

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA
MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI**

BUXORO MUHANDISLIK TEXNOLOGIYALAR INSTITUTI

**T.R. SHOMURODOV, M.S. NARZIYEV, R.R. IBRAGIMOV,
F.YU. XABIBOV**

**TEXNOLOGIK JARAYONLAR VA
QURILMALARNI HISOBLASH VA
LOYIHALASH**

310000 – Muhandislik ishi va

*320000 – Ishlab chiqarish texnologiyalari ta’lim sohalarining
barcha ta’lim yo’nalishlari uchun*

OQUV QO‘LLANMA

TOSHKENT-2020

T.R. Shomurodov, M.S. Narziyev, R.R. Ibragimov, F.YU. Xabibov.

Ushbu o'quv qo'llanmada sanoat ishlab chiqarishida keng qo'llaniladigan gidromexanik, issiqlik, modda almashinish va kimyoviy jarayonlarni hisoblash, qurilmalarni loyihalash to'g'risida batafsil ma'lumotlar keltirilgan. Har bir bo'lim alohida olingan jarayonlarga bag'ishlangan bo'lib, jarayonni va qurilmani hisoblash namunalari orqali talaba yoki ishlab chiqarish muhandislariga hisoblash ishlarini osonlashtirish imkoniyati yaratilgan. Qo'llanmaning ilova qismida hisoblash uchun zarur bo'lgan ma'lumotlar berilgan. O'quv qo'llanma oliy o'quv yurtlari talabalari va ishlab chiqarish muhandislari uchun mo'ljallangan.

Taqrizchilar:

t.f.d, prof. SH.M. Mirzayev (BuxDU "Fizika" kafedrası professori)

t.f.n., dots. Q.K. Jumayev (BuxMTI "Gazni kimyoviy qayta ishlash texnologiyasi" kafedrası dotsenti)

t.f.n., dots. K.H. Gafurov (BuxMTI "Oziq-ovqat va kimyo sanoati mashinalari va jihozlari" kafedrası dotsenti)

Mazkur o'quv qullanma oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirliqining 2020 yilsonli buyrug'iga asosan chop qilishga ruxsat etilgan

Annotasiya

Ushbu o'quv qo'llanmada sanoat ishlab chiqarishida keng qo'llaniladigan gidromexanik, issiqlik, modda almashinish va kmyoviy jarayonlarni hisoblash, qurilmalarni loyihalash to'g'risida batafsil ma'lumotlar keltirilgan. Har bir bo'lim alohida olingan jarayonlarga bag'ishlangan bo'lib, jarayonni va qurilmani hisoblash namunalari orqali talaba yoki ishlab chiqarish muhandislariga hisoblash ishlarini osonlashtirish imkoniyati yaratilgan. Qo'llanmaning ilova qismida hisoblash uchun zarur bo'lgan ma'lumotlar berilgan. O'quv qo'llanma oliy o'quv yurtlari talabalari va ishlab chiqarish muhandislari uchun mo'ljallangan.

Аннотация

Данное учебное пособие посвящено изучению, расчету и проектированию процессов и аппаратов промышленного производства.

В учебном пособии имеются теоретические предпосылки к гидромеханическим, тепловым, массообменным и химическим процессам, приведены расчетные формулы, имеются примеры расчетов для конкретных процессов, что позволяет студентам и инженерам производств глубоко изучить процессы и аппараты своих производств. В приложении приведены справочные данные, необходимые для расчета и проектирования.

Данное учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений и инженеров производств.

The summary

This tutorial focuses on the calculation and designing of processes and devices of industrial production.

In the textbook are given theoretical preconditions to hydro mechanical, thermal, mass-exchange and chemical processes, resulted calculation formulas, examples of calculations for concrete processes that allows students and engineers of manufactures deeply study processes and devices of the manufactures. In the appendix is cited referenced data necessary for calculation and designing.

Given textbook is intended for students of higher educational institutions and engineers of manufactures.

Kirish

Zamonaviy sanoat tarmoqlarida katta ish unumdorligiga ega bo'lgan qurilmalarni qo'llagan holda yuqori samaradorli texnologik jarayonlardan foydalanish yo'lga qo'yilgan.

Sanoat ishlab chiqarish tizimida faoliyat ko'rsatayotgan oliy ma'lumotli mutaxassis texnologik qurilma operatori, uchastka ustasi yoki boshlig'i, smena boshlig'i, texnik-konstruktor va boshqa vazifalarda ishlashi mumkin. Shunday qilib mutaxassis ishlab chiqarishni tashkil qilish va boshqarish, loyihalash va qayta tashkil qilish bo'yicha loyiha hujjatlarini ishlab chiqishda bevosita ishtirok etadi. Ushbu faoliyat turlarida faol ishtirok etish uchun mutaxassis texnologik jarayonlar va jihozlarni hisoblash usullari, zamonaviy texnika va texnologiyalar haqida chuqur bilimga ega bo'lishi talab qilinadi.

Kurs loyihasi fanni o'rganishning yakunlovchi bosqichi bo'lib hisoblanadi.

Kurs loyihasini bajarish jarayonida talaba kimyoviy qurilmalarni hisoblash va loyihalash bo'yicha mustaqil ko'nikmalarga ega bo'ladi.

Hozirgi kunda zamonaviy sanoatda fizik – kimyoviy xossalari tubdan farq qiladigan xom ashyolarni qayta ishlashda turli xil texnologik jarayonlardan foydalaniladi. Shuning uchun ham talabalar jarayonlarning fizik – kimyoviy asoslarini, qurilmalar tuzilishi, ishlash tamoyillarining alohida hollarini bilish bilan bir qatorda ularni hisoblash va tahlil qilish, optimal parametrlarini hamda eng samarador qurilmalarni hisoblash va loyihalashni bilishlari zarur.

O'quv qo'llanmada keng tarqalgan ishlab chiqarish qurilmalari va jihozlarini loyihalash asoslari, zarur ma'lumotlar va tavsiyalar berilgan bo'lib, talabaga ishlab chiqarishning real sharoitiga mos kurs loyihasini bajarish imkonini beradi.

Har bir bo'lim quyidagi sxema ko'rinishida tashkil qilingan:

1. Jarayon nazariy asosining qisqacha mazmuni;
2. Loyihalashda ishlatiladigan asosiy hisoblash formulalari;
3. Jarayonni va jihozni hisoblashning namunasi;
4. Grafik qism;
5. Ma'lumotlar jadvali.

Oxirgi bo`limda tushuntiruv-yozuv qismi va chizmalarni rasmiylashtirish tartibi keltirilgan.

O`quv qo`llanma bo`yicha fikr, mulohaza va tavsiyalar bersangiz minnatdor bo`lamiz.

Kurs loyihaning mazmuni va hajmi

Kurs loyiha chizma qismi va tushuntirish yozuvidan tarkib topgan bo`ladi. Quyida kurs loyihaning mazmuni va hajmi, texnik hujjatlarni tuzish tartibi va loyihani himoya qilish uchun talablar bayon etilgan.

Kurs loyihaning tushuntirish yozuvi o`z ichiga hamma boshlang`ich, hisoblangan va chizmachilik (yordamchi) ma`lumotlarini qamrab oladi va quyidagi ketma-ketlikda tuzilishi kerak:

1. Titul varag`i;
2. Loyihaning topshiriq blankasi;
3. Mundarija;
4. Kirish;
5. Qurilmaning texnologik sxemasi va uning tavsifi;
6. Qurilma uchun konstruksion materialni tanlash;
7. Asosiy va yordamchi qurilmalarni tanlash;
8. Qurilmalarni texnologik hisoblash;
9. Qurilmalarning mustahkamlik hisobi;
10. Yordamchi uskunalarni hisoblash yoki tanlash;
11. Tekshirish nuqtalarini tanlash;
12. Xulosalar va takliflar;
13. Qo`llanilgan adabiyotlar ro`yxati.

***Titul varag`i.*** Ushbu varaqning namunasi ilova 1 da ko`rsatilgan bo`lib, unda loyihaning nomi, qurilmaning turi, unumdorligi albatta berilgan bo`lishi kerak.

Loyihaning topshiriq blankasi. Kurs loyihaga rahbar professor – o`qituvchi tomonidan ushbu blank to`ldirilgan va tasdiqlangan holda har bir talabaga beriladi. Ushbu blank namunasi ilova 2 da keltirilgan.

Mundarija. Unda kurs loyihaga kirgan hamma materiallarning sarlavhalari, ularga oid sahifalari bilan beriladi.

Kirish. Loyihaning bu bo'limida jarayonning asosiy mazmuni va mohiyatini qisqacha bayon etish, uni amalga oshirish uchun mo'ljallangan qurilmalarni bir-biriga taqqoslab, afzallik va kamchiliklarini solishtirib yozish kerak. Undan tashqari, jarayon natijasida olinayotgan mahsulotning xalq xo'jaligidagi o'рни va ahamiyati yoritilishi muhimdir.

Qurilmaning texnologik sxemasi. Bu bo'limda qurilmaning printsiptial sxemasi, ularning bayoni tartib o'рни bilan berilishi zarur. Sxemada oqimlarning yo'nalishlari, sarfi, temperaturasi va boshqa parametrlar qo'yiladi.

Qurilma uchun konstruksion materialni tanlash. Ushbu bo'limda texnologik sxemaga kiruvchi qurilmalarning tayyorlanishi uchun zarur bo'lgan materialni tanlashni asoslab (muhitni hisobga olgan holdagi materialni yemirilishi, uning mexanik, issiqlik va fizik xossalari) berilishi kerak.

Asosiy va yordamchi qurilmalar tanlashning asoslari. Odatda, bu bo'limda asosiy jarayonning turi, ish unumdorligi, boshlang'ich va oxirgi kontsentratsiyalari (yoki temperaturalari) ko'rsatiladi. Asosiy qurilmaning turi, ishlash rejimlari va sharoitlarini talabani o'zi mustaqil tanlashi lozim.

Qurilmalarni texnologik hisoblash. Ushbu bo'limni bajarishdan maqsad qurilmaning asosiy o'lchamlarini (diametri, balandligi, issiqlik almashinish yuzasi va hokazolarni) hisoblashdir. Buning uchun, dastlab adabiyotlardan qayta ishlanayotgan moddaning fizik-kimyoviy xossalari (zichlik, solishtirma issiqlik sig'im, issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti, qovushqoqlik va hokazolar) aniqlab olinadi, moddiy va issiqlik balanslari tuziladi. So'ngra esa, adabiyotlardagi ma'lumotlar tahlili va ushbu qo'llanmada taklif etilayotgan uslublardan biri qurilmani hisoblash usuli sifatida tanlanadi. Uslubni tanlashda qurilmaning gidrodinamik ish rejimiga, uning texnik-iqtisodiy ko'satgichlariga alohida e'tibor berish kerak. Undan tashqari, ushbu bo'limda qurilma issiqlik qoplamasining qalinligi ham aniqlanadi.

Qurilmalarning mustahkamlik hisobi. Ushbu bo'limdagi hisoblarga qurilmaning mustahkamligini ta'minlovchi asosiy o'lchamlarini aniqlash, ya'ni qopqoq, korpus va boshqa detallar devorlarining qalinliklari, undan tashqari, quvur to'ri doiralari, flanetslar, shtutserlar va boshqalarning hisoblari ham kiradi. Lekin, bu bo'limdagi hisoblar amalga oshirilayotganda, albatta qurilmaning ishlatilish sharoitlari (bosim, temperatura va boshqalar) e'tiborga olinishi kerak. Agarda zarur bo'lsa, qurilmaning shamol kuchiga nisbatan bardosh berishi ham aniqlanadi.

Yordamchi uskunalarni hisoblash yoki tanlash. Texnologik sxemalardan ma'lumki, unga asosiy qurilmalardan tashqari turli yordamchi uskunalar kiradi, ya'ni nasoslar, ventilyatorlar, gazoduvkalar, kompressorlar, vakuum-nasoslar, kondensat chiqaruvchi, xom-ashyo va tayyor mahsulot saqlovchi idishlar va moslamalar. Yuqorida qayd etilgan hamma uskunalar hisoblangan yoki normalar, Davlat standartlari, kataloglar yordamida aniq sharoitni hisobga olgan holda tanlanishi zarur.

Tekshirish nuqtalarini tanlash. Loyihaning bu bo'limida texnologik sxemadagi qurilmaning ishlash rejimlarini tekshirib turish uchun (suyuqlik yoki gazning sarfi, bosimi, temperaturasi, kontsentratsiyasi, sathi va hokazolar) belgilanishi zarur. Texnologik sxemaning ayrim qurilmalarida ularning ish rejimlarini rostdash printsiplari ko'rsatiladi.

Xulosa va takliflar. Loyihaning hisoblash qismi yakunida olingan natijalarni tahlil qilish, ularning loyiha topshiriqlariga mosligi, o'rganilgan jarayonni takomillashtirish yo'llari va qurilma to'g'risida o'z fikr va mulohazalar bayon etilishi kerak.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati. Kurs loyiha bajarilishi davrida foydalanilgan adabiyotlar tushuntirish xatida bayon etiladi yoki mualliflar familiyasining birinchi harfi asosida alifbo bo'yicha keltiriladi. Adabiyotlar bo'yicha quyidagi ma'lumotlar berilishi kerak: familiya va ismi, sharifi, adabiyotning nomi, chop etilgan nashriyot, uning joylashgan joyi, yili va betlar soni. Masalan: Kasatkin A.G. Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari.-M.:Ximiya, 1973.-752 b.

Tushuntirish yozuvini rasmiylashtirish. Tushuntirish yozuvi A11 o'lchamli standart qog'ozda rasmiylashtiriladi. Odatda hamma yozuvlar qo'lda yoki komp'yuterda yozilgan holda ham keltirilishi mumkin. Yozish paytida qog'ozning chap tomonidan 30 mm, o'ng tomonidan 10 mm, yuqori va past qismlarida 20 mm dan hoshiya qoldirilishi kerak.

Tushuntirish yozuvining betlariga ketma-ket tartib raqamlari qo'yiladi va har bir bobga tegishli betlar mundarijada aks ettiriladi. Boblarning nomi qisqa va lo'nda bo'lishi tavsiya etiladi. Shuni esda tutish kerakki, boblarning sarlavhalari ko'chirilmaydi va ularning oxirida nuqta qo'yilmaydi. Sarlavha va matnlar orasida 10 mm, hamda boblarning oxirgi qatori bilan yangi sarlavha orasida 15 mm masofa qoldirilishi maqsadga muvofiqdir.

So'zlarni ixtiyoriy holda, ilmiy-texnik adabiyotlarda qabul qilinmagan qisqartirishlarga ruxsat berilmaydi.

Tushuntirish yozuvida keltiriladigan hisoblash formulalari umumiy holda beriladi, so'ng esa tartib bilan raqamlanadi va keyin undagi belgilar tushuntiriladi hamda o'lchov birliklari bayon etiladi. Hamma hisoblar Xalqaro o'lchov birligi (SI) da bajarilishi zarur. Tushuntirish yozuvi matnida boshqa birlamchi adabiyotlardan olingan ma'lumotlarga tayanish kvadrat qavsda ko'rsatiladi. Masalan: "Absorberning balandligi quyidagi formuladan topiladi [4, 125 bet]".

Matnda keltirilgan tasvirlar (chizmalar, sxemalar, grafiklar) rasmlar deb nomlanadi. Rasmlar oddiy va aniq bo'lishi va qurilma bo'lagi yoki detali to'g'risida umumiy tushuncha berishi kerak. Hamma rasmlar qora yoki rangli qalamda millimetrli yoki oddiy qog'ozda bajariladi. Rasmlar tartib bilan raqamlanadi va matnda u to'g'risidagi ma'lumotlardan so'ng keltiriladi. Rasmlarning nomlari qisqa bo'lishi shart.

Jadvallar ham matnlar kabi tartib bilan raqamlanadi.

Odatda tushuntirish xatining hajmi 25-30 va undan ortiq bet hajmida bo'ladi.

Kurs loyiha***ning grafik qismi.*** Odatda grafik qismda texnologik sxema, asosiy qurilmaning chizmasi va uning ayrim bo'laklari 24 formatli vatman qog'ozida chiziladi.

Kurs loyihani himoya qilish. Kurs loyihani belgilangan hajm va ushbu o'quv qo'llanma talablariga mos ravishda bajargan talabalar himoyaga ruxsat oladilar. Himoyaga kiritilayotgan talabada hamma chizmalar va tushuntirish xati rahbari tomonidan imzolangan bo'lishi shart. Kurs loyihaning himoyasini 2 yoki 3 ta professor-o'qituvchidan iborat hay'at qabul qiladi. Lekin, semestr davomida rahbarlik qilgan o'qituvchining himoyada qatnashishi majburiydir. Himoya qilish uchun talabaga 5-10 minutgacha vaqt ajratiladi va u o'z ma'ruzasida qurilmani tanlash, hisoblash va loyihalashning asosiy mazmunini yoritishi zarur. Ma'ruza tugagandan so'ng hay'at a'zolari loyiha mavzusi bo'yicha savollar beradilar. Talabaning kurs loyihasini baholashda hay'at a'zolari hisoblar, tushuntirish yozuvi, chizmalar sifatini, ma'ruza va savollarga berilgan javoblarni qay darajada ekanligini hisobga oladilar. Himoyadan so'ng, hay'at a'zolari tushuntirish xatining titul varag'i va chizmaga to'plangan ballarni qo'yadilar. Himoyaga ishtirok etish istagini bildirgan barcha talabalarga qatnashishga ruxsat beriladi.

I – bo'lim. Umumiy ma'lumotlar

1.1. Mashinasozlikda konstruksion materiallar

Sanoatda qurilmalarning ishlash sharoiti temperaturaning keng intervalida (-254°C dan $+2500^{\circ}\text{C}$ gacha) bosim miqdori 0,015 Pa dan 600 MPa gacha bo'lgan hamda agressiv muhitlarda boradi. Jihozlar javob berishi kerak bo'lgan asosiy talablarga mexanik mustahkamlik, tuzilishining takomillashganligi, tayyorlashning soddaligi, tashish, o'rnatish va ishlatishning osonligi hamda ko'p muddat xizmat qilishi kiradi. Shuning uchun ham loyiha qilinayotgan jihozlarning konstruksion materiallariga quyidagi asosiy talablar qo'yiladi:

1. Jarayonning ishchi parametrlarida korroziyaga chidamliligi;
2. Qurilmani ishlatish va gidravlik sinovdan o'tkazish vaqtida paydo bo'ladigan qo'shimcha yuklamalar, yuqori bosim va temperaturalar ta'siriga mexanik mustahkamligi;

3. Payvandlanuvchi birikmalarning bir-biriga yaxshi payvandlanishi va mexanik mustahkamlik ta'minlanishi;

4. Narxining arzonligi va kamyob bo'lmasligi.

Kimyo sanoatida konstruksion materiallar sifatida qora metallar va ularning qorishmalari (po'lat, cho'yan), rangli metallar va ularning qorishmalari, nometall materiallar (plastmassa, kauchuk asosidagi materiallar, keramika, uglegrafitlar, silikatli materiallar, shisha va yog'och) ishlatiladi.

Korroziya deganda metall yuzasining kimyoviy va elektrokimyoviy jarayonlar natijasida yemirilishi tushuniladi.

Kimyoviy korroziya bu metall va kimyoviy faol moddalarning o'zaro ta'sirlashuvi natijasi bo'lib hisoblanadi. Kimyoviy korroziyaning xususiy ko'rinishi metall yuzasining vodorod, karbonil, ulevodorod va atmosfera gazlari ta'sirida zanglashidir.

Elektrokimyoviy korroziya potentsiallar farqi ta'sirida metall ionlarining elektrolitga o'tishidir.

Bir xil korroziyada vaqt birligi ichida birlik yuzadan metallning yo'qotilishi erish (korroziya) tezligi deb yuritiladi va u K bilan belgilanadi. (K , g/m²s).

Sanoat qurilmalarini tayyorlashda korroziya tezligi yiliga 0,1 ÷ 0,5 mm gacha bo'lgan materiallardan foydalanish tavsiya qilinadi. Ko'p hollarda korroziya tezligi yiliga 0,01 ÷ 0,005 mm bo'lgan materiallar ishlatiladi.

Korroziyaga chidamlilik kimyoviy jihozning ko'p vaqt ishlashini belgilaydi.

Kimyoviy apparatlarni tayyorlash uchun qo'llaniladigan materiallarning kimyoviy ta'sirlarga chidamliligi qurilmaning uzoq ishlashini ta'minlab qolmasdan ishlash sharoiti xavfsizligini va mahsulot tozaligini ham ta'minlaydi.

Kimyo sanoati uchun qurilmalar va ularning qismlarini tayyorlash uchun ishlatiladigan ba'zi materiallarning tavsiflari bilan tanishib chiqamiz.

Uglerodli po'lat. Po'lat kam miqdordagi oltingugurt, kremniy, marganets, fosfor qo'shimchalari bo'lgan uglerod (2 % gacha) va temir qorishmasi bo'lib hisoblanadi.

Po'lat o'zining mustahkamligi, qovushqoqligi, dinamik yuklamalarga chidamliligi, yaxshi payvandlanishi, kesilishi, quyilishi, narxi pastligi va kamyob bo'lmaganligi uchun keng qo'llaniladi.

Qo'llanilish sohasi va kafolatli tavsifi bo'yicha po'latlar uch guruhga bo'linadi:

1. Mexanik xossalari bo'yicha yetkazib beriladigan;
2. Kimyoviy tarkibi bo'yicha yetkazib beriladigan;
3. Mexanik xossalari va kimyoviy tarkibi bo'yicha yetkazib beriladigan.

Legirlangan po'lat. Po'latlarning fizik, mexanik, kimyoviy va texnologik xossalarini yaxshilash maqsadida ularning tarkibiga nikel, xrom, marganets, molibden, titan, mis va boshqa legirlovchi elementlar qo'shiladi.

Bunda qo'shiladigan legirlovchi elementlar quyidagi harflar bilan belgilanadi:

Kremniy – S, marganets – G, xrom – X, nikel – N, titan – T, volfram – V, molibden – M, alyuminiy – Yu, bor – R, tsirkoniy – TS, kobalt – K, mis – D, niobiy – B, vanadiy – F.

Harfli belgilashdan keyin yozilgan son legirlovchi element miqdorini (% da) ko'rsatadi. Qo'shilgan legirlovchi element miqdori 1,5 % dan kam bo'lganda son qo'yilmaydi. Yuqori sifatli oliy navli po'latlarda belgilash so'ngida A harfi qo'yiladi.

Xrom po'latning qattiqligini oshiradi, issiqlikka bardoshligini ko'paytiradi va korroziyaga chidamliligini yaxshilaydi.

Nikel qovushqoqlikni oshiradi, plastik holatini yaxshilaydi, korroziyaga chidamliligini ko'paytiradi. Nikel qimmatbaho bo'lganligi uchun ko'p hollarda xrom bilan birgalikda qo'shiladi.

Marganets po'latning qattiqlik va mustahkamligini oshiradi. Yuqori marganetsli (10 – 15 % gacha marganets qo'shilgan) po'latlar yemirilishga chidamli detallar (tegirmon sharlari, maydalash mashinalari jag'lari) tayyorlash uchun ishlatiladi.

Molibden po'latning yuqori temperaturalarga ta'sirini yaxshilaydi, ishlov berishini osonlashtiradi, korroziyaga chidamli qiladi.

Titan mustahkamlik va plastiklik xususiyatini oshiradi.

Volfram yuqori mexanik xossalarini ta'minlaydi.

Kimyoviy qurilmalarni tayyorlashda ko'p hollarda ikki qatlamli po'latlardan foydalaniladi. Ikki qatlamli po'latlar qimmatbaho hisoblangan yuqori legirlangan po'latlarni tejash imkonini beradi.

Cho'yanlar – tarkibida 2 % dan ko'p uglerod bo'lgan temir qorishmasi bo'lib, ularning quyilish xossalari yaxshi bo'lganligi uchun murakkab shaklli detallar va korpuslarni tayyorlashda foydalaniladi. Cho'yanlar temperaturasi -15°C dan $+250^{\circ}\text{C}$ gacha va bosimi 1 MPa gacha bo'lgan jarayonlarni amalga oshiruvchi qurilmalarni tayyorlashda qo'llaniladi. Cho'yanlarning kimyoviy chidamliligi ancha past.

Yuqori va o'rtacha agressiv muhitlarda ishlaydigan qurilmalarni tayyorlash uchun rangli metallar va ularning qorishmalaridan foydalaniladi. Rangli metallarga alyuminiy, mis, titan, nikel, tantal va boshqalar kiradi.

Nometall materiallar (plastmassa, rezina, uglegrafit materiallar, ftoroplast, viniplast, faolit, metalloplast, metallokeramika, shisha, emallar, keramika va boshqalar) kimyoviy mashinasozlikda ham konstruksion ham himoyalovchi material sifatida qo'llaniladi.

Materiallarni tanlashda ishchi bosim, qurilma devori temperaturasi, muhitning kimyoviy tarkibi va xossasi inobatga olinadi. Ko'p hollarda materialni tanlash qurilma materialining qayta ishlov berilayotgan modda va texnologik jarayonga ta'siriga qarab amalga oshiriladi.

Qurilmalarni loyihalashda tanlangan materialning iqtisodiy maqbulligiga ham e'tibor berish kerak bo'ladi.

1.2. Gaz, suyuqlik va qattiq moddalarning fizik-texnikaviy xossalari

Asosiy jarayonlar va uskunalarni hisoblashda o'zaro ta'sir qilayotgan muhitlarning fizik-texnikaviy kattaliklarining qiymatlari (zichlik, solishtirma og'irlik, qovushqoqlik, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, solishtirma issiqlik

sig'imi, temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti va boshqalar) ni bilish zarur bo'ladi.

Zichlik. Hajm birligidagi bitta komponentdan tashkil topgan bir jinsli moddaning massasi zichlik deb ataladi va ρ bilan belgilanadi:

$$\rho = \frac{m}{V}, kg/m^3 \quad (1.1)$$

Bu yerda:

m – massa, kg;

V – hajm, m^3 .

Birorta moddaning zichligini (ρ) suvning zichligiga (ρ_s) nisbati nisbiy zichlik deb ataladi:

$$\Delta = \frac{\rho}{\rho_s} \quad (1.2)$$

Kimyoviy jihatdan bir jinsli bo'lgan moddalarning zichligi maxsus adabiyotlarda berilgan bo'ladi. Toza modda suyuq eritmalarining zichligi kontsentratsiya va temperaturaga bog'liq bo'ladi. Odatda eritmalarining zichligi jadval holida berilgan bo'ladi yoki empirik tenglamalar yordamida aniqlanadi.

Ikkita komponent (a va b) dan tashkil topgan turli jinsli sistemaning zichligi quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$\rho = \left(\frac{m_a}{\rho_a} + \frac{m_b}{\rho_b} \right)^{-1}, kg/m^3 \quad (1.3)$$

Bu yerda:

m_a – a komponentning aralashmadagi massaviy ulushi, kg/kg;

$m_b = 1 - m_a$ – b komponentning aralashmadagi massaviy ulushi, kg/kg;

ρ_a va ρ_b – a va b komponentlarning zichliklari, kg/m^3 .

Gaz va bug'larning zichliklari suyuqlik va qattiq moddalarning zichliklariga nisbatan taxminan ming marta kam bo'ladi.

Solishtirma og'irlik. Hajm birligidagi bir jinsli moddaning og'irligi solishtirma og'irlik deb ataladi va γ bilan belgilanadi:

$$\gamma = \frac{G}{V}, N/m^3 \quad (1.4)$$

Bu yerda:

G – suyuqlikning og'irligi, N.

Massa bilan og'irlik o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$m = \frac{G}{g} \quad (1.5)$$

Bu yerda:

g – erkin tushish tezlanishi, m/s^2 .

Massaning miqdorini (1.1) tenglikka qo'ysak, zichlik bilan solishtirma og'irlikning o'zaro bog'lanish nisbati kelib chiqadi:

$$\gamma = \rho g \quad (1.6)$$

Zichlikka teskari bo'lgan kattalik solishtirma hajm deb ataladi va v (m^3/kg) bilan ifodalanadi:

$$v = \frac{I}{\rho} = \frac{V}{m}, \quad m^3/kg \quad (1.7)$$

Qovushqoqlik. Haqiqiy suyuqliklar quvur bo'ylab harakatlanganda, uning ichida hosil bo'lgan ishqalanish kuchlari (T) N'yuton qonuni bilan ifodalanadi:

$$T = \mu F \frac{dw}{dn}, \quad N \quad (1.8)$$

Bu yerda:

F – ishqalanish yuzasi;

$\frac{dw}{dn}$ – tezlik gradienti;

μ – dinamik qovushqoqlikning koeffitsiyenti.

Dinamik qovushqoqlikning koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu = \frac{T}{F \left(\frac{dw}{dn} \right)} = \frac{N}{m^2 \left(\frac{m/s}{m} \right)} = \frac{N \cdot s}{m} = Pa \cdot s \quad (1.9)$$

Dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentining shu suyuqlik zichligiga nisbati kinematik qovushqoqlik deyiladi va ν bilan belgilanadi:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \quad m^2/s \quad (1.10)$$

Temperaturaning ortishi bilan suyuqlikning qovushqoqligi kamayadi, gazlarda esa ortadi. Suyuqliklarning qovushqoqligi gazlarnikiga nisbatan bir necha marta katta bo`ladi.

N'yutonning ichki ishqalanish qonuniga bo'ysunadigan suyuqliklar (masalan, suv, spirt, benzol) n'yuton suyuqliklari deyiladi. Neft, kolloid eritmalar, moyli bo'yoqlar, smolalar, past temperaturada ishlatiladigan surkov moylari n'yuton suyuqliklari qatoriga kirmaydi; bunday suyuqliklar non'yuton suyuqliklar deb yuritiladi.

Issqlik o'tkazuvchanlik. Temperatura gradienti ta'sirida bir - biriga tegib turgan kichik zarrachalarning tartibsiz harakati natijasida issiqlikning tarqalishi issiqlik o'tkazuvchanlik deb yuritiladi.

Bir jinsli tekis devor orqali o'tgan issiqlik oqimi quyidagi tenglama orqali aniqlanishi mumkin:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} F \Delta t, \quad J/s \quad (1.11)$$

Bu yerda:

λ – issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti;

δ – devor qalinligi;

F – issiqlik o'tayotgan yuza;

Δt – devorning ikkala tomonidagi temperaturalar farqi.

Oxirgi tenglama orqali λ ning SI dagi o'lchov birligini topamiz:

$$\lambda = \frac{Q\delta}{F\Delta t} = \frac{J/s \cdot m}{m^2 \cdot K} = \frac{J}{m \cdot K} \quad (1.12)$$

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentining qiymati temperaturaga, bosimga va moddaning turiga bog'liq.

Solishtirma issiqlik sig'imi. Bu kattalik moddaning o'zida issiqlik energiyasini ushlash qobiliyatini ko'rsatadi. Solishtirma issiqlik sig'imi deganda moddaning massa birligi temperaturani bir gradusga ko'tarish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori tushuniladi. Solishtirma issiqlik sig'imi quyidagi tenglama orqali aniqlanishi mumkin:

$$c = \frac{Q}{m\Delta t}, \quad J/kg \cdot K \quad (1.13)$$

Bu yerda:

Q – jismni isitish uchun sarf boʻlgan issiqlik miqdori;

m – jismning massasi;

Δt – jarayonning oxirgi va boshlangʻich temperaturalar oraligʻidagi farq.

Gaz, bugʻ, suyuqlik va qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sigʻimlari odatda tajriba natijalari orqali topiladi.

Temperatura oʻtkazuvchanlik koeffitsiyenti. Agar issiqlik oʻtkazuvchanlik koeffitsiyenti jismning issiqlik energiyasini oʻtkazish qobiliyatini belgilasa, temperatura oʻtkazuvchanlik koeffitsiyenti esa jismning issiqlik inertsiya xossalari ifoda qiladi. Bu koeffitsiyent jismning fizikaviy kattaligi hisoblanib, temperaturaning oʻzgarish tezligini bildiradi.

Temperatura oʻtkazuvchanlik koeffitsiyenti ($a, m^2/s$) quyidagi nisbat orqali aniqlanadi:

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}, \quad m^2/s \quad (1.14)$$

Bu yerda:

λ – issiqlik oʻtkazuvchanlik koeffitsiyenti;

c – solishtirma issiqlik sigʻimi;

ρ – zichlik.

1.3. Fizik kattaliklarning oʻlchov sistemalari

Har qanday jarayon va qurilmalarni hisoblashda moddalarning fizik xususiyatlarini (zichlik, solishtirma ogʻirlik, qovushqoqlik va boshqalar) va modda holatining harakatini xarakterlovchi kattaliklar (tezlik, bosim, temperatura va boshqalar) ni bilish kerak.

1980 – yilga qadar fizik kattaliklar miqdorini ifodalash uchun asosan SGS, MKGSS va boshqa oʻlchov birliklar sistemalaridan foydalanilar edi. Texnologiya jarayonlarini oʻrganishda turli oʻlchov birliklaridan foydalanish hisoblash ishlarini

qiyinlashtiradi va qo'pol xatoliklarga olib keladi. Chunki bunda kattaliklarni bir sistemadan boshqasiga o'tkazish ehtiyoji tug'iladi, natijada hisoblarda ham jiddiy xatolarga yo'l qo'yilishi mumkin.

Respublikamizda va bir qancha chet davlatlarda o'lchov birligining yagona sistemasi sifatida 1980 yilning yanvaridan boshlab universal Xalqaro birliklar sistemasi (SI) qabul qilindi. SI ning joriy etilishi bilan shu sistemada nazarda tutilgan va uning tarkibiga kirmaydigan birliklarning ilmiy - tadqiqotlar natijalarini hisoblashda, ishlab chiqarish qurilmalarini loyihalashda, shuningdek, o'quv-ta'lim ishida qiyinchilik tug'dirayotgan o'lchov birliklaridagi xilma-xillikka barham berildi.

SI ning avvalgi sistemalarga nisbatan muhim afzalligi shundaki, u universal, o'lchov birliklari birxillashtirilgan; asosiy, qo'shimcha va ko'pchilik hosilaviy birliklarni amaliyot uchun qulay o'lchamlarga mujassamlashtirilgan sistemadir. SI da yettita asosiy kattalik va shularga mos yettita asosiy (o'lchamlari maxsus ta'riflar bilan belgilangan) birlik, shuningdek ikkita qo'shimcha, anchagina hosilaviy kattaliklar va ularga mos qo'shimcha hamda hosilaviy birliklar bor. Xalqaro birliklar sistemasining asosiy kattalik va birliklari quyidagilar: uzunlik birligi – metr (m), massa birligi – kilogramm (kg), vaqt birligi – sekund (s), elektr toki kuchi birligi – amper (A), termodinamik temperatura birligi – kelvin (K), yorug'lik birligi – kandela (kd), modda miqdori birligi – mol (mol).

O'lchov va tarozilar XIV Bosh konferentsiyasi qarori bilan bosim va mexanik kuchlanish birligi uchun mustaqil o'lchov paskal (Pa) qabul qilingan. Paskal – kuchga perpendikulyar bo'lgan 1m^2 yuzaga tekis taqsimlangan 1 N kuchdan hosil qilingan bosimga teng.

Bulardan tashqari, xalqaro birliklar sistemasining karrali va ulushli qiymatlaridan ham keng foydalaniladi. Bunda tegishli birlikning son qiymatini 10 soniga ko'paytirib yoki bo'lib mos holda karrali yoki ulushli birlik hosil qilinadi. Karrali va ulushli birlik nomi dastlabki birliklar nomlariga old qo'shimchalar qo'shish yo'li bilan olinadi. Birliklarning dastlabki nomiga ikki va undan ortiq old qo'shimcha qo'shish mumkin emas. Masalan, mikromikrofarad, ya'ni “faradning

milliondan bir ulushidan milliondan bir ulashi” iborasi o`rniga pikofarad (pF) ni ishlatish lozim. Pikofarad  $10^{-12}$  F ga, ya`ni faradning milliondan bir ulushiga teng.

1.4. Xalqaro birliklar sistemasining asosiy, qo`shimcha va ba`zi muhim hosilaviy birliklari

Xalqaro birliklar sistemasining asosiy, qo`shimcha va ba`zi muhim hosilaviy birliklari

1 - jadval

Kattalik nomi	Birliklar nomi	Birliklar belgisi (o`zbekcha)
Asosiy kattaliklar		
Uzunlik	metr	m
Massa	kilogramm	kg
Vaqt	sekund	s
Elektr toki kuchi	amper	A
Termodinamik temperatura	kelvin	K
Modda miqdori	mol	mol
Yorug`lik kuchi	kandela	kd
Qo`shimcha kattaliklar		
Yassi burchak	radian	rad
Fazoviy burchak	steradian	sr
Hosilaviy birliklar		
Yuza	metr kvadrat	m ²
Hajm, sig`im	metr kub	m ³
Tezlik	metr taqsim sekund	m/s
Tezlanish	metr taqsim sekund kvadrat	m/s ²
Burchak tezlik	radian taqsim sekund	rad/s
Burchak tezlanish	radian taqsim sekund kvadrat	rad/s ²
Zichlik	kilogramm taqsim metr kub	kg/m ³

Kuch	n'yuton	N
Bosim, mexanik kuchlanish	paskal	Pa
Kinematik qovushqoqlik	metr kvadrat taqsim sekund	m ² /s
Dinamik qovushqoqlik	paskal-sekund	Pa·s
Ish, energiya, issiqlik miqdori	joul	J
Quvvat	vatt	Vt
Entropiya	joul taqsim kelvin	J/K
Solishtirma issiqlik sig'im (issiqlik sig'im)	joul taqsim kilogramm- kelvin	J/(kg·K)
Issiqlik berish (issiqlik uzatish) ko'effitsiyenti	vatt taqsim metr kvadrat-kelvin	Vt/(m ² ·K)
Issiqlik o'tkazuvchanlik	vatt taqsim metr-kelvin	Vt/(m·K)
Sirt taranglik	joul taqsim metr kvadrat	J/m ²
Diffuziya ko'effitsiyenti	metr kvadrat taqsim sekund	m ² /s
Entalpiya	joul taqsim kilogramm	J/kg

Xalqaro birliklar sistemasida ishlatiladigan old qo'shimchalar va ularning ko'paytuvchilari 2 - jadvalda keltirilgan. 3 – jadvalda esa SI birliklari bilan ayrim eskirgan birliklar o'rtasidagi nisbatlarga misollar keltirilgan.

Old qo'shimchalar va ularning ko'paytuvchilari

2-jadval

Ko'paytuvchi	Old qo'shimcha		
	nomi	Belgisi	
		xalqaro	o'zbekcha
1 000 000 000 000 000 000 = 10 ¹⁸	eksa	E	E
1 000 000 000 000 000 = 10 ¹⁵	peta	R	P
1 000 000 000 000 = 10 ¹²	tera	T	T
1 000 000 000 = 10 ⁹	giga	G	G

$1\,000\,000 = 10^6$	mega	M	M
$1\,000 = 10^3$	kilo	K	K
$100 = 10^2$	hekto	h	g
$10 = 10^1$	deka	da	da
$0,1 = 10^{-1}$	desi	d	d
$0,01 = 10^{-2}$	santi	c	s
$0,001 = 10^{-3}$	milli	m	m
$0,000001 = 10^{-6}$	mikro	μ	mk
$0,000000001 = 10^{-9}$	nano	n	n
$0,000000000001 = 10^{-12}$	piko	p	p
$0,0000000000000001 = 10^{-15}$	fermo	f	F
$0,000000000000000001 = 10^{-18}$	atto	a	a

Birliklar o'rtasidagi nisbatlar

3-jadval

Kattalik nomi	SI ga bino- an birligi	SI belgisiga o'tkazish koeffitsiyentlari
Uzunlik	m	$1\text{ mkm} = 10^{-6}m$; $1A^0 = 10^{-10}m$
Og'irlik kuchi (og'irlik)	N	$1\text{ kgk} = 9,8\text{ N}$; $1\text{ din} = 10^{-5}\text{ N}$
Dinamik qovushqoqlik	$Pa \cdot s$	$1P\text{ (puaz)} = 0,1Pa \cdot s$; $1sP = 10^{-3}Pa \cdot s$
Kinematik qovushqoqlik	m^2/s	$1\text{ kgk} \cdot s/m^2 = 9,81\text{ Pa} \cdot s$ $1\text{ st (stoks)} = 10^{-4}\text{ m}^2/s$
Bosim	Pa	$1\text{ din}/\text{sm}^2 = 0,1\text{ Pa} = 1\text{ at}$; $1\text{ kgk}/\text{m}^2 = 9,81 \cdot 10^4\text{ Pa} = 735\text{ mm. sim. ust}$ $= 10\text{ m. suv. ust}$ $1,01 \cdot 10^5\text{ Pa} = 760\text{ mm. sim. ust.}$ $= 10,33\text{ m. suv. ust}$ $1\text{ bar} = 10^5\text{ Pa}$
Quvvat	Vt	$1\text{ kgk} \cdot m/s = 9,81\text{ Vt}$ $1\text{ erg}/s = 10^{-7}\text{ Vt}$ $1\text{ kkal}/\text{soat} = 1,163\text{ Vt}$

Zichlik	kg/m^3	$1kgk \cdot s^2/m^4 = 9,81kg/m^3$ $1t/m^3 = 1kg/dm^3 = 1gr/sm^3 = 10^3kg/m^3$
Solishtirma og'irlik	N/m^3	$1kgk/m^3 = 1,163 N/m^3$
Ish, energiya, issiqlik miqdori	J	$1kgk \cdot m = 9,81 J$ $1erg = 10^{-7}J$ $1kVt \cdot s = 3,6 \cdot 10^6J$ $1kkal = 4187J = 4,19 kJ$
Solishtirma issiqlik sig'imi	$J/(kg \cdot K)$ $J/(kg \cdot S)$	$1kkal = 1/(kg \cdot ^0 S) = 4,19kJ/(kg \cdot K)$ $1erg/g \cdot K = 10^{-4}J/(kg \cdot K)$
Issiqlik berish va o'tkazish koeffitsiyentlari	$Vt/(m^2 \cdot K)$ $Vt/(m^2 \cdot S)$	$1kkal/(m^2 \cdot soat \cdot ^0 S) = 1,163 Vt/(m^2 \cdot K)$
Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti	$Vt/(m \cdot K)$ $Vt/(m \cdot S)$	$1kkal/(m \cdot soat \cdot ^0 S) = 1,163 Vt/(m \cdot K)$
Aylanish chastotasi	Gs	$1s^{-1} = 1 Gs$ $1ayl/s = 1 Gs$ $1ayl/min = 1/60 Gs$
Solishtirma entalpiya	J/kg	$1 kkal/kg = 1 kal/g = 4,19 kJ/kg$

II – bo`lim. Gidravlik hisoblashlar

Asosiy shartli belgilashlar:

d_e - ekvivalent diametr, m;

g - erkin tushish tezlanishi, m/s²;

h_n - naporning yo`qotilishi, m;

V - hajmiy sarf, m³/s;

G - massaviy sarf, kg/s;

ω - tezlik, m/s;

ρ - zichlik, kg/m³;

μ - dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, Pas;

P - bosim, Pa;

ΔP - bosimlar farqi, Pa;

S - oqimning ko`ndalang kesim yuzasi, m²;

ξ - mahalliy qarshiliklar koeffitsiyenti;

ε - quvurning absolyut g`adir-budirligi, m;

l - quvur uzunligi, m;

λ - gidravlik qarshilik koeffitsiyenti (ishqalanish koeffitsiyenti);

N - quvvat, kVt;

H - nasos nabori, m;

n - aylanishlar chastotasi, s⁻¹ yoki ayl/min;

$Re = \frac{\omega \cdot d_e \cdot \rho}{\mu}$ - Reynol`ds mezoni.

2.1. Quvur diametrini hisoblash

Quvurning ichki diametri quyidagi tenglama orqali aniqlanadi

$$V = \omega \cdot S = \omega \cdot \pi \cdot d^2 / 4 \quad (2.1)$$

yoki

$$G = \omega \cdot \rho \cdot S = \omega \cdot \rho \cdot \pi \cdot d^2 / 4 \quad (2.2)$$

bundan

$$d = \sqrt{4V / (\pi \cdot \omega)} \quad (2.3)$$

yoki

$$d = \sqrt{4G / (\pi \cdot \rho \cdot \omega)} \quad (2.4)$$

(2.3) va (2.4) ifodalardan ko`rinib turibdiki quvur diametrini aniqlash uchun suyuqlik sarfi va uning harakat tezligi ma`lum bo`lishi kerak.

Suyuqliklar, gazlar va bug'larning amaliy yo'l bilan aniqlangan tezliklari quvur diametrining optimal qiymatlariga mos keladi (4-jadval).

4 - jadval

T/r	Muhit	Harakat turi	Tezlik (ω , m/s)
1	Suyuqliklar	O'z oqimi bo'yicha qovushqoq kam qovushqoq nasos yordamida uzatilganda: so'rish quvurlarida haydash quvurlarida	0,1 ÷ 0,5 0,5 ÷ 1,0 0,8 ÷ 2,0 1,5 ÷ 3,0
2	Gazlar	Tabiiy so'rilganda: kamroq bosim ostida (10^4 MPa gacha) yuqori bosim ostida (10^4 MPa katta)	2,0 ÷ 4,0 4,5 ÷ 15,0 15 ÷ 25
3	Bug'lar	O'ta qizdirilgan To'yingan: absolyut bosim miqdori, Pa $R > 10^5$ $R = 1 \div 0,5 \cdot 10^5$ $R = 0,5 \div 0,2 \cdot 10^5$ $R = 0,2 \div 0,05 \cdot 10^5$	30 ÷ 50 15 ÷ 25 20 ÷ 40 40 ÷ 60 60 ÷ 75

Quvur diametrini aniqlagandan keyin tashilayotgan muhitning xossasiga asosan material tanlanadi.

2.2. Quvurda gidravlik qarshiliklarni aniqlash

Gidravlik qarshiliklarni aniqlash quvurda suyuqliklar va gazlarni harakatlantirish hamda nasos va kompressorlarni tanlash maqsadida amalga oshiriladi.

Oqimning quvurda harakati vaqtida hosil bo'ladigan gidravlik qarshilik devor va oqim o'rtasidagi ishqalanish qarshiligi hamda oqim yo'nalishi yoki tezligi o'zgarganda paydo bo'ladigan mahalliy qarshiliklardan iborat bo'ladi.

Gidravlik qarshiliklarni yengish uchun yo`qotiladigan umumiy bosim ΔP_y yoki napor (h_y) quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$\Delta P_y = \left(\lambda \frac{l}{d_e} + \sum \xi \right) \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.5)$$

$$h_y = \left(\lambda \frac{l}{d_e} + \sum \xi \right) \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.6)$$

Bu yerda:

$$d_e = 4S/P \quad (2.7)$$

Bu yerda:

P – ho`llangan perimetr

Reynol'ds mezoni qiymatiga bog'liq bo'lgan ishqalanish koeffitsiyenti (λ) quyidagicha aniqlanadi:

Laminar rejimda

$$\lambda = A/Re \quad (2.8)$$

Bu yerda:

A – quvur kesimining shakliga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent

Turbulent rejimda

1. Hidravlik silliq quvurlar uchun

$$\lambda = 0,3165/Re^{0,25} \quad (2.9)$$

2. Hidravlik g'adir – budir quvurlar uchun

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left[\frac{\varepsilon}{3,7} + \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right] \quad (2.10)$$

Bu yerda:

$\varepsilon = \frac{l}{d_e}$ - quvur devorining nisbiy g'adir-budirliqi, m

l - quvur devorining absolyut g'adir – budirliqi, m.

Quvur g'adir – budirligining taxminiy qiymatlari quyidagi jadvalda keltirilgan.

T/r	Quvur turi	l , mm
1	Yangi yaxlit po`lat quvur	$0,06 \div 0,1$
2	Payvandlangan va bir oz zanglagan po`lat quvur	0,2
3	Eski zanglagan po`lat quvur	$< 0,67$
4	Ishlatilgan cho`yan suv quvuri	1,4
5	Yangi cho`yan quvur	$0,25 \div 1,0$
6	Alyumindan tayyorlangan texnik silliq quvur	$0,015 \div 0,06$
7	Latun, mis, shishadan tayyorlangan toza yaxlit quvur	$0,0015 \div 0,01$
8	O`rtacha ishlash sharoitidagi neft quvuri, to`yingan bug' tashuvchi quvur	0,2
9	Porshenli kompressor va turbokompressorlar yordamida haydaladigan havoni tashuvchi quvur	0,8

2.3. Nasos va ventilyatorlarni hisoblash

Kimyoviy ishlab chiqarish texnologiyalarida ishlatiladigan nasoslarning asosiy turlari: markazdan qochma, porshenli va propellerli (o`qli) nasoslardir.

Bu rusumdagi qurilmalarni loyihalashda belgilangan sarfda suyuqlikni nasos yordamida uzatish uchun zarur napor va quvvatni aniqlash masalasini echish kerak. Napor va quvvat miqdori aniqlangandan keyin aniq bir nasos tanlanadi.

Suyuqlikni uzatish uchun sarflanayotgan foydali quvvat quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$N_f = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (2.11)$$

Bu yerda:

Q – suyuqlik sarfi, m^3/s ;

N – nasos nabori, m.

Nasosning o`qidagi quvvat quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$N_e = \frac{N_f}{\eta_n} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta_n} \quad (2.12)$$

Nasosning napori esa ushbu formula yordamida hisoblanadi:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + H_g + h_{yoriq} \quad (2.13)$$

Bu yerda:

p_2, p_1 – suyuqlikning nasosga kirishidagi va chiqishidagi bosimi, Pa;

H_g – suyuqlikni geometrik ko'tarilish balandligi, m;

h_{yoriq} – so'rish va haydash quvurlaridagi bosim yo'qotishlarning yig'indisi, m.

Dvigatel iste'mol qiladigan quvvat nasos o'qidagi quvvatdan ortiqroq bo'ladi, chunki quvvatning bir qismi elektr dvigatelning o'qida va elektr dvigateldan mexanik nasosga berilayotganda sarf bo'ladi, ya'ni

$$N_{dv} = \frac{N_e}{\eta_{dv}\eta_{uz}} = \frac{N_f}{\eta_n\eta_{dv}\eta_{uz}} \quad (2.14)$$

Agarda nasosning foydali ish koeffisienti (fik) noma'lum bo'lsa, unda quyidagi berilayotgan taxminiy foydali ish koeffisiyentlari son qiymatlaridan foydalansa bo'ladi:

6 - jadval

Nasos	Markazdan qochma	Propellerli	Porshenli
fik	0,4 – 0,7 (kichik va o'rta sarfli)	0,7 – 0,9	0,65 – 0,85
fik	0,7 – 0,9 (katta sarfli)	-	-

Agarda dvigatelning foydali ish koeffisiyenti noma'lum bo'lsa, nominal quvvatga qarab foydali ish koeffisiyentini tanlasa bo'ladi:

7 - jadval

N_{dv} , kVt	0,4 ÷ 1	1 ÷ 3	3 ÷ 10	10 ÷ 30	30 ÷ 100	100 ÷ 200
η_{dv}	0,7 ÷ 0,78	0,78 ÷ 0,83	0,83 ÷ 0,87	0,87 ÷ 0,9	0,9 ÷ 0,92	0,92 ÷ 0,94

Agarda $N_{dv} > 200$ kVt bo'lsa, dvigatel foydali ish koeffitsiyenti 0,94 ga teng qabul qilinadi.

Texnologik tizimga nasosni o'rnatish paytida shuni nazarda tutish kerakki, so'rish balandligi quyidagi formuladan olingan son qiymatidan katta bo'lmasligi kerak :

$$H_s \leq \frac{p_1}{\rho g} - \left(\frac{p}{\rho g} + \frac{\omega_s^2}{2g} + h_{s.yo'iq} + h_{zax} \right) \quad (2.15)$$

Bu yerda:

p_1 – ishchi temperaturada uzatilayotgan suyuqlikning to'yingan bug' bosimi, Pa;

ω_s - so'rish quvursidagi suyuqlikning tezligi, m/s;

$h_{s.yo'iq}$ – so'rish quvursidagi naporning yo'qotilishi, m;

h_{zax} – kavitatsiya hodisasini bartaraf qilish uchun napor zahirasi, m.

Markazdan qochma nasoslar uchun

$$h_{zax} = 0,3 \cdot (Q \cdot n^2)^{2/3} \quad (2.16)$$

Bu yerda:

n – valning aylanishlar chastotasi, s^{-1}

Porshenli nasoslar uchun

$$h_{zax} = 1,2 \cdot \frac{l}{g} \cdot \frac{f_1}{f_2} \cdot \frac{u^2}{r} \quad (2.17)$$

Bu yerda:

l - so'rish quvursidagi suyuqlikning balandligi, m;

f_1 va f_2 – porshen va quvurlarning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 ;

u – aylanishning doira bo'ylab tezligi, s^{-1} ;

r – krivoship radiusi, m.

Ventilyatorlar. Gazlarni uzatish paytida bosimni 1,15 gacha ko'taradigan mashinalarga ventilyatorlar deyiladi. Sanoatda eng ko'p tarqalgan ventilyatorlarga

markazdan qochma va propellerli (o`qli) ventilyatorlar kiradi. Hosil qilayotgan bosimiga qarab, ventilyatorlar 3 guruhga bo`linadi:

- past bosimli - 981 Pa gacha;
- o`rta bosimli - 981 ÷ 2943 Pa;
- yuqori bosimli - 2943 ÷ 11772 Pa.

Ventilyator iste`mol qilayotgan quvvatni aniqlash uchun (2.11), (2.12) va (2.14) formulalardan foydalanish mumkin.

Ventilyatorning napori quyidagi tenglamadan topiladi:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + h_{yo'q} \quad (2.18)$$

Bu yerda:

p_1 – gaz so`rib olinayotgan qurilmadagi bosim, Pa;

p_2 - gaz haydalayotgan qurilmadagi bosim, Pa;

$h_{yo'q}$ - so`rish va haydash yo`llarida yo`qotilgan naporlarning yig`indisi.

Markazdan qochma ventilyator foydali ish koeffisienti $\eta_v = 0,6 \div 0,9$, propellerli (o`qli) ventilyatorlarniki  $\eta_v = 0,7 \div 0,9$  ga teng deb olinadi. Agarda dvigatel bilan ventilyator o`qlari bevosita birlashtirilgan bo`lsa, foydali ish koeffisient taxminan  $\eta_{uz} \approx 1,0$  ga teng bo`ladi.

Ilovadagi 3 jadvalda sanoatda qo`llaniladigan nasos va ventilyatorlarning asosiy texnik xarakteristikalar berilgan.

2.4. Nasosni hisoblash namunasi

Ortiqcha bosim (0,1 MPa) ostida ishlaydigan qurilmaga ochiq idishdan 20 °C li suvni uzatish uchun qanday nasos o`rnatilishi kerak. Suvning sarfi  $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$ . Suvni 15 m balandlikka ko`tarish zarur. So`rish quvurining uzunligi 10 m, haydash yo`liniki esa 40 m. Haydash yo`lida 2 ta 120° li burilish radiusi quvurning 6 ta diametriga teng, 10 ta 90° li tirsak va 3 ta normal ventillar mavjud. So`rish yo`lida esa 2 ta ventil va burilish radiusi quvurning 6 ta diametriga teng 4 ta 90° li tirsaklar mavjuddir.

Suv idishi sathidan 4 metr balandlikda nasosni o'rnatish mumkinligini aniqlash kerak.

Quvurini tanlash

So'rish va haydash quvurlari uchun suvning oqish tezligini bir xil, ya'ni 2 m/s deb qabul qilamiz.

Unda, quvur diametri quyidagiga teng bo'ladi.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2}}{3,14 \cdot 2}} = 0,088 \text{ m}$$

8 jadvaldan tashqi diametri 95 mm, devorining qalinligi 4 mm li po'lat quvurni tanlaymiz. Ushbu quvurning ichki diametri $d = 87$ mmga teng bo'ladi. Quvurdagi suvning haqiqiy tezligi:

$$\omega = \frac{4 \cdot Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2}}{3,14 \cdot 0,087^2} = 2,02 \text{ m/s}$$

Quvur yemirilishini hisobga olmasa bo'ladigan darajada kam deb qabul qilamiz.

