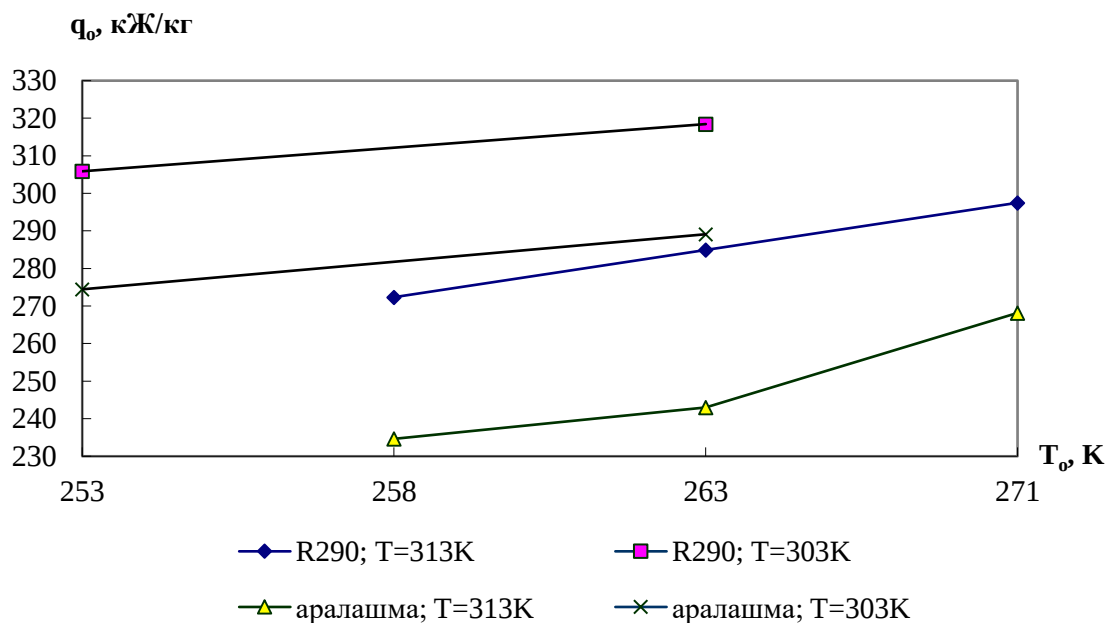


9-rasm. Quyi tarmoq nisbiy sovutish unumdorligini qaynash temperaturasi bogʻliqligi

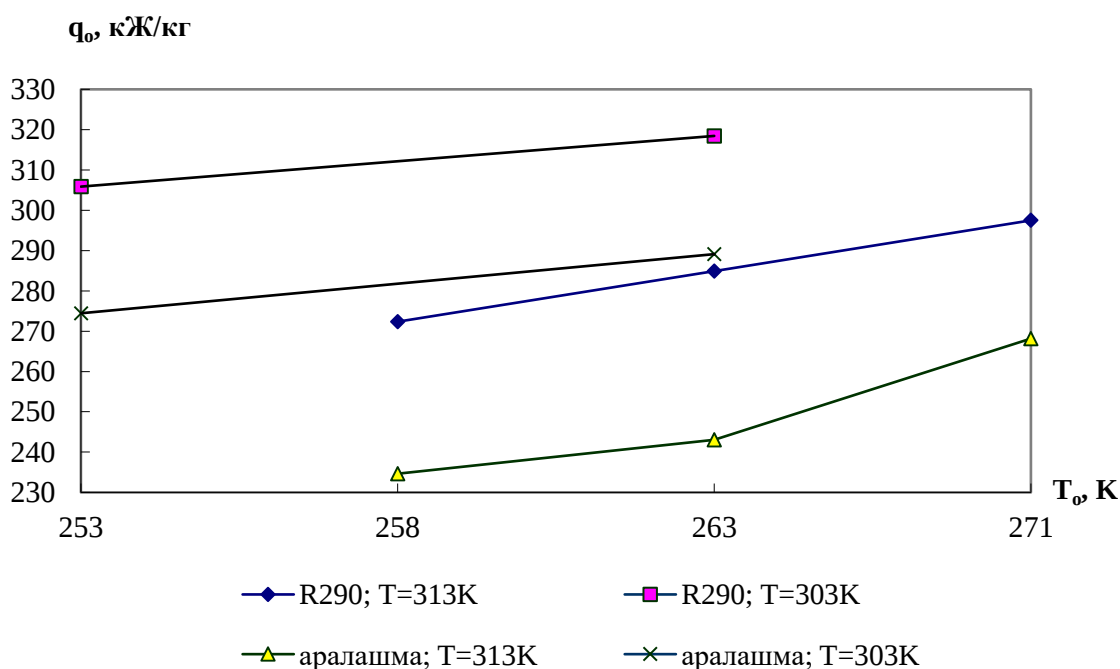
10-rasmda yuqori tarmoq nisbiy sovutish unumdorligini sovutish agentlari aralashmasi va propanning qaynash temperaturasi bogʻliqligi koʻrsatilgan. Quyi tarmoqdan farqli, yuqori tarmoqda barcha sovutish agentlarining qaynash temperaturasi ortishi sovutish unumdorligini koʻpayishi bilan sodir boʻladi.

Ikkala tarmoqda qaynash temperaturasi ortishi bugʻni haydash quvvatini pasayishi bilan sodir boʻladi. Sarflanuvchi quvvat $T_k = 313 K$ kondensatsiyalanish temperaturasi katta. Quvvat egri chiziqlarining xarakteri yuqori tarmoq uchun sifat jihatdan farqlanadi: $T_k = 303 K$ temperaturada egri chiziq ogʻish burchagi oʻzgarmas. Quvvat kaskad qurilmasi uchun emas, balki uning tarmoqlari uchun alohida aniqlangan.

Qaynash temperaturasi oʻsishi sovutish koeffitsiyentini ortishiga olib keladi. Kondensatsiya va bugʻlanishning bir xil temperaturalarida ε sof propanda ishlovchi mashina uchun kattaroqdir (11-rasm).



10-rasm. Yuqori tarmoq nisbiy unumdorligini qaynash temperaturasi bogʻliqligi



11-rasm. Sovutish koeffitsiyentini qaynash temperaturasi bogʻliqligi

Kaskad sovutish mashinasini tadqiq qilishda kondensator-bugʻlatgichning xarakteristikalarini $q_{uk} = 348 \div 406$ kDj/kg; $k = 0,83 \div 1,81$ kVt/(m²·K); $\theta = 5 \div 10$ °S diapazonda oʻzgardi. Etalon issiqlik almashinish yuzalarini 1÷4 yuzalar bilan almashtirish 3.3., 4.1 va 4.2 boʻlimlarda aytib oʻtilgan jarayonlarga olib keladi: samarador yuzada qaynash issiqlik berish koeffitsiyentini oʻsishiga olib kelmaydi ($\alpha_{\text{эл}}^{\text{учн}} = \alpha^{\text{учн}}$), kondensatsiyalanishda esa – aksincha (masalan, trubalar uchun $\alpha^{\kappa} / \alpha_{\text{эл}}^{\kappa} = 2$).

Nazorat savollari

1. Ildiz va tunganak mevalarni archishning UFMQQ foydalanib samarali qanday texnologik usuli taklif qilingan?
2. Mavhum qaynashning boshlanish tezligi ikki va uch fazali sistemalar uchun qanday?
3. Yog‘ni ekstraksiyalashda ekstragentni sovutish uchun qanday darajadagi sovuqlik talab etiladi?
4. Yog‘ni ekstraksiyalashda sun‘iy sovuqlikka ehtiyoj bormi?
5. Mavhum qaynash qatlamida quritishning qanday avzalliklari bor?
6. Qanday materiallarni mavhum qaynash qatlamida quritish tavsiya etiladi?

IV. AMALIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI

1-amaliy mashg‘ulot: O‘qish jarayonini tashkil qilishda o‘quv rejalarini tuzish

O‘qish jarayonini tashkil etishda meyoriy hujjatlarni tayyorlash muhim, asos bo‘luvchi bosqich hisoblanadi. Meyoriy hujjatlarning asosiylaridan bo‘lmish o‘quv rejasini ishlab chiqishni amalda bajarib ko‘ramiz.

O‘quv rejasini tuzishni OTM bakalavriatura bosqichining “Texnologik mashinalar va jihozlar” o‘quv yo‘nalishi misolida ko‘rib o‘tamiz. Quyida o‘quv rejasi berilgan.

O'QUV REJA

Ta'lim yo'nalishi: *60720700 –Texnologik mashinalar va jihozlar
(sovutish mashinasozligi)*

“TASDIQLAYMAN”
I.Karimov nomli Toshkent davlat
texnika universiteti rektori
_____ S.M.Turabdjyanov

Akademik daraja - BAKALAVR
O‘qish muddati - 4 yil
Ta’lim shakli - kunduzgi
Ixtisoslik – Muhandis mexanika

2023 yil «__» _____
m.o.

[illegible]

	Nazariy va amaliy ta'lim	M	Malakaviy amaliyot	K	Kredit ta'lim tizimiga kirish	A	Attestatsiyalar	B	Bitiruv malakaviy imhi	T	Ta'til
--	--------------------------	---	-------------------------------	---	-------------------------------	---	----------------------------	---	------------------------	---	--------

T/r	Fanning malakaviy kod	O'quv fanlari, bloklar va faoliyat turlarining nomlari	Talabaning o'quv yuklamasi, soatlarda								Soatlarining kurs, semestr va haffalar bo'yicha taqsimoti								Kreditlarning kurs, semestr va haffalar bo'yicha taqsimoti								Janil kreditlar	
			Umumiy yuklama hajmi	Auditoriya mashg'ulotlari, soatlarda							Axborot texnologiyalari	1-kurs				2-kurs				3-kurs				4-kurs				
				Janil	Matn	Savod	Laboratoriya	Seminar	Kurs ishi	Kursdagi haffalar soni				Kursdagi haffalar soni				Kursdagi kreditlar soni										
1		2	soat	%	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1.00		Majburisiz fanlar	4980		2174	988	830	266	90	2kl, 2kl	2806	28	24	24	16	12	13	16	12	30	26	30	17	15	14	21	13	166
1.01	O'RIT1204	Q'zbek (rus) tili	120		60		60				60			4							4							4
1.02	DEN11104	Dinshunoslik	120		60	30	16		30		60	4								4								4
1.03	KIM11104	Kimyoy	120		60	30	16	14			60	4								4								4
1.04	XTI1308	Xotirni tili 1,2	240		120		120				120	4	4	4						4	4							8
1.05	FIZI1210	Fizika 1,2	300		120	60	30	30			180	4								6	4							10
1.06	GMI1315	Oliv matematika 1,2,3	450		210	104	108				240	6	4	4						6	5	4						15
1.07	O'EYTI1204	Q'zbekistonning ona tili tarixi	120		60	30					60									4								4
1.08	TATATI1204	Tasavvut bilimlarda asosbor tasavvutshunoslik	120		60	30	16	14	30		60	4								4								4
1.09	MKGKI1204	Muhandislik va kompozitor grafikani	180		90	30	60				90	6								6	4							6
1.10	MSOIAT130	Metrologiya, standartlashuv va sertifikatlash	150		60	30	16	14	90		90	6		4							5							6

1.10	MSO-A1230 4	Mekolojija, standardizacija i zaračunavanje	150	60	30	16	14	90	5	4	5
1.11	SIM1-4704	Šola izotodivnosti u menedžmentu	120	60	30	30		60	4		4

[illegible]

2.09.2	KT23505	Kriogen texnikasi	150	60	30	30			90				4					5		5								
2.09.3	NVK23505	Nasoslar, ventilyatorlar va kompressorlar	150	60	30	30			90				4					5		5								
		Jami	6630	100	2880	1342	1106	320	112	2ki, 2ki	3750	28	28	24	24	24	20	24	20	30	30	30	25	30	23	30	23	221
	MA2813	Malakaviy amaliyotlar	420															5	7	2	14							
	DA4805	Davlat attestatsiyasi	150																									
		HAMMASI	7200																	30	30	30	30	30	30	30	30	240

Izoh:

1. Jismoniy tarbiya va sport fani fakultativ fan sifatida o'tiladi
2. Oliy matematika faning 3-qismida Ehtimollar nazariyasi va matematik modellash qismi bo'yicha o'quv mashg'ulotlari olib borish ko'zda tutilgan.
3. 1 kredit 30 akademik soatni tashkil qila di.

4. Harbiy tayyorgarlik mashg'ulotlari tanlov fanlari blokiga kiritiladi, harbiy yig'in esa ta'lim vaqti hisobiga o'tkaziladi.
5. Kurs loyiha, kurs ishlari uchun talabaga mustaqil ta'lim soatlaridan 30 akademik soatni ajratgan holda 1 kredit beriladi.
6. Yakuniy davlat attestatsiyasi muddatlari tarkibiga bitiruv malakaviy ishini himoya qilish ham kiradi.
7. O'quv rejaga kiritiladigan ixtisoslikka oid fanlarning amaliy mashg'ulotlari va laboratoriya ishlari oliy ta'lim muassasasi hamda bazaviy tashkilot va korxonalarda o'tkaziladi.
8. Nazariya va amaliyot yaxlitligini ta'minlash uchun talabalarning malakaviy amaliyotlari bazaviy tashkilot va korxonalarda o'tkaziladi.

O'quv jarayonining tarkibiy qismlari	Haftalar soni	Semestr	Davlat attestatsiyasi
Nazariy va amaliy ta'lim	120	1-8	Bitiruv malakaviy ishini himoya qilish yoki ixtisoslik fanlaridan Davlat attestatsiyasi
Malakaviy amaliyot	14	4,6,8	
Attestatsiyalar	19	1-8	
Yakuniy davlat attestatsiyalari	5	8	
Ta'limlar	38	1-8	
Kredit ta'lim tizimiga kirish	8	1-8	
Jami	204		



O'quv ishlari bo'yicha prorektor

O'quv-uslubiy boshqarma boshlig'i

"....." kafedrasini mudiri

..... Kengashida tavsiya etilgan

20.... yil «...» daqi

2-amaliy mashg'ulot: Past bosim havo ajratish qurilmasining prinsipial sxemasini tuzish, ish siklini holat diagrammasida qurish. Qurilma unumdorligini hisoblash

1-masala:

Metan gazi C_2H_6 retifikatsiya kalonnasida sovutilib, ajratilayotgan gazning temperaturasi 180 K. Gazning sarfi $G = 100 \text{ m}^3/\text{min}$. Qancha miqdorda suyuqlik hosil bo'lishini aniqlang.

$$G(i_s - i_{ox}) = L(ct_b - st_o)$$

$$L = \frac{G(i_s - i_{ox})}{(ct_b - st_o)}; \quad t_o = -93^\circ\text{C}; \quad p = s \text{ utm}$$

1. Havoni ajratish.

$70000 \text{ m}^3/\text{soat}$ gazsimon kislorod olish uchun qancha miqdordagi havoni qayta ishlash kerak.

Texnologik kislorod mahsuloti 93 %

Yechish:

Qayta ishlanuvchi havo miqdori quydagi formula bilan aniqlanadi.

$$V_x = \frac{V_k \cdot Y_k}{Y_{O_2} \cdot \beta_k}$$

bu formulada Y_k va Y_{O_2} mos ravishda kislorod mahsuloti va havodagi kislorodning hajmiy ulishi.

β_k – kislorodning ajratilish koeffitsienti.

V_k – 70000 $m^3/soat$ havodagi kislorod hajmining ulishi.

$$Y_{O_2} = 20,95 \%$$

β_k ni aniqlash uchun quydagicha ish tutamiz. Kislorodni ajratish qanday bosimdagi havo ajratish qurilmasi ($X_i \Delta K_i$) da amalga oshirish nazarga olinadi. Biz past bosim qurilmasi deb qabul qilaylik.

$$V_x = \frac{70000 \cdot 93}{20,95 \cdot 0,6} = 517899;$$

$\beta_k = 0,6$ deb qabul qilamiz.

Havo ajratish qurilmalarining texnologik asosiy parametrlari

novka	Rasxod perera- bativaye- mogo vozduxa, m^3/ch	Davleniye sjatogo vozduxa, MPa	Proizvoditelnost ustanovki, m^3/ch (po gazoobraznomu produktu) ili kg/ch (po jidkomu produktu)								
			Kislorod				Azot chisti		Argon chistiy jidkiy	Kriptomo-ksenonoiy konsentrat	Neonogelinnaya smes
			Texnologicheskiy gazoobrazniy	Texnologicheskiy gazoobrazniy	Texnologicheskiy jidkiy	Texnologicheskiy visokogo dovleniya	Gazoobrazniy	Jidkiy			
(v pereschete na chistuyu smes etix gazon)											
Ustanovki NPO «Kriogenmash»											
Kt-70	350 000	0,625	60 000	-	5050	-	-	50	-	0,26	3,82
KtA-35;	180 000	0,61	34 000	-	1500	-	22 000	1900	-	-	-
KtA-35-1;											
KtA-35-2;											
KtK-35-3;	180 000	0,61-0,62	24 200	11 000	670	300	-	50	-	0,14 3	1,5
KA-32; KA-32-1;	180 000	0,639-0,654	-	30 000	1130	-	22 000	730	-	-	-
KA-32-2;											
KAAr-32;	180 000	0,61	-	30 425	1350	-	35 530	-	787 (r=20 MPa)	0,15	-
KAr-30;	180 000	0,64-0,66	-	29 850	370	300	-	200	5800	0,15	1,6
KA-15	85 000	0,62	-	15 500 13 500	- (700)	16 000 16 000	- (700)	- (700)	-	-	-
KAAr-15	85 000	0,63	-	15 500	-	-	16 000	-	300	-	-
AKt-30	85 000	0,61-0,62	16 500	-	-	-	30 000	600	-	-	-
KA-5	31 000	0,6	-	5 300	-	150	15 000	-	-	-	0,88 2
A-8-1	24 000	0,62	-	-	(120)	100	8500 (r=0,55 MPa)	(120)	-	-	-
A-6; A-6-1	15 600	0,88	-	-	-	100	5 465 (r=0,55 MPa)	116,5	-	-	-
KjAjArj-6	22 000	3,2	-	4 500	6000	-	13 200 8 500	1670 7200	290 290	- -	- -
K-1,4	8 900	0,63	-	1 400	-	-	-	-	-	-	-

AjKjKAArj-8	8 000	19,6	-	75 1 675	2100 -	-	4 300 2 550	60*	2000	-	0,25
K-0,4	2 600	5,0	-	-	(165)	(400- 450)	-	(150)	-	-	-
AK-1,5	2 600	4,0	-	-	(215)	(230)	1 625-1300 (1 750)	(160)	-	-	-
KjKAj-0,25	1 140	19,6	-	-	(250)	(185)	-	(250)	-	-	-
K-0,15	960	4,5	-	-	(200) (90)	50 (165- 130)	- -	(200) (70)	-	-	-
A-0,6	960	4,5	-	-	-	-	450-550 (r=0,5...0,8 MPa)	-	-	-	-
AK-0,6	900	4,0	-	-	(80)	(85)	600-480	(60)	-	-	-
Ustanovki Sverdlovskogo ZKM											
K-0,04	240	11-19,6	-	-	-	44	-	-	-	-	-
AK-0,135	240	11-19,6	-	-	-	35	135	-	-	-	-
KjAj-0,4MT4	240	Do 19,6	-	-	(34)	42	40 (r=19 MPa)	(34)	-	-	-
AjA-0,04MT4	240	Do 19,6	-	-	-	-	45 (r=19 MPa)	36	-	-	-
AjK-0,02MT4	125	Do 19,6	-	-	-	-	20 (r=19 MPa)	8	-	-	-
Ustanovki NPO «Geliymash» i Omskogo ZKM											
Aj-0,05 (KGM)	60-65	-	-	-	-	-	-	52-60	-	-	-
AKDS-70M	440	19	-	-	(70)	50	90 (r≤40 MPa)	(70)	-	-	-
CKDS-70M	440	19	-	-	(70)	50	90 (r≤40 MPa)	(70)	-	-	-
Ukazana proizvoditelnost po jidkomu ili gazoobraznomu sjatomu azotu. PRIMECHANIYA: 1. V skobkax ukazana proizvoditelnost vo vzaimosklyuchayushix rejimax (ili-ili). 2. Znacheniya rasxoda i obymnoy proizvoditelnosti privedeni k normalnim usloviyam.											

2-masala:

Metan gazi C_2H_6 rektifikatsiya kolonnasida suyultirilib ajratilyapti. Gazning temperaturasi $180^\circ K$, gazning sarfi $100 m^3/daq$ qancha miqdor suyuq Etan xosil bo'lishini hisoblang.

Echish:

Issiqlik balansi tenglamasini tuzamiz.

$$G(i_\delta - i_{Dx}) = L(ct_\delta - ct_0)$$

$$G = 100 \frac{m^3}{daq}$$

$$L = \frac{G(i_\delta - i_{Dx})}{ct_\delta - ct_0}$$

3-amaliy mashg'ulot. Karbonat angidrid gazida ishlovchi sovutish mashinasining prinsipial sxemasini tuzish. Mashina issiqlik hisobini bajarish.

Sanoat miqyosida gaz, bug' va suyuqliklar temperaturasini $15...20$ gradusgacha sovutish uchun havo va suv qo'llaniladi. Mahsulotlarni past temperaturalarigacha sovutish uchun past temperaturali sovuqlik eltkichlar – freonlar, amiak, uglerod dioksidi, sovutuvchi eritmalar va hakovlar ishlatiladi.

Ba'zi bir kerakli bo'lgan faktlarni keltirib o'tmoqchiman:

- ❖ Suv bilan sovitish, asosan issiqlik almashinish qurilmalarida amalga oshiriladi.
- ❖ Muz bilan sovitish, bir qator mahsulotlar temperaturasini nolgacha sovitish uchun qo'llaniladi.
- ❖ Havo bilan sovitish, asosan tabiiy va sun'iy usullarda amalga oshiriladi.

Kaskad sovitish mashinalarida, ikki xil agent ishlaydi. 2 ta bir xil bir bosqichli sovutgich qoyiladi va yana 2 bosqichli sovutgichda 1 xil agent ishlaydi.

Ulardan biri yuqori bosimga ega bo'lgan ishchi modda (past haroratli ishchi modda). Bu shu bilan bog'liqki, past bosimda ishlayotgan kompressorning nazariy hajmi, yuqori bosimda ishlayotgan kompressornikidan ancha ko'p bo'ladi.

Masalan ikki bosqichli sovitish mashinalarining $V_T^I / V_T^{II} = 3 \div 4$ va qancha bosim pasaysa shuncha V_T^I ortadi va bu kapitl sarflarni va kompressorning ishqalanish quvvatini ortishiga olib keladi.

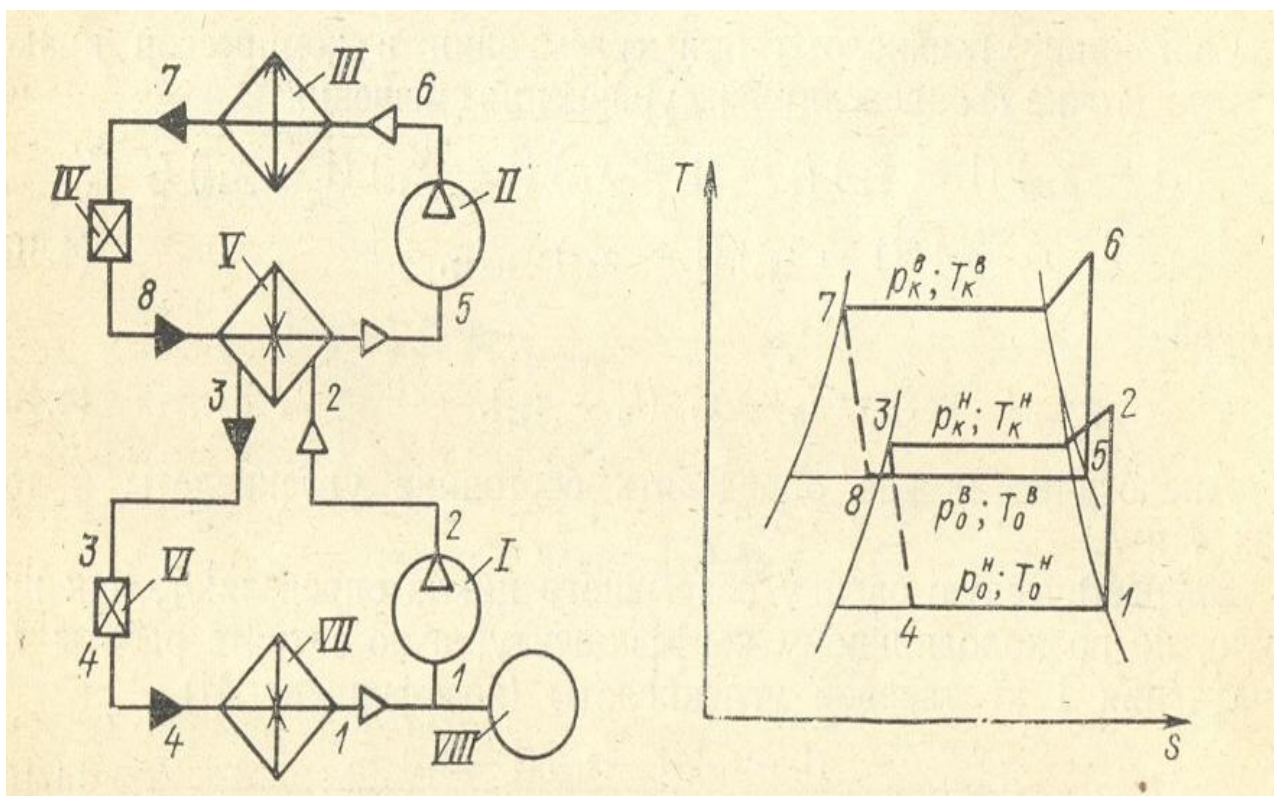
Bundan tashqari past bosimdan bug` so`rilganda gazodinamik sarflar klapanlarida kompressorning siqish ishiga tenglashib qoladi.

Bu sovitish mashinalarini energetik samaradorligini pasaytiradi. Kompressor pastki bosqichining V_T va uzatish quvvatini pasaytirish usullaridan biri, yuqori bosim ishchi moddalaridan foydalanish: masalan xladon R13, xladonR14, etan va boshqalar.

Lekin atrof muhit haroratida bunday ishchi moddalarning kondensatsiya bosimi juda yuqori va ulardan ikki yoki uch bosqichli sovitish mashinalarida foydalanish qiyin. Shuning uchun bunday ishchi moddalar faqat kaskad sovitish mashinalarida qo'llaniladi.

Kurs loyihamning kirish qismiga oddiy kaskad mashinasining sxemasini va siklini misol tariqasida olishlikni joiz topmoqdaman.

Bu sxema va bu sikl orqali, kirish qismining ba'zi bir murakkabliklarini oz bo'lsada, bartaraf etishlikni imkonini beradi deb oylayman.



1-rasm. Oddiy kaskad sovitish mashinasini sxemasi va sikli

Oddiy kaskad sovitish mashinasi ikkita bir bosqichli mashinadan iborat bo`ladi. Ular pastki va yuqori qismlar yoki pastki va yuqori shohobchalar deb ataladi.

Kaskadning pastki shohobchasida yuqori bosim ishchi moddalaridan foydalaniladi. Bug`latkichda VII bu past harorat manbasidan issiqlik olib, jarayon 4-1 da qaynaydi.

Kompressor I da bug` (jarayon 1-2) siqiladi. Kondensator-bug`latkichda V (jarayon 2-3) soviydi va kondensatsiyalanadi, undan so`ng drossel ventilda VII (jarayon 3-4) drossellanadi.

Kaskad pastki shahobchasi ishchi moddasining kondensatsiya issiqligi yuqori shahobcha ishchi moddasi qabul qilinadi.

U kondensator bug`latkichda qaynaydi. Odatda bunday ishchi moddalar o`rta bosimda bo`ladi.

Kaskad yuqori shahobchasi ishchi moddasi bug`lari kompressor II da (jarayon 5-6) siqiladi, so`ng yuqori shahobcha kondensatori III ga (jarayon 6-7) uzatiladi, drossel ventil IV (jarayon 7-8) drossellanadi va kondensator bug`latkichga keladi.

Shunday qilib mashinada ishchi modda kaskad pastki shahobchasida 1-2-3-4 siklni bajaradi, mashinaning yuqori shahobchasida 5-6-7-8 siklni va bu mashinalar kondensator bug`latkich bilan bog`langan.

Qoidaga ko`ra kaskadning pastki shahobchasida ishchi modda R13 bo`lib, mashina to`xtagan vaqtda hatorat uning hamma qismlarida atrof muhit harorati bilan tenglashadi.

Mashinaning hamma elementlarida bosim ortadi. (harorat 25°S da R13 to`yingan bug`lari bosimi 3,62 MPa tashkil qiladi).

Sovitish mashinasida bosimni juda ortib ketishi saqlash uchun kaskad pastki shahobchasi sistemasiga kengayuvchi idish VIII ulanadi, bu mashina to`xtagan hamma elementlardagi bosim hisoblangan qiymat chegarasidan oshmasligini taminlaydi.

Kondensatorda isparitelda oxirgi haroratlar farqi ($5-10^{\circ}\text{S}$) bo`lganda kaskad mashinasini sovitish koeffisienti ikki bosqichga nisbatan doim past bo`ladi, chunki issiqlik almashinish jarayoni bu paytda qaytmas yoqotuvlarga olib keladi.

Xaqiqiy sikllarda kaskad mashinalari ikki bosqichliga (ayrim holda uch bosqichliga) nisbatan afzal, bu yuqori bosim ishchi moddalarida ishlash afzalliklari quyidagilardan iborat.

Ikki bosqichga nisbatan kompressorni nazariy hajmi kaskad mashinada kichik, chunki so`rilayotgan bug`ning solishtirma hajmi kichik bo`ladi.

❖ So`rish bosimi qiymatlari katta bo`lganda (qaynash harorati -80°S da R13 qaynash bosimi $R_o=0,112\text{ MPa}$, R22 da $R_o=0,0105\text{ MPa}$) klapanlarda quvvatni nisbiy sarfi kamroq bo`ladi.

❖ Kompressorni pastki bosqichiga nisbatan kompressorni nazariy hajmi V_T kaskad pastki shahobchasida kam, shuning uchun kompressorlarni ishqalanish quvvati kaskad mashinada ikki bosqichlidan kam bo`ladi.

- ❖ Bir xil haroratlar diapazonida bosimlar nisbati kaskad mashinalarni ishchi moddalarida kam, masalan $t_m = -40^\circ\text{C}$ va $T_o = -80^\circ\text{S}$ da bosimlar nisbati R22 uchun $0,1076/0,0105=16,8$, R13 uchun $0,617/0,112=5,5$ teng bo`ladi.
- ❖ Kaskad mashinalarida bosimi absolyut qiymatlari katta, bosimlar nisbati kichik bo`lganligi uchun energetik va hajmi koeffisientlari kompressorni kaskad sovitish mashinasini pastki shahobchasi yuqori, ikki bosqichli sovitish mashinasi pastki bosqichi kompressoriga nisbatan.
- ❖ Kaskad sovitish mashinalarida yuqori bosim moddalaridan foydalanish, ikki bosqichliga nisbatan ancha past haroratlar olish mumkin.

Kaskad sovitish mashinasini hisobi.

Quyi pog'ona hisobi: R22 uchun.

- 1). Solishtirma massaviy suyuqlik unumdorligi

$$q_0 = i_1 - i_4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

- 2). Kompressorning solishtirma siqish ishi

$$l = i_2 - i_1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

- 3). Solishtirma kondensatsiya issiqligi

$$q_k = i_2 - i_3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

- 4). Sovutish agentining massaviy sarfi

$$G_a = \frac{Q_0}{q_0} \frac{\text{kg}}{\text{sek}}$$

- 5). Qurilma balansini tekshiramiz

$$q_k = l_b + q_0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

- 6). Kompressorning nazariy quvvati

$$N_n = G_a \times l \text{ kvt}$$

7). Mexanik quvvat

$$N_{\text{mex}} = \frac{N_i}{n_{\text{mex}}} \text{ kvt}$$

8). Kompessorning indikator quvvati

$$N_i = \frac{N_{\text{naz}}}{n_i} \text{ kvt}$$

9). Elektr quvvati

$$N_{e_1} = \frac{N_e}{n_i} \text{ kvt}$$

10). Kondensatorning issiqlik yuklamasi

$$Q_k = G_a \times q_k \text{ kvt}$$

11). Sovutish koefitientini aniqlash

$$\varepsilon = \frac{Q_0}{N_{e_1}}$$

Yuqori pog'ona hisobi R21 uchun.

12). Solishtirma massaviy suyuqlik unumdorligi

$$q'_0 = i'_1 - i'_4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

13). Kompessorning solishtirma siqish ishi

$$l_x = i'_2 - i'_1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

14). Solishtirma kondensatsiya issiqligi

$$q'_k = i'_2 - i'_1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

15). Kompessorning balans tekshiruvi

$$q'_k = q'_0 + l_x \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

16). Sovutish agentining massaviy sarfi

$$G'_a = \frac{Q'_0}{q'_0} \frac{\text{kg}}{\text{sek}}$$

17). Kompessorning nazariy quvvati

$$N'_{\text{naz}} = G'_a \times l_x \text{ kvt}$$

18). Kompressorning indicator quvvati

$$N'_i = \frac{N'_{\text{naz}}}{n_i} \text{ kvt}$$

19). Mexanik quvvat

$$N'_{\text{mex}} = \frac{N'_I}{n_{\text{mex}}} \text{ kvt}$$

20). Elektr quvvat

$$N'_{\text{el1}} = \frac{N'_{\text{ei}}}{n_{\text{el}}} \text{ kvt}$$

21). Kondensatorning issiqlik yuklamasi

$$Q'_k = G'_a \times q'_k \text{ kvt}$$

22). Sovutish koefitsiyenti

$$\varepsilon' = \frac{Q'_0}{N'_{\text{EL}}}$$

4-amaliy mashg'ulot. Yog'ni ekstraksiyalash texnologiyasida sovutish tizimining hisobi. Sovutish unumdorligini aniqlash, sovutish mashinasini tanlash.

Loyihalash-hisoblash ishiga namuna:

a) Sovitish sikli.

Boshlangich ma'lumot:

$t_0 = 0 \text{ } ^\circ\text{S}$; $t_k = +45 \text{ } ^\circ\text{S}$; $t_{\text{sor}} = +20 \text{ } ^\circ\text{S}$; R134a; $V_k = 3,2 \text{ m}^3/\text{soat}$.

1-jadval

N_0	$t, \text{ } ^\circ\text{S}$	$R, \text{ MPa}$	$i, \text{ kJ/kg}$	$v, \text{ m}^3/\text{kg}$
1	0	0,308	552,9	0,063
1'	20	0,308	565	
2				

3	70	1,082	589	
3'	45	1,082	444,6	
4	33	1,082	432,5	
	0	0,308	432,5	

1. $q_0 = i_1 - i_4 = 552,9 - 432 = 120,4 \text{ kJ/kg.}$
2. $q_v = q_0 / v_1 \text{ qv} = q_0 / V_1 = 120,4 / 0,063 = 1911,1 \text{ kJ/ m}^3 \text{ .}$
3. $q_\kappa = i_2 - i_3 = 589 - 444,6 = 144,4 \text{ kJ / m}^3 \text{ .}$
4. $Q_0 = \lambda q_0 \cdot V_{\kappa M} = 0,75 \cdot 1911,1 \cdot 88,88 \cdot 10^{-5} = 1,274 \text{ kVt.}$
5. $G_a = Q_0 / q_0 = 1.274 / 120,4 = 0.0105 \text{ kg/s.}$
6. $l = i_2 - i_1' = 589 - 565 = 24 \text{ kJ/kg} \text{ .}$
7. $N_{a\partial} = G_a \cdot l = 0.0105 \cdot 24 = 0.25 \text{ kVt.}$
8. $N_i = N_{a\partial} / \eta_i = 0.25 / 0.75 = 0.35 \text{ kVt.}$
9. $N_{mp} = P_{imm} \cdot V_{\kappa M} = 40 \cdot 10^3 \cdot 88,88 \cdot 10^{-5} = 35,55 \text{ Bm} = 0,0356 \text{ kVt.}$
10. $Ne = Ni + Ntr = 0,35 + 0,0356 = 0,385 \text{ kVt.}$
11. $N_{\text{эл}} = N_e / \eta_{\text{эл}} = 0,385 / 0.85 = 0.45 \text{ kVt.}$
12. $Q_k = Q_0 + N_i = 1.274 + 0.35 = 1.620 \text{ kVt.}$

b) Issiqlik nasosi sikli.

1. Issiqlik unumdorligi : $Q_G - 700 \text{ kVt.}$
2. Suv temperaturasi: $t'_s = 25^\circ \text{C} \text{ .}$
3. Suv temperaturasi: $t''_r = 65^\circ \text{C} \text{ .}$
4. R134a (GFU- 134a).
5. $t_0 = 15^\circ \text{C.}$
6. $t_K = 70^\circ \text{C.}$

N^0	$t, ^\circ \text{C}$	P, MPa	$i, \text{kJ/kg}$	$v, \text{m}^3/\text{kg}$
1	15	0,48	404	

1'	30	0,48	421	0,047
2	88	2,17	455	
3	70	2,17	305	
3'	60	2,17	288	
4	15	0,48	288	

$$q_0 = i_1 - i_4 = 404 - 288 = 116 \text{ kJ/kg}$$

$$l = i_2 - i_1' = 455 - 421 = 34 \text{ kJ/kg} .$$

$$q_k = i_2 - i_3 = 455 - 305 = 150 \text{ kJ/kg} .$$

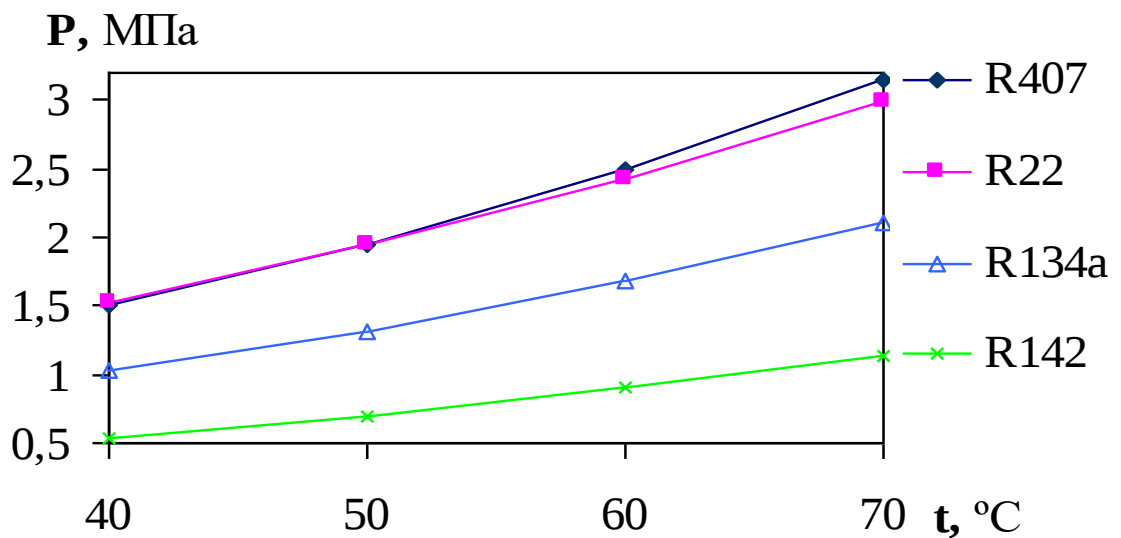
$$G_a = \frac{Q_T}{q_k} = \frac{700}{150} = 4,67 \frac{\text{kg}}{\text{sek}} .$$

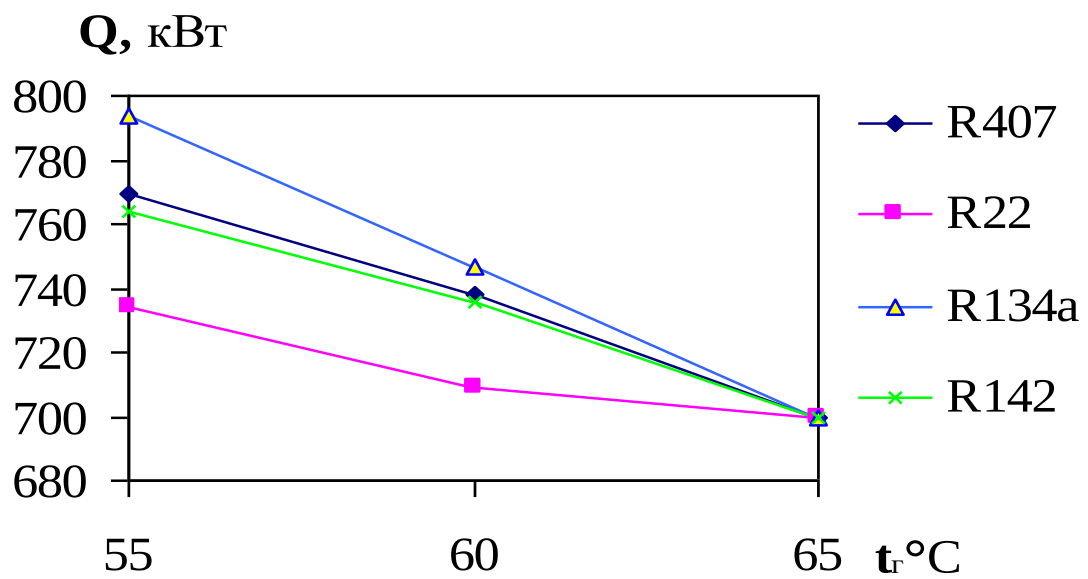
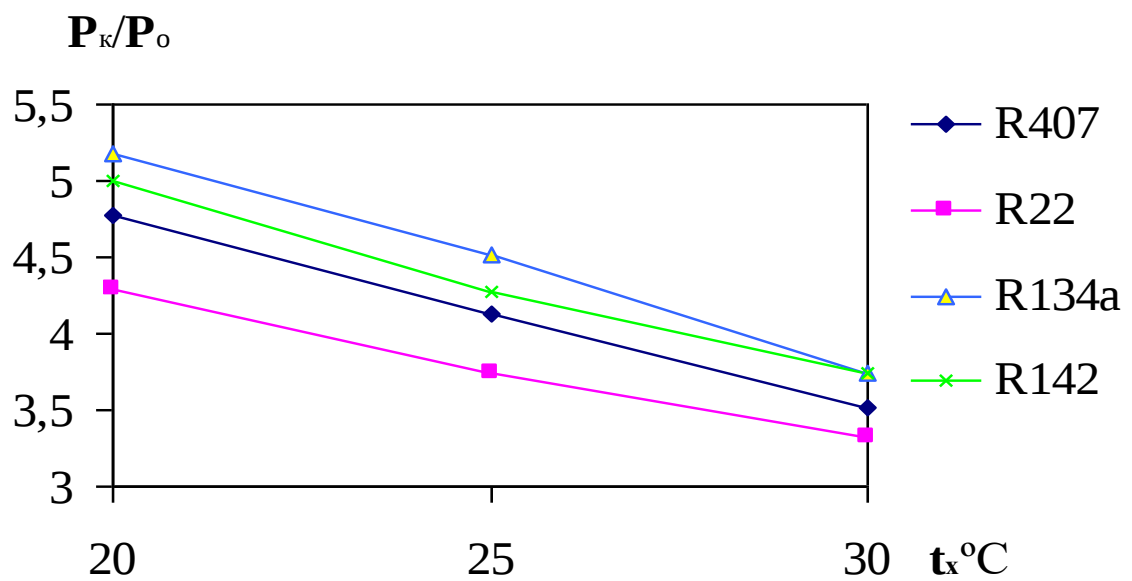
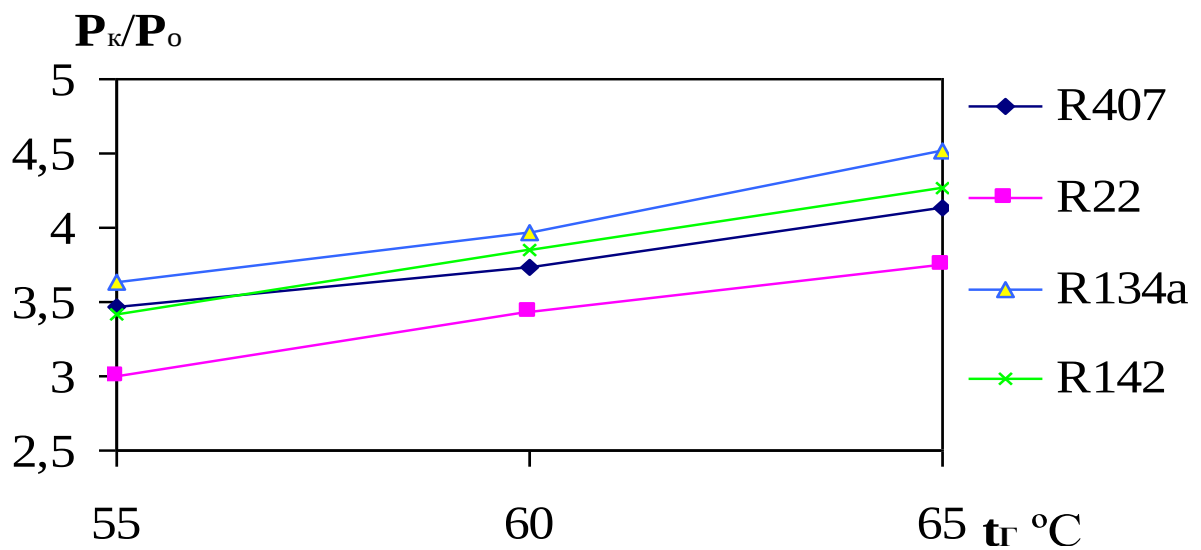
$$V_h = \frac{G_a v_1}{\lambda} = \frac{4,67 \cdot 0,047}{0,79} = 0,2776 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}} .$$

$$N_{эл} = \frac{G_a l}{\eta_i \eta_{Mex} \eta_{эл}} = \frac{4,67 \cdot 34}{0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 245 \text{ kVt} .$$

$$COP = \frac{Q_T}{N_{эл}} = \frac{700}{245} = 2,86 .$$

Hisoblarni 4 xil sovutish agenti (R22, R134a, R407C, R142)da amalga oshirib, natijalarni grafikda tasvirlaymiz:





5- amaliy mashg'ulot. Samarador issiqlik almashinish apparatlarini hisoblash va konstruksiyalash.

Kojux-trubali issiqlik almashinish qurilmasining diametri $d = 25 \times 2$ mm li 13ta trubadan yasalgan. Kojuxning ichki diametri 273 mm. Qurilmada soatiga 10 t suv 10°C dan 70°C gacha isitilmoqda. Suv truba ichidan va trubalararo bo'shliqdan o'tayotgan paytidagi issiqlik berish koeffitsiyenti topilsin.

Yechish:

Hisoblash quyidagi ketma-ketlikda olib boriladi:

1. Ilovadagi 4-jadvaldan $t_{yp} = 40^{\circ}\text{C}$ da suvning fizik xarakteristikalari aniqlanadi:

$\rho_2 = 992 \text{ kg/m}^3$; $c_2 = 4,18 \text{ kJ/kg}$; $\lambda_2 = 0,634 \text{ Wt/m}\cdot\text{K}$; $\mu = 657 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$;
Prandtl kriteriysi $\text{Pr} = 4,31$.

2. Truba ichida oqayotgan suvning tezligi ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:

$$w = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot d_{uq}^2 \cdot n \cdot 3600 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 10000}{3,14 \cdot 0,021^2 \cdot 13 \cdot 992 \cdot 3600} = 0,62 \text{ m/s}$$

3. Reynolds kriteriysi (4.14) formuladan topiladi:

$$\text{Re} = \frac{0,62 \cdot 0,021 \cdot 992}{657 \cdot 10^{-6}} = 19658,8$$

4. $\text{Re} = 10000$ bo'lgani uchun, $\varepsilon_1 = 1$ va $(\text{Pr}/\text{Pr}_D) = 1$ deb qabul qilib, Nusselt kriteriysining Nu qiymati (4.22) tenglama orqali aniqlanadi:

$$Nu = 0,021 \cdot 19658,8^{0,6} \cdot 4,31^{0,43} = 107,12$$

bunda issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\alpha_2 = \frac{107,12 \cdot 0,634}{0,021} = 3234 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

5. Suvning trubalararo bo'shliqdagi tezligi (4.29) formuladan topiladi:

$$w = \frac{10000}{0,052 \cdot 992 \cdot 3600} = 0,054 \text{ m/s}$$

bu yerda $S = 0,052 \text{ m}^2$ - trubalararo bo'shliqning ko'ndalang kesim yuzasi:

$$S = 0,785 \cdot (d_{uq}^2 - d_m^2)$$

d_{uq} va d_m – trubaning ichki va tashqi diametrlari, m.

6. Trubalararo bo'shliqning ekvivalent diametrini (4.21) formuladan topish mumkin:

$$d_9 = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 - 13 \cdot 0,025^2)}{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 + 13 \cdot 0,025^2)} = 11 \text{ m} / c$$

7. Reynolds kriteriysi esa (4.14) formula bo'yicha hisoblanadi:

$$Re = \frac{0,054 \cdot 0,11 \cdot 992}{657 \cdot 10^{-6}} = 8967,7$$

8. Reynolds soni $2300 < Re < 10000$ bo'lgani uchun Nu qiymati (4.23) formula yordamida aniqlanadi:

$$Nu = 0,008 \cdot 968,7^{0,9} \cdot 4,31^{0,43} = 54,12$$

issiqlik berish koeffitsiyenti esa,

$$\alpha = \frac{54,12 \cdot 0,634}{0,0978} = 350,8 \text{ Bm} / \text{m}^2 \cdot K$$

9. $\varepsilon_1 = 1$ va $(Pr / Pr_{\text{d}}) = 1$ inobatga olib, turbulent harakat rejimi uchun (4.22) va (4.23a) formulalar yordamida issiqlik berish koeffitsiyenti hisoblanadi.

$$Nu = 0,021 \cdot 8968,7^{0,8} \cdot 4,31^{0,43} = 57,1$$

$$\alpha_{2T} = 370,6 \cdot 0,975 = 361,3 \text{ Bm} / \text{m}^2 \cdot K$$

10. Agar $Re = 8968,7$ bo'lsa, $\varepsilon_1 = 0,975$ (10-jadvalga qaralsin), unda o'tish sohasi uchun issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagicha topiladi:

$$\alpha_{2T} = \frac{57,1 \cdot 0,634}{0,0978} = 370,6 \text{ Bm} / \text{m}^2 \cdot K$$

α_{2T} lar orasidagi farq 2,9% ni tashkil etadi.

6- amaliy mashg'ulot. Samarador kolonna apparatlarini hisoblash va konstruksiyalash.

1 masala. Benzol 40% (mol) va toluoldan 6% (mol) tashkil topgan 60°S li suyuq aralashma uchun bug' fazasining muvozanat tarkibi hisoblansin. Aralashma Raul qonuni bilan xarakterlanadi. Atmosfera bosimi 760 mm.sim.ust. va temperatura 90°S da qaynaydigan, benzol va toluolning suyuq aralashmasining tarkibi aniqlansin.

Yechish:

I1- rasmdan 60°S uchun benzol va toluolning to‘yingan bug‘larining bosimini topamiz: benzol uchun $R_b=385$ mm.sim.ust. va toluol uchun parsial bosimlar ushbu formuladan aniqlanadi

$$R_b = R_b \cdot x_b = 385 \cdot 0,4 = 154 \text{ mm.sim.ust.}$$

$$R_T = R_T \cdot x_T = R_T \cdot (1 - x_b) = 150 \cdot (1 - 0,4) = 84 \text{ mm.sim.ust.}$$

Umumiy bosim esa,

$$P = r_b + r_T = 154 + 84 = 238 \text{ mm.sim.ust.}$$

Bug‘ fazasining tarkibi ushbu tenglama orqali aniqlanadi;

$$u_b = r_b / P \cdot 100 = 154 / 238 = 64,7\%$$

Demak, muvozanatdagi bug‘ tarkibida 64,7% (mol) benzol va 35,3% (mol) toluol bor.

Atmosfera bosimi 760 mm.sim.ust. va temperatura 90°S da qaynaydigan benzol va toluolning suyuq aralashmasining tarkibi aniqlash uchun ushbu tenglamani yozamiz:

$$P = R_b \cdot x_b + R_T \cdot x_T$$

yoki

$$760 = 1013 \cdot x_b + 408 (1 - x_b)$$

undan $x_b = 58,3\%$; $x_T = 41,7\%$

Bu yerda: 1013 va 408 (mm.sim.ust.) – toza benzol va toluolning 90°S dagi to‘yingan bug‘larining bosimi.

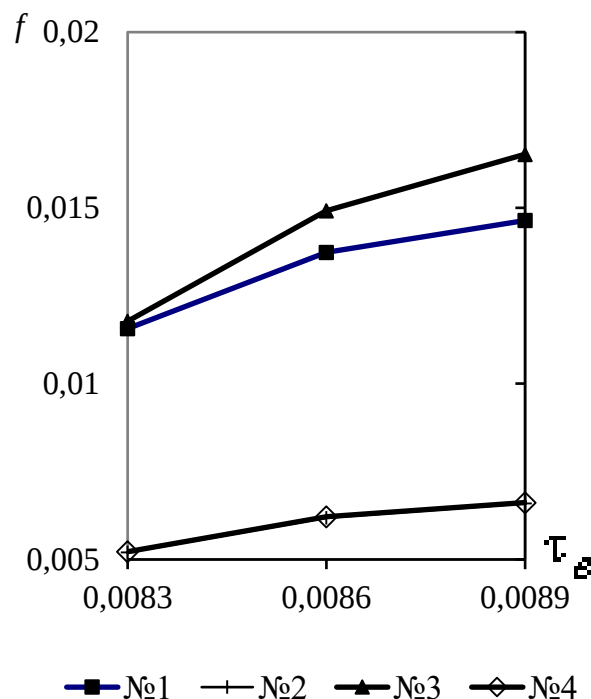
7-amaliy mashg‘ulot. Samaradorlikni ifodalovchi kattaliklar. Bunday kattaliklarni tanlash va ishlatish.

ToshDTU “Sovutish va kriogen texnikasi” kafedrasida issiqlik almashinish apparatlari samaradorligini baholash uchun eksergetik aralash kriteriy taklif qilingan, taklif qilingan kriteriy bilan issiqlik almashinish apparatlarini tahlil natijalari keltirilgan, silliq va samarador trubalardan yasalgan issiqlik almashinish apparatlariga ega sovutish mashinalari tahlil qilingan.

Issiqlik almashinish yuzasining nisbiy maydoni aralash eksergetik kriteriy bilan baholanishi mumkin:

$$f = \frac{F}{E} \quad (2)$$

f kriteriysi 1 J/s eksergiyaga mos keluvchi issiqlik almashinish yuzasi maydonini anglatadi.



1-rasm. Nisbiy yuzani eksergetik temperatura funksiyasiga bog‘liqligi

Issiqlik almashinish yuzasi nisbiy maydoni kriteriysidan f (2) da ko‘rsatilgan shaklda foydalanish noqulay, chunki issiqlik almashinish apparatlari loyihalananayotgan variantlari uchun F va E'' noma‘lum. Ma‘lum matematik o‘rniga qo‘yishlardan so‘ng (2) formula amaliyotda qo‘llash uchun qulay ko‘rinishga keltirildi:

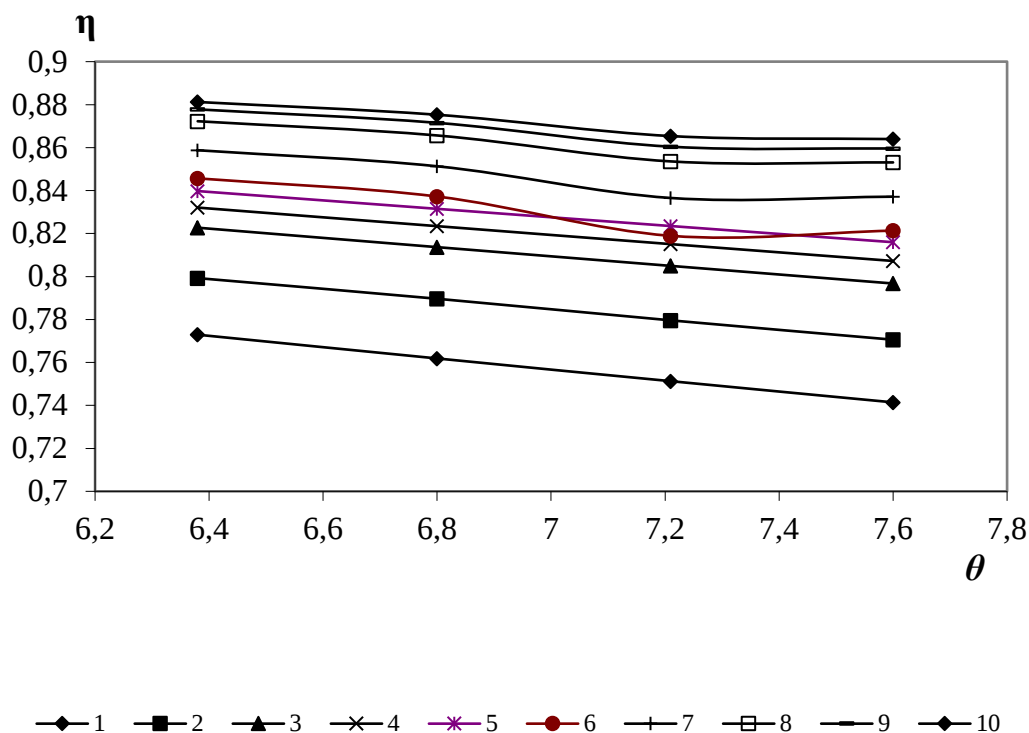
$$f = \frac{F}{Q \cdot \tau_e} = \frac{1}{\alpha \cdot \tau_e (T' - T'')} \quad (3).$$

1-rasmda f ni τ_e ga bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Rasmdan ko‘rinadiki, barcha issiqlik almashinish yuzalari uchun τ_e ni ortishi f ni o‘shishiga olib keladi. Bu atrof muhit temperaturasi kamayishi bilan birlik issiqlik almashinish yuzasi orqali kamroq eksergiya miqdori o‘tadi, issiqlik almashinish yuzasi yoki apparatining samaradorligi pasayadi. Tadqiq qilingan trubalar ichida halqasimon turbulizatorli (№2) va prujina qo‘yimli trubalar nisbiy maydoni bir xil va eksergetiik eng samaradordir. №2 truba biz tomondan tadqiq qilingan va past temperatura texnikasida ishlatilyapti. Plastina spiral qo‘yimli truba (№3) termodinamik jihatdan eng samarasizdir. Uning uchun f ni qiymati silliq trubanikidan (№1) ham katta.

Suvning kirishdagi temperaturasi ortishi bilan №3 truba uchun kriteriy qiymati kamayadi, №1 truba f qiymatlariga yaqinlashadi.

Shuni qayd qilish lozimki, samarador issiqlik almashinish yuzalarining ko‘rilayotgan barcha variantlarini qo‘llashda gidravlik qarshiliklarni silliq yuzadagi qarshiliklarga nisbatan ortishi kuzatiladi. Ammo, umumiy yo‘qotuvlarda gidravlik qarshiliklar tufayli eksergetik yo‘qotuvlarning ulushi qaytmas issiqlik almashinish tufayli eksergetik yo‘qotuvlarga nisbatan nisbatan ancha kam. Shunday qilib, issiqlik almashinish apparatlarini loyihalashda issiqlik berishni hisoblash formulalariga ega bo‘lish yetarli. Issiqlik almashinish apparatlari ishlashi uchun xarakterli atrof muhit va issiqlik tashuvchi temperaturalari qiymatalirini berib termodinamik samarador issiqlik almashinish yuzasini tanlash mumkin. Taklif etilgan samaradorlik kriteriysi eksergiya tushunchasiga asoslanadi. Kriteriydan ishlayotgan issiqlik almashinish apparatlari samaradorligini aniqlashda va termodinamik samarador apparatlarni tanlashda foydalanish qulay.

To‘rtta trubalar varianti tadqiq qilindi: silliq va diafragma nisbiy balandligi $d/D=0,876; 0,91; 0,945$ bo‘lgan nakatkali trubalar. Barcha trubalarning trubulizatorlari nisbiy qadami bir xil va $t/D=0,4$ ga teng. Shuni qayd qilish kerakki, ko‘ndalang halqasimon ariqchalar sovutish agentlarining qaynashida issiqlik almashinishga ta’sir qilmadi, chunki bug‘latgichlarning ish rejimi puffakli qaynash rejimiga mos edi. Ko‘ndalang halqasimon ariqcha o‘yilgan trubalar faqat plenkali qaynash rejimida issiqlik almashinishga ijobiy ta’sir etadi. Sovutiluvchi muhit tomonidan issiqlik berish koeffitsiyentini oshirish hisobiga issiqlik uzatishni jadallashtirishga erishildi. Sovutiluvchi muhit sifatida 23% li xlor natriyning suvdagi eritmasi ishlatildi. Sovuqlik elituvchining nasosini markasi X14-22M. Sovutish agentining qaynash temperaturasi diapazoni -10° dan -27°S gacha. Namokobning kirish va chiqishdagi temperaturasi mos ravishda 0° dan -17°S gacha va -5° dan -22°S gacha. Nisbiy sovutish unumdorligi 7000 Vt/m^2 . Tadqiq qilingan trubali bug‘latgichning samaradorligi eksergetik usul bilan baholandi.



2-rasm. $d/D=0,876$ truba uchun $\eta = f(\theta, t_o)$ bog'liqlik

Eksergetik tahlil natijalari ko'rsatadiki, θ yoki $|t_o - t_{s2}|$ ning barcha qiymatlari uchun silliq trubalarda eksergiya umumiy yo'qotuvlarining katta qismini temperaturalar farqi tufayli yo'qotuvlar tashkil qiladi va gidravlik qarshiliklar hamda atrof muhit bilan issiqlik almashinish tufayli eksergiya yo'qotuvlarini e'tiborga olmasa bo'ladi. Barcha nakatkali trubalar uchun D_p yo'qotuvlar ulushi katta va ularni faqat temperatura $-20\text{ }^{\circ}\text{S}$ dan past bo'lganida e'tiborga olmaslik mumkin. Qaynash temperaturasi pasayishi bilan ΣD o'zgarmaydi, D_p bir oz kamayadi. Masalan, $\theta = 6,8\text{ }^{\circ}\text{S}$, $t_o = -10\text{ }^{\circ}\text{S}$ da silliq truba uchun $\Sigma D = 25,22\text{ Dj/s}$ dan D_p ning ulushi $\sim 4,3\%$ va $d/D = 0,91$ li truba uchun $\Sigma D = 20,19\text{ Dj/s}$ dan $D_p \sim 13\%$. $\theta = 6,8\text{ }^{\circ}\text{S}$, $t_o = -21\text{ }^{\circ}\text{S}$ da esa silliq truba uchun $\Sigma D = 25,881\text{ Dj/s}$ dan $D_p \sim 2,3\%$ va nakatkali uchun $\Sigma D = 20,025\text{ Dj/s}$ dan $D_p \sim 6,6\%$. Bug'latgichning eksergetik FIK θ (yoki $|t_o - t_{s2}|$) va qaynash temperaturasi ortishi bilan kamayadi. 10-rasmdan ko'rinadiki, θ i t_o larning barcha qiymatlarida nakatkali trubalarning eksergetik FIK silliq trubaligidan katta. Shunday qilib,

tadqiq qilingan diafragma nisbiy balandligiga ega nakatka trubali bug‘latgichlarni qo‘llanilishi silliq truba qo‘llanilishiga nisbatan termodinamik jihatdan avzal. Diafragmalarning eng maqbul nisbiy balandligi 0,876.

Injenerlik hisob ishlarida eksergiya va uning yo‘qotuvlari amaliy ahamiyatga ega emas. Shuning uchun bug‘latgich va kondensatorlar uchun ularning og‘irlik, gabarit o‘lchamlarini e‘tiborga oluvchi eksergetik FIK hisoblash tenglamasi olindi:

$$\eta_e = ((1,4 \ln(t_{s2}) - 10,2)\delta t + 48,4 \ln(t_{s2}) + 767,7) \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

(4) formula quyidagi ish rejimida olindi $t_{s2} = -5; -10; -16; -19; -22$ °C; $\delta t = 4,6; 5; 4,2; 5,4$ °C; $\Delta t = 5$ °C va 8% maksimal xatolikka ega. (4) formulani boshqa tadqiqotchilar ishlari bilan taqqoslash shuni ko‘rsatadiki, T_{os} dan past temperatura oblastida ishlovchi issiqlik almashinish apparatlari uchun (4) formula hisoblangan η_e bilan qoniqarli (12% gacha xatolik bilan) mos keladi.

Dissertatsiyada bir kaskadli sovutish mashinasining kondensator va kondensator-bug‘latgichidagi issiqlik almashinish jarayoni 1) sovutish agenti sifatida ammiak va uglevodorod gazlar noazeotrop aralashmasi; 2) issiqlik almashinish yuzasi sifatida ko‘ndalang halqasimon turbulizatsion trubalar ishlatilganida ko‘rib chiqilgan.

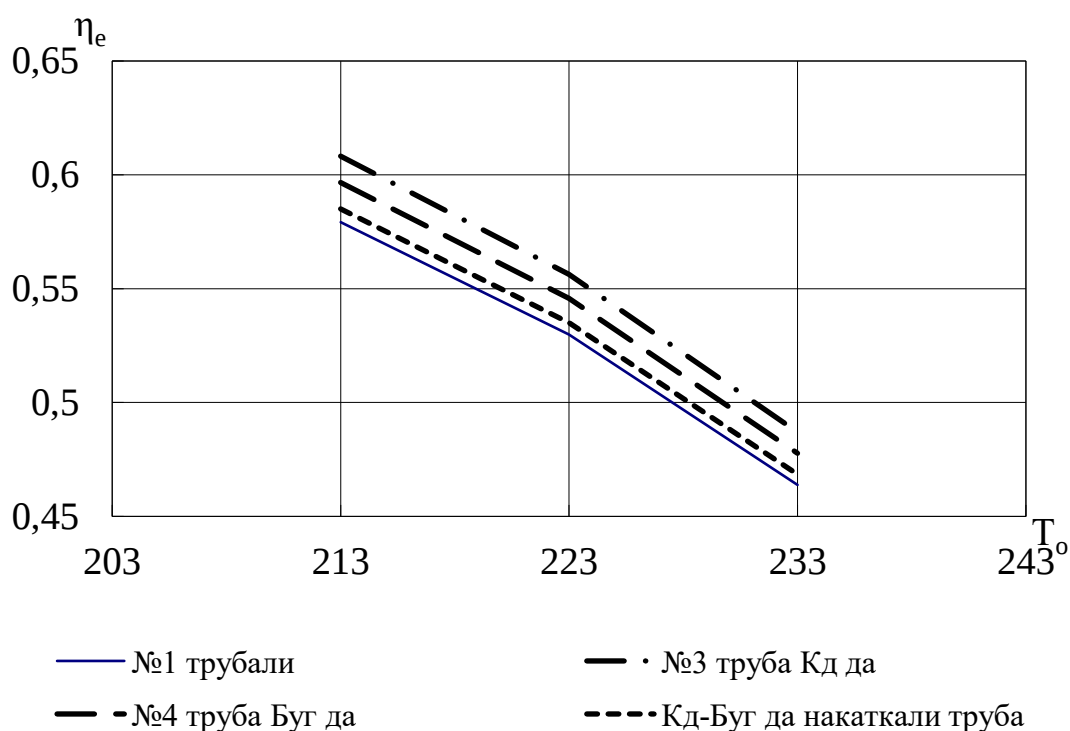
Hisob ishlari quyi va yuqori tarmoqlarda mos ravishda R170, R13 va R290/R600a/R600, R717 sovutuvchi agent sifatida ishlatilganida bajarilgan. R170 – R290/R600a/R600 sistemada etan (R170) truba ichida kondensatsiyalanadi, noazeotrop propan-izobutan-butan (R290/R600a/R600) aralashmasi kondensator-bug‘latgichning trubalararo kengligida qaynaydi. R13 – R717 sistemada freon-13 (R13) trubalar ichida kondensatsiyalanadi, ammiak (R717) kondensator-bug‘latgichning trubalararo kengligida qaynaydi.

Kondensatsiyalanish temperaturalari quyi tarmoqda -25; -20; -15; -10 °S, yuqori tarmoqda – 20; 25 °S, yuqori tarmoqdagi qaynash temperaturasi (qaynash oxiri) -30; -25; -20; -15 °S. Atrof-muhit temperaturasi $t_{os} = 20; 25$ °S.

Kaskad sovutish mashinalari yuqori tarmog‘ida sovutish agenti sifatida ammiak, propan-izobutan-butan aralashmasining ishlatilishi samradorlikning

temperatura rejimiga turlicha bog‘liqlik xarakteriga ega. Kondensator-bug‘latgichda issiqlik almashinish yuzasi sifatida ko‘ndalang halqasimon turbulizatorli trubalarni tadqiq qilingan rejim diapazonida ishlatilishi sezilarli samara bermaydi. Ammiak, propan-izobutan-butan aralashmasi kondensatsiyalanganida kondensatorning energetik samaradorligi sezilarli ortadi.

3-rasmda tasvirlangan egri chiziqlar tadqiq qilingan mashinalar uchun eksergetik FIK ni sovutish agentining qaynash temperaturasi bog‘liqligini ko‘rsatadi. Egri chiziqlar kaskad sovutish mashinalarining energetik samaradorligini qaynash temperaturasi tadqiq qilingan diapazonida $213 < T_0 < 233$ K xarakterlaydi. Uzluksiz chiziq silliq trubalar bilan jihozlangan issiqlik almashinish apparatli sovutish mashinasiga tegishli; shtrix chiziq – №4 trubadan iborat bug‘latgichli mashinaga; shtrixpunktir chiziq №3 trubadan iborat kondensatorli mashinani xarakterlaydi; punktir chiziq – kondensator-bug‘latgichda samarador trubalar o‘rnatilgan mashinani ifodalaydi.



3-rasm. Tadqiq qilingan mashinalar eksergetik FIK sovutish agentini qaynash temperaturasi bog‘liqligi

Kondensatorida №3 truba va bug‘latgichida №4 truba bo‘lgan mashinalar energetik xarakteristikalarini bo‘yicha eng yaxshi bo‘lib, ularning FIK $T_o = 213$ K da mos ravishda $\eta_e = 0,60$ va $0,59$. Nakatkali trubalarni kondensator-bug‘latgichda qo‘llanilishi sovutish mashinasining samaradorligiga amalda ta‘sir etmaydi. Mashinalarning maksimal FIK $T_o < 213$ K da erishiladi. 213 K dan yuqori qaynash temperaturalarida FIK ning keskin kamayishi kuzatiladi. Ko‘rilayotgan T_o diapazonida laboratoriya kaskad mashinalari ular uchun nomaqbul ish rejimida ishlagan. Maksimal FIK $T_o > 213$ K da erishilishi mumkin.

V. KEYSLAR BANKI

TOPSHIRIQ №2

Diametri 38x3 mm li turbadan soatiga G tonna va temperaturasi $t^{\circ}\text{C}$ bolgan N suyuqlik oqib o‘tmoqda. Suyuqlikning oqim rejimi va o‘rtacha harakat tezligini aniqlang.

Para-metr	O‘lchov birligi	Shifirning oxirgi raqami bo‘yicha variantlar									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
G	T	0.54	0.9	1.08	1.8	3.6	1.44	1.08	0.72	0.36	0.18
t	$^{\circ}\text{C}$	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70
N	Paxta yog‘i, vino, sut, piva, etil spirit, qand qiyomi, neft, benzin, mazut, HNO_3 , H_2SO_4 , simob, HCl, glitserin, toltol.										

TOPSHIRIQ №3

Suvni uzatish uchun mo‘ljallangan markazdan qochma tipidagi nasos quydagi texnik xarakteristikalariga ega: $Q_1 = 45$ m³/soat; $H_1 = 36$ m; $N_1 = 38$ kVt; $n_1 = 760$ ayl / min. Agar ushbu nasosning aylanishlar soni n_2 ga o‘zgartirilsa, uning ish unimdorligi, nabori va quvvati qanchaga ortadi? Nasosning f.i.k. ham hisoblab chiqilsin.

Para-metr	O‘lchov birligi	Shifirning oxirgi raqami bo‘yicha variantlar									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
N_2	Ayl/min	1400	1440	2880	3600	2500	2900	1200	1260	3200	960

TOPSHIRIQ №9

Dastlabki filtrlash jarayonida 1 m² filtrdan olingan filtrat miqdori, filtrlash boshlangandan τ_1 minutdan so‘ng V_1 hajmda, τ_2 minutdan keyin esa V_2 hajmda filtrat olinadi. Filtr yuzasi 1 m² bo‘lsa, V miqdordagi suyuqlikni filtrlashga qancha vaqt zarur bo‘ladi.

Para-	O‘lchov	Shifirning oxirgi raqami bo‘yicha variantlar									
-------	---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

metr	birligi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
τ_1	min	2	4	20	15	6	16	12	18	14	8
V_1	dm ³	1	2	8	5	3	8	6	9	7	4
τ_2	min	15	25	100	50	30	80	60	100	90	55
V_2	dm ³	3	6	24	15	10	20	18	27	21	12
V	dm ³	10	20	100	50	30	80	60	90	70	40

TOPSHIRIQ №11

Agarda, devorning usti 3mm qalinlikda X material bilan qoplangan bo'lsa, diametri D mm li U materialdan yasalgan devorning termik qarshiligi necha barobar ortadi?

Para-metr	O'lchov birligi	Shifirning oxirgi raqami bo'yicha variantolar									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
δ	mm	0.1	0.3	0.2	0.5	1.0	0.6	0.8	1.1	1.5	1.4
D	mm	25x2	38x3	20x2	14x1	76x4	32x2	57x3	20x2	14x1	108x5
U	-	Al	Сн	Ct45	Bron	Ag	Al	Choyan	Ti	Сн	Latun
X		Asbest, emal, torfplita,sovokit, penoplast, viniplast, ftoroplast, faolit, po'kak									

VI. GLOSSARIY

Fanlarni rivojlantirish	Fan mazmunini ilm-texnika sohasidagi yangiliklar bilan sun'iy fanlar paydo bo'lishiga yo'l qo'yilmagan holda to'ldirish, boyitish.
Ishlab chiqarish muammolari	Sanoat korxonalarining fan-texnika, mehnatni tashkil etish bilan bog'liq muammolar.
O'quv jarayonini tashkil qilish	O'quv yurtida o'quv-uslubiy, ilmiy-tadqiqot, ta'lim-tarbiya ishlarini meyoriy xujjatlar asosida tashkil qilish.
sintetik kauchuk	Sintetik elastomer, elastiklik, suv o'tkazmaslik va elektroizolyatsion xossalari bilan xarakterlanib, undan vulkazitatsiya usuli bilan rezina va ebonitlar olinadi.
uksus kislotasi	Ikkinchi nomi – etan kislotasi. CH_3COOH organik birikma, kuchsiz karbon kislotasi. Uksus kislotasining tuz va murakkab efirlari atsetatlar deb yuritiladi.
deparafinlash	Neftning kerosin-gazoyl va moy fraksiyalaridan normal parafinli uglevodorodlarni ajratish jarayoni.
kimyo sanoati	Uglevodorod, mineral va boshqa xom-ashyodan kimyoviy qayta ishlash bilan mahsulot ishlab chiqaruvchi sanoat tarmog'i.
past bosim qurilmalari	Kompressorda havoning siqilish bosimi 0,5 – 0,6 MPa bo'lib, unumdorligi eng katta qurilmalardir. Asosan gazsimon mahsulotlar olinadi, lekin qayta ishlanuvchi havoning 1,5% gacha suyuq holdagi mahsulot olinishi ham mumkin.
kriptonksenon aralashmasi	Hajmiy ulushi 99,5/0,2 bo'lgan, havoni past temperaturada rektifikatsiyalash bilan olinuvchi aralashma.
rektifikatsion kolonna	Rektifikatsiya jarayoni amalga oshiriluvchi, balandligi diametriga (yoki eniga) nisbatan ancha katta bo'lgan apparat.
sovuq puflash	Regenerativ issiqlik almashinish apparatlarida issiq havodan (to'g'ri oqim) kondensatsiyalangan namlik sovuq – teskari oqim bilan olib chiqiladi va “sovuq puflash” rejimi deb ataladi.
flegma	Rektifikatsiya jarayonida yengil uchuvchan komponent kondensatsiyalanganidan so'ng hosil bo'lgan suyuqlik (distillyat)ning rektifikatsion kolonnaga qaytarib beriladigan bir qismi.
havo ajratish	Atmosfera havosidan sanoat gazlarini (kislorod,

qurilmalari	azot, argon va boshqalar) ajratuvchi qurilmalar.
Uch fazali mavhum qaynash qatlami	Suv, havo va sabzavot po‘stlog‘i aralashmasi (uch faza aralashmasi) ning mavhum qaynash qatlami
shakl faktori	Meva, sabzavot sirt yuzasini aniqlashdagi kattalik
gaz va suyuqlik nisbat	Mavhum qaynash qatlami jarayonini yuzaga keltirishda gaz va suyuq fazalar miqdorlari ma’lum nisbatda bo‘ladi. Bu nisbatdan farqli qiymatlarda mavhum qaynash kuzatilmasligi mumkin.
«meva-po‘st» aralashmasi	Meva, sabzavotlarni po‘stloqdan tozalashdagi mag‘iz va ajralgan po‘stloq aralashmasi
adzeziya kuchi	Adzeziya yoki ilashish mustahkamligi – tutashtirilgan turli xildagi ikki qattiq jism yoki suyuqlik (faza) yuzalari orasidagi ilashish mustahkamligi.

VII. Foydalanilgan adabiyotlar

1. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S. G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – T.: Sharq. 2015.-848 b.
2. Бахронов Х.Ш. Повышение эффективности выпаривания кристаллизующихся растворов с использованием псевдоожигенного слоя. Атореф. диссер. докт. технич. наук. Навои.: ТХТИ. 2009. 35 с.
3. 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.: ТашГТУ. 2007. – 28 с.
4. Абдурахимова А.У. Разработка эффективного аппарата для разделения смеси твердое тело-твердое тело в трехфазном псевдоожигенном слое. Атореф. диссер. докт. филос. по технич. наук. Т.: ТХТИ. 2018. 41 с.
5. **Каримов К.Ф. Совершенствование теплообменных аппаратов и машин холодильной техники. Диссер. докт. технич. наук. Т.: ТашГТУ. 2016. – 228 с.**
6. Закиров С.Г., Каримов К.Ф. Эксергетический расчет двухступенчатых, каскадных холодильных установок и их теплообменных аппаратов. Методическое пособие. Lambert Academic Publishing, Russia. 2020. 49 с.
7. **Буткевич И.К. Криогенные установки и системы. – М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 151 с.**