

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

***BUXORO MUHANDISLIK TEXNOLOGIYA
INSTITUTI***

***“TEXNOLOGIK JARAYONLAR VA QURILMALAR”
fanidan***

***AMALIY
MASHG'ULOTLARni
bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatma***

Buxoro – 2019

Taqrizchilar:

Maxmudov R. O. – «KT»

kafedrasi mudiri.

Gafurov K.X. – “OO va KSM va J”

kafedrasi dotsenti.

Tuzuvchi:

Sharipov N.Z. – “TJBAKT”

kafedrasi katta o’qituvchisi.

Bux MTI uslubiy kengashining
_____2019 – yil majlisi bayoni bilan
chop qilishga tavsiya qilindi

**“Oziq-ovqat va kimyo sanoati
mashina va jihozlari”** kafedrasining 2019 –
yil _____dagi yig’ilishning № __-
bayoni bilan uslubiy kengash muhokamasiga
tavsiya qilindi.

Mundarija	
1. Kirish.....	
2. Amaliy mashg'ulot № 1. Amaliy gidravlika asoslariga oid masalalar yechish.....	
3. Amaliy mashg'ulot № 2. Suyuqliklarni uzatishga va bosimlar farqini hosil qiluvchi qurilmalarga oid masalalar yechish.....	
4. Amaliy mashg'ulot № 3. Gazlarni uzatishga va kompressor qurilmalariga oid masalalar yechish.....	
5. Amaliy mashg'ulot № 4. Filtrlashga oid masalalar yechish va jarayonni amalgam oshiradigan qurilmalarni hisoblashga oid masalalar yechish.....	
6. Amaliy mashg'ulot № 5. Sentrifuga va jarayonni amalgam oshiradigan qurilmalarni hisoblashga oid masalalar yechish.....	
7. Amaliy mashg'ulot № 6. Cho'ktirish jarayoniga oid masalalar yechish.....	
8. Amaliy mashg'ulot № 7. Mavhum qaynash qatlam gidrodinamikasiga oid masalalar yechish.....	
9. Amaliy mashg'ulot № 8. Suyuqliklarni aralashtirishga oid masalalar yechish.....	
10. Amaliy mashg'ulot № 9. Isitish jarayoni va jarayonni amalga oshirish qurilmalarni hisoblashga oid masalalar yechish.....	
11. Amaliy mashg'ulot № 10. Bug'larni kondensatsiyalashga oid masalalar yechish.....	
12. Amaliy mashg'ulot № 11. Bug'latish jarayoni va jarayonni amalga oshirish qurilmalarini hisoblashga oid masalalar yechish.....	

Kirish

Mustaqil O'zbekiston Respublikamizning xalq xo'jaligi uchun malakali mutaxassislar tayyorlashda "Texnologik jarayonlar va qurilmalar" fani alohida o'rin tutadi.

Chunonchi hozirgi zamon kimyo oziq-ovqat va boshqa sanoatlar fizik-kimyoviy xossalari tubdan farq qiluvchi xom ashyolarni qayta ishlashda xilma-xil texnologik jarayonlardan foydalanadi. Shuning uchun yuqorida qayd etilgan sanoat mutaxassislari jarayonlarning fizik-kimyoviy asoslarini, qurilmalar tuzilishini, ishlash prinsiplarining alohida hollarini bilibgina qolmasdan, balki jarayonlarni hisoblash va tahlil qilish, ularning optimal parametrlarini, hamda samarador qurilmalarni hisoblash va loyihalashni bilish zarur.

"Texnologik jarayonlar va qurilmalar" fani yuqori malakali mutaxassis tayyorlashda va mutaxassislik fanlarni o'zlashtirishda poydevor bo'lib xizmat qiladi. Fanning hisoblash qismi bo'yicha amaliy mashg'ulotlar bu fanni mukammal, chuqur o'zlashtirishga katta yordam beradi.

Amaliy mashg'ulotlar o'tkazishning asosiy maqsadlari.

Jarayonlar va qurilmalar fanidan amaliy mashg'ulotlar o'tkazishning asosiy maqsadi-bu talabalarni namunaviy misol va konkret masalarni yechish orqali tipik qurilmalarni hisoblash va loyihalashga o'rgatishdir.

"Texnologik jarayonlar va qurilmalar" fanining asosiy bo'limlarini qamrab olgan amaliy mashg'ulot mavzulari tuzilgan ishchi dastur asosida ko'rsatilgan. Yaratilgan uslubiy ko'rsatma o'quv yuklamasida rejalashtirilgan soatlarga mos. Talabalar ma'ruzada olgan nazariy bilimlarni amaliy mashg'ulotlarda misol yoki masala yechish yo'li orqali mustahkamlash imkoniga ega bo'ladilar. Talabalarning qo'shimcha adabiyotlardan foydalanib, mustaqil fikr yuritish uchun uslubiy ko'rsatmada misol va masalalarni yechish ketma-ketligi, asosiy tenglama formulalar, sistematik tavsif va yozuvlar tartibili va aniq keltirilgan.

Uslubiy ko'rsatmaning yakunida masalalarni yechish davomida aniqlanadigan parametrlarning xarakteristikalarini jadval shaklida ilova qilingan. Ba'zi misol masalalarni yechishda, talabalar shaxsiy kompyuterlarni qo'llash ushbu fanni mustahkamlash garovidir.

Ushbu uslubiy ko'rsatma "Texnologik jarayonlari va qurilmalar" fanidan amaliy mashg'ulotlarni bajarishda muhim ahamiyatga ega bo'lib, ko'rsatmadan bakalavriat yo'nalishlari mutaxassislari talabalari foydalanishlari mumkin bo'ladi.

Amaliy mashg'ulot №1

Mavzu: Amaliy gidravlika asoslariga oid masalalar yechish.

Ishning maqsadi: Amaliy gidravlika oid bilimlarini mustakamlash

Nazariy qism

Sanoatida amalga oshiriladigan jarayonlarni tashkil qilish va amalga oshirish, ushbu jarayonlarda qo'llaniladigan xom ashyo va maxsulotlarning fizikaviy xossalriga uzviy bog'likdir. Bu xossalarga ularning zichligi, solishtirma og'irligi, dinamik qovushqoqligi, issiqlik sig'imi, issiqlik o'tkazuvchanligi va boshqalarni kiritish mumkin. Quyida ushbu xossalarning fizik mazmuni va ularni xisoblash formulalari keltirilgan.

Zichlik. Moddaning xajm birligidagi massasiga uning zichligi deyiladi

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

Zichlik solishtirma hajmga teskari kattalik bo'lib quyidagi formula orqali ham ifodalanishi mumkin, ya'ni:

$$\rho = 1/V_c$$

bu yerda

$$V_c = V/m \quad \text{yoki} \quad (1.2)$$

Ikki modda zichliklarining nisbati **nisbiy zichlik** deyiladi. Odatda jismlarning nisbiy zichligi distillangan suvning 4⁰S temperaturadagi zichligi bo'yicha aniqlanadi:

$$\rho_{nic} = \frac{\rho}{\rho_{cyy}} \quad (1.3)$$

bu yerda ρ - modda zichligi; ρ_{suv} - distillangan suvning 4⁰S temperaturadagi zichligi.

Suyuq aralashmalarni 20⁰S dagi zichligi quyidagi empirik formula bilan aniqlanadi:

$$\rho_{20} = 10 [1,42 \cdot x + (100 - x)] \quad (1.4)$$

bu yerda x - quruq modda miqdori, %

Agar temperatura 20⁰S dan farqlansa, u xolda:

$$\rho_t = \rho_{20} - 0,5 (t - 20) \quad (1.5)$$

bu yerda t - modda temperaturasi, ⁰S

Osh tuzi aralashmasi uchun zichlik quyidagicha aniqlanadi:

$$\rho = 1016,76 + 44 x - 0,53 t \quad (1.6)$$

bu yerda x - eritmadagi quruq modda ulushi.

Sochiluvchan maxsulotlar uchun qatlam zichligi tushunchasidan foydalaniladi va u quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\rho_k = (1 - \varepsilon) \rho_z \quad (1.7)$$

$$\varepsilon = \frac{V_k - V_3}{V_k} \quad (1.8)$$

bu yerda ε - g'ovaklik koeffitsienti, V_k - erkin yoyilgan material qatlami hajmi, m^3 ; V_3 - qatlamdagi zarrachalarning umumiy xajmi; ρ_z - material zarrachalarining zichligi.

Gazlarning zichligi Klapeyron formulasi bilan hisoblanadi.

$$\rho = \rho_0 \frac{T_0 \cdot P}{T \cdot P_0} = \frac{M}{22,4} \cdot \frac{273 \cdot P}{T \cdot P_0} \quad (1.9)$$

bu yerda ρ_0 - normal sharoitda gaz zichligi, kg/m^3 ; M - gazning molekulyar massasi, $kg/kmol$; T - gazning absolyut temperaturasi, K ; P_0 va P - mos holda, gazning 237 K dagi va T temperaturadagi bosimi.

Solishtirma og'irlik. Moddaning hajm birligidagi og'irligiga solishtirma og'irlik deb aytiladi va quyidagicha hisoblanadi:

$$\gamma = G/V \quad (1.10)$$

Zichlik bilan solishtirma og'irlik o'rtasida quyidagicha bog'liklik mavjud.

$$\gamma = \rho g \quad (1.10a)$$

bu yerda g - erkin tushish tezlanishi ($9,81 m/s^2$)

Suyuqlik yoki gazlar qatlamlari o'zaro harakatlanganda bir-biriga qarshilik kursatish xususiyati **qovushqoqlik** deyiladi. Dinamik va kinematik qovushqoqlik mavjud. Dinamik qovushqoqlik N'yutonning ichki ishqalanish qonuni formulasidan aniqlanadi:

$$F = \mu \cdot S \cdot \frac{d\gamma}{dn} \quad (1.11)$$

bu yerda

μ - dinamik qovushqoqlik koeffitsienti, $Pa \cdot s$;

S - suyuqlik qatlami yuzasi, m^2 ;

$\frac{d\gamma}{dn}$ - qatlamlar orasidagi tezlik gradienti.

Turli xil aralashmalarni qovushqoqligi t temperaturada quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\mu_t = 12,9\mu / t^{0,85} \quad (1.11a)$$

bu yerda μ - maxsulotning 20 °S temperaturadagi qovushqoqligi, $Pa \cdot s$.

Emulsiya (benzin+kerosin)

$$\mu = 0,7 \exp(0,06 + 0,08 x) (mPa \cdot s) \quad (1.11b)$$

Dizel moylari uchun

$$\mu_t = 0,175 / [10 \exp(0,31 + 0,026 t)] \quad (\text{mPa s}) \quad (1.11v)$$

Kimyoviy moddalar eritmalari

$$\mu_t = 0,0199 \times 2,94 t^{-1,17} \quad (\text{Pa s}) \quad (1.11g)$$

Gazlarning qovushqoqligi

$$\mu_t = \mu_0 \frac{273 + C}{T + C} \cdot \left(\frac{T}{273}\right)^{1,5} \quad (1.11d)$$

bu yerda μ_0 - 273K temperaturada gazning qovushqoqligi; C - Saterlend koeffitsienti (azot uchun S=114, kislorod uchun S=131, xavo uchun S=124); T - gaz temperaturasi, K.

Mahsulot dinamik qovushqoqligining uning zichligiga nisbati kinematik qovushqoqlik deyiladi

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.12)$$

Issiqlik sig'imi - bu moddaga berilgan issiqlik miqdorining uning temperaturasi o'zgarishiga nisbatidir. Massa birligidagi moddaning issiqlik sig'imi **solishtirma issiqlik sig'imi** deb yuritiladi. Suyuqlik va gazlarning issiqlik sig'imi temperaturaga bog'lik bo'lib, uning oshishi bilan ortadi.

Suyuqliklarning solishtirma issiqlik sig'imi normal temperaturada 0,8 dan 4,19 kDj/(kg.grad), gazlarniki 0,5 dan 2,2 kDj/(kg.grad), qattiq moddalarniki esa 0,13 dan 1,8 kDj/(kg.grad) diapazonda o'zgaradi.

Ba'zi bir maxsulotlarning solishtirma issiqlik sig'imi quyidagi formulalar bilan xisoblab topilishi mumkin:
kimyoviy moddalar eritmalari:

$$c = 4228,7 - 20,9 x - 10,88 t \quad (1.13a)$$

o'simlik xom-ashyosiniki:

$$c = c_s(1 - 0,01 W) + 41,87 W \quad (1.13b)$$

qovushqoqligi yuqori bo'lgan aralashmalar uchun

$$c = 1675 (1 + 0,015 W) \quad (1.13v)$$

sochuluvshan mahsulotlar uchun:

$$c = 1550 + 26,4 W \quad (1.13g)$$

bu yerda c_c - quruq modda solishtirma issiqlik sig'imi; W - maxsulot namligi, %.

Suyuqlikning sisterna tubiga bo'lgan bosimi – P, Pa

$$P = \rho \cdot g \cdot h \quad (1.14)$$

Paskal qonuniga asosan tinch turgan suyuqlikning hamma nuqtasidagi bosim bir xil bo'ladi. Shuning uchun gidravlik press porsheni tagidagi suyuqlikka ta'sir qiluvchi bosim P, Pa quyidagicha aniqlanadi.

$$P = \frac{F_1}{S_1} \quad (1.15)$$

Kichik porshenning ko'ndalang kesim yuzasi – S_1 , m^2 quyidagiga teng:

$$S_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \quad (1.16)$$

Katta porshenning ko'ndalang kesimi yuzasi – S_2 , m^2 quyidagiga teng:

$$S_2 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \quad (1.17)$$

Katta porshenga ta'sir etuvchi kuch quyidagiga tengdir: - F_2 , N

$$F_2 = P \cdot S_2 \quad (1.18)$$

Shuningdek truba diametrining to'satdan torayishi, tirsak va jo'mrak uchun mahalliy qarshiliklar koeffitsientlari ma'lumotnomadan aniqlanadi, trubaning to'satdan torayishi uchun - $\xi_1 = 0,4$ jo'mrak uchun - $\xi_2 = 2$ va tirsak uchun - $\xi_3 = 1,1$

Shunda mahalliy qarshiliklar koeffitsienti quyidagiga teng bo'ladi:

$$\sum \xi = \xi_1 + 2\xi_2 + 2\xi_3 \quad (1.19)$$

Oqim rejimi ushbu formula orqali hisoblanadi:

$$Re = \frac{\vartheta \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (1.20)$$

Gidravlik qarshilik koeffitsienti quyidagicha hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} \quad (1.21)$$

Bosim yo'qotilishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P = \lambda \frac{l}{d_{or}} \cdot \frac{\rho \vartheta^2}{2} + \sum \xi \frac{\rho \cdot \vartheta^2}{2} \quad (1.22)$$

Masala № 1.1.

Temperaturasi 30^0 C li suyuq moddaning kinematik qovushqoqlik koeffitsienti - ν hisoblab topilsin. Suyuqlikning nisbiy zichligi - Δ va dinamik qovushqoqlik koeffinsienti - μ 1.1 – jadvalda ko'rsatilgan.

1.1 – jadval

Variant №	μ , mPa·s	Δ
1	80	0,54
2	85	0,60
3	89	0,66
4	91	0,72
5	95	0,78
6	98	0,83
7	105	0,88
8	112	0,91
9	118	0,95
10	125	0,99

Masala № 1.2

Suyuqlik ustunining balandligi – h, va zichligi - ρ ma'lum bo'lganda, uning sisterna tubiga bo'lgan bosimi – P, hisoblansin.

1.2 – jadval

Variant №	Suyuqlik	ρ , kg/m ³	h, m
1	Suv	1000	15
2	Etil spirti	780	10
3	Benzin	760	9
4	Paxta yog'i	910	15
5	Glitserin	1270	15
6	Neft	800	10
7	Suv	1000	9
8	Etil spirti	780	9
9	Benzin	720	10
10	Glitserin	1260	15

Masala № 1.3

Gidravlik pressning, kichik porsheni diametri – d_1 , katta porsheni diametri – d_2 va kichik porshenga ta'sir etuvchi kuch – F_1 ma'lum bo'lganda, katta porshen ta'sirida hosil qilinayotgan kuch – F_2 aniqlansin.

1.3 – jadval

Variant №	d_1 , mm	d_2 , mm	F_1 , N
1	40	300	589
2	20	100	390
3	25	150	430
4	30	200	480
5	35	250	490
6	50	400	790
7	45	350	630
8	55	450	690
9	60	500	789
10	50	320	570

Masala № 1.4

Temperatura 60^0 C li etil spirti harakatlanayotgan truba tarmog'ida, bitta trubaning to'satdan toraysa va ikkita jo'mrak bilan ikkita silliq tirsak bo'lsa, truba tarmog'i uchun bosim yo'qotilishi - ΔP , hamda o'rta diametri – $d_{o'r}$, bo'lgan truba uchun oqim rejimi aniqlansin. Etil spirtining harakat tezligi - ϑ , va trubaning umumiy uzunligi - l 1.4 – jadvalda ko'rsatilgan.

1.4 – jadval

Variant №	$d_{o'r}$, mm	ϑ , m/s	l , m
1	20	0,99	100
2	25	0,10	120
3	30	1,20	130
4	35	1,32	125
5	40	1,39	140
6	50	1,4	150
7	20	1,5	120
8	30	0,80	100
9	25	0,9	110
10	40	1,4	155

Amaliy mashg'ulot № 2

Mavzu: Suyuqliklarni uzatish va bosimlar farqini hosil qiluvchi qurilmalarni hisoblashga oid masalalar yechish.

Ishning maqsadi: Suyuqliklarni uzatish va bosimlar farqini hosil qiluvchi qurilmalarga oid amaliy ko'nikma hosil qilish

Nazariy qism

Nasoslar asosan ikki turga: dinamik va hajmiy nasoslarga bo'linadi.

Dinamik nasoslarda suyuqlik tashqi kuch ta'sirida harakatga keltiriladi. Nasos ichidagi suyuqlik nasosga kirish va undan chiqish trubalari bilan uzluksiz bog'langan bo'ladi. Suyuqlikka ta'sir qiladigan kuchning turiga ko'ra, dinamik nasoslar parrakli va ishqalanish kuchi yordamida ishlaydigan nasoslarga bo'linadi.

Parrakli nasoslar o'z navbatida markazdan qochma va propellerli (o'qli) nasoslarga bo'linadi. Markazdan qochma nasoslarda suyuqlik ish g'ildiragining markazidan uning chetiga qarab harakat qilsa, propellerli nasoslarda esa suyuqlik g'ildirakning o'qi yo'nalishida harakat qiladi.

Ishqalanish kuchiga asoslangan nasoslar ikki xil (uyurmaviy va oqimli) bo'ladi. Uyurmaviy va oqimli nasoslarda suyuqlik asosan ishqalanish kuchi ta'sirida harakatga keladi.

Hajmiy nasoslarning ishlash printsipi suyuqlikning ma'lum bir hajmini yopiq kameradan itarib chiqarishga asoslangan. Hajmiy nasoslar jumlasiga porshenli, plunjerli, diafragmali, shesternyali, plastinali va vintsimon nasoslar kiradi.

Sanoatda suyuqliklarni siqilgan gaz (yoki havo) yordamida uzatish uchun **gazliftlar** va **montejyular** ham ishlatiladi.

Nasoslarning asosiy parametrlariga foydalanish ish ko'effitsienti, ish unumdorligi, nabori va quvvat kabi kattaliklar kiradi.

Nasosning vaqt birligi ichida uzatib beradigan suyuqlik miqdori ish unumdorligi (yoki sarfi) deyiladi ($Q, m^3/s$).

Nasosning massa birligiga ega bo'lgan suyuqlikka bergan solishtirma energiyasi **napor** deb yuritiladi (N, m). Nasosning nabori oqimning nasosga kirish va chiqishdagi solishtirma energiyalari ayirmasiga teng.

Suyuqlikka energiya berish uchun sarflangan nasosning foydali quvvati N_f suyuqlik sarfi miqdori $\gamma \cdot Q$ ning solishtirma foydali energiyaga ko'paytirilganiga teng:

$$N_{\phi} = \gamma \cdot Q \cdot H = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (2.1)$$

Nasosning o'qidagi quvvati foydali quvvatdan kattaroq bo'ladi, chunki nasosda energiyaning bir qismi yo'qoladi. energiyaning yo'qolishi nasosning foydali ish ko'effitsienti (FIK) η_n bilan belgilanadi. Demak, nasosning o'qidagi quvvat quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$N_e = \frac{N_{\phi}}{\eta_n} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_n} \quad (2.2)$$

Foydali ish koeffitsienti η_h nasosdagi quvvatning nisbiy yo`qolishini, nasosning mukammalligini va uni ishlatishning arzonligini ifodalaydi hamda quyidagi ko`paytma orqali topiladi:

$$\eta = \eta_V \cdot \eta_z \cdot \eta_M \quad (2.3)$$

bu yerda η_V hajmiy FIK; η_z - gidravlik FIK; η_M - mexanik FIK.

Hajmiy FIK nasosning haqiqiy ish unumdorligining nazariy ish unumdorligiga nisbatiga teng bo`lib, nasos konstruksiyasining zich bo`lmagan joylaridan sizib chiqqan suyuqlikning miqdorini belgilaydi.

Gidravlik FIK suyuqlikning nasosdan o`tishida gidravlik va mahalliy qarshiliklarni engish uchun sarf bo`lgan naporning yo`qolishini ifodalaydi.

Mexanik FIK nasos mexanizmlaridagi ishqalanishni engishga sarflangan quvvatning yo`qolishini belgilaydi.

Dvigatel' iste`mol qiladigan quvvat (yoki dvigatelning nominal quvvati) nasos o`qidagi quvvatdan ortiqroq bo`ladi, chunki quvvatning bir qismi elektr dvigatelning o`qida va elektr dvigateldan mexanik energiya nasosga berilayotganda sarf bo`ladi, ya`ni:

$$N_{ge} = \frac{N_e}{\eta_y \cdot \eta_{\partial e}} = \frac{N_\phi}{\eta_h \cdot \eta_y \cdot \eta_{\partial e}} \quad (2.4)$$

Ko`paytma  $\eta_h \cdot \eta_y \cdot \eta_{\partial e}$  nasos qurilmasining to`la FIK deb yuritiladi va η bilan belgilanadi.

Nasos qurilmalarini o`rnatish uchun zarur bo`lgan quvvat quyidagiga teng:

$$N_h = \beta \cdot N_{\partial e} \quad (2.5)$$

bu yerda β - quvvatning extiyot koeffitsienti, bu koeffitsientning qiymati dvigatelning nominal quvvatiga nisbatan topiladi 2.1 - jadval)

2.1– jadval.

$N_{dv}, \kappa Vt$	1 dan kam	1 – 5	5 – 50	50 dan ko`p
β	2 – 1.5	1.5 – 1.2	1.2 – 1.15	1.1

Nazariy uzatilgan suyuqlik miqdori – Q_N , m^3/s ushbu formula orqali hisoblab topiladi:

$$Q_N = \frac{2 \cdot f \cdot b \cdot z \cdot n}{60} \quad (2.6)$$

Haqiqiy uzatilgan suyuqlik miqdori – Q_H , m^3/s quyidagiga teng bo`ladi:

$$Q_H = \frac{Q}{60} \quad (2.7)$$

Bunda uzatish koeffitsienti - η_u quyidagiga teng bo'ladi:

$$\eta_u = \frac{Q_H}{Q_N} \quad (2.8)$$

Mahalliy qarshiliklar koeffitsientlari ma'lumotnomadan aniqlanadi.

Tirsak uchun - $\xi_1 = 1,1$

Ventil uchun - $\xi_2 = 2$

Mahalliy qarshiliklar koeffitsientlari yig'indisi quyidagiga teng.

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 \quad (2.9)$$

Truba tarmog'idagi oqim uchun Reynolds kriteriyasi quyidagicha aniqlanadi:

$$Re = \frac{d \cdot \rho \cdot \omega}{\mu} \quad (2.9)$$

Gidravlik qarshilik koeffitsienti - λ , ushbu formula asosida hisoblanadi.

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} \quad (2.10)$$

Truba tarmog'ida bosim yo'qolishi - ΔP , Pa quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta P = \lambda \frac{l_1}{d} \cdot \frac{l \cdot \omega^2}{2} + \sum \xi \cdot \frac{\rho \omega^2}{2} = (\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi) \cdot \frac{\rho \omega^2}{2} \quad (2.11)$$

Truba tarmog'ida napor yo'qolishi - h , m

$$h = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} \quad (2.12)$$

Nasosning umumiy napori - H , m quyidagiga teng:

$$H = H_2 + h \quad (2.13)$$

Nasos o'qidagi quvvat N_e , V_t quyidagicha aniqlanadi:

$$N_e = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta} \quad (2.14)$$

O'rnatiladigan elektrodvigatel quvvati - N_{dv} , V_t quyidagicha aniqlanadi:

$$N_{dv} = \beta \cdot N_e \quad (2.15)$$

β = 2-quvvatning zahira koeffitsienti.

Nasosning foydali quvvati N_f , V_t quyidagiga teng

$$N_f = \rho \cdot g \cdot Q_H \cdot H \quad (2.16)$$

Nasosning foydali ish koeffitsienti - η esa ushbu formula orqali hisoblanadi.

$$\eta = \frac{N_f}{N_{dv}} \quad (2.17)$$

Nasosning nominal quvvati – N_e , V_t

$$N_e = \frac{N_f}{\eta_H} \quad (2.18)$$

Nasos qurilmasining elektrodvigatelli – N_{dv} , V_t quyidagicha aniqlanadi:

$$N_{dv} = \frac{N_f}{\eta_H \cdot \eta_u \cdot \eta_{dv}} \quad (2.19)$$

Masala № 2.1

2.1 – jadvalda ko'rsatilgan berilganlarga asosan shesternali nasosning uzatish koeffitsienti hisoblab topilsin.

Nasos shesternasining tishi – z , uning eni – b , har bir tishining ko'ndalang kesimi yuzasi – f , shesternasining aylanishlar chastotasi – n , nasosning ish unumdorligi – Q .

2.2 – jadval

Variant №	n , ayl/min	z	f , m^2	b , m	Q , m^3/min
1	450	14	0.000655	0,02	0.380
2	485	10	0.000675	0,03	0.456
3	510	12	0.000715	0,04	0.536
4	600	16	0.000760	0,02	0.654
5	650	12	0.000785	0,03	0.789
6	420	8	0.000685	0,02	0.456
7	760	16	0.000820	0,04	0.820
8	900	18	0.000950	0,06	0.765
9	830	10	0.000655	0,02	0.876
10	800	12	0.000867	0,05	0.578

Masala № 2.2

Nasos suvning sarfi – Q , geometrik balandligi – H_2 bo'lgan sig'imga uzatib bermoqda. Suv uzatilayotgan truba tarmog'ida uchta to'g'ri burchakli silliq tirsak, ikkita ventill mavjud. Po'lat trubaning ichki diametri – d , umumiy uzunligi – L , suyuqlikning harakat tezligi – ω , zichligi – ρ , dinamik qovushqoqligi – μ va elektrodvigatelning foydali ish koeffitsienti – η ma'lum bo'lganda, nasos qurilmasida o'rnatilgan elektrodvigatel quvvati hisoblab topilsin.

2.3 – jadval

Variant №	Suyuqlik	Q , $m^3/soat$	H_2 , m	d , mm	L , m	ω , m/s	ρ , kg/m^3	μ , $10^{-3} Pa \cdot s$	η
1	Etil spirti	3	20	32	60	2	790	1,0	0,80
2	Suv	5	32	50	74	1,8	1000	1,0	0,63
3	Benzol	6	35	55	55	0,9	879	0,56	0,65
4	Metil spirti	2,1	20	30	73	1,3	820	0,50	0,97
5	Glitserin	3	25	40	66	0,9	1270	4,0	0,55
6	Gegsan	5	30	45	30	0,8	660	0,40	0,75
7	Anilin	4,2	32	50	80	1,6	791	3,1	0,47
8	Xloroform	6	35	55	50	1,7	1530	0,51	0,60
9	Benzin	3	20	32	45	2	760	3,2	0,49
10	Neft	2,5	25	40	75	1,9	920	4,1	0,95

Masala № 2.3

Nasosning ish unumdorligi – Q_n , napori – H , uzatilayotgan suyuqlikning nisbiy zichligi - Δ , nasos qurilmasiga o'rnatilgan elektrodvigatel quvvati - N_{dv} ma'lum bo'lganda nasos qurilmasining foydali ish ko'effitsienti aniqlansin.

2.3 – jadval

Variant №	Q_H , l/min	H , m	Δ	N_{dv} , Vt
1	440	36,9	0,88	4,2
2	380	42,2	0,54	2,5
3	456	35,5	0,66	3,2
4	536	56,9	0,72	4,6
5	654	48,3	0,78	5,1
6	750	41,6	0,83	3,8
7	578	65,7	0,88	2,3
8	380	45,1	0,91	6,7
9	654	36,9	0,95	5,3
10	450	40,5	0,99	2,8

Masala № 2.4

Nasosning ish unumdorligi – Q_H , napori – H , nisbiy zichligi - Δ , uzatish ko'effitsienti - η_u , nasos elektrodvigatelining foydali ish ko'effitsienti - η_{dv} va nasosning foydali ish ko'effitsienti - η_H ma'lum bo'lganda, nasos qurilmasiga o'rnatilgan elektrodvigatelning nominal quvvati – N_e aniqlansin.

2.4 – jadval

Variant №	Δ	Q_H , l/s	H , m	η_H	η_u	η_{dv}
1	1,12	13	53	0,65	0,93	0,97
2	1,4	10	49	0,80	0,95	0,95
3	1,31	15	40	0,70	0,85	0,85
4	1,2	12	39	0,71	0,86	0,86
5	1,23	10	50	0,72	0,87	0,87
6	1,24	13	54	0,73	0,88	0,88
7	1,18	15	45	0,74	0,89	0,89
8	1,25	14	52	0,75	0,90	0,90
9	1,42	12	53	0,77	0,91	0,91
10	1,08	14	39	0,79	0,92	0,10

Amaliy mashg'ulot № 3

Mavzu: Gazlarni uzatish va jarayonni amalga oshiruvchi qurilmalarni hisoblashga oid masalalar yechish.

Ishning maqsadi: Gazlarni uzatish va jarayonni amalga oshiruvchi qurilmalarga oid amaliy ko'nikma hosil qilish

Nazariy qism

Gazni past bosimda uzatish uchun mo'ljallangan mashinalar ventilyatorlar deyiladi. Ventilyatorlar ishlash printsiptiga ko'ra markazdan qochma va o'qli bo'ladi. Markazdan qochma ventilyatorlar gazni nisbatan yuqori bosimlarda, lekin ko'p miqdordagi gazni uzatish uchun mo'ljallangan. Sanoatda o'qli ventilyatorlar juda kam ishlatiladi, ulardan faqat binolarni sovitishda foydalaniladi.

Sanoatda gazlarni uzatish uchun markazdan qochma ventilyatorlar keng qo'llaniladi. Bu ventilyatorlar bosimining kattaligiga qarab uch gruppaga bo'linadi:

1. Past bosimli ($P < 10^3 \text{ H} / \text{M}^2$).
2. O'rta bosimli ($P = 10^3 \div 3 \cdot 10^3 \text{ H} / \text{M}^2$).
3. Yuqori bosimli ($P = 3 \cdot 10^3 \div 10^4 \text{ H} / \text{M}^2$).

Gaz quvurining diametri – D , m ushbu formuladan aniqlanadi:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \omega}} \quad (3.1)$$

Gaz oqimining harakat rejimi quyidagicha hisoblab topiladi:

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad (3.2)$$

Agar gaz harakati turbulent oqim rejimiga to'g'ri kelsa ya'ni $\text{Re} > 10^5$ bo'lsa ishqalanish koeffitsienti quyidagicha hisoblanadi.

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{\text{Re}^{0,237}} \quad (3.3)$$

Berilgan miqdordagi gazni uzatish uchun zarur umumiy napor- ΔP , mm.suv.ust quyidagi tenglamadan aniqlanadi.

$$\Delta P = \frac{\rho \cdot \omega^2}{2 \cdot g} \cdot \left(1 + \lambda \cdot \frac{l}{D} + \sum \cdot \xi \right) + \rho \cdot H \quad (3.4)$$

Bu yerda: l = truba quvurining uzunligi.

H = napor

$\sum \xi$ = quvurdagi tirsak qarshilik koeffitsienti.

Ayalanishlar soni – n_1 bo'lsa, sarflanadigan quvvat miqdori- N_1, kVt quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$N_1 = \frac{Q_1 \cdot \Delta P}{102 \cdot \eta} \quad (3.5)$$

Ventilyator o'qining aylanishi – n_2 ko'paysa uning ish unimdorligi Q_2 , m^3/s quyidagicha o'zgaradi:

$$Q_2 = Q_1 \frac{n_2}{n_1} \quad (3.6)$$

Bu aylanish soniga mos quvvat miqdori – N_2 , kVt esa quyidagicha teng bo'ladi:

$$N_2 = N_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 \quad (3.7)$$

Masala № 3.1

Havo quvurlari orqali ventilyator yordamida tezligi - ω , hajmiy sarfi – Q , zichligi - ρ va dinamik qovushqoqligi - μ ma'lum bo'lgan gaz uzatilmoqda. Zaruriy umumiy napor- ΔP , hisoblab nopilsin.

3.1 – jadval

Variant №	Q , m^3/s	ρ , kg/m^3	μ , $10^{-6} Pa \cdot s$	ω , m/s
1	2,5	1,29	18,3	15
2	3,0	1,30	19,3	17
3	3,5	1,32	17,2	14
4	4,2	1,5	16,5	16
5	5,0	1,39	15,9	17
6	3,9	1,02	18,5	14
7	4,5	1,03	18,2	13
8	3,2	1,15	19,5	18
9	5,2	1,09	17,3	16
10	2,8	1,32	16,9	15

Masala № 3.2

Ventilyator o'qining aylanishlar soni – n_1 bo'lganda Q_1 – miqdorda havo oqib o'tmoqda, havo quvurida hosil bo'lgan bosim- ΔP , *mm.suv.ust.* teng bo'ladi. Agarda ventilyator o'qining aylanishi – n_2 gacha ortsa uning hajmiy sarfi – Q_2 va zaruriy quvvatlari hisoblab topilsin. Ventilyatorning *F.I.K* - η

3.2 – jadval

Variant №	n_1 , ayl/min	n_2 , ayl/min	Q_1 , m ³ /s	ΔP , <i>mm.suv.ust</i>	η
1	500	700	0,80	32	0,50
2	200	400	0,50	15	0,30
3	300	600	0,70	22	0,40
4	520	720	0,89	32,5	0,59
5	400	600	0,90	40	0,60
6	450	750	0,99	45	0,69
7	550	800	0,90	35	0,56
8	290	490	0,60	20	0,49
9	390	590	0,98	35	0,39
10	500	690	0,80	33	0,49

Amaliy mashg'ulot № 4.

Mavzu: Filtrlashga oid va jarayonni amalgam oshiradigan qurilmalarni hisoblashga oid masalalar yechish.

Ishning maqsadi: Filtrlashga va jarayonni amalgam oshiradigan qurilmalarga oid amaliy ko'nikma hosil qilish.

Nazariy qism.

Suspenziya va changli gazlarni fil'tr to'siqlar orqali o'tkazib tozalash jarayoni fil'trlash deyiladi. Bu jarayon asosan turli jinsli sistemalarni to'la tozalash uchun ishlatiladi.

Fil'trlash jarayoni bosim ta'sirida yoki markazdan qochma kuch ta'sirida amalga oshirilishi mumkin. SHunga mos holda oddiy fil'trlash va markazdan qochma kuch ta'sirida fil'trlash jarayonlari mavjud.

Fil'trlash intensivligi suspenziyaning sifatiga va cho'kma qatlamining hamda fil'trlovchi materialning qarshiligiga bog'lik. Fil'trlash paytida suspenziya tarkibidagi mayda zarrachalar fil'trlovchi materialning ustki qismida cho'kma holda yoki fil'trlovchi materialning o'zida, teshiklarni to'ldirgan holda o'tirib qolishi mumkin. Bu xususiyatlarga ko'ra fil'trlash jarayoni 3 ga bo'linadi: a) cho'kma qatlami hosil qilish yo'li bilan fil'trlash; b) fil'trlovchi materialning teshiklarini to'ldirish orqali fil'trlash; v) bir vaqtning o'zida cho'kma qatlami hosil qilish va fil'trlovchi materialning teshiklarini to'ldirish orqali fil'trlash.

Fil'tr to'siqlar yuzasida cho'kma qatlami hosil qilish yo'li bilan fil'trlash suspenziya yoki gaz tarkibidagi qattiq zarrachalar diametri to'siq g'ovagi diametridan katta bo'lganda qo'llaniladi.

Fil'trlovchi materialning teshiklarini to'ldirish orqali fil'trlashda qattiq zarrachalar g'ovaklar ichiga kiradi. G'ovaklarning ichi qattiq zarrachalarga to'lishini fil'trlash jarayonining boshidayoq kuzatish mumkin. Bu hol o'z navbatida fil'trning ish unumdorligini kamaytiradi.

Suyuq faza miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$G_{s.f.} = \frac{G_{cho'k}(1-\omega)}{\chi} ; \text{ kg/s} . \quad (4.1)$$

Suspenziyaning zichligi quyidagiga teng:

$$\rho_{sus} = \frac{1}{\left[\frac{\omega}{\rho_{q.f.}} + \frac{(1-\omega)}{\rho_{s.f.}} \right]} ; \text{ kg/m}^3 . \quad (4.2)$$

Filtrat miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$G_f = G_{s.f.} - G_{ch} ; \text{ kg/s} \quad (4.3)$$

Filtrat bo'yicha hajmiy sarf:

$$V_f = \frac{G_f}{\rho_{sus}} ; \text{ m}^3/\text{s} \quad (4.4)$$

Filtrat bo'yicha unumdorlik:

$$V = \frac{V_f}{n} ; \text{ m}^3 \text{ filtrat bir aylanishida} \quad (4.5)$$

Filtrlashga sarflangan vaqt:

$$\tau_f = \frac{\varphi_f}{6 \cdot n} ; \text{ s} \quad (4.6)$$

Cho'kmaning solishtirma qarshiligi:

$$r_0 = 0,69 \cdot 10^8 \cdot \Delta P^{0,33} \quad (4.7)$$

Cho'kma zichligi:

$$\rho_{ch} = \frac{100 \cdot \rho_{q.f} \cdot \rho_{s.f}}{100 \cdot \rho_{s.f} + (\rho_{q.f} - \rho_{s.f}) \cdot \omega} ; \quad \text{kg/m}^3 \quad (4.8)$$

Cho'kma bo'yicha hajmiy sarf:

$$V_{ch} = \frac{G_{ch}}{\rho_{ch}} ; \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (4.9)$$

Cho'kma hajmining filtrat hajmiga nisbati quyidagiga teng:

$$u = \frac{V_{ch}}{V_f} \quad (4.10)$$

Filtrlashning zaruriy yuzasi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$F = \frac{V}{\sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P \cdot \tau_f}{r_0 \cdot u \cdot \mu_f}}} ; \quad \text{m}^2 \quad (4.11)$$

Masala № 4.1

Vino ishlab chiqarish korxonasida suspenziyani filtrlashda berilgan shartlar asosida filtrat bo'yicha unumdorlik-V, hisoblab topilsin.

Cho'kma bo'yicha filtrat unumdorligi $G_{ch} = 2,78 \text{ kg/s}$; cho'kma namligi – $\omega = 40 \% = 0.4$ (mass); suspenziya tarkibidagi qattiq fazaning miqdori – $x = 20 \% = 0.2$ (mass); filtrlashdagi bosimlar farqi - $\Delta P = 80 \text{ kPa}$; filtrlashning dinamik qovushqoqlik koeffitsienti - $\mu_f = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$; qattiq fazaning zichligi $\rho_{q.f.} = 2500 \text{ kg/m}^3$; suyuq fazaning zichligi $\rho_s = 1000 \text{ kg/m}^3$; filtrlash zonasi burchagi - $\varphi_f = 135^\circ$; filtrlash barabanining aylanishlar chastotasi – $n = 0,5 \text{ ayl/min}$.

Amaliy mashg'ulot № 5

Mavzu: Sentrifugalash va jarayonni amalga oshiradigan qurilmalarni hisoblashga oid masalalar yechish.

Ishdan maqsad: Sentrifugalash va jarayonni amalga oshiradigan qurilmalarga oid amaliy ko'nikma hosil qilish

Nazariy qism

Cho'ktiruvchi sentrifugalalar tarkibida 40% gacha qattiq faza tutgan va zarrachaning o'lchami 5 dan 100 mkm gacha bo'lgan suspenziyalarni ajratish uchun ishlatiladi. Sentrifuganing barabani yaxlit bo'lib, qobiq ichiga joylashtirilgan. Turli jinsli sistema barabanga truba orqali beriladi. Barabanning aylanishi natijasida hosil bo'lgan markazdan qochma kuch ta'sirida zichligi kattaroq komponent barabanning devori yakindagi hajmni egallaydi, zichligi kichikroq bo'lgan komponent esa aylanish o'qiga yaqinroq qismda yig'iladi. Tindirilgan suyuqlik (fugat) tegishli patrubka orqali qurilmadan chiqariladi. Cho'kma qatlami amaliy jihatdan barabanni to'ldirgandan so'ng, qurilma harakati to'xtatiladi. Konus yuqoriga ko'tarilib, cho'kma tushiriladi. Bunday sentrifuga davriy ishlaydi.

Separatorlar emul'siyalar va mayda zarrachali suspenziyalarni ajratish uchun ishlatiladi va samarali ajratishni ta'minlaydi. Tarelkali separatorlarning asosiy ishchi organi o'z o'qi atrofida katta burchak tezlik bilan aylanuvchi baraban hisoblanib, uning ichiga bir necha konussimon tarelkalar o'rnatilgan. SHu sababli barabanga kiritilgan suyuqlik bir necha yupqa qatlamlarga bo'linadi. Natijada suyuqlik laminar rejim bilan harakat qiladi va zarrachalarning cho'kish yo'li kamayadi. Aralashma markaziy truba orqali pastga tushadi. Markaziy truba baraban bilan birga aylanadi. Truba pastidan chiqqan suyuqlik markazdan qochma kuch ta'sirida baraban devori tomon harakat qiladi, so'ng tarelkalar oralig'iga o'tadi. Engil suyuqlik markaziy trubaga yaqin joyga yig'iladi va yuqoriga tomon harakat qilib qurilmadan chiqariladi. Og'irroq, quyuqlashgan komponent esa baraban devori yoniga yig'ilib, so'ngra yuqoriga tomon harakat qiladi va boshqa patrubkadan chiqariladi.

Zarrachaning erkin cho'kish tezligi – w_{ch} , m/s

$$w_{ch} = \frac{d_z^2 \cdot (\rho_z - \rho_m) \cdot g}{18 \cdot \mu_m} \quad (5.1)$$

Markazdan qochma kuch ta'sirida cho'kish tezligi – w , m/s .

$$w = w_{ch} \cdot f = w_{ch} \cdot \frac{n^2 \cdot R_0}{900} \quad (5.2)$$

Bu yerda: $R_0 = \frac{D_0}{2}$ baraban radiusi, m

Barabanning foydali hajmi – V_f , m³

$$V_f = F \cdot L = 0,785(D_{ich}^2 - D_0^2) \cdot L_b \quad (5.3)$$

Oqim qalinligi – h , m

$$h = \frac{(D_{ich} - D_0)}{2} \quad (5.4)$$

Sentrifuganing ish unumdorligi- V , m³/s

$$V \leq \frac{w \cdot V_f \cdot 3600}{h} ; \quad d_e = \frac{\pi(D_{ich}^2 - D_0^2)}{\pi(D_{ich} + 6h)} \quad (5.5)$$

Bu yerda: d_e , m – ekvivalent diametr

Sentrafgalash yuzasi F , m² quyidagiga teng:

$$F = 0,785 \cdot (D_{ich}^2 - D_0^2)$$

$$w_0 = \frac{V}{F} \quad (5.6)$$

Barabanda suyuqlik oqim rejimini tekshiramiz:

$$Re = \frac{w_0 \cdot d_e \cdot \rho_m}{\mu_m} \quad (5.7)$$

Zarrachalar cho'kish tezligi – w_{ch} , m/s . Stoks formulasidan quyidagicha hisoblanadi:

$$w_{ch} = \frac{g \cdot d_z^2 \cdot (\rho_z - \rho_s)}{\mu_s} \quad (5.8)$$

$$R_0 = \frac{D_0}{2} \quad (5.9)$$

Markazdan qochma kuch ta'sirida cho'kish tezligi – w , m/s quyidagicha hisoblanadi.

$$w = w_{ch} \frac{R_0 \cdot n^2}{900} \quad (5.10)$$

Cho'kish rejimini tekshiramiz:

$$Re = \frac{w \cdot d_z \cdot \rho_s}{\mu_s} \quad (5.11)$$

$$k = \frac{18}{20} = 0,9 \quad \text{va} \quad \text{F.I.K} - \eta = 0,45$$

Sentrafulaning ish unumdorligi V_s , m³/soat quyidagicha hisoblanadi:

$$V_s = 25,3 \cdot \eta \cdot L \cdot n^2 \cdot R_0^2 \cdot w_{ch} \cdot k \quad (5.12)$$

Masala № 5.1

Quyidagi ko'rsatkichlarga ega bo'lgan o'ta sentrifuganing ish unumdorligi aniqlansin. Muhit zichligi - ρ_m , dinamik qovushqoqlik koeffitsienti - μ_m , zarrachalar zichligi - ρ_z , diametri - d_z , texnik xarakteristikalar baraban ichki diametri - D_{ich} , sentrifuga chiqarish trubkasi diametri - D_0 , baraban uzunligi - L_b , aylanishlar chastotasi 5.1 – jadvalda ko'rsatilgan.

5.1 – jadval

Variant №	ρ_m , kg/m ³	μ_m , 10 ⁻³ Pa·s	ρ_z , kg/m ³	d_z , mkm	D_{ich} , mm	D_0 , mm	L_b , mm	n , min ⁻¹
1	900	3	1400	1,0	150	50	750	13000
2	800	2,1	1300	1,2	135	40	730	13100
3	810	2,2	1310	1,3	137	41	732	13090
4	820	2,4	1320	1,4	139	49	734	13070
5	830	2,5	1330	1,5	141	44	736	13060
6	840	2,6	1340	1,6	143	45	738	13055
7	870	2,7	1350	1,7	145	47	740	13205
8	880	2,8	1250	1,8	148	46	742	13804
9	850	2,9	1360	1,9	140	48	745	13300
10	1000	9	1380	2,0	149	43	800	13505

Masala № 5.2

Temperaturasi 30^0 C li magniy gidroksid suvli suspenziyasini ajratishda JIOT – 800 markali cho'ktiruvchi avtomatik sentrifuga quyidagi ko'rsatkichlarga ega: baraban diametri – D_b , yon devorining ustki qismi – D_0 , uzunligi – L , aylanishlar chastotasi – n . Suspenziyaning tarkibidagi zarrachalarning zichligi - ρ_z , diametri – d , suvning 30^0 C da dinamik qovushqoqlik koeffitsienti -

μ_s , va zichligi - ρ_s 5.2 – jadvalda ko'rsatilgan. Sentrafuganing ish unumdorligi aniqlansin.

5.2 – jadval

Variant №	$t, ^0C$	$\rho_z, \text{kg/m}^3$	$\rho_s, \text{kg/m}^3$	$\mu_s, 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$	d_z, mkm	D_b, mm	D_0, mm	L, mm	n, min^{-1}
1	30	2525	1000	0,80	3	800	570	400	1200
2	35	2500	998	0,79	2,9	820	500	300	1000
3	35	2520	996	0,65	2,8	840	510	310	1010
4	35	2530	998	0,65	2,7	850	530	320	1020
5	30	2540	1000	0,80	2,5	810	550	330	1030
6	35	2550	998	0,79	3	825	540	350	1040
7	30	2560	1000	0,80	4	830	560	370	1060
8	30	2525	1000	0,80	2,6	850	520	360	1080
9	35	2530	996	0,79	3,9	815	570	380	1100
10	30	2500	1000	0,80	2,6	840	500	390	1070

Amaliy mashg'ulot № 6.

Mavzu: Cho'ktirish jarayonida oid masalalar yechish.

Ishdan maqsad: Cho'ktirish jarayoniga oid amaliy ko'nikma hosil qilish.

Nazariy qism

Cho'ktirish uchun mo'ljallangan jihozlar ishlash printsipligiga ko'ra gravitatsion cho'ktirgichlar, cho'ktiruvchi sentrifugalar, gidrosiklonlar va separatorlarga bo'linadi. Cho'ktirish qurilmalari davriy, uzluksiz va yarim uzluksiz rejimda ishlaydigan qurilmalarga bo'linadi.

Davriy ishlaydigan cho'ktirish qurilmasining korpusi silindrsimon idishdan iborat bo'lib unga suspenziya yuqoridan beriladi. Suspenziya qurilmada ma'lum vaqt tindirilgandan so'ng zarrachalar qurilmaning pastki qismiga cho'kadi. Qurilmaning yuqori qismida esa tozalangan qatlam hosil bo'ladi. Bu tozalangan maxsulot (dekantat) qurilmaning yon tomonida joylashgan shtutser orqali chiqarib

olinadi, so'ngra esa cho'kma tushiriladi. SHundan so'ng qurilma yuviladi va jarayon qaytadan boshlanadi.

Uzluksiz ishlaydigan cho'ktiruvchi qurilmaning taroqlari bo'lib, suspenziyalarni tindirish uchun ishlatiladi. Ushbu cho'ktiruvchi qurilma balandligi uncha katta bo'lmagan katta diametrli silindrsimon rezervuardan iborat bo'lib, konussimon asosga ega. Dastlabki suspenziya rezervuarining o'rta qismiga beriladi. Suspenziya tarkibidagi qattiq zarrachalar og'irlik kuchi ta'sirida cho'kadi. Rezervuarining o'rtasida val o'rnatilgan bo'lib, unga taroqlar biriktirilgan.

Cho'ktirish tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$w_{ch} = \frac{g \cdot d_z^2 \cdot (\rho_z - \rho_s)}{\mu_s} \quad (6.1)$$

Zarrachalarning cho'kish uchun kerakli vaqti, τ , s

$$w_{ch} = \frac{h}{\tau} \Rightarrow \tau = \frac{h}{w_{ch}} \quad (6.2)$$

Cho'ktirish qurilmasining uzunligi – l , m.

$$l = w_{ch} \cdot \tau \quad (6.3)$$

Cho'kish rejimini tekshiramiz:

$$Re = \frac{w_{ch} \cdot d_z \cdot \rho_s}{\mu_s} \quad (6.4)$$

Arximed kriteriyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$Ar = \frac{g \cdot d_z^3 \cdot (\rho_z - \rho_s) \cdot \rho_s}{\mu_s^2} \quad (6.5)$$

Cho'kishga ta'sir etilayotgan qarshilik koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi.

$$\xi = \frac{4 \cdot Re^2}{3 \cdot Ar} \quad (6.6)$$

Masala № 6.1

Temperaturasi 20^0 C li suvning zichligi - $\rho_s = 1000\text{ kg/m}^3$ va dinamik qovushqoqligi - $\mu_s = 18 \cdot 10^{-3}\text{ Pa} \cdot \text{s}$ bo'lib, unda zichlik - ρ va diametr – d ga ega bo'lgan qattiq zarrachalar h – qalinlikdagi suv qatlamidan o'tib, idish tubiga cho'kish uchun cho'ktirish qurilmasining uzunligi hisoblab topilsin.

6.1 – jadval

Variant №	$\rho_z, \text{ kg/m}^3$	$d_z, \text{ mm}$	$h, \text{ m}$
1	1750	0,4	0,40
2	1760	0,3	0,50
3	1800	0,4	0,60
4	1850	0,5	0,30
5	1860	0,3	0,50
6	1900	0,5	0,60
7	1950	0,6	0,30
8	1960	0,6	0,40
9	1760	0,4	0,70
10	1790	0,3	0,50

Amaliy mashg'ulot № 7.

Mavzu: Mavhum qaynash qatlam gidrodinamikasiga oid masalalar yechish

Ishdan maqsad: Mavhum qaynash qatlam gidrodinamikasiga oid amaliy ko'nikma hosil qilish.

Nazariy qism

To'r to'siq bilan ikkiga ajratilgan idishda, to'siqdan yuqoriga donador qattiq materiallarni solib to'siq ostidan ma'lum tezlikda gaz yoki suyuqlik oqimi berilganda mavhum qaynash qatlami yuzaga kelishi mumkin.

Mavhum qaynash qatlami hosil bo'lishi uchun oqimning bosim kuchi bilan zarrachalarning og'irlik kuchi teng bo'lishi kerak.

Bu jarayonning yuzaga kelishiga asosan idishga berilayotgan gaz yoki suyuqlik oqimining tezligi sabab bo'ladi.

Qattiq zarrachalarning tinch holatdan mavhum qaynash qatlamiga o'tish vaqtidagi oqimning tezligi birinchi kritik tezlik deyiladi.

Agar oqim tezligini oshirib borilsa, u ma'lum qiymatga etganda oqimning bosim kuchi zarrachalarning og'irlik kuchidan oshib ketib zarrachalar oqim bilan birga idishdan chiqib keta boshlaydi. Bu holatga to'g'ri keladigan oqim tezligi ikkinchi kritik tezlik deyiladi. Agarda oqim tezligi birinchi va ikkinchi kritik tezliklar oralig'ida va zarrachalar qatlam bo'yicha bir xil taqsimlangan bo'lsa, u bir jinsli mavhum qaynash qatlami, bir xil taqsimlanmagan bo'lsa turli jinsli mavhum qatlam deyiladi.

Agarda jarayon borayotgan idish yoki qurilmaning diametri juda kichik bo'lsa bunda zarrachalarning porshenli harakati yuzaga keladi.

Namligi juda yuqori bo'lgan yoki o'lchami juda kichik bo'lgan zarrachalar mavhum qaynash holatiga keltirilsa kanal hosil qiluvchi qatlam paydo bo'ladi.

Konussimon va konus-silindrsimon qurilmalarda kanal hosil qiluvchi qatlam fantanli qatlamga aylanadi.

Arximed kriteriysini hisoblab ushbu orqali amalga oshiriladi.

$$Ar = \frac{d_z^3 \cdot g(\rho_z - \rho_{m.q}) \cdot \rho_{m.q}}{\mu_{m.q}^2} \quad (7.1)$$

Reynolds kriteriysi quyidagicha hisoblab topiladi:

$$Re_{m.q} = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} \quad (7.2)$$

Mavhum qaynash qatlamining tezligi – $w_{m.q}$, m/s quyidagicha aniqlanadi.

$$w_{m.q} = \frac{Re_{m.q} \cdot \mu_{m.q}}{d_z \cdot \rho_{m.q}} \quad (7.3)$$

Oqimning ishchi tezligi – w_{ish} , m/s

$$w_{ish} = K_w \cdot w_{m.q} \quad (7.4)$$

Qurilmaning diametri quyidagi formula asosida hisoblab topiladi:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot w_{ish}}} \quad (7.5)$$

Mavhum qaynashning qo'zg'almas qatlam g'ovakligini - $\varepsilon_0 = 0,4$ deb qabul qilib, mavhum qaynash jarayonida qattiq jismlardan iborat qatlamning g'ovakligi quyidagicha hisoblab topiladi.

$$\varepsilon = \left(\frac{18 \cdot Re + 0,36 \cdot Re^2}{Ar} \right)^{0,4} \quad (7.6)$$

Mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiliklari quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P = (\rho_z - \rho_{m.q}) \cdot g \cdot (1 - \varepsilon) \cdot H = (\rho_z - \rho_{m.q}) \cdot g \cdot (1 - \varepsilon) \cdot H_0 \quad (7.7)$$

Masala № 7.1

Mavhum qaynash qatlamli qurilmadagi zarrachalar diametri - d_z , zichligi - ρ_z , mavhum qaynash hosil qiluvchi muhitning hajmiy sarfi – $V_{m.q}$, zichligi - $\rho_{m.q}$, dinamik qovushqoqlik koeffitsienti - $\mu_{m.q}$, qo'zg'almas qatlam balandligi – H va mavhum qaynashlar soni - K_w ma'lum bo'lganda, qurilma o'lchami va mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiliklari aniqlansin.

7.1 – jadval

Variant №	$V_{m.q},$ $m^3/soat$	d_z, mm	$\rho_z,$ kg/m^3	$\rho_{m.q},$ kg/m^3	$\mu_{m.q},$ $10^{-5} \cdot Pa \cdot s$	K_w	H_0, m
1	6500	2,4	2600	1,20	2,8	1,34	0,40
2	3200	1,5	2200	0,83	1,0	1,45	0,55
3	2700	5,0	2000	0,85	0,9	1,30	0,35
4	4000	7,5	2800	2,50	1,2	1,60	0,48
5	800	1,0	2500	0,94	0,8	1,75	0,50
6	1700	4,5	2500	1,17	1,4	1,65	0,36
7	5000	2,0	3300	2,85	0,7	1,40	0,44
8	4400	8,0	5000	0,75	2,6	1,50	0,52
9	1350	3,5	4200	1,80	0,5	1,63	0,42
10	3900	6,0	5600	0,55	3,1	1,44	0,45

Amaliy mashg'ulot № 8

Mavzu: Suyuqliklarni aralashtirishga oid masalalar yechish.

Ishning maqsadi: Suyuqliklarni aralashtirishga oid amaliy ko'nikma hosil qilish.

Nazariy qism

Biokimyoviy reaksiyalarni amalga oshirish, gomogen sistemalar hosil qilish, issiqlik va modda almashinish jarayonlarini tezlatish uchun suyuqlik muhitlarida aralashtirish keng qo'llaniladi. Suyuq fazalardagi aralashtirish ikki (mexanik va pnevmatik) usulda amalga oshiriladi. Suyuqliklarni mexanik aralashtirish parrakli, propellerli va turbinali aralashtirgichlarda amalga oshiriladi.

Qovushqoqligi 1 Pa·s gacha bo'lgan suyuqliklar uchun bir parrakli, undan katta bo'lganlari uchun esa ko'p parrakli aralashtirgichlar qo'llaniladi. Parrak diametri qurilma diametrining 0,66-0,9 qismini tashkil qiladi. Parrakning aylanishlar soni minutiga 15 - 45 martani tashkil qiladi.

Propellerli aralashtirgichlarning asosiy ish organi propeller bo'lib, ular ikki yoki uch qanotli bo'lishi mumkin. Ularning diametri qurilma diametrining 0,25-0,3 qismini, aylanishlar soni esa minutiga 150-1000 martani tashkil qiladi. Ular dinamik qovushqoqligi 6 Pa·s gacha bo'lgan suyuqliklarni aralashtirish uchun qo'llaniladi.

Turbinali aralashtirgichning asosiy ishchi organi turbine bo'lib, u qovushqoqligi 1-700 Pa·s gacha bo'lgan suyuqliklar uchun ishlatiladi. Turbinaning aylanishlar soni minutiga 200 dan 2000 martagacha bo'lib, uning diametri esa qurilma diametrining 0,17-0,33 qismini tashkil qiladi.

Pnevmatik aralashtirgichlarda ishchi organ vazifasini barbatyorlar bajaradi. Bu qurilmalarda barbatyorga asosan siqilgan xavo yuborilib, xavo oqimi yordamida barbatyor ustidagi suyuqlik qatlamining aralashishi ta'minlanadi. Bu usul asosan barbatyorga berilayotgan gazlar bilan reaksiyaga kirishmaydigan suyuqliklarni aralashtirish uchun qo'llana

Yog' va moylarni oqim holati aralashtirish jarayonida quyidagi formula asosida hisoblab topiladi.

$$Re = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{60 \cdot g \cdot \mu} \quad (8.1)$$

Aralashtirish jarayoning Eyler kiriteriysi son qiymati quyidagicha aniqlanadi.

$$\varepsilon_i = 0,845 \cdot Re^{0,05} \quad (8.2)$$

Aralashtirish uchun zarur ishchi quvvat- N_{ish} kVt quyidagicha hisoblanadi.

$$N_{ish} = \varepsilon_i \cdot \frac{\rho}{g} \cdot \left[\frac{n}{60} \right]^3 \cdot d^5 \quad (8.4)$$

Qabul qilingan aralshtirgich o'lchamlari geometric o'xshashlik shartlariga mos kelmagani uchun, quyidagi berilayotgan tenglama uchun tuzatish koeffitsientini aniqlaymiz.

$$k = \left[\frac{D}{3 \cdot d} \right]^{1,1} \cdot \left[\frac{H}{D} \right]^{0,6} \cdot \left[\frac{4 \cdot h}{d} \right]^{0,2} \quad \text{bu yerda: } h = 0,4 \quad (8.5)$$

Haqiqiy ishchi- $N_{h.ish}$ kVt quvvat quyidagiga teng:

$$N_{h.ish} = 2,5 \cdot N_{ish} \quad (8.6)$$

Aralashtirish uchun zaruriy quvvatni aniqlashda proporsionallik koeffitsienti quyidagiga teng:

$$a = 3,87 \cdot \frac{h}{d} \quad (8.7)$$

Aralashtirishni birinchi bor yurgizish uchun zaruriy quvvat quyidagicha aniqlanadi – $N_{yur.}$, kVt

$$N_{yur} = \left(\frac{a}{\varepsilon_i} + 1 \right) \cdot N_{h.ish}$$

$$\text{Demak, } N_{yur} = \frac{\left(\frac{a}{\varepsilon_i} + 1\right) \cdot N_{h.ish}}{102} \quad (8.8)$$

Uzatmaning F.I.K. $\eta = 0,5$ va quvvat bo'yicha zaxira 50 % bo'lsa, dvigatelning quvvati- N_{dv} , kVt quyidagiga teng:

$$N_{dv} = 1,5 \cdot \frac{N_{yur}}{0,5} \quad (8.9)$$

Masala № 8.1

Qandolat maxsulotlari ishlab chiqarish korxonasida suyuqliklarni aralashtirish uchun burama truba (zmevik) o'rnatilgan aralashtirgich bakining diametri – D , undagi suyuq modda balandligi – H , bakning ichiga o'rnatilgan propellerli aralashtirgich diametri – d va aylanishla chastotasi – n , 8.1 – jadvalda ko'rsatilgan. Ushbu aralashtirgichga o'rnatiladigan dvigatelning quvvati hisoblansin.

8.1 – jadval

Variant №	D , m	H , m	d , m	t , °C	ρ , kg/m ³	μ , kgk/m ³	n , ayl/min
1	1,7	2,0	1	37	909	0,00273	30
2	2,0	2,3	1,3	38	909	0,00273	32
3	1,8	2,1	1,1	39	909	0,00300	33
4	1,9	2,2	1,2	40	909	0,00366	35
5	1,69	1,99	1	45	908	0,00366	36
6	1,7	2,0	1	50	904	0,00218	37
7	2,0	2,3	1,4	35	914	0,00283	38
8	1,9	2,2	1,2	34	919	0,00283	39
9	1,8	2,1	1	36	914	0,00285	40
10	1,69	1,99	1	37	909	0,00273	30

Amaliy mashg'ulot № 9

Mavzu: Isitish jarayoni va jarayonni amalga oshirish qurilmalarini hisoblashga oid masalalar yechish.

Ishning maqsadi: Isitish jarayoni va jarayonni amalga oshirish qurilmalarga oid amaliy ko'nikma hosil qilish

Nazariy qism

Har xil temperaturaga ega bo'lgan jismlarda issiqlik energiyasining biridan ikkinchisiga o'tishi issiqlik almashinish jarayoni deb ataladi. Issiq va sovuq jismlarning temperaturalari o'rtasidagi farq issiqlik almashinishning harakatlantiruvchi kuchi hisoblanadi. Temperaturalar farqi bo'lganda, termodinamikaning ikkinchi qonuniga ko'ra issiqlik energiyasi temperaturasi yuqori bo'lgan jismdan temperaturasi past bo'lgan jismga o'z-o'zidan o'tadi. Jismlar o'rtasidagi issiqlik almashinishi erkin elektron, atom va molekulalarning o'zaro energiya almashinishi hisobiga sodir bo'ladi. Issiqlik almashinish jarayonida qatnashadigan jismlar issiqlik tashuvchilar deb ataladi.

Issiqlik o'tkazish jarayonlari (isitish, sovutish, bug'larni kondensatsiyalash, bug'latish) kimyo sanoatida keng tarqalgan. Issiqlik uch xil yo'l bilan tarqalishi mumkin: issiqlik o'tkazuvchanlik, konveksiya va issiqlikning nurlanishi.

O'zaro tegib turgan zarrachalarning tartibsiz harakati natijasida issiqlikning tarqalish xodisasiga issiqlik o'tkazuvchanlik deyiladi. Qattik jismlarda va gaz yoki suyuqliklarning yupqa qatlamlarida issiqlik asosan ushbu usulda tarqaladi.

Gaz va suyuqliklar makroskopik xajmlarining harakati va ularni aralashtirish natijasida yuz beradigan issiqlikning tarqalishi konveksiya deyiladi. Konveksiya erkin va majburiy bo'lishi mumkin. Gaz yoki suyuqliklarning ayrim qismlaridagi zichliklar farqi hisobiga ro'y beradigan issiqlikning almashinishi erkin konveksiya deyiladi. Tashqi kuchlar aralashtirish, suyuqliklarni nasoslar yordamida uzatish ta'sirida majburiy konveksiya yuz beradi.

Issiqlikning elektromagnit to'lqinlar yordamida tarqalishiga issiqlikning nurlanishi deyiladi.

Real sharoitlarda issiqlik almashinish alohida olingan biror usul bilan emas, balki bir necha usullar yordamida yuzaga keladi, ya'ni murakkab issiqlik o'tkazish jarayonlari amalga oshiriladi.

Truba ichida oqayotgan moddaning fizik-kimyoviy xarakteristikalarini aniqlash uchun moddaning o'rtacha temperaturasi – $t_{o'r}$ °C hisoblanadi.

$$t_{o'r} = \frac{t_b + t_{ox}}{2} \quad (9.1)$$

Shuning asosida moddaning zichligi - ρ , kg/m³, issiqlik sig'imi – c , J/kgk, dinamik qovushqoqligi - $\mu \cdot 10^{-6}$ Pa·s va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti ma'lumotnomadan topiladi.

Modda harakatlanayotgan ichki trubalarning ko'ndalang kesim yuzasi – S, m^2 quyidagi formula asosida topiladi.

$$S = \frac{\pi d_{tr}^2}{4} \quad (9.2)$$

Ichki trubalarda xarakatlanayotgan moddaning tezligi- $g, m/s$ quyidagicha aniqlanadi.

$$g = \frac{G}{S \cdot \rho} \quad (9.3)$$

Moddaning oqim rejimi Reynolds kriteriysi formulasi yordamida hisoblanadi.

$$Re = \frac{g \cdot d_{tr} \cdot \rho}{\mu} \quad (9.4)$$

Agar $Re > 10000$ bo'lsa, Nusselt – Nu qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \quad (9.5)$$

bu yerda Prandtl kriteriysi quyidagiga teng:

$$Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} \quad (9.6)$$

Shunda moddaning trubalar ichidan oqib o'tish paytidagi issiqlik berish koeffitsienti - $\alpha, W/(m^2 \cdot K)$ quyidagicha hisoblanadi.

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_{ekv}} \quad \text{bu yerda: } d_{ekv} = d_{ich}. \quad (9.7)$$

Agar issiq va sovuq muhit bir tomonga harakatlansa:

$$\begin{aligned} \Delta t_{max} &= t_{2b} - t_{1b} \\ \Delta t_{min} &= t_{2ox} - t_{1ox} \end{aligned} \quad (9.8)$$

Agar issiq va sovuq muhit qarama-qarshi harakatlansa:

$$\Delta t_{max} = t_{2ox} - t_{1b}$$

$$\Delta t_{min} = t_{2b} - t_{1ox}$$

$$\text{Agar } \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}} \succ 2 \text{ bo'lsa, } \quad (9.9)$$

Issiqlik almashinish qurilmasining harakatlantiruvchi kuchi - $\Delta t_{o'rt}, ^\circ C$ quyidagi formula orqali hisoblanadi.

$$\Delta t_{o'rt} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{2,31 \lg \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} \quad (9.10)$$

$$\text{Agar } \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}} \prec 2 \text{ bo'lsa,}$$

Jarayonni harakatlantiruvchi kuchi quyidagiga teng:

$$\Delta t_{o'rt} = \frac{\Delta t_{max} + \Delta t_{min}}{2} \quad (9.11)$$

Masala № 9.1

Ikki suvli organik eritma isitish qurilmasida isitilmoqda. Isitiladigan moddaning sarfi – G , boshlang'ich va oxirgi temperaturasi - t_b , t_{ox} , zichligi - ρ , issiqlik sig'imi – c , issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti - λ , dinamik qovushqoqlik koeffitsienti - μ , isitishda qo'llanadigan qobiq trubali isitgich qobig'ining ichki diametri - D_{ich} , qurilma ichki trubalarning diametri – d . 9.1 – jadvalda ko'rsatiladi. Isitiladigan moddaning ichki trubalaridagi issiqlik berish koeffitsienti hisoblab topilsin.

9.1.-jadval

Variant №	G , kg/soat	D _{ich} , mm	d _{tr} , mm	t _b , °C	t _{ox} , °C	ρ ,kg/m ³	c , J/kgk	μ,10 ⁻⁶ Pa·s	λ, Wt/m·k
1	10000	600	25x2	10	70	992	4180	657	0,634
2	15000	400	20x2	20	40	996	4180	804	0,618
3	20000	800	25x2	30	80	988	4180	549	0,648
4	25000	800	25x2	30	90	983	4180	470	0,659
5	26000	800	20x2	20	40	996	4180	804	0,618
6	8000	400	20x2	25	90	983	4180	470	0,659
7	9000	400	20x2	18	54	992	4180	657	0,634
8	10000	600	25x2	35	80	983	4180	470	0,659
9	21000	600	25x2	25	75	988	4180	549	0,648
10	25000	800	25x2	20	40	996	4180	804	0,618

Masala № 9.2

Isitkichda issiqlik almashinish yuzasi bo'yicha harakatlanayotgan issiqlik tashuvchi agentlarning yo'nalishi bir xil, ya'ni bir-biriga parallel yoki qarama-qarshi bo'lganda, muhitlarning o'rtacha temperaturalar farqi aniqlansin. Qurilmada isitish jarayoni amalga oshirilmoqda isituvchi muhitning temperaturasi – t_{2b} , t_{2ox} va isitilayotgan muhitning temperaturasi – t_{1b} , t_{1ox} , 9.2 – jadvalda ko'rsatilgan.

9.2. – jadval

Variant №	t _{1b} , °C	t _{1ox} , °C	t _{2b} , °C	t _{2ox} , °C
1	30	70	100	80
2	20	40	95	70
3	15	50	90	60
4	20	40	80	60
5	10	50	90	70
6	15	40	95	60
7	17	45	80	70
8	25	70	120	95
9	15	65	100	80
10	20	60	100	70

Amaliy mashg'ulot № 10

Mavzu: Bug'larni kondensatsiyalashga oid masalalar yechish.

Ishning maqsadi: Bug'larni kondensatsiyalashga oid amaliy ko'nikma hosil qilish.

Nazariy qism

Kondensatsiya - bu moddalarning bug' yoki gazsimon holatdan suyuqlik holatiga o'tishidir. Bu jarayon kondensatorlarda amalga oshiriladi.

Kimyo sanoatida asosan suv bug'larining kondensatsiyalanish jarayoni qo'llaniladi. Bunda suv bug'ining kondensatsiyalanishida beriladigan katta miqdordagi issiqlik energiyasi mahsulotlarni sterilizatsiya qilishda, ularni isitishda juda qo'l keladi. Bug'larning kondensatsiyalanishidan bug'latish, vakuum - quritish jarayonlarida siyraklanish hosil qilishda foydalaniladi. Kondensatorlarda bug' suv yoki havo yordamida kondensatsiyalanadi. Kondensatsiyalanish temperaturasi pasayishi bilan siyraklanish darajasi ortadi. Kondensatsiyalanmaydigan gazlarni uzluksiz so'rib olish uchun vakuum - nasosdan foydalaniladi.

Kondensatsiyalanishda ajralib chiquvchi issiqlik miqdori quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$Q = D \cdot r \quad (10.1)$$

bu yerda: D - kondensatsiyalangan bug' sarfi; r - kondensatsiyalanish issiqligi.

Jarayon aralashtiruvchi kondensatorlarda amalga oshirilganda sovuq suv va bug' bir-biriga aralashgan holda bo'ladi. Barometrik kondensatorlarda amalga oshiriladigan jarayon bunga misol bo'ladi.

Sirtiy va aralashtiruvchi kondensatorlar. Kondensatsiya jarayonini amalga oshiruvchi qurilmalar kondensatorlar deyiladi. Bu qurilmalarda sovituvchi agent sifatida ko'pincha suv, ayrim hollarda maxsus moddalar ishlatiladi.

Kondensatorlar sirtiy va aralashtiruvchi bo'ladi.

Sirtiy kondensatorlarda kondensatsiyalanayotgan bug' va sovituvchi agent o'zaro issiqlik o'tkazuvchi devor orqali ajratilgan bo'ladi, aralashtiruvchi kondensatorlarda esa bug' va sovituvchi agent bir-biriga aralashadi.

Sirtiy kondensatorlar sifatida sirtiy issiqlik almashinish qurilmalari, asosan qobiq-trubali, "truba ichida truba" tipidagi va yuvilib turuvchi qurilmalar qo'llaniladi.

Issiqlik o'tkazish yuzasi- F , m^2 quyidagi formula asosida topiladi.

$$F = \frac{\pi \cdot d_{ich} + d_{tash} \cdot l \cdot n}{2} \quad (10.2)$$

Bug'ning parametrlari ma'lumotnomadan bug'ning o'rtacha temperaturasiga qarab olinadi.

O'rtacha temperaturalar farqi quyidagicha aniqlanadi:

$$t_{kond} \rightarrow t_{kond}$$

$$t_1 \rightarrow t_2$$

$$\Delta t_{ka} = t_{kond} - t_1$$

$$\Delta t_{ki} = t_{kond} - t_2 \quad \text{Agar} \quad \frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{ki}} \succ 2 \quad \text{bo'lsa,}$$

$$\Delta t_{ort} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{2,31 \lg \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} \quad (10.3)$$

Kondensatorning issiqlik yuklamasi- Q , Vt quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{ort} \quad (10.4)$$

Kondensatsiyalanayotgan bug'ning massaviy sarfi- D , $Vt/soat$ quyidagicha aniqlanadi:

$$D = \frac{Q}{\tau} \quad (10.5)$$

Bug'ning hajmiy sarfi esa quyidagiga teng bo'ladi- V , $m^3/soat$

$$V = \frac{D}{\rho} \quad (10.6)$$

Masala № 10.1

Suv spirtining bug'i qobiq trubali kondensatorda kondensatsiyalanmoqda. Sovutuvchi suvning boshlang'ich va oxirgi temperaturasi – t_1 , t_2 , ichki trubalari diametri - d_{tr} , uzunligi – l , trubalar issiqlik o'tkazish koeffitsienti – K , bug'ning kondensatsiyalanish temperaturasi - t_{kon} , bug'lanish issiqligi – r , zichligi - ρ , 10.1 – jadvalda ko'rsatilgan.

Hisoblash formulalari asosida kondensatsiyalanayotgan bug'ning sarfi topilsin.

Variant №	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t_{kon}, ^\circ\text{C}$	$K, \text{Vt/m}^2\text{k}$	$\rho, \text{kg/m}^3$	$r, \text{kJ/kg}$	d_{tr}, mm	N	l, m
1	10	50	82,8	400	1,145	1210	35x1,5	121	1,3
2	15	53	80	410	1,075	1553	25x2	125	1,5
3	20	55	83	420	0,817	1484,3	25x2	128	1,3
4	20	58	85	390	0,817	1415,2	35x1,5	130	1,6
5	15	60	86	410	0,817	1415,2	35x1,5	150	1,6
6	15	63	86	450	0,817	1334	20x2	150	1,7
7	20	65	88	450	0,881	1334	20x2	160	1,7
8	20	68	88	430	0,754	1270	20x2	120	1,4
9	10	50	79	400	1,145	1143	35x1,5	121	1,3
10	15	55	79	420	1,075	1143	25x2	125	1,5

Amaliy mashg'ulot № 11

Mavzu: Bug'latish jarayoni va jarayonni amalga oshiradigan qurilmalarni hisoblashga oid masalalar yechish.

Ishdan maqsad: Bug'latish jarayoni va jarayonni amalga oshiradigan qurilmalarga oid amaliy ko'nikma hosil qilish

Nazariy qism

Uchuvchan bo'lmagan moddalar eritmalarini uning tarkibidagi erituvchini qaynatish paytida chiqarib yuborish yo'li bilan quyuqlashtirish jarayoni bug'latish deb yuritiladi.

Kimyo sanoatida tomat, qandli mahsulotlar va sut mahsulotlari ishlab chiqarishda bug'latish jarayoni keng qo'llaniladi va bunda asosan eritma tarkibidagi suvning bir qismi bug'latiladi.

Jarayon bug'latish qurilmalarida amalga oshiriladi. eritmaning qaynash temperaturasi past bo'lishini ta'minlash maqsadida eritma ustidagi bug' kondensator va vakuum- nasos yordamida surib olib turiladi. Bunda eritma ustidagi bosim atmosfera bosimidan past bo'lib, siyraklanish sharoitida bug'latish deyiladi.

Atmosfera bosimi sharoitida ishlaydigan bug'latish qurilmasida bug' to'g'ridan - to'g'ri atmosferaga chiqariladi. Bu usul eng oddiy, iqtisodiy jihatdan esa serharajat hisoblanadi.

Bulardan tashqari, yuqori bosimda bug'latish ham mavjud bo'lib, bu asosan ikkilamchi bug'ni boshqa texnologik jarayonlarda qo'llash maqsadida amalga oshiriladi. Lekin bu usulda eritmaning qaynash temperaturasi yuqori bo'ladi. Bu holatda esa kimyo sanoatidagi eritmalarining sifat ko'rsatkichi buzilishi mumkin, shu sababli ushbu usuldan bu tarmoqda kam foydalaniladi.

Bug'latish qurilmasiga berilayotgan isituvchi bug' birlamchi bug' deyiladi. eritmaning qaynashi natijasida ajralib chiqayotgan bug' esa ikkilamchi bug' deyiladi. Jarayonga sarflanadigan birlamchi bug'ning solishtirma sarfini kamaytirish maqsadida ikkilamchi bug'dan ham foydalanish mumkin. SHu maqsadda bug'latish qurilmalari ko'p korpusli qilib tayyorlanadi. Ko'p korpusli bug'latish qurilmalarining faqat birinchi korpusiga birlamchi bug' berilib, qolganlariga ikkilamchi bug' beriladi.

Bug'latilgan suv miqdori – W , $kg/soat$ quyidagicha aniqlanadi:

$$W = G_b \left(1 - \frac{x_b}{x_{ox}} \right) \quad (11.1)$$

Bug'latilgan eritmaning miqdori G_{ox} , kg/s quyidagicha aniqlanadi:

$$G_{ox} = G_b - W \quad (11.2)$$

Bug'latkichdan chiqib, barometrik kondensatorga kirayotgan ikkilamchi bug' bosimi - $P_{bar.kon} = 0,0196 \text{ MPa}$ bo'lganda ikkilamchi bug' temperaturasi – $t_{ik.bug'} = 59,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ tengdir.

Nazariy tahlil va sanoatdagi ko'p yillik natijalar asosida gidravlik depressiya - $\Delta''' = 1^\circ\text{C}$ deb qabul qilinadi. Shunda bug'latgichda ikkilamchi temperaturasi - $t'_{ik.bug'}$, $^\circ\text{C}$ quyidagicha aniqlanadi.

$$t'_{ik.bug'} = t_{ik.bug'} + \Delta''' \quad (11.3)$$

Bu temperaturaga mos bosim – $P'_{ik.bug'} = 0,0207 \text{ MPa}$ va bug' hosil bo'lish issiqligi – $r_{ik.bug'} = 2355,54 \text{ kJ/kg}$, ma'lumotnomadan olinadi.

Gidrostatik depressiyani aniqlash quyidagicha bo'ladi. Qurilmadagi eritmaning qaynash temperaturasini ikkilamchi bug' temperaturasidan $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ ga ko'p, ya'ni taxminan $t_{qay} \approx 80 \text{ } ^\circ\text{C}$ deb olinadi. Shu temperaturaga mos eritma va suvning zichligi ma'lumotnomadan topiladi. $\rho_{er} = 1223 \text{ kg/m}^3$ va $\rho_{suv} = 972 \text{ kg/m}^3$. Shunga ko'ra trubalardagi eritmaning optimal sath balandligi – h_{sath} , m quyidagicha hisoblab topiladi:

$$h_{sath} = [0,26 + 0,0014 \cdot (\rho_{er} - \rho_{suv})] L_{tr} \quad (11.4)$$

Eritmaning o'rta qismida bosim ortishi - ΔP , MPa quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta P = \frac{\rho_{er} \cdot g \cdot h_{sath}}{2} \quad (11.5)$$

Trubalardagi eritmaning qaynash qatlamidagi o'rtacha bosim – $P_{o'rt}, MPa$

$$P_{o'rt} = P'_{ik.bug'} + \Delta P \quad (11.6)$$

Bu bosimga mos suvning o'rtacha temperaturasi – $t_{o'rt} = 75,4 \text{ } ^\circ C$ va bug' hosil bo'lish issiqligi – $r_{o'rt} = 2320 \text{ kJ/kg}$ ma'lumotnomadan olinadi.

Shunda gidrostatik depressiya quyidagiga teng bo'ladi.

$$\Delta'' = t_{o'rt} - t'_{ik.bug'} \quad (11.7)$$

Temperatura depressiyasi quyidagicha aniqlanadi.

$$\Delta' = \frac{16,2(T + t_{o'rt})^2 \cdot \Delta_{atm}}{r_{o'rt}} \quad (11.8)$$

Bu yerda T – ma'lum bosimdagi toza erituvchining qaynash temperaturasi, $^\circ C$, $\Delta_{atm} = 13,57^\circ C - 60\%$ li eritmaning atmosfera bosimdagi depressiyasi.

Bu holda eritmaning qaynash temperaturasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$t_2 = t_{ik.bug'} + \Delta' + \Delta'' + \Delta''' \quad (11.9)$$

Temperaturalarning foydali farqi esa quyidagiga tengdir:

$$\Delta t_{foy} = t_{kond} - t_2 \quad (11.10)$$

bu yerda - $t_{kond} = 112,7 \text{ } ^\circ C$ suvning kondensatsiyalanish temperaturasi.

Bug'latish qurilmasidagi isituvchi bug'sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$G_{is.bug'} = \frac{W \cdot i_{is.bug'} + G_{ox} \cdot c_2 \cdot t_2 - G_b \cdot c_1 \cdot t_1}{Q_{yo'q} \cdot r_{is.bug'}} \quad (11.11)$$

$i_{is.bug'} = 2607 \text{ kJ/kg}$ - isituvchi bug' entalpiyasi

$c_1 = 3866 \text{ J/(kg} \cdot K)$ - eritmaning boshlang'ich solishtirma issiqlik sig'imi

$t_1 = 60 \text{ } ^\circ C$ – eritmaning boshlang'ich temperaturasi

$c_2 = 2618,1 \text{ J/(kg} \cdot K)$ - eritmaning oxirgi solishtirma issiqlik sig'imi

$t_2 = 86,9 \text{ } ^\circ C$ – eritmaning oxirgi temperaturasi

$r_{is.bug'} = 2227 \text{ kJ/kg}$ – isituvchi suv bug'ining solishtirma bug' hosil qilish issiqligi

$Q_{yo'q} = 0,95, 5 \%$ issiqlikning atrof muhitga yo'qotiladi.

Eritmani qaynash temperaturasigacha yetkazadigan issiqlik sarfi – Q, Vt

$$Q = G_{is.bug'} \cdot r_{is.bug'} \quad (11.12)$$

Bug'latkichning issiqlik o'tkazish koeffitsienti – $K, \text{Vt/(m}^2\text{K)}$ quyidagicha aniqlanadi.

$$K = \frac{q}{\Delta t_{foy}} \quad (11.12)$$

bu yerda q – tuzning suvli eritmalarini qaynashdagi solishtirma issiqlik yuklamasi, $q = 20000 \div 50000 \text{Vt/m}^2$.

Bug'latkichning isitish yuzasi quyidagicha aniqlanadi:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{foy}} \quad (11.13)$$

Ammoniy nitrat ($\text{NH}_4 \text{NO}_3$) suvli eritmasini bug'latish uchun bir korpusli bug'latish qurilmasining isitish yuzasi hisoblansin. Dastlabki eritma sarfi – G_b , boshlang'ich konsentratsiyasi – x_b , oxirgi konsentratsiyasi – x_{ox} va trubalar uzunligi- L 11.1 – jadvalda ko'rsatilgan.

11.1 – jadval

Variant №	$G_b, \text{kg/soat}$	$x_b, \% (\text{mass})$	$x_{ox}, \% (\text{mass})$	L_{tr}, mm
1	18000	10	60	5
2	25200	10	40	6
3	20000	12	60	4
4	28000	12	50	4
5	19000	15	55	5
6	15000	14	55	6
7	10000	13	45	6
8	16000	13	46	4
9	20600	15	45	5
10	15500	14	60	5

I L O V A – 1

Suv bug'ining to'yinish holatidagi parametrlari: (temperatura bo'yicha)

Temperatura, t, °C	Bosim, R 10⁻³ Pa	Bug' hosil bo'lish solishtirma issiqligi, r, kJ/kg	Bug'ning ental'piyasi, I'', kJ/kg	Suyuqlik ental'piyasi I', kJ/kg
10	1,23	2476,9	2518,7	41,99
11	1,31	2474,3	2520,4	46,19
12	1,40	2472,3	2522,5	50,38
13	1,50	2469,7	2524,3	54,57
14	1,59	2467,6	2526,3	58,75
15	1,71	2465,1	2527,9	62,94
16	1,82	2462,6	2529,6	67,13
17	1,94	2460,1	2531,3	71,31
18	2,06	2457,6	2532,9	73,50
19	2,19	2455,5	2535,0	79,63
20	2,34	2453,0	2535,7	83,80
21	2,49	2450,5	2538,4	88,04
22	2,64	2448,4	2540,5	92,22
23	2,82	2445,9	2542,2	96,41
24	2,98	2443,8	2544,3	100,59
25	3,17	2441,3	2540,9	104,77
26	3,36	2438,8	2547,6	108,95
27	3,66	2436,7	2549,7	113,13
28	3,78	2434,2	2531,4	117,31
29	4,00	2432,1	2553,5	121,48
30	4,24	2429,6	2555,1	125,66
31	4,46	2427,0	2556,8	129,84
32	4,80	2424,0	2558,9	134,02
33	5,10	2422,4	2560,6	138,20
34	5,33	2419,9	2562,3	142,38
35	5,83	2417,8	2564,3	148,56
36	5,95	2415,3	2586,6	150,74
37	6,27	2412,8	2567,7	154,92
38	6,63	2410,7	2569,8	159,09
39	6,99	2408,2	2571,5	164,27
40	7,35	2405,7	2573,1	167,45
41	7,35	2406,7	2575,2	171,63
42	7,75	2403,6	2576,9	175,81
43	8,64	2398,6	2578,6	189,99
44	9,10	2396,1	2580,2	184,17
45	9,57	2393,6	2581,9	189,35

46	10,10	2391,0	2583,6	192,53
47	10,62	2388,9	2585,7	196,71
48	11,15	2386,4	2587,4	200,89
49	11,75	2383,9	2598,0	205,07
50	12,35	2381,8	2591,1	209,26
51	12,99	2379,3	2592,8	213,44
52	18,61	2376,6	2564,5	217,62
53	14,40	2374,7	2596,8	221,80
54	15,01	2372,3	2599,2	225,98
55	15,75	2369,7	2599,9	230,17
56	16,38	2367,6	2602,0	234,35
57	12,99	2379,3	2592,8	213,44
58	18,20	2362,6	2605,4	242,72
59	19,05	2360,1	2607,0	246,92
60	19,92	2357,6	2608,7	251,07
61	20,84	2355,0	2610,4	255,23
62	21,81	2352,5	2618,1	259,46
63	22,81	2350,0	2613,7	263,65
64	23,88	2347,5	2615,4	267,84
65	25,01	2345,0	2617,1	272,02
66	28,20	2342,5	2617,8	276,31
67	27,38	2340,0	2620,4	280,40
68	28,31	2337,5	2622,1	284,59
69	29,80	2335,4	2624,2	289,78
70	31,10	2334,9	2625,9	292,97
71	32,45	2330,3	2627,6	297,16
72	34,10	2327,8	2620,2	301,36
73	35,45	2325,3	2630,9	305,55
74	37,00	2322,6	2632,6	309,74
75	38,45	2320,3	2634,2	313,94
76	40,17	2317,8	2635,9	318,13
77	41,90	2315,3	2537,6	322,33
78	43,60	2312,3	2639,3	325,52
79	45,50	2310,3	2640,9	330,72
80	47,40	2307,7	2642,6	334,92
81	49,40	2305,2	2644,3	339,11
82	51,49	2302,7	2646,0	343,31
83	53,40	2300,2	2647,6	347,51
84	55,70	2297,2	2649,3	351,71
85	57,60	2295,2	2651,0	355,92
86	60,20	2292,7	2652,7	360,12
87	62,40	2290,2	2654,3	364,32
88	65,00	2287,6	2656,0	368,53
89	67,50	2284,7	2657,3	378,73
90	71,00	2282,2	2658,9	376,94

91	72,70	2279,7	2660,6	381,15
92	75,70	2277,2	2662,7	385,36
93	78,40	2274,7	2664,4	389,57
94	82,50	2272,2	2666,1	393,78
95	84,50	2269,2	2667,3	397,99
96	87,70	2266,7	2669,0	402,20
97	91,00	2264,2	2670,6	406,42
98	94,30	2261,7	1672,3	408,63
99	97,70	2258,8	2673,6	414,85
100	101,30	2256,3	2675,3	419,06
101	104,99	2254,6	2677,9	423,28
102	108,78	2252,0	2679,5	427,50
103	112,67	2249,3	2681,0	431,73
104	116,68	2246,6	2682,6	435,95
105	120,80	2243,0	2684,1	440,17
106	125,04	2241,3	2685,7	444,40
107	129,41	2238,6	2687,2	448,63
108	133,90	2235,9	2638,8	452,85
109	138,52	2233,2	2690,3	457,08
110	143,26	2230,5	2691,9	461,32
111	148,14	2227,7	2693,3	465,55
112	153,16	2225,0	2694,8	469,78
113	158,32	2222,3	2696,3	474,02
114	163,61	2219,5	2697,3	476,28
115	189,05	2216,8	2699,3	482,50

I L O V A – 2

Ba'zi suyuqliklarning va qattiq materiallarning zichligi

Materialning nomi	Materialning zichligi, kg/m^3
Po'lat	7850
Kul rang cho'yan	7250
Mis	8800
Lagun	8500
Bronza	8000
Alyuminiy	2700
Qo'rg'oshin	14000
Shisha	2500
Viniplast	1380
Beton	2300
Granit	2700
Quruq tuproq	1800
Quruq teri	850
Rezina	1500
Asbest	600
Simob	13600
Etil spirti	790
Glitsirin	1270
Neft	790
Ksilol	880
Benzin	760

I L O V A – 3

Suvning fizik xossalari

$\rho,$ $kg \cdot s / sm^2$	$t,$ $^{\circ}C$	$\Delta,$ kg / m^3	$i,$ kJ/kg	$S,$ $kJ / kg \cdot K$	$\lambda \cdot 10^3,$ $Wt / m \cdot K$	$\Delta \cdot 10^7,$ m^2 / s	$\mu \cdot 10^6,$ $Pa \cdot s$	$\nu \cdot 10^6,$ m^2 / s	$\beta \cdot 10^4,$ K^{-1}	$\sigma \cdot 10^4$ kg / s^2	Rg
1	0	1000	0	4,23	55,1	1,31	1790	1,79	0,63	756	13,7
1	10	1000	41,9	4,19	57,5	1,37	1310	1,31	0,70	762	9,52
1	20	998	83,8	4,19	50,9	1,43	1000	1,01	1,82	727	7,02
1	30	996	126	4,18	61,8	1,49	804	0,81	3,21	712	5,42
1	40	992	168	4,18	63,4	1,53	657	0,66	3,87	697	4,31
1	50	998	210	4,18	64,8	1,57	549	0,566	4,49	677	3,54
1	60	983	251	4,18	65,9	1,61	470	0,478	5,11	662	2,98
1	70	978	293	4,19	63,8	1,63	406	0,415	5,70	643	2,55
1	80	972	335	4,19	67,5	1,66	355	0,365	jA^{32}	626	2,21
1	90	965	377	4,19	68,0	1,68	315	0,326	6,95	607	1,95
1,03	100	958	419	4,23	68,3	1,69	282	0,205	7,5	589	1,75
1,46	110	951	461	4,23	68,5	1,69	256	0,263	8,0	569	1,58
2,02	120	943	503	4,23	68,6	1,72	231	0,244	8,6	549	1,43
2,75	130	935	545	4,27	68,6	1,72	212	0,226	9,2	529	1,32
3,68	140	926	587	4,27	68,5	1,72	196	0,212	9,7	507	1,23
4,85	150	917	629	4,32	68,4	1,72	185	0,202	10,3	487	1,17
6,30	160	907	671	4,36	68,3	1,72	174	0,191	10,3	466	1,10
8,08	170	897	713	4,40	67,9	1,72	163	0,181	11,5	444	1,05
10,23	180	837	753	4,43	67,5	1,72	153	0,173	12,2	424	1,01

ADABIYOTLAR

1. Yusupbekov N.R. va boshqalar. Kimyo va oziq – ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash Toshkent. ToshKTI, 2000. -312b.
2. Yusupbekov N.R. va boshqalar. Kimyo texnologiyaning asosiy jarayoni va qurilmalari. Toshkent. Sharq. 2003. -644b.
3. Salimov Z. Neft va gazni qayta ishlash jarayonlari va uskunalari. Toshkent. Aloqachi, 2010. -507b.
4. Jumayev Q.K. va boshqalar. Neft va gazni qayta ishlash korxonalari jihoz va qurilmalari. Toshkent. O'zbekiston, 2009-206 b.
5. Salimov Z., Tuychiev I. – Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari. Toshkent. O'qituvchi, 1987. – 408 b.
6. Salimov Z. Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari. 1-tom. Toshkent, O'zbekiston, 1994. -366 b.
7. Yusupbekov N.R., Nurmuhammedov N.R. va boshqalar. Kimyo va oziq – ovqat sanoatlarining jarayonlari va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. – T. : ToshKTI, 1999 -352 b.
8. Дитнерский Ю.Г. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия 1999. I-часть
9. Дитнерский Ю.Г. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия 1999. II -часть
10. Ковецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. М.: Химия 1999.-620с.