8 - jadval

Tashqi diametr va devor qalinligi, mm	Material	Tashqi diametr va devor qalinligi, mm	Material	Tashqi diametr va devor qalinligi, mm	Material
1	2	3	4	5	6
14x2	4,3	48x3	3	133x4	4
14x2,5	3	48x4	4	133x6	3
14x3	4	56x3,5	3	133x7	4
16x2	44	57x2,5	4	159x4,5	4
18x2	4,3	57x3,5	4	159x5	4
18x3	4,3	57x4	4	159x6	3
20x2	3	70x3	3	159x7	4
20x2,5	4	70x3,5	4	194x6	4
22x2	4,3	76x4	4	194x10	4
22x3	4	89x4	4,3	219x6	4
25x2	4,3	89x4,5	4,3	219x8	4
25x3	4	89x6	4	245x7	4

1	2	3	4	5	6
32x3	3	90x4	3	245x10	4
32x3,5	4	90x5	4	273x10	4
38x2	4,3	95x4	4,3	325x10	4
38x3	3	95x5	4	325x12	4
38x4	4	108x4	4	377x10	4
45x3,5	3	108x5	4	426x11	4
45x4	4	108x5	3		

Ishqalanish va mahalliy qarshiliklar tufayli naporning yo`qotilishi:

Buning uchun Reynol'ds mezoni qiymatini aniqlaymiz:

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{2,02 \cdot 0,087 \cdot 998}{1,005 \cdot 10^{-3}} = 174500$$

Ya'ni, suvning oqishi turbulent rejimga to'g'ri keladi. Quvurning absolyut g'adir-budirligini $\Delta = 2 \cdot 10^{-4}$ metr deb qabul qilamiz va quyidagilarni aniqlaymiz:

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,087} = 0,0023$$

$$\frac{1}{e} = 435; \quad \frac{560}{e} = 244000; \quad \frac{10}{e} = 4350$$

$$435 < Re < 244000$$

Ko'rinib turibdiki, quvurning ichida aralash ishqalanish mavjuddir. Shuning uchun λ koeffitsiyenti quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\lambda = 0,11 \left(e + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \left(0,0023 + \frac{68}{174500} \right)^{0,25} = 0,025$$

Mahalliy qarshilik koeffitsiyentlari yig'indisini topamiz:

So'rish yo'li uchun:

1) quvurga kirish (o'tkir qirrali hol uchun): $\xi = 0,5$;

2) ventillar: $d = 0,076$ uchun $\xi = 0,6$;

$d = 0,10$ uchun $\xi = 0,5$;

Interpolizatsiya qilish natijasida, $d = 0,087$ uchun $\xi = 0,56$; olingan natijani tuzatish koeffitsiyenti $k = 0,925$ ga ko'paytirib $\xi = 0,52$ ekanligini aniqlaymiz.

3) tirsaklar uchun: koeffitsiyent $A = 1$; koeffitsiyent $B = 0,09$; $\xi = 0,09$.

So'rish yo'lidagi mahalliy qarshilik koeffitsiyentlarining yig'indisini topamiz:

$$\sum \xi = \xi_1 + 2\xi_2 + 4\xi_3 = 0,5 + 2 \cdot 0,52 + 4 \cdot 0,09 = 1,9$$

So'rish yo'lida naporning yo'qotilishi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$h_{s.yo'q} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{\omega^2}{2g} = \left(0,025 \cdot \frac{10}{0,087} + 1,9 \right) \cdot \frac{2,02^2}{2 \cdot 9,81} = 0,99$$

Haydash yo'li uchun:

1) 120° li tirsaklar: $A = 1,17$; $B = 0,09$; $\xi_1 = 0,105$

2) 90° li tirsaklar: $\xi_2 = 0,09$

3) normal ventillar: $d = 0,08$ m uchun $\xi_3 = 4,0$

$d = 0,1$ m uchun $\xi_3 = 4,1$

$d = 0,087$ m uchun $\xi_3 = 4,04$

4) quvurdan chiqishda: $\xi_4 = 1$

Haydash yo'lida mahalliy qarshilik koeffitsiyentlarining yig'indisini topamiz:

$$\sum \xi = 2\xi_1 + 10\xi_1 + 2\xi_3 + \xi_4 = 2 \cdot 0,105 + 10 \cdot 0,09 + 2 \cdot 4,04 + 1 = 10,2$$

Haydash yo'lida bosimning yo'qotilishi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$h_{h.yo'q} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{\omega^2}{2g} = \left(0,025 \cdot \frac{10}{0,087} + 10,2 \right) \cdot \frac{2,02^2}{2 \cdot 9,81} = 4,51 \text{ m}$$

Umumiy naporning yo'qotilishi:

$$h_{um} = h_{s.yo'q} + h_{h.yo'q} = 0,99 + 4,51 = 5,5 \text{ m}$$

Nasosni tanlash.

(2.13) formula yordamida kerakli napor topiladi:

$$H = \frac{0,1 \cdot 10^6}{(998 \cdot 9,81) + 15 + 5,5} = 30,7 \text{ mm.suv. ust.}$$

1) Berilgan ish unumdorlikda bunday naporni bir bosqichli markazdan qochma nasos hosil qiladi (ilovadagi 3 jadval).

2) Ushbu nasosning foydali quvvatini (2.11) formula orqali hisoblab topish mumkin:

$$N_f = 998 \cdot 9,81 \cdot 0,012 \cdot 30,7 = 3606 \text{ vt} = 3,61 \text{ kVt}$$

Foydali ish koeffitsiyentini $\eta_{uz} = 1$ va $\eta_n = 0,6$ deb qabul qilib, (2.14) formuladan dvigatel o'qidagi quvvatni aniqlaymiz:

$$N = \frac{3,61}{0,6 \cdot 1} = 6,02 \text{ kVt}$$

Ilovadagi 1 – jadvaldan ushbu ish unumdorlik va naporga mos X45/31 markali markazdan qochma nasos to'g'ri keladi. Bu nasosning optimal ish rejimida $Q = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{c}$, $H = 31 \text{ m}$, $\eta_n = 0,6$. Nasosga A02-52-2 elektr dvigateli o'rnatilgan bo'lib, uning nominal quvvati $N=13 \text{ kVt}$, $\eta_{dv} = 0,89$. Dvigatel o'qining aylanish chastotasi $n = 48,3 \text{ s}^{-1}$.

Kavitatsiya uchun naporning zahirasi (2.16) formuladan topiladi:

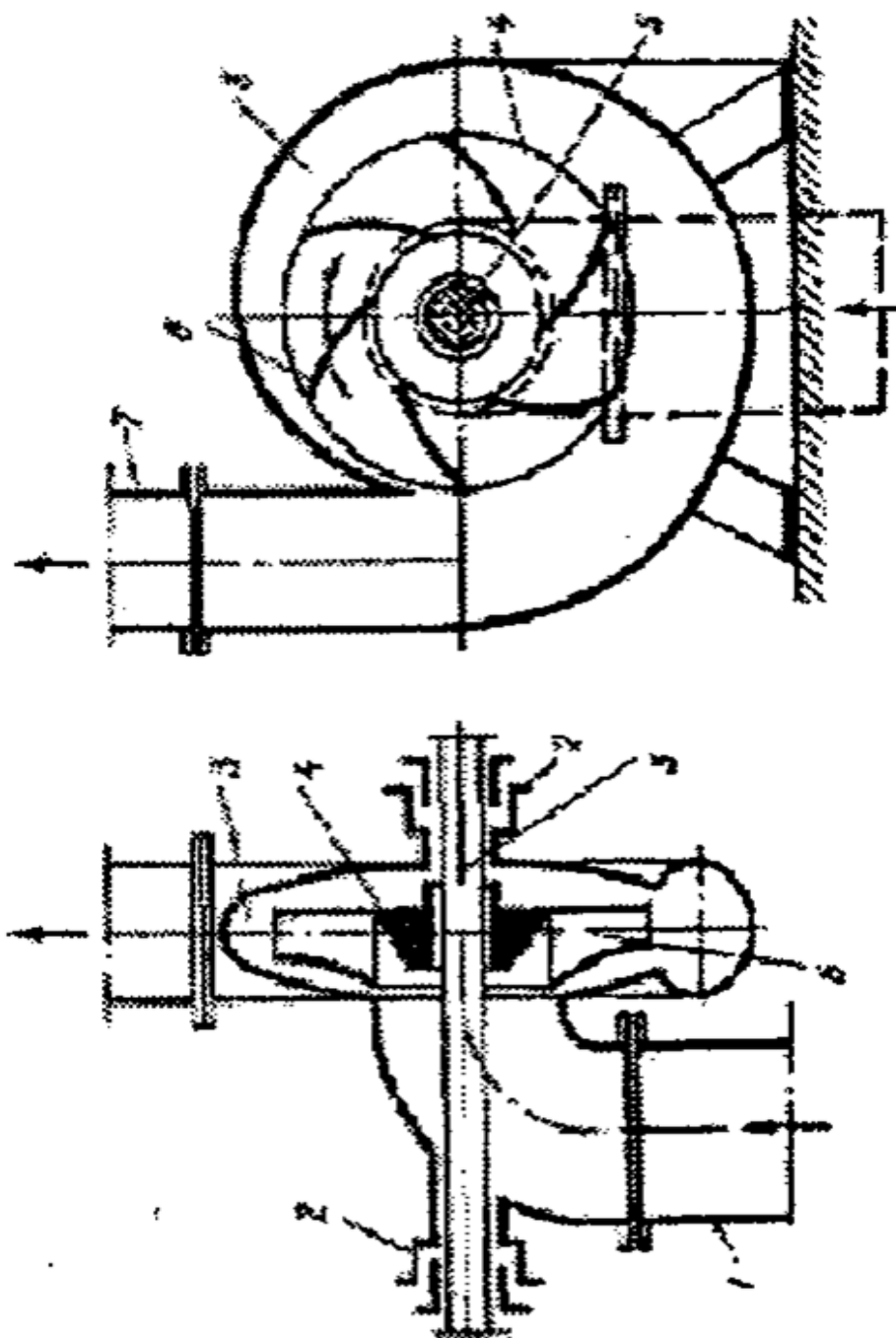
$$h_{zax} = 0,3 \cdot (0,012 \cdot 48,3^2)^{\frac{2}{3}} = 2,77 \text{ m}$$

To'yingan suv bug'ining bosimi [4] dan aniqlanadi va u 20° S da $p_t = 2,35 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ ga tengdir. Atmosfera bosimi $p_l = 10^5 \text{ Pa}$ va so'rish patrubkasining diametri quvurning diametriga teng deb qabul qilamiz.

Unda, quyidagi formula orqali

$$H_s \leq \frac{10^5}{998 \cdot 9,81} - \left(\frac{2,35 \cdot 10^3}{998 \cdot 9,81} + \frac{2,02}{2 \cdot 981} + 0,99 + 2,77 \right) = 6,0 \text{ m}$$

ekanligini aniqlaymiz. Shunday qilib, nasosni idishdagi suyuqlik sathidan 4 m balandlikda o'rnatish mumkin bo'lar ekan.



2.1 – rasm. Markazdan qochma nasos

2.5. Ventilyatorlarni hisoblash namunasi

Havoning temperaturasi 20°C , sarfi esa – $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Havо adsorberning pastki qismiga yuborilmoqda. Adsorbent qatlaminig ostidagi va ustidagi havoning bosimi atmosfera bosimiga tengdir. Sorbent zarrachalarining zichligi $\rho_k = 800 \text{ kg}/\text{m}^3$, o`rtacha o`lchami $d = 0,0020 \text{ m}$ va shakl faktori $F = 0,8$. Qo`zg`almas

sorbent qatlaminig balandligi $H = 0,65$ m, g'ovakligi $\varepsilon = 0,4$ m³/m³. Adsorberning ichki diametri $D = 1,34$ m. Havo so'rib olish joyidan adsorbergacha bo'lgan quvurning uzunligi $l = 20$ m. Quvurda 90° li 4 ta tirsak va 1 ta zadviyka o'rnatilgan.

Adsorber orqali havoni uzatish uchun ventilyator tanlansin talab qilinadi.

Qatlam holatini aniqlaymiz:

Qurilmadagi havoning fiktiv tezligini topamiz:

$$\omega_0 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,4}{3,14 \cdot 1,34^2} = 0,284 \text{ m}$$

Arximed mezonini quyidagi formuladan hisoblaymiz:

$$Ar = \frac{g \cdot d^2}{\mu^2} \cdot (\rho_k - \rho) \cdot \rho = \frac{9,81 \cdot 0,00205^3}{(1,85 \cdot 10^{-5})^2} \cdot (800 - 1,206) \cdot 1,206$$

$$= 2,38 \cdot 10^5$$

Reynol'ds mezonini qiymatini ($Re_{m.k}$) Todes formulasi orqali hisoblab topish mumkin:

$$Re_{m.q} = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} = \frac{2,38 \cdot 10^5}{1400 + 5,22\sqrt{2,38 \cdot 10^5}} = 60,3$$

Mavhum qaynash tezligi esa ushbu formuladan aniqlanadi:

$$\omega_{m.q} = \frac{Re_{m.q} \cdot \mu}{d \cdot \rho} = \frac{60,3 \cdot 1,85 \cdot 10^{-5}}{0,00205 \cdot 1,206} = 0,451 \text{ m/s}$$

Shunday qilib, $\omega_0 < \omega_{m.q}$ ($0,284 \text{ m/s} < 0,451 \text{ m/s}$); demak qatlam qo'zg'almas holatda.

Qatlamdagi Reynol'ds mezonining qiymati aniqlanadi:

$$Re = \frac{2}{3} \cdot \frac{f}{(1 - \varepsilon)} \cdot Re_0 = \frac{2}{3} \cdot \frac{0,8}{(1 - 0,4)} \cdot \frac{0,284 \cdot 0,00205 \cdot 1,206}{1,85 \cdot 10^{-5}} = 33,7$$

Qarshilik koeffitsiyenti λ ushbu formuladan topiladi:

$$\lambda = \frac{133}{Re} + 2,34 = \frac{133}{33,7} + 2,34 = 6,29$$

Adsorbent qatlamining gidravlik qarshiligi hisoblanadi:

$$\begin{aligned}\Delta P_{qat} &= \frac{3 \cdot \lambda \cdot H \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho \cdot \omega_0^2}{4 \cdot \varepsilon^3 \cdot d \cdot F} \\ &= \frac{3 \cdot 6,29 \cdot 0,65 \cdot (1 - 0,4) \cdot 1,206 \cdot 0,284^2}{4 \cdot 0,4^3 \cdot 0,00205 \cdot 0,8} = 1705 \text{ Pa}\end{aligned}$$

Adsorberdagi gaz taqsimlovchi to`r parda va boshqa yordamchi elementlarning gidravlik qarshiligi qatlam qarshiligining 10% ini tashkil etadi deb qabul qilamiz. Unda, qurilmaning gidravlik qarshiligi quyidagiga teng bo`ladi:

$$\Delta P_{qur} = \Delta P_{qat} \cdot 1,1 = 1705 \cdot 1,1 = 1876 \text{ Pa}$$

Quvurdagi havoning tezligini $\omega = 10 \text{ m/s}$ deb qabul qilamiz. Unda, quvurning diametri quyidagi formuladan hisoblab topiladi:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,4}{3,14 \cdot 10}} = 0,226 \text{ m}$$

Tashqi diametri 245 mm va devorining qalinligi 7 mm bo`lgan po`lat quvur tanlanadi. Quvurning ichki diametri $d = 0,231 \text{ m}$ va undagi haqiqiy tezlik quyidagiga teng bo`ladi:

$$\omega = \frac{0,4 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,231^2} = 9,55 \text{ m/s}$$

Quvurdagi oqim uchun Reynol`ds mezoni:

$$Re = \frac{9,5 \cdot 0,231 \cdot 1,206}{1,85 \cdot 10^{-5}} = 149800$$

Quvur ishlatilgan, ozgina emirilgan deb qabul qilamiz. Unda $\Delta = 0,15 \text{ mm}$ bo`lsa, quyidagi natijalar olinadi:

$$\begin{aligned}e &= \frac{1,5 \cdot 10^{-4}}{0,231} = 6,49 \cdot 10^{-4}; & \frac{1}{\varepsilon} &= 1541; & 10 \cdot \frac{1}{\varepsilon} &= 15410 \\ 560 \cdot \frac{1}{\varepsilon} &= 862900; & 15410 &< Re < 149800 < 862900\end{aligned}$$

Shunday qilib, λ aralash ishqalanish zonasi uchun chiqarilgan quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\lambda = 0,11 \left(e + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \left(6,49 \cdot 10^{-4} + \frac{68}{143800} \right)^{0,25} = 0,020$$

Mahalliy qarshilik koeffitsiyentlari aniqlanadi:

- 1) quvurga kirishda (o'tkir qirrali): $\xi_1 = 0,5$
- 2) zadviyka: $d = 0,231$ m uchun $\xi_1 = 0,22$
- 3) tirsak uchun: $\xi_1 = 1,1$
- 4) quvurdan chiqishda: $\xi_1 = 1$

Mahalliy qarshilik koeffitsiyentlarining yig'indisi:

$$\sum \xi = 0,5 + 0,22 + 4 \cdot 1,1 + 1 = 6,12$$

ga teng bo'ladi.

Quvurning gidravlik qarshiligi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\Delta P_{yorq} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = \left(\frac{0,02 \cdot 20}{0,231} + 6,12 \right) \cdot \frac{1,206 \cdot 9,55^2}{2} = 432 \text{ Pa}$$

Qurilma va quvurning qarshiliklarini engish uchun ventilyator quyidagi miqdorda ortiqcha bosim hosil qilishi kerak:

$$\Delta P = \Delta P_{qur} + \Delta P_{yorq} = 1876 + 432 = 2308 \text{ Pa}$$

Shunday qilib, o'rta bosimli ventilyatorni tanlash kerak bo'ladi.

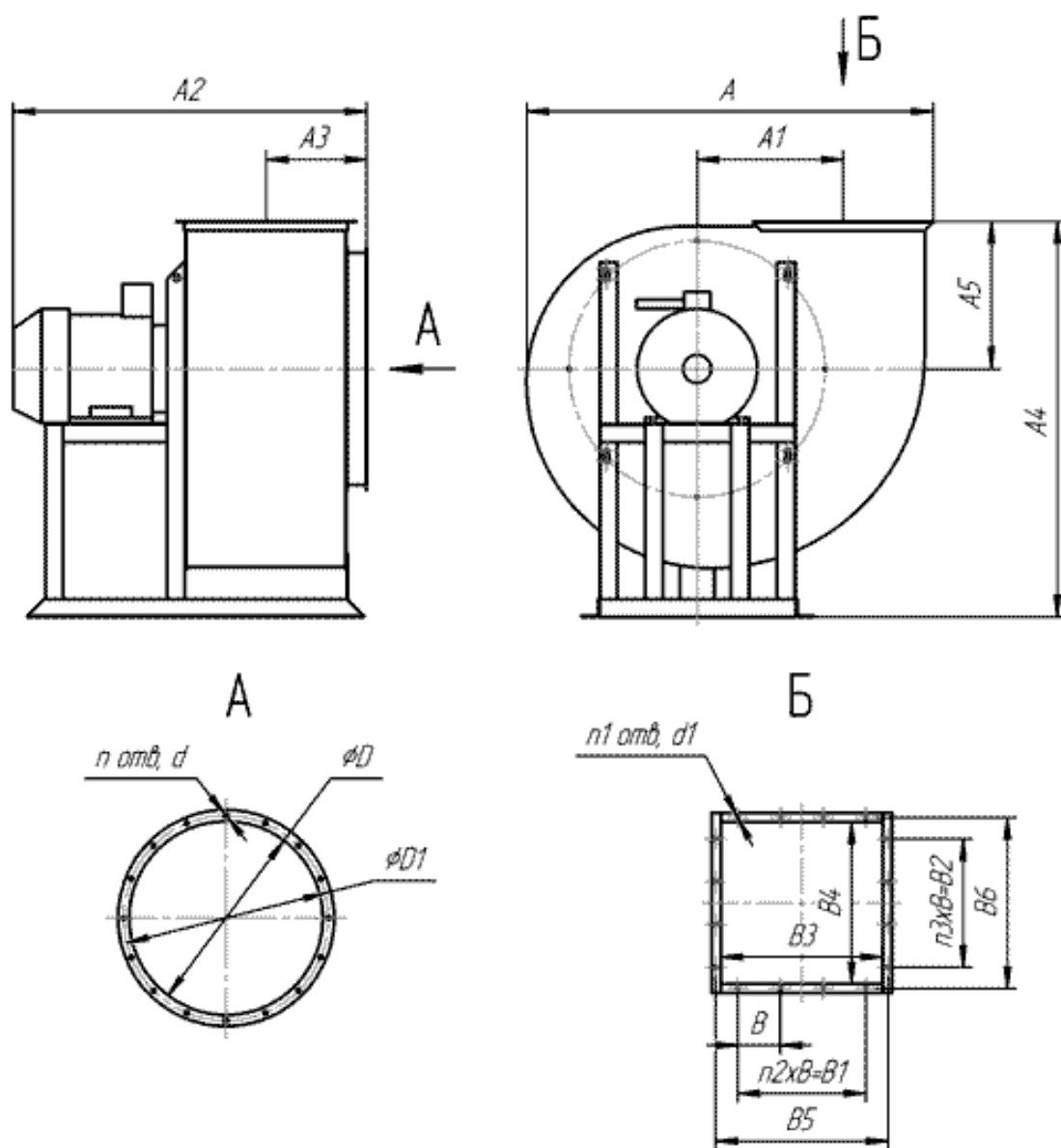
Ventilyatorning foydali quvvati (2.11) formuladan aniqlanadi:

$$N_f = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q = Q \cdot \Delta P = 0,4 \cdot 2308 = 923 \text{ Vt} = 0,923 \text{ kVt}$$

Agar $\eta_{uz} = 1$ va $\eta_h = 0,6$ deb qabul qilinsa, unda elektrodvigatel o'qidagi quvvat (2.14) formulaga binoan quyidagiga teng bo'ladi:

$$N = \frac{0,923}{0,6 \cdot 1} = 1,54 \text{ kVt}$$

Ilovadagi 2 jadvaldan ko'rinib turibdiki, loyiha shartiga TS1-1450 ventilyatori mos keladi.



2.2 – rasm. Markazdan qochma ventilyator

III – bo`lim. Fil`trlash

Suspenziya va aërozollarni g`ovaksimon filtr to`siqlar yordamida fazalarga ajratish jarayoni fil`trlash deb yuritiladi. Cho`kmadan ajralgan suyuqlik fil`trat deyiladi.

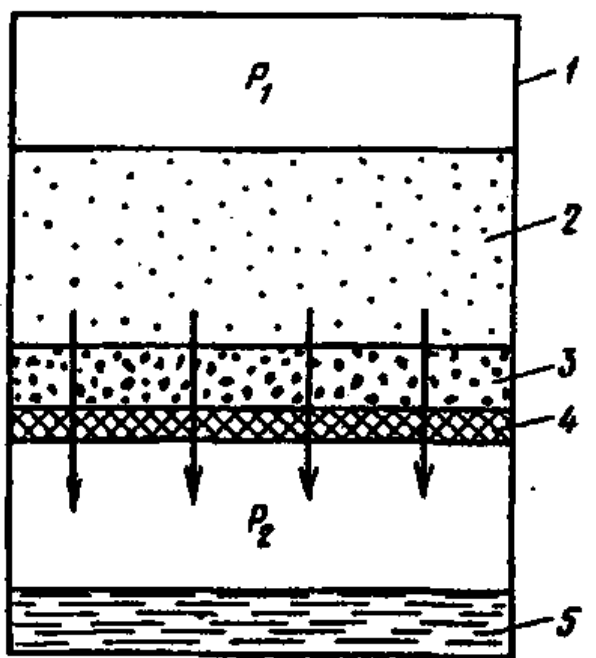
Fil`trlash jarayonining harakatlantiruvchi kuchi bosimlar farqi bo`lib hisoblanadi.

Bosimlar farqi quyidagi usullar yordamida hosil qilinishi mumkin:

1. Fil`tr to`siq ustida suyuqlik sathini oshirish orqali;
2. Suspenziyani nasoslar yordamida berish orqali;
3. Fil`tr to`siq ostida vakuum-nasoslar yordamida vakuum hosil qilish orqali.

Fil`tr to`siqlar sifatida sochilgan tuproq jinslari (shag`al, qum), to`qilgan tolali materiallar (paxta, jun, shisha va asbest tolalari), keramik materiallar, gazlamalar ishlatiladi. Fil`tr to`siq ustida hosil bo`ladigan cho`kmalar siqilmaydigan va siqiladigan turlarga bo`linadi.

Fil`tr to`siq g`ovaklarining diametri ushlab qolinadigan qattiq zarracha o`lchamidan kichik bo`lishi lozim.



3.1- rasm. Suspenziyani ajratishga mo`ljallangan fil`trning sxemasi:

1-qobiq; 2-suspenziya; 3-cho`kma; 4-fil`tr to`siq; 5-fil`trat.

Fil'trlashning umumiy tenglamasi. Buning uchun 3.1 - rasmda ko'rsatilgan bosimlar farqi ta'sirida boradigan fil'trlash jarayonining modelini ko'rib chiqamiz. Bu model bo'yicha fil'tr to'siq va cho'kmaning hamma kanallari (yoki g'ovaklari) teng qiymatli bo'lib, fil'trat ushbu kanallar bo'ylab laminar rejim bilan harakat qiladi. Bunday holatda fil'tratning kanallar bo'ylab o'tishiga bo'lgan gidravlik qarshilikni Gaden-Puazeyl tenglamasi yordamida aniqlash mumkin:

$$\Delta P = \frac{32L\mu\omega}{d^2} \quad (3.1)$$

Bu yerda:

ΔP – bosimlar farqi;

L - cho'kma va filtr to'siq kanallarining uzunligi;

d - ushbu kanallarning diametri;

ω – fil'tratning kanallardagi tezligi;

μ – fil'tratning qovushqoqligi.

Fil'tr to'siqning yuzasini F bilan, to'siqdagi hamma ko'ndalang kesimning umumiy yuzasini S bilan belgilasak, u holda: $S = \alpha F$ yoki $F = S/\alpha$,

Bu yerda:

$\alpha < 1$ – umumiy yuzadagi nisbiy ulushni bildiradi.

Gaden-Puayzel tenglamasining chap va o'ng tomonlarini G' va $d\tau$ larga ko'paytirib, quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$\Delta P F d\tau = \frac{32L\mu\omega}{d^2} \cdot \frac{S}{\alpha} d\tau \quad (3.2)$$

yoki

$$\Delta P d\tau = \frac{32L\mu}{d^2\alpha} \cdot \frac{\omega S d\tau}{F} \quad (3.3)$$

Bu yerda:

$\frac{32L\mu}{d^2\alpha} = R$ – berilgan suspenziya uchun o'zgarmas qiymatga ega bo'lib,

fil'trlash jarayonining qarshiligini belgilaydi;

$$\frac{\omega S d\tau}{F} = dV_f - \text{fil'tr to'siqning } 1 \text{ m}^2 \text{ yuzasidan qisqa vaqt } d\tau \text{ davomida}$$

yig'ilgan fil'tratning hajmini bildiradi

Bunday holatda fil'trlash tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{dV_f}{F d\tau} = \frac{\Delta P}{R} \quad (3.4)$$

Bu yerda:

$$\frac{dV_f}{F d\tau} = W - \text{fil'trlash tezligi.}$$

Tajribalardan ma'lumki, har bir vaqt momentidagi fil'trlash tezligi bosimlar farqiga to'g'ri proportsional, suyuq muhit qovushqoqligiga, cho'kma va fil'tr to'siqning umumiy gidravlik qarshiligiga teskari proportsionaldir. SHu sababli (3.4) tenglamani to'ldirib, quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\frac{dV_f}{F d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu(R_{ch} + R_{f.t})} \quad (3.5)$$

Bu yerda:

ΔP – bosimlar farqi, Pa;

R_{ch} – cho'kma qatlamining qarshiligi, m^{-1} ;

$R_{f.t}$ – fil'tr to'siqning qarshiligi, m^{-1} ;

μ - qatlam suspenziyasining qovushqoqligi, Pas.

Fil'trlash tezligini aniqlash uchun (3.5) tenglikni integrallab, cho'kmaning gidravlik qarshiligi bilan olinayotgan fil'trat hajmi orasidagi bog'liqlikni bilish lozim. Tenglamani integrallashda fil'tr to'siqlarning qarshiligi o'zgarmas deb olinadi, chunki qattiq zarrachalar fil'trning teshiklarini to'ldirmaydi. SHuning uchun fil'tr to'siqlarning qarshiligi e'tiborga olinmaydi. Bunda cho'kma qatlamining balandligi ortib boradi. Cho'kma gidravlik qarshiligining qiymati esa noldan maksimumgacha o'zgaradi. Shuning uchun tezlik cho'kmaning gidravlik qarshiligi va fil'trat hajmiga bog'liq bo'ladi.

Cho`kma hajmining  $V_{ch}$  fil`trat hajmiga V_f nisbatini X_0 bilan belgilaymiz.

$$\frac{V_{ch}}{V_f} = X_0 \text{ bundan } V_{ch} = X_0 V_f$$

Cho`kmaning hajmi cho`kma qatlami balandligining (h_{ch}) fil`trat yuzasi ( $F$ ) ko`paytmasiga teng $V_{ch} = h_{ch} \cdot F$

Natijada:

$$X_0 V_f = h_{ch} \cdot F$$

Bu tenglamadan cho`kma qatlamining balandligini topish mumkin:

$$h_{ch} = X_0 \frac{V_f}{F} \quad (3.6)$$

Cho`kma qatlamining qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{ch} = r_0 h_{ch} = r_0 x_0 \frac{V_f}{F} \quad (3.7)$$

r_0 – cho`kmaning hajm jihatdan olingan solishtirma qarshiligi (1 m qalinlikda bo`lgan cho`kma qatlamining fil`trat oqimiga ko`rsatilgan qarshiligi), m^{-2} .

(3.7) tenglikdagi R_{ch} ning qiymatini (3.5) tenglamaga qo`yib, quyidagi ifodaga erishamiz:

$$\frac{dV_f}{F d\tau} = W = \frac{\Delta P}{\mu \left(r_0 x_0 \frac{V_f}{F} + R_{f.t} \right)} \quad (3.8)$$

Bu tenglik fil`trlash jarayonining asosiy tenglamasi deyiladi.

Agar fil`tr to`siqlarning gidravlik qarshiligi hisobga olinmasa, $R_{f.t}=0$ va (3.8) tenglamaga (3.6) tenglikdagi X_0 ning qiymatini qo`ysak, u holda quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$r_0 = \frac{\Delta P}{\mu h_{ch} \omega} \quad (3.9)$$

Agar $\mu = 1 \text{ N s/m}^2$, $h_{ch} = 1 \text{ m}$, $W = 1 \text{ m/s}$ bo`lsa, qovushqoqligi  $1 \text{ N s/m}^2$  bo`lgan suspenziya 1 m qalinlikdagi cho`kma qatlamida fil`trlanganda cho`kmaning hajm jihatdan olingan solishtirma qarshiligining miqdori bosimlar farqiga teng bo`ladi.

3.1. Barabanli vakuum-fil'trni hisoblash

Asbestli shlam suspenziyasini fil'trlash uchun tashqi fil'trlash yuzasiga ega bo'lgan barabanli vakuum-fil'trni quyidagi boshlang'ich shartlar asosida hisoblang va katalogdan tanlang:

1. Cho'kma bo'yicha fil'tr ish unumdorligi – $G_{ch} = 2,78 \text{ kg/s}$;
2. Cho'kma namligi – $W = 40 \%$;
3. Suspenziyada qattiq faza miqdori – $x = 20 \%$;
4. Fil'trlash va yuvish vaqtida bosimlar farqi - $\Delta P = 80 \text{ kPa}$;
5. Cho'kmaning solishtirma qarshiligi – $r = 5 \cdot 10^{10} \text{ Pa/s} \cdot \text{m}^2$;
6. Fil'tr to'siqning qarshiligi - $R_F = 1 \cdot 10^6 \text{ Pa/s} \cdot \text{m}^2$;
7. Fil'tratning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti - $\mu_F = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ Pas}$;
8. Qattiq faza zichligi - $\rho_q = 2500 \text{ kg/m}^3$;
9. Suyuq faza zichligi – $\rho_s = 1000 \text{ kg/m}^3$;
10. Suvning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti - $\mu_s = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Pas}$;
11. Yuvuvchi suyuqlikning solishtirma sarfi – $m = 3,6 \text{ kg/kg cho'kma}$;
12. Fil'trlash zonasi burchagi - $\varphi_F = 135^\circ$;
13. Barabanning aylanishlar chastotasi – $n = 0,5 \text{ ayl/min} = 0,0083 \text{ s}^{-1}$.

Suspenziya bo'yicha fil'trning ish unumdorligini quyidagi formula orqali aniqlaymiz:

$$G_S = \frac{G_{ch}(1-\omega)}{x} = \frac{2,78(1-0,4)}{0,2} = 8,34 \text{ kg/s}$$

Suspenziya tarkibida qattiq faza miqdori

$$G_q = G_S \cdot x = 8,34 \cdot 0,2 = 1,668 \text{ kg/s}$$

Suspenziya tarkibida suyuq faza miqdori

$$G_{suyuq} = G_S - G_q = 8,34 - 1,668 = 6,672 \text{ kg/s}$$

Fil'trat bo'yicha fil'tr ish unumdorligi

$$G_F = G_S - G_{ch} = 8,34 - 2,78 = 5,56 \text{ kg/s}$$

Cho'kma tarkibidagi suyuq faza miqdori

$$G_{suyuq} = G_r - G_q = 2,78 - 1,668 = 1,112 \text{ kg/s}$$

Moddiy balansni quyidagicha ifodalaymiz:

T/r	Kirish, kg/s	CHiqish, kg/s
1	Suspenziya – 8,34 Jumladan Qattiq faza – 1,168 Suyuq faza – 6,672	Cho`kma bilan – 2,78 Jumladan Qattiq faza – 1,168 Suyuq faza – 1,112 Fil`trat bilan – 5,56
	Jami - 8,34	Jami - 8,34

Cho`kma zichligi

$$\rho_{ch} = \frac{100\rho_q \cdot \rho_F}{100\rho_F + (\rho_q - \rho_F)W} = \frac{100 \cdot 2500 \cdot 1000}{100 \cdot 1000 + (2500 - 1000) \cdot 0,4} = 1562,5 \text{ kg/m}^3$$

Suspenziya zichligi

$$\rho_s = \frac{1}{[x/\rho_q + (1-x)/\rho_F]} = \frac{1}{[\frac{0,4}{2500} + (1-0,4)/1000]} = 1136,4 \text{ kg/m}^3$$

Cho`kma hajmi

$$V_{ch} = \frac{G_{ch}}{\rho_{ch}} = \frac{2,78}{1562,5} = 0,0018 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fil`trat hajmi

$$V_F = \frac{G_F}{\rho_s} = \frac{5,56}{1136,4} = 0,0049 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cho`kma va fil`trat hajmlarining nisbati

$$U = \frac{V_{ch}}{V_F} = \frac{0,0018}{0,0049} = 0,37$$

Fil`trlash jarayonining davomiyligi

$$\tau_F = \frac{\varphi_F}{6 \cdot n} = \frac{135}{6 \cdot 0,5} = 45 \text{ c}$$

Barabanning bir marta aylanishida fil`trat bo`yicha fil`trning ish unumdorligi

$$V = \frac{V_F}{n} = \frac{0,0049}{0,0083} = 0,0098 \text{ m}^3$$

Fil`trlash yuzasi

$$F = \frac{V}{\sqrt{2 \cdot \Delta P \cdot \frac{\tau_F}{(r_{ch} \cdot U \cdot \mu_F)}}} =$$

$$= \frac{V}{\sqrt{2 \cdot 80 \cdot 45 / (5 \cdot 10^{10} \cdot 0,37 \cdot 0,9 \cdot 10^{-3})}} = 20,4 \text{ m}^2$$

Hisoblashlar asosida katalogdan BOU 20-2,6 rusumli barabanli vakuum-fil'trni tanlaymiz.

Ushbu fil'tr quyidagi texnik xarakteristikalariga ega:

1. Fil'trlash yuzasi – 20 m²;
2. Baraban diametri – 2,6 m;
3. Baraban uzunligi – 2,7 m;
4. Barabanning suspenziyaga cho'kish burchagi – 149°;
5. Fil'trlash zonasi burchagi – 132°;
6. Cho'kmaning dastlabki quritish zonasi burchagi – 59,5°;
7. Yuvish va oxirgi quritish zonalari burchagi - $\varphi_{yuv} + \varphi_{qur} = 103^\circ$;
8. Cho'kmani ajratib olishdan oldingi havo yordamida puflash zonasi burchagi – 20°;
9. Baraban yacheykalari soni – 24 ta.

Cho'kma qatlami qalinligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\delta = \frac{V_{ch}}{F \cdot n} = \frac{0,009}{20 \cdot 0,083} = 0,0054 \text{ m}$$

Bu yerda:

V_{ch} - bitta fil'trda cho'kma hajmi

$$V_{ch} = \frac{0,0018}{2} = 0,0009 \text{ m}^3/\text{s}$$

F – fil'trlash yuzasi ($F = 20 \text{ m}^2$);

$n = 0,0083 \text{ s}^{-1}$ – barabanning aylanishlar chastotasi.

Fil'trlash tezligi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$W = \sqrt{\frac{\Delta P}{(2r_{ch} \cdot U \cdot \tau_F)}} = \sqrt{\frac{80000}{2 \cdot 5 \cdot 10^{10} \cdot 0,37 \cdot 45}} = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$$

Fil'trni yuvish tezligi

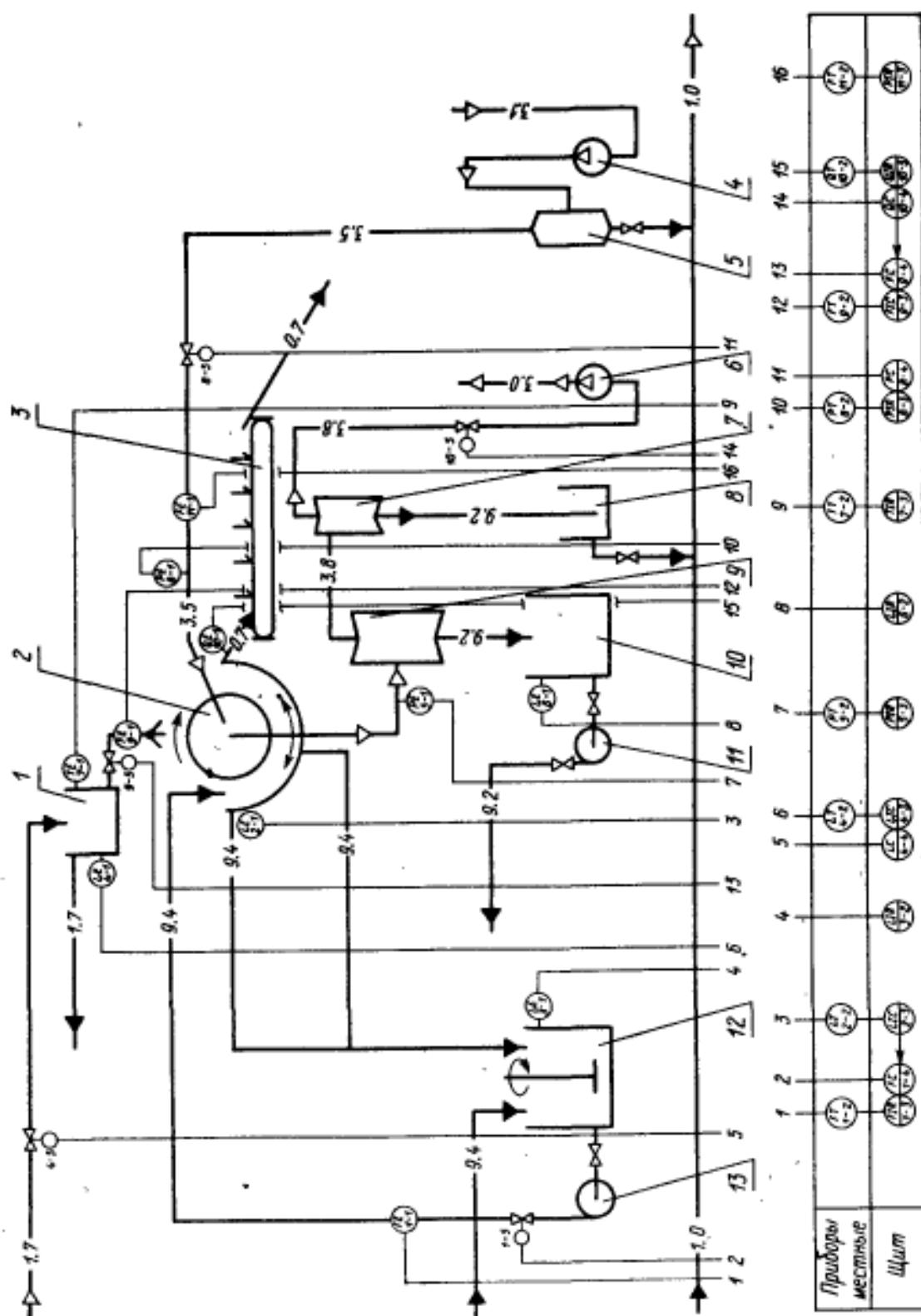
$$W_{yuv} = W \cdot \mu_F / \mu_{yu} = 2,2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,9 \cdot \frac{10^{-3}}{1,98} \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$$

Yuvish jarayoni davomiyligi

$$\tau_{yu} = \frac{G_{F yu}}{(\rho_{yu} \cdot W_{yu} \cdot F)} = \frac{10}{(1000 \cdot 1,98 \cdot 10^{-4} \cdot 20)} = \frac{10 \cdot 60}{40} = 15 \text{ c}$$

Yuvish uchun sarf bo'ladigan suv miqdori

$$G_{F yu} = m \cdot G_{ch} = 3,6 \cdot 2,78 = 10 \text{ kg/s}$$



3.3 – rasm. Fil’rlash jarayoni texnologik tizimi va uni avtomatlashtirishning funksional sxemasi

IV – bo`lim. Issiqlik almashinish jarayonlari

Yuzali issiqlik almashgichlarni hisoblash

Yuzali issiqlik almashinish uskunalari ichida eng ko`p tarqalgan qobiq-quvurli issiqlik almashgichlarni loyihalash uchun turli hisoblashlar bajariladi. Hisoblashlar besh qismdan iborat bo`ladi:

- 1) issiqlik hisobi;
- 2) konstruktiv hisoblash;
- 3) gidravlik hisoblash;
- 4) mexanik hisoblash;
- 5) texnikaviy-iqtisodiy hisoblash.

Odatda bunday hisoblashlar bir necha variantlarda bajariladi. Tanlangan variantni baholash quyidagi ko`rsatgichlarning birortasi bo`yicha olib boriladi: foydali ish koeffitsiyenti; 1 m^2 yuzaga sarflanadigan energiya miqdori; eng maqbullikning texnik-iqtisodiy mezoni va boshqalar.

Uzluksiz ishlaydigan, bug`-suyuqlik muhitlariga moslangan quvurli isitgichning hisobini ko`rib chiqamiz. Uskunaning issiqlik hisobi konstruktiv va gidravlik hisoblashlar bilan uzluksiz bog`liqlikda olib boriladi.

Issiqlik hisobi

Ushbu hisoblashdan asosiy maqsad zarur bo`lgan issiqlik almashinish yuzasi ( $F$ ) ni topishdir. Issiqlik almashinish yuzasini aniqlash uchun issiqlik tashuvchi agentlarning sarfi, ularning dastlabki va oxirgi temperaturalari berilgan bo`ladi.

Bunday issiqlik hisobi natijasida quyidagilar aniqlanadi:

- 1) o`rtacha temperaturalar farqi va ish muhitning o`rtacha temperaturasi;
- 2) issiqlik miqdori va ish jimsalarining sarfi;
- 3) issiqlik o`tkazish koeffitsiyenti;
- 4) isitish yuzasi.

Issiqlik almashgichda ma`lum bir eritma suv bug`i yordamida isitiladi. Hisoblash uchun quyidagi boshlang`ich ma`lumotlar berilgan bo`lishi kerak:

- 1) Isitilayotgan eritmaning miqdori (G , kg/s);

- 2) Eritmaning konsentratsiyasi, (%);
- 3) Eritmaning boshlang'ich va oxirgi temperaturalari (t_b, t_{ox});
- 4) Isitkichning turi (vertikal, gorizontal, yo'llar soni);
- 5) Isituvchi bug'ning bosimi (R , Pa) yoki temperaturasi (t , °C);
- 6) Po'lat quvurlarning ichki va tashqi diametri (d_i va d_t , mm);
- 7) Quvurlarning uzunligi (l , m);
- 8) Eritmaning harakat tezligi (ω , m/s);
- 9) Isitish yuzasidan foydalanish koeffitsiyenti, (φ).

Hisoblash quyidagi tartibda olib boriladi.

Isitkichning temperatura shartlarini aniqlash. To'yingan bug' bosimi (R) ga ko'ra uning to'yinish temperaturasi (t_t) maxsus qo'llanmalardan topiladi.

Isitish boshlanishida temperaturalarning maksimal (yoki katta) farqi:

$$\Delta t_{kat} = t_t - t_b \quad (4.1)$$

Isitish oxiridagi muhit temperaturalarining minimal (yoki kichik) farqi:

$$\Delta t_{kich} = t_t - t_{ox} \quad (4.2)$$

Δt_{kat} va Δt_{kich} larning qiymatlari 4.1 - rasmdan aniqlanadi. O'rtacha temperaturalar farqi quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$\Delta t_{o'r} = \varepsilon_{\Delta t} \frac{\Delta t_{kat} - \Delta t_{kich}}{2,31 \lg \frac{\Delta t_{kat}}{\Delta t_{kich}}} \quad (4.3)$$

$\frac{\Delta t_{kat}}{\Delta t_{kich}} < 2$ bo'lsa, $\Delta t_{o'r}$ ni quyidagicha aniqlash mumkin:

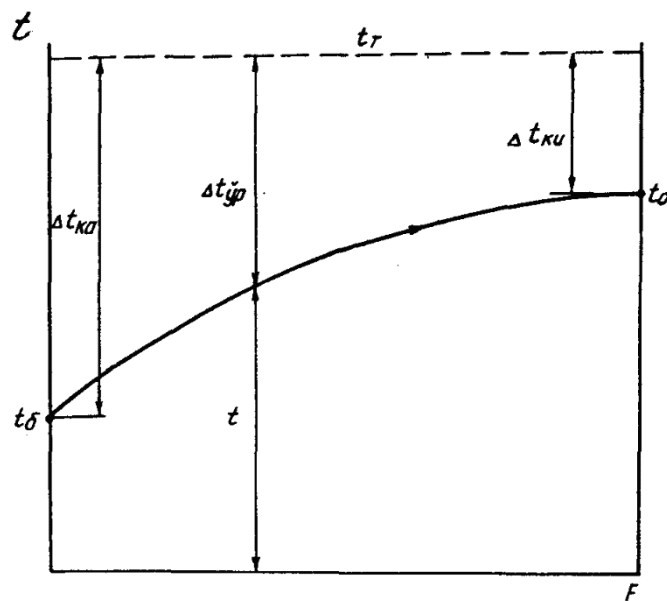
$$\Delta t_{o'r} = \frac{\Delta t_{kat} + \Delta t_{kich}}{2} \quad (4.4)$$

Isitilayotgan muhitning o'rtacha temperaturasi:

$$t = t_t - \Delta t_{o'r} \quad (4.5)$$

Isitilayotgan eritmaning fizik kattaliklarini topish. O`rtacha temperatura (va eritmaning konsentratsiyasi) bo`yicha maxsus qo`llanmalardagi jadvallardan foydalanib, berilgan issiqlik tashuvchi agentlarning fizik kattaliklari topiladi:

- 1) qovushoqlik μ , Pa·s yoki ϑ , m²/s;
- 2) zichlik ρ , kg/m³;
- 3) solishtirma issiqlik sig`imi s , J/(kg·K);
- 4) issiqlik o`tkazuvchanlik λ , Wt/(m·K);
- 5) temperatura o`tkazuvchanlik α , m²/s;
- 6) Prandtl soni $Pr = \frac{\vartheta}{\alpha}$.



4.1 - rasm. Yuzali issiqlik almashgichni hisoblashga doir

Issiqlik miqdori va bug' sarfini aniqlash. Suyuqlikni isitish uchun ketgan issiqlik miqdori (Vt) quyidagi tenglama yordamida topiladi:

$$Q = x \cdot G \cdot s(t_{ox} - t_b) \quad (4.6)$$

Bu yerda:

$x = 1,02 \div 1,05$ – issiqlik yo`qotilishini hisobga oluvchi koeffitsiyent;

G – suyuqlik sarfi, kg/s;

s – eritmaning oʻrtacha solishtirma issiqlik sigʻimi, J/ (kg·K);

t_{ox} – suyuqlikning oxirgi temperaturasi, °C;

t_b – suyuqlikning boshlangʻich temperaturasi, °C.

Bugʻ sarfi (kg/s) quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$D = \frac{Q}{i - \theta} \quad (4.7)$$

Bu yerda:

i – isituvchi bugʻning entalʻpiyasi,

θ - kondensatning entalʻpiyasi, J/kg;

$$\theta = t_t - (2 \div 5^\circ \text{C})$$

i – maxsus qoʻllanmalardan berilgan bugʻ bosimi (P) boʻyicha olinadi.

Issiqlik oʻtkazish koeffitsiyentini aniqlash. Bir va koʻp qavatli tekis yuzalar uchun issiqlik oʻtkazish koeffitsiyenti K , [Vt/(m²·K)] quyidagi tenglama orqali hisoblanadi:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_d + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4.8)$$

Bu yerda:

α_1 va α_2 – temperaturalari yuqori va past boʻlgan issiqlik tashuvchi agentlar uchun issiqlik berish koeffitsiyentlari, Vt/(m²·K);

$\sum r_d$ – devor (devor va iflosliklar qatlamlari bilan birgalikda) termik qarshiliklarining yigʻindisi, (m²·K)/Vt.

Tsilindrsimon yuzalarni hisoblashda, agar quvurning ichki diametri (d_{ich}) ni uning tashqi diametri (d_t) ga nisbati $\frac{d_{ich}}{d_t} > 0,5$ boʻlgan sharoitda, issiqlik oʻtkazish koeffitsiyenti (K) ni hisoblashda (4.8) tenglamadan foydalanish mumkin. Boshqa holatlarda tsilindrsimon yuzalar (quvurlar) uchun issiqlik oʻtkazish koeffitsiyenti (K_R) 1 m quvur uzunligiga nisbatan olinadi Vt/(m·K) va quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$K_R = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_1 d_{ich}} + \sum \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_t}{d_{ich}} + \frac{1}{\alpha_2 d_t} + \sum \frac{r_i}{d_i}} \quad (4.9)$$

Bu yerda:

λ – devor materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, Vt/(m·K);

r_i – iflosliklarning termik qarshiliklari, (m²·K)/Vt;

d_i – quvurning iflosliklar bilan qoplangan diametri, m.

Devorlardagi iflosliklarning issiqlik o'tkazuvchanligi ($1/r_i$) issiqlik tashuvchining turiga, uning temperaturasi va tezligiga hamda devor materialiga, isituvchi muhitning temperaturasi, uskunaning tozalanmasdan ishlaydigan davriga (qisqa qilib aytganda, cho'kma yoki korroziya mahsulotining turiga) bog'liq bo'ladi. r_i ning qiymatlarini faqat tajriba yo'li bilan aniqlash mumkin. Iflosliklarning issiqlik o'tkazuvchanligi ($1/r_i$) to'g'risidagi taxminiy qiymatlar tegishli adabiyotlarda keltirilgan. Masalan, o'rta sifatli ifloslangan suv uchun devordagi ifloslikning issiqlik o'tkazuvchanligi $1/r_i = 1400 \div 1860$ Vt/(m·K) ga teng bo'ladi.

Issiqlik berish koeffitsiyentlari α_1 va α_2 kriterial tenglamalar yordamida topiladi. Masalan, bizning misol uchun balandligi H bo'lgan vertikal quvurlar o'rami tashqi yuzasida bug'dan devorga berilayotgan issiqlik berish koeffitsiyenti α_1 quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$\alpha = 1,154 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r_d}{\mu \Delta t H}} \quad (4.10)$$

Kondensatning fizik-kimyoviy kattaliklari (α , μ , ρ) yupqa qatlam (plyonka) ning o'rtacha temperaturasi ($t_{pl} = \frac{t_t + t_d}{2}$) bo'yicha topiladi. Kondensatsiyalanish issiqligi (r) to'yinish temperaturasi (t_t) ga qarab aniqlanadi. Temperaturalar farqi quyidagi ayirmaga teng bo'ladi:

$$\Delta t = t_t - t_d \quad (4.11)$$

Bu yerda:

t_d – devorning temperaturasi.

Agar isitish quvurlari gorizontal bo'lsa, bunda bug'ning quvur devorlariga issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$\alpha = 0,728 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r_d}{\mu \Delta t d}} \quad (4.12)$$

Bu yerda:

d – quvurning diametri.

Devorlardan isitilayotgan muhitga issiqlik berish koeffitsiyenti harakat rejimiga ko'ra har xil kriterial tenglamalar yordamida topiladi. Hisoblash tenglamasini topish uchun avval Reynol'ds mezoni (Re) aniqlanadi. So'ngra tegishli kriterial tenglama tanlanadi. Masalan, turg'un turbulent rejimda ($Re \geq 10^4$) to'g'ri quvur ichidagi majburiy harakat paytidagi issiqlik berish koeffitsiyenti (α_2) ni aniqlash uchun quyidagi kriterial tenglamadan foydalanish mumkin:

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,4} \quad (4.13)$$

yoki

$$\frac{\alpha \cdot d_e}{\lambda} = 0,023 \left(\frac{\omega \cdot d_e}{g} \right)^{0,8} \left(\frac{c\mu}{\lambda} \right)^{0,4} \quad (4.14)$$

Bu yerda:

$d_e = 4 S/P$ – ekvivalent diametr,

S – oqim ko'ndalang kesimining yuzasi,

P – kesimning ho'llangan perimetri (dumaloq kesimli quvurlar uchun d_e quvurning ichki diametriga teng bo'ladi);

ω – issiqlik tashuvchi muhitning o'rtacha tezligi;

λ, g, c, μ – issiqlik tashuvchi agentning fizik - texnikaviy kattaliklari, ularning son qiymatlari muhitning o'rtacha temperaturasi bo'yicha tegishli qo'llanmalardan aniqlanadi.

(4.12) tenglamasi to'g'ri quvur uzunligi (l) ni uning diametri (d) ga nisbati ($l/d > 50$) bo'lgan sharoit uchun natija beradi.

Oraliq rejim uchun ($2300 < Re < 10^4$) aniq tenglamalar ishlab chiqilmagan. Taxminiy hisoblashlar uchun quyidagi tenglamadan foydalansa bo'ladi:

$$Nu = 0,008 Re^{0,9} Pr^{0,43} \quad (4.15)$$

Laminar rejim uchun ($Re < 2300$) quyidagi kriterial tenglamadan foydalanish mumkin:

$$Nu = 0,7 Re^{0,33} Pr^{0,9} Gr^{0,1} \left(\frac{Pr}{Pr_d} \right)^{0,25} \quad (4.16)$$

Bu yerda:

$$Gr = \frac{g l^3 \beta \Delta t}{\nu^2} - \text{Grascgof mezoni};$$

l – aniqlovchi geometrik o'lcham (quvur uchun – uning diametri, tekis vertikal yuza uchun – uning balandligi);

β – suyuqlikning hajmiy kengayish koeffitsiyenti;

Δt – devor va suyuqlik (yoki teskari) temperaturalari o'rtasidagi farq;

Pr – suyuqlikning o'rtacha temperaturalari bo'yicha hisoblangan Prandtl soni;

Pr_d – suyuqlikning devor o'rtacha temperaturasi bo'yicha hisoblangan Prandtl soni.

So'ngra issiqlik berish koeffisientining qiymati Nussel't mezoni orqali topiladi:

$$\alpha = \frac{Nu \lambda}{l} \quad (4.17)$$

Shunday qilib, α_1 ning qiymati to'g'ridan - to'g'ri (4.10) yoki (4.11) tenglamalar orqali topiladi. α_2 ning qiymatini topish uchun eng avval Nussel't mezonining son qiymati suyuqlik harakatining rejimiga ko'ra (4.12), (4.14) yoki (4.15) kriterial tenglamalar yordamida aniqlanadi. So'ngra Nu ning son qiymatiga asosan α_2 (4.16) ifoda bo'yicha hisoblab chiqiladi. Va nihoyat *issiqlik o'tkazish koeffisientining* qiymati (4.8) yoki (4.9) tenglamalar yordamida aniqlanadi.

Isitish yuzasini topish. Issiqlik almashgichning isitish yuzasi (F , m^2) issiqlik o'tkazishning umumiy tenglamasidan topiladi:

$$F = \frac{Q}{K\Delta t_{o'r}} \quad (4.18)$$

Bu yuza uchun qabul qilingan isitkichning sxemasi quvurlarning diametri va uzunligiga ko'ra joylashtiriladi. Isitish yuzasini joylashtirish isitkichning konstruktiv hisobini tashkil etadi.

Konstruktiv hisoblash

Konstruktiv hisoblashning maqsadi issiqlik almashinish uskunasiining asosiy o'lchamlarini topishdan iborat. Bunda quyidagilar aniqlanadi: uskuna quvurli qismining o'lchamlari, quvurlarning soni, to'ra quvurlarning joylashuvi, uskunaning diametri, uning balandligi, patrubkalarining diametri.

Uskuna quvurli qismining o'lchamlarini aniqlash. Bitta yo'ldagi quvurlarning ko'ndalang kesimini topamiz:

$$f_t = \frac{G}{\rho\omega} \quad (4.19)$$

Bu yerda:

G – suyuqlik sarf, kg/s ;

ρ – suyuqlik zichligi, kg/m^3 ;

ω – suyuqlik tezligi, m/s .

Bitta yo'ldagi quvurlarning soni:

$$n_1 = \frac{f_T}{0,785d_i^2} \quad (4.20)$$

Bu yerda:

d_i – quvurning ichki diametri, m .

Hamma yo'llardagi quvurlarning uzunligi:

$$L = \frac{F}{\pi \cdot d_h \cdot n_1} \quad (4.21)$$

Bu yerda:

F – isitkichning isitish yuzasi, m^2 ,

d_h – quvurlarning hisoblash uchun qabul qilingan diametri, m ;

d_h – qiymati α_1 va α_2 ning nisbatlariga bog'liq. Agar $\alpha_1 \approx \alpha_2$ bo'lsa $d_h = 0,5(d_i + d_l)$, $\alpha_1 \gg \alpha_2$ bo'lsa, $d_h = d_i$, $\alpha_1 \ll \alpha_2$ bo'lsa $d_h = d_l$.

Yo'llar soni:

$$Z = \frac{L}{\ell} \quad (4.22)$$

Bu yerda:

l – quvurlarning qabul qilingan uzunligi ($l = 1 \div 3m$).

To'rdagi joylashgan quvurlarning umumiy soni:

$$n = zn_1 \quad (4.23)$$

Quvurlarning to'rdagi joylashuvi. Quvurlar to'rdagi uch hil usul bilan joylashtirilishi mumkin: to'g'ri oltiburchaklarning qirralari bo'ylab; kvadratlarning tomonlari bo'ylab; konsentrik aylanalar bo'ylab. Ko'pincha birinchi usuldan foydalaniladi. Bunda to'rdagi quvurlarning soni quyidagicha aniqlanadi:

$$n_0 = a(a-1) + 1 = \frac{3}{4}(b^2 - 1) + 1 \quad (4.24)$$

Bu yerda:

a - katta oltiburchakning bitta tomonida joylashgan quvurlar soni;

$b = 2a-1$ – katta oltiburchakning diagonali bo'ylab joylashgan quvurlar soni.

Quvurlar oltiburchaklarning qirralari bo'yicha joylashtirilganda to'ring bir qismi foydalanilmay qoladi. Shu sababli $a > 8$ bo'lganda, qo'shimcha yana m miqdordagi quvurlarni joylashtirish imkoniyati paydo bo'ladi. Bunda umumiy quvurlarning soni ko'payadi:

$$n = n_0 + m \quad (4.25)$$

Odatda $m = (0, 1 \div 0, 18) n$.

Uskuna qobig'ining ichki diametrini aniqlash. Qobiq ichiga joylashtirilgan quvurli to'ring maydoni quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$F = F_f + F_e = \frac{F_f}{\psi} \quad (4.26)$$

Bu yerda:

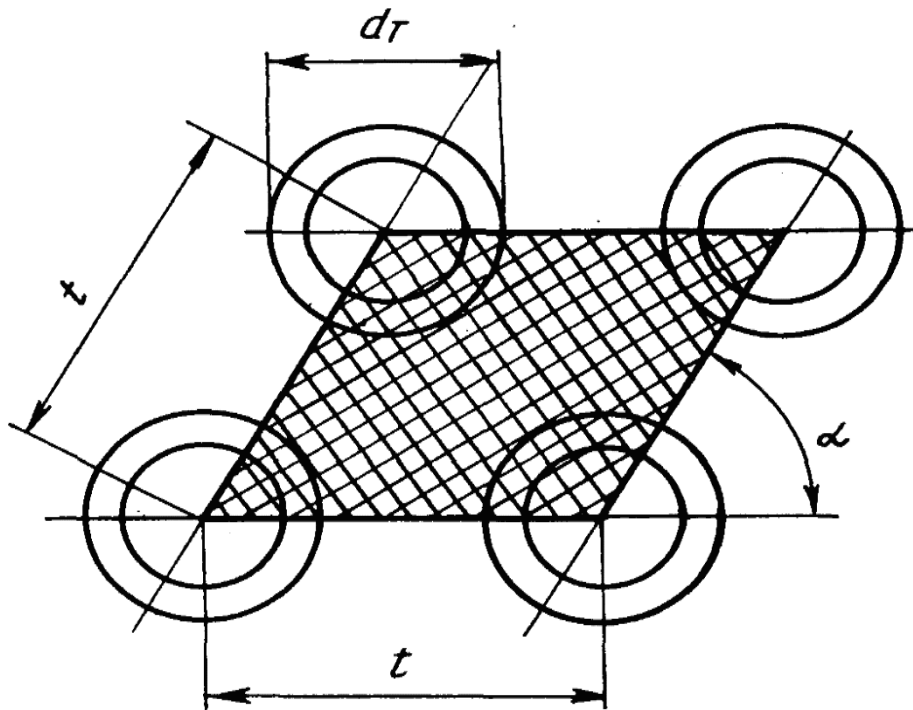
F_f – quvurlar tomonidan egallangan foydali maydon;

F_e – quvurlar joylashmagan erkin maydon;

ψ – quvur to'ridan foydalanish koeffitsiyenti; oltiburchakli qirralari buyicha joylashtirilganda $\psi = 0,6$ – ko'p yo'lli, $\psi = 0,9$ – bir yo'lli uskunalar uchun.

Bitta quvurning foydali maydoni (4.2 - rasm) $t^2 \sin \alpha$ ga teng (t – quvurlarning joylanish qadami, $\alpha = 60^\circ$ – quvur qatorlarining markaziy chiziqlari hosil qilgan burchak). Bunda hamma quvurlar (n) uchun quvurli to'ringning maydoni:

$$F = \frac{nt^2 \sin \alpha}{\psi} \quad (4.27)$$



4.2 - rasm. Bitta quvur uchun to'ringning foydali maydonini aniqlashga doir.

(4.20) tenglamaga asosan bir yo'lli quvurlarning isitish yuzasi ($d_h = d_t$ bo'lganda):

$$F = n \cdot \pi \cdot d_t \cdot l \quad (4.28)$$

bundan

$$n = \frac{F}{\pi \cdot d_t \cdot l} \quad (4.29)$$

Agar $F = \frac{\pi D_0^2}{4}$ hisobga olinganda qobiqning ichki diametri D_0 (m hisobida)

quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$D_0 = 0,635 \frac{t}{d_t} \sqrt{\frac{F d_t \sin \alpha}{l \psi}} \quad (4.30)$$

Uskunalarining to'la balandligini topish. Issiqlik almashinish uskunasiining balandligi (yoki uzunligi) quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$N = l + 2b + 2h \quad (4.31)$$

Bu yerda:

l – quvurlarning uzunligi;

b – to'ring qalinligi, m;

h – kiruvchi va chiquvchi kameralarning baladligi, m.

Patrubkalarining diametrini aniqlash. Patrubkalarining ichki diametri berilgan muhitning sarfiga va harakat tezligiga qarab aniqlanadi:

$$D_P = \sqrt{\frac{4V}{\pi \omega}} \quad (4.32)$$

Bu yerda:

V – muhitning hajmiy sarfi, m³/s;

ω – muhitning harakat tezligi, m/s.

Hisoblash uchun quyidagi tezlik qiymatlaridan foydalanish mumkin: suyuqliklar uchun 0,1÷2,5 m/s; gazlar uchun 2÷20 m/s; suv bug'i uchun 15÷60 m/s.

Gidravlik hisoblash

Gidravlik hisoblashdan asosiy maqsad issiqlik almashinish uskunalaridagi ishqalanish hamda mahalliy qarshiliklarni yengish uchun ketgan bosimni va ish muhitini uskunadan o'tkazish uchun kerak bo'lgan quvvatni topishdan iborat.

Qobiq - quvurli issiqlik almashgichning quvurli qismi hamda ko'ndalang to'siqlari bo'lmagan quvurlararo bo'shlig'i uchun gidravlik qarshilik (ΔP , Pa) ni quyidagi tenglama orqali aniqlash mumkin:

$$\Delta P = \Delta P_{ish} + \Delta P_{mq} = \lambda \frac{Zl}{d_e} \frac{\rho \omega^2}{2} + \sum \xi \frac{\rho \omega^2}{2}, \quad (4.33)$$

Bu yerda:

ΔP_U - ishqalanish qarshiliklarini engish uchun yo'qotilgan bosim, Pa;

ΔP_{mq} - mahalliy qarshiliklarni engish uchun yo'qotilgan bosim; -

λ – ishqalanish koeffitsiyenti;

l – quvurlarning bitta yo'li uzunligi, m;

Z – yo'llarning soni;

d_e – ekvivalent diametr, m;

ρ – suyuqlik yoki gazning zichligi, kg/m³;

ω – oqimning tezligi, m/s;

ξ - mahalliy qarshiliklar koeffitsiyenti.

Ishqalanish koeffitsiyenti λ muhitning harakat rejimiga va quvur devorlarining g'adir-budirlik darajasiga bog'liq. Laminar rejimda ($Re < 2300$) g'adir-budirlik ishqalanish koeffitsiyentiga amaliy jihatdan ta'sir qilmaydi va dumaloq kesimli quvurlar uchun λ ning qiymati quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (4.34)$$

Turbulent rejimda ($2300 < Re < 10^4$) gidravlik tekis quvurlar (shisha, mis, qo'rg'oshin) uchun:

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \quad (4.35)$$

Gidravlik g'adir-budir quvurlar (po'lat, cho'yan) uchun turbulent rejimda ($Re > 2300$) λ ni hisoblash uchun quyidagi tenglamadan foydalaniladi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left[\frac{\varepsilon}{3,7} + \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right] \quad (4.36)$$

$Re > 10^5$ bo'lganda turbulent rejim o'ta rivojlangan bo'lib, λ ning qiymati Re ga bog'liq bo'lmay qoladi. Bunday holat avtomodel rejim deb yuritiladi. Ushbu rejimda λ ning qiymati quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \frac{3,7}{\varepsilon} \quad (4.37)$$

Bu yerda:

$\varepsilon = R/d_e$ – quvurning nisbiy g'adir-budirligi;

d_e – quvurning ekvivalent diametri;

R – quvur g'adir-budirligining o'rtacha balandligi.

Mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentining qiymatlari tajriba yo'li bilan aniqlanadi va tegishli qo'llanmalarda berilgan bo'ladi. Qobiq-quvurli issiqlik almashinish uskunalari uchun hisoblashlar paytida mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentining qiymatlarini quyidagicha qabul qilish mumkin:

Q u v u r l i b o' s h l i q	
Kiruvchi yoki chiquvchi kamera	1,5
Yo'llar yoki sektsiyalar oralig'ida 180^0 ga burilish	2,5
Quvurlarga kirish yoki ulardan chiqish	1,0
Q u v u r l a r a r o b o' s h l i q	
Quvurlararo bo'shliqqa kirish yoki undan chiqish	1,5
Quvurlararo bo'shliqdagi to'siq orqali 180^0 ga burilish	1,5
Quvurlararo bo'shliqda 90^0 ga burilish	1,0

Issiqlik almashgich uchun ΔP ning qiymati aniqlangandan so'ng, suyuqlikni uskuna orqali haydash uchun kerak bo'lgan nasosning iste'mol quvvati (N , kVt) topiladi:

$$N = \frac{G \Delta P}{1000 \rho \eta} \quad (4.38)$$

Bu yerda:

G – suyuqlikning sarfi, kg/s;

ρ – suyuqlikning zichligi, kg/m³;

ΔP – nasos tomonidan hosil qilinadigan bosim farqi, Pa;

η - nasosning foydali ish koeffitsiyenti.

4.1. Qobiq quvurli issiqlik almashinish qurilmasini hisoblash.

Boshlang'ich shartlar:

$G_1 = 5 \text{ kg/s}$ – miqdordagi toluolni $t_b = 105^\circ\text{C}$ dan $t_{ox} = 30^\circ\text{C}$ gacha temperaturasi $t_1 = 15^\circ\text{C}$ va $t_2 = 45^\circ\text{C}$ bo'lgan suv bilan sovitishni amalga oshiruvchi standart qobiq quvurli sovitgichni hisoblash va tanlash.

Toluol – korrozion faol organik suyuqlik. Uning o'rtacha temperaturadagi ($t_{1orr} = 0,5(105 + 30) = 67,5^\circ\text{C}$) fizik-texnikaviy xossalari quyidagicha: zichligi - $\rho_1 = 820,5 \text{ kg/m}^3$; solishtirma issiqlik sig'imi - $C_1 = 1780,7 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$; qovushqoqligi - $\mu_1 = 0,35 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$; issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti - $\lambda = 0,151 \text{ Wt/m} \cdot \text{K}$.

Suvning o'rtacha temperaturadagi ($t_{2orr} = 0,5(15 + 45) = 30^\circ\text{C}$) fizik - texnikaviy xossalari quyidagicha: zichligi - $\rho_2 = 985,7 \text{ kg/m}^3$; solishtirma issiqlik sig'imi - $C_2 = 4184 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$; qovushqoqligi - $\mu_2 = 0,82 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$; issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti - $\lambda_2 = 0,616 \text{ Wt/m} \cdot \text{K}$.

4.1.1. Texnologik hisoblash

1. Issiqlik yuklamasini aniqlaymiz:

$$Q = G_1 \cdot C_1(t_b - t_{ox}) = 5 \cdot 1780,7(105 - 30) = 667763 \text{ Wt}$$

2. Issiqlik balansi tenglamasidan suv sarfini aniqlaymiz:

$$G_2 = \frac{Q}{C_2(t_2 - t_1)} = \frac{667763}{4184(45 - 15)} = 5,3 \text{ kg/s}$$

3. Issiqlik tashuvchilarning qarama – qarshi harakatida o'rtacha temperaturalar farqini aniqlaymiz:

$$\begin{aligned}\Delta t_{kat} &= t_b - t_1 = 105 - 45 = 60^\circ\text{C} \\ \Delta t_{kich} &= t_{ox} - t_2 = 30 - 15 = 15^\circ\text{C} \\ \Delta t_{orr} &= \frac{\Delta t_{kat} - \Delta t_{kich}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{kat}}{\Delta t_{kich}}} = \frac{60 - 15}{2,3 \lg \frac{60}{15}} = 32,5^\circ\text{C}\end{aligned}$$

4. Quvurlarda issiqlik tashuvchilarning harakat rejimlarini aniqlash:

Topshiriq shartiga asosan sovitilayotgan muhit (toluol) quvurlar ichida, sovituvchi agent (suv) quvurlar orasidagi bo'shliqda harakatlanishi talab qilinadi.

Harakatning turbulent rejimida diametri 25x2 mm li quvurdan bir yo'lda quvurlar bo'shlig'iga qancha joylashtirish mumkinligini aniqlaymiz.

$Re = 15\ 000$ deb qabul qilamiz:

$$n = G_1 / (0,785 \cdot \mu_1 \cdot d_1 \cdot Re) = 5 / (0,785 \cdot 0,35 \cdot 10^{-3} \cdot 0,021 \cdot 15000) = 58$$

Ilovadan quvurlar soni 61 ta va qobiq diametri $D = 325 \text{ mm}$ li bir yo'lli qobiq quvurli issiqlik almashinish qurilmasini tanlaymiz.

Reynol'ds mezoni qiymatini aniqlaymiz:

$$Re = \frac{G_1}{0,785 \cdot \mu_1 \cdot d_1 \cdot n} = \frac{5}{0,785 \cdot 0,35 \cdot 10^{-3} \cdot 0,021 \cdot 61} = 14206$$

Demak toluolning harakat rejimi turbulent ekan.

5. Toluol uchun issiqlik berish koeffitsiyentini quyidagi formula bo'yicha aniqlaymiz:

$t_{1orr} = 67,5^{\circ}C$ bo'lganda toluol uchun Prandtl mezoni

$$Pr = \mu_1 \cdot C_1 / \lambda_1 = \frac{0,35 \cdot 10^{-3} \cdot 1780,7}{0,151} = 4,13$$

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_1}{d_1} \cdot d \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} = \frac{0,151}{0,021} \cdot 0,021 \cdot 14206^{0,8} \cdot 4,13^{0,43} = 583,2 \text{ } Vt/(m^2 \cdot K)$$

6. Devordan sovituvchi suvga issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlaymiz:

Suvning o'rtacha temperaturasi $t_{2orr} = 30^{\circ}C$ ga teng bo'lganda Prandtl mezoni $Pr = 5,56$ [4] ga teng bo'ladi.

Quvurlar orasidagi bo'shliqda suvning harakat tezligini aniqlaymiz

$$\omega_{suv} = \frac{G_2}{\rho_2 \cdot 0,785 \cdot (D^2 - n \cdot d^2)} = \frac{5,3}{995,7 \cdot 0,785 \cdot (0,325^2 - 61 \cdot 0,025^2)} = 0,1 \text{ } m/s$$

Reynol'ds mezonini aniqlash uchun quvur ekvivalent diametrini topamiz:

$$d_e = \frac{D^2 - n \cdot d^2}{D + n \cdot d} = \frac{0,325^2 - 61 \cdot 0,025^2}{0,325 + 61 \cdot 0,025} = 0,0365 \text{ } m$$

Reynol'ds mezoni:

$$Re = \frac{\omega_{suv} \cdot d_e \cdot \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,1 \cdot 0,0365 \cdot 995,7}{0,82 \cdot 10^{-3}} = 4210$$

Reynol'ds mezoni qiymatini 10000 ga teng deb qabul qilamiz va Nussel't mezonini aniqlaymiz:

$$Nu = C(d_e \cdot Re)^{0,6} \cdot Pr^{0,33}$$

$C = 1,16$ – to'siq bo'lmaganda qabul qilinadigan koeffisient;

$C = 1,72$ – to'siq bo'lganda qabul qilinadigan koeffisient.

$$Nu = 1,72(0,0365 \cdot 10000)^{0,6} \cdot 5,56^{0,33} = 104,4$$

Devordan sovituvchi suvga issiqlik berish koeffitsiyenti

$$\alpha_2 = Nu \cdot \frac{\lambda_2}{d_e} = 104,4 \cdot \frac{0,616}{0,0365} = 1762 \text{ } Vt/m^2 \cdot K$$

Ifloslanishning termik qarshiligi:

toluol tomonidan $r_1 = 1/5800 \text{ } m^2 \cdot K/Vt$;

suv tomonidan $r_2 = 1/2500 \text{ } m^2 \cdot K/Vt$.

Issiqlik almashinish qurilmasi quvuri issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti $\lambda_3 = 17,5 \text{ } Vt/m \cdot K$ ga teng bo'lgan zanglamas po'latdan tayyorlangan.

Issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + r_1 + r_2 + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{583,2} + \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{2500} + \frac{1}{1762}} = 336,6 \text{ } Vt/m \cdot K$$

Quvurlar orasidagi bo'shliqda to'siqlar mavjud bo'lganda issiqlik tashuvchilarning kesishgan harakat yo'nalishi tashkil qilinadi.

O'rtacha temperaturalar farqi (Δt_{orr}) kesishgan harakat yo'nalishi uchun

$$\Delta t_{orr} = \varepsilon_{\Delta t} \frac{\Delta t_{kat} - \Delta t_{kich}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{kat}}{\Delta t_{kich}}}$$

Bu yerda:

$\varepsilon_{\Delta t}$ – temperaturalar farqiga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent bo'lib, uni topish uchun P va R koeffitsiyentlar qiymatini aniqlash kerak bo'ladi.

$$P = \frac{t_2 - t_1}{t_b - t_1} = \frac{45 - 15}{105 - 15} = 0,33$$

$$R = \frac{t_b - t_{ox}}{t_2 - t_1} = \frac{105 - 30}{45 - 15} = 2,5$$

P va R ning ushbu qiymatlarida $\varepsilon_{\Delta t} = 0,94$ ga teng bo'ladi.

Shunday qilib o'rtacha temperaturalar farqi

$$\Delta t_{orr} = 0,94 \cdot 32,5 = 30,55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Issiqlik o'tkazishning talab qilinadigan yuzasi maydoni

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{orr}} = \frac{667763}{336,8 \cdot 30,55} = 64,9 \text{ m}^2$$

TN rusumli bir yo'lli 4 ta qobiq quvurli issiqlik almashinish qurilmasini qabul qilamiz. Ushbu qurilma quyidagicha tavsiflanadi:

- issiqlik almashinish yuzasi – $f = 19,5 \text{ m}^2$;
- qobiq diametri – $D = 325 \text{ mm}$;
- quvur diametri – $d = 25 \times 2 \text{ mm}$;
- quvur uzunligi – $l = 4 \text{ m}$;
- quvurlar soni – $n = 61$;
- segmentli to'siqlar soni – $n_l = 18$
- oltiburchakning diagonal bo'yicha quvurlar soni – $n_2 = 9$

Issiqlik almashinish qurilmalari ketma-ket ulangan. Issiqlik almashinish yuzasining zahira maydoni:

$$\frac{(f \cdot 4 - F)}{F} \cdot 100 = \frac{19,5 \cdot 4 - 64,9}{64,9} \cdot 100 = 23,3 \%$$

Quvurlar orasidagi bo'shliqda quvurlar soni:

$$Z = n_1 + 1 = 18 + 1 = 19$$

Bitta yo'l maydoni

$$f_1 = \frac{4 \cdot (D - 9 \cdot d)}{Z} = \frac{4(0,325 - 9 \cdot 0,025)}{19} = 0,021 \text{ m}^2$$

Quvurlar orasidagi bo'shliqda suvning harakat tezligini aniqlashtiramiz:

$$\omega_{suv} = \frac{G_2}{\rho_{suv} \cdot d_1} = \frac{5,3}{995,7 \cdot 0,021} = 0,25 \text{ m/s}$$

Reynol'ds mezoni

$$Re = \frac{\omega_{suv} \cdot d_e \cdot \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,25 \cdot 0,0365 \cdot 995,7}{0,82 \cdot 10^{-3}} = 11080$$

Nussel't mezon

$$Nu = C(d_e \cdot Re)^{0,6} \cdot Pr^{0,33} = 1,72(0,0365 \cdot 11080)^{0,6} \cdot 5,56^{0,33} = 111$$

Issiqlik berish koeffitsiyenti

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_2}{d_e} = \frac{111 \cdot 0,616}{0,0365} = 1873 \text{ } Vt/m^2 \cdot K$$

Issiqlik almashinish yuzasi

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{orr}} = \frac{667763}{340,7 \cdot 30,55} = 64,2 \text{ } m^2$$

Shunday qilib tekshirish uchun bajarilgan hisob oldin bajarilgan hisobga mos keladi.

Issiqlik almashinish yuzasining zah

ira maydoni:

$$\frac{(4f - F)}{F} \cdot 100 = \frac{19,5 \cdot 4 - 64,2}{64,2} \cdot 100 = 24,6 \%$$

4.1.2. Konstruktiv hisoblash

Quvurning tashqi va ichki diametrlari orasidagi qadam nisbati

$$\beta = \frac{d_t}{d_i} = \frac{32}{25} = 1,28$$

Qobiq ichidagi bo'shliqni quvurlar bilan to'ldirish koeffitsiyenti:

$$\varphi = n \cdot d_t^2 \cdot \eta / (0,785 \cdot D^2) = 61 \cdot 0,032^2 \cdot 0,866 / (0,785 \cdot 0,325^2) = 0,65$$

Potrubkalar diametrlarini hisoblash

Issiqlik almashinish qurilmasi quvurlarida toluolning harakat tezligi:

$$\omega_q = \frac{Re \cdot \mu_1}{d \cdot \rho_1} = \frac{14206 \cdot 0,35 \cdot 10^{-3}}{0,021 \cdot 820,5} = 0,284 \text{ } m/s$$

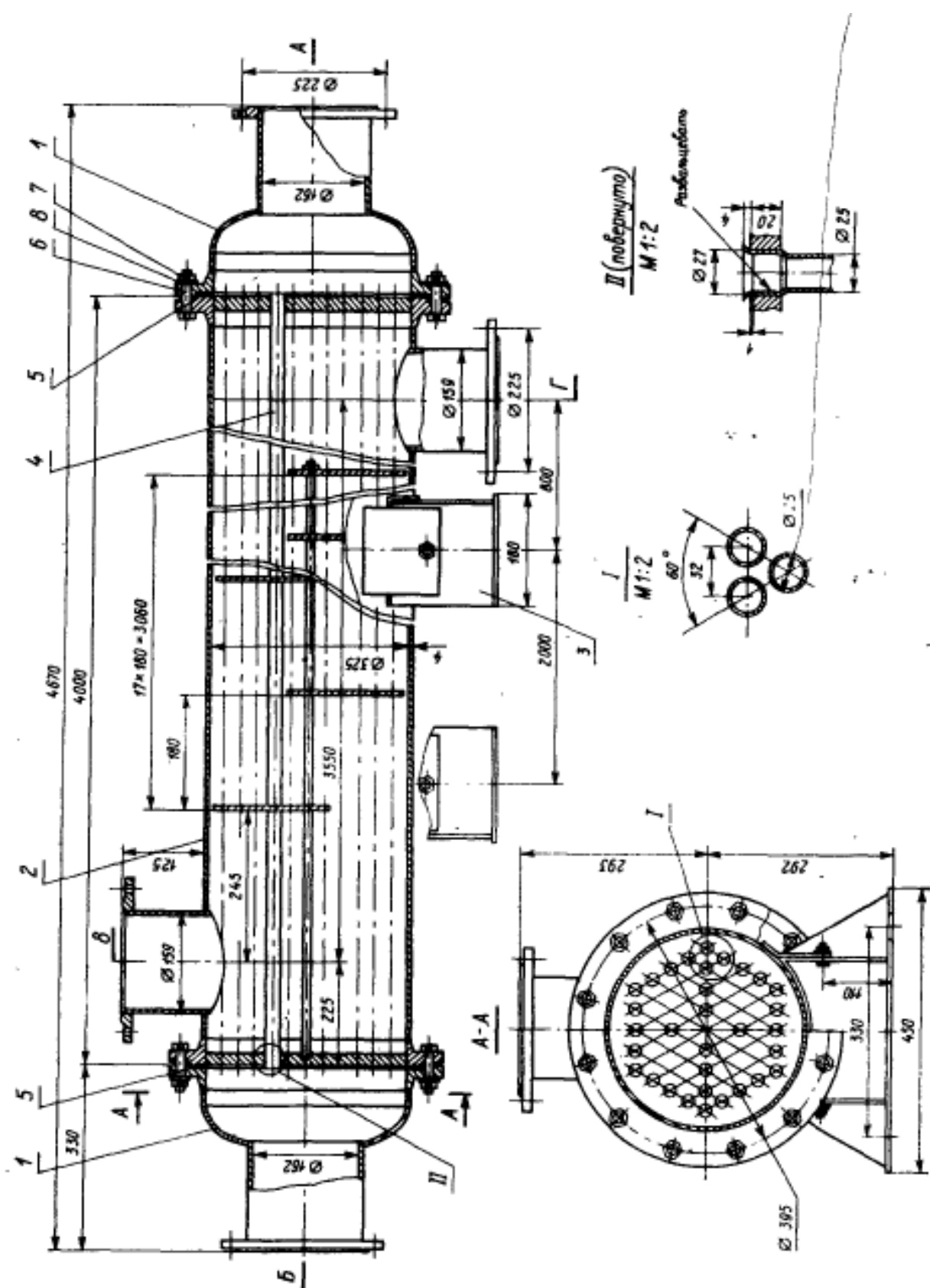
Suvning quvurlar orasidagi bo'shliqda harakat tezligi $\omega_{suv} = 0,25 \text{ } m/s$.

Suv va toluol uchun potrubkalar diametrini aniqlaymiz:

$$d_{suv} = 1,13 \sqrt{\frac{G_2}{\rho_2 \cdot \omega_{suv}}} = 1,13 \sqrt{\frac{5,3}{995,7 \cdot 0,25}} = 0,150 \text{ } m$$

$$d_{tol} = 1,13 \sqrt{\frac{G_1}{\rho_1 \cdot \omega_{tol}}} = 1,13 \sqrt{\frac{5}{820,5 \cdot 0,284}} = 0,165 \text{ } m$$

Suv uchun potrubka tayyorlashda diametri 159x4,5 mm li, toluol uchun potrubka tayyorlashda 168x3 mm li quvur tanlaymiz.



4.3 – rasm. Qobiq trubali issiqlik almashinish apparati

4.2. Bir korpusli bug'latish qurilmasini hisoblash

Loyiha uchun topshiriq:

Ammoniy nitratning suvli eritmasini $x_{bosh} = 10\%$ dan $x_{ox} = 60\%$ gacha quyuqlashtirish uchun $G = 5$ kg/soat ish unumdorligiga ega bo'lgan bir korpusli bug'latish qurilmasini loyihalash.

Boshlang'ich shartlar:

1. Isitish bosimi $P_{s.b} = 0,157$ MPa bo'lgan to'yingan suv bug'i yordamida amalga oshiriladi;
2. Bug'latish qurilmasi bug' bo'shlig'idagi absolyut bosim $P_{b.b} = 0,0196$ MPa;
3. Isitgichga kirayotgan eritma temperaturasi $t_0 = 20^{\circ}C$;
4. Bug'latish apparatiga kirayotgan eritma temperaturasi $t_1 = 60^{\circ}C$;
5. Sovituvchi suv boshlang'ich temperaturasi $t = 12^{\circ}C$;
6. Barometrik kondensatordan chiqayotgan sovituvchi suv va kondensat aralashmasi temperaturasi kondensatsiylanish temperaturasidan $\Delta t = 5^{\circ}C$ ga past.

4.2.1. Moddiy balans

Bug'latilgan suv miqdori quyidagi formula orqali topiladi:

$$W = \frac{G}{\left(1 - \frac{x_b}{x_{ox}}\right)} = \frac{5}{\left(1 - \frac{10}{60}\right)} = 4,165 \text{ kg/s}$$

Quyuqlashtirilgan eritma miqdori:

$$G_q = G - W = 5 - 4,165 = 0,835 \text{ kg/s}$$

4.2.2. Issiqlik hisobi

Eritmaning qaynash temperaturasini aniqlash:

Bug' bo'shlig'idagi bosimning $P_{b.b} = 0,0196$ MPa qiymatida bug'latish apparatidan barometrik kondensatorga kirayotgan ikkilamchi bug' temperaturasi $59,7^{\circ}C$ ga teng [4].

Amaliy tavsiyalar asosida gidravlik depressiyani $\Delta''' = 1^{\circ}C$ deb olamiz.

Bunda bug'latish apparatidan chiqayotgan ikkilamchi bug' temperaturasi

$$t'_b = 59,7 + 1 = 60,7^{\circ}C$$

Ushbu temperaturaga bug' hosil bo'lish issiqligining $r = 2355 \text{ kJ/kg}$ va bosimning $P'_b = 0,0207 \text{ MPa}$ qiymatlari to'g'ri keladi [4].

Gidrostatik depressiyani aniqlash uchun qaynatuvchi quvurlarda eritmaning optimal sathini aniqlash kerak bo'ladi.

Quvur balandligi qiymatini tanlash uchun bug'latish apparati issiqlik o'tkazish yuzasi maydoni taxminan aniqlanadi.

Gazlarning suvli eritmalari qaynashida tabiiy tsirkulyatsiyali apparatlar uchun solishtirma issiqlik yuklamasi $q = 20000 \div 50000 \text{ Vt/m}^2$ ni tashkil qiladi.

Biz $q = 30000 \text{ Vt/m}^2$ deb qabul qilamiz.

Bunday holda

$$F_{max} = W \cdot r / q = 4,165 \cdot 2355,54 \cdot 10^3 / 30000 = 327 \text{ m}^2$$

Standart bo'yicha quyidagi texnik tavsifli bug'latish apparatini tanlaymiz:

- issiqlik almashinish yuzasi $- F = 355 \text{ m}^2$;
- quvur uzunligi $- l = 5 \text{ m}$;
- quvur materialini – po'lat $- \text{X18H10T}$;
- quvur diametri $- d_q = 38 \times 2 \text{ mm}$;
- quvurlar oralig'idagi qadam $- t = 48 \text{ mm}$.

Eritmaning apparatda qaynash temperaturasi taxminan ikkilamchi bug' temperaturasidan 20°C yuqori deb olamiz ($t_{qayn} \approx 80^\circ\text{C}$)

$$h_{sath} = [0,26 + 0,0014(\rho_{er} - \rho_{suv})] \cdot G = [0,26 + 0,0014(1223 - 0,72)] \cdot 5 = 3,06 \text{ m}$$

Eritma qatlamida bosimning o'rtacha oshishi

$$\Delta P = \rho_{er} \cdot g \cdot h_{sath} / 2 = \frac{1223 \cdot 9,81 \cdot 3,06}{2} = 0,0183 \text{ MPa}$$

Shunday qilib qaynatuvchi quvur o'rtacha qatlamida bosim:

$$P_{orr} = P_b + \Delta P = 0,0207 + 0,0183 = 0,039 \text{ MPa}$$

Ushbu bosimga to'g'ri keladigan suvning qaynash temperaturasi $t = 75,4^\circ\text{C}$ ni tashkil qiladi va bug' hosil bo'lish issiqligi $r = 2320 \text{ kJ/kg}$ [4] ga teng.

Shunday qilib gidrostatik depressiya:

$$\Delta'' = t - t_b = 75,4 - 60,7 = 14,7^\circ\text{C}$$

Temperatura depressiyasi quyidagi formula orqali topiladi:

$$\Delta' = 16,2 \frac{T^2}{r} \Delta' t_{atm} = 16,2(273 + 75,4)^2 \cdot \frac{13,57}{(2320 \cdot 10^3)} = 11,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Bu yerda

$\Delta' t_{atm} = 13,57^\circ\text{C} - 60 \%$ li eritmaning atmosfera bosimidagi temperatura depressiyasi.

Eritmaning qaynash temperaturasi

$$t_{er} = t'_b + \Delta' + \Delta'' + \Delta''' = 59,7 + 11,5 + 14,7 + 1 = 86,9^\circ\text{C}$$

Temperaturaning foydali farqi:

$$\Delta t_{foy} = t_k - t_{er} = 112,7 - 86,9 = 25,8^\circ\text{C}$$

Isituvchi bug' sarfini aniqlaymiz:

$$G_{i.b} = \frac{G_b \cdot G_q \cdot t_{qayn} + W \cdot i_{i.b} - G_{er} \cdot C_{er} \cdot t_1}{r_{i.b} \cdot Q_y} \\ = \frac{0,835 \cdot 2618,1 \cdot 86,9 + 4,165 \cdot 2607 \cdot 10^3 - 5 \cdot 3866 \cdot 60}{0,95 \cdot 2227 \cdot 10^3} = 5,77 \text{ kg/s}$$

Bu yerda:

$i_{i.b}$ – ikkilamchi bug' ental'piyasi ($i_{i.b} = 2607 \text{ kJ/kg}$);

C_{er} – 10 % li eritmaning solishtirma issiqlik sig'imi ($C_{er} = 3866 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$);

C_q – quyuqlashtirilgan eritmaning solishtirma issiqlik sig'imi ($C_q = 2618,1 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$);

$r_{i.b}$ – suvning solishtirma bug' hosil qilish issiqligi ($r_{i.b} = 2227 \text{ kJ/kg}$)

$Q_y = 0,95$ – issiqlikning 5 % ga yo'qotilishini inobatga oluvchi koeffitsiyent.

Isitilayotgan kameraning issiqlik yuklamasi

$$Q = G_{i.b} \cdot r_{i.b} = 5,77 \cdot 2227 \cdot 10^3 = 12849,8 \cdot 10^3 \text{ Vt}$$

Issiqlik o'tkazish koeffitsiyentini aniqlaymiz:

Isituvchi kameradagi quvurlar soni:

$$n = F / (\pi \cdot d_q \cdot l) = \frac{355}{(3,14 \cdot 0,038 \cdot 5)} = 595$$

Kondensatning quvur tashqi yuzasi bo'ylab oqish kuchlanishi:

$$W = G_{i.b} / (n \cdot \pi \cdot d_q) = 5,77 / (595 \cdot 3,14 \cdot 0,038) = 0,0813 \text{ kg/(m}^2 \cdot \text{s)}$$

Kondensat qatlami uchun Reynol'ds mezoni

$$Re_{pl} = 4W/\mu = 4 \cdot 0,0813 / (0,251 \cdot 10^{-3}) = 1295,6$$

Bu yerda $\mu = 0,251 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ – suvning $t_k = 112,7^\circ\text{C}$ temperaturadagi dinamik qovushqoqligi.

Plyonka (qatlam) ning keltirilgan qalinligi:

$$S_{pl} = [(\mu)^2 / (\rho^2 \cdot g)]^{0,33} = [(0,251 \cdot 10^{-3})^2 / (988,5^2 \cdot 9,81)]^{0,33} \\ = 0,215 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

Bu yerda $\rho = 988,5 \text{ kg/m}^3$ – suvning kondensatsiya temperaturasi ($t = 112,7^\circ\text{C}$) dagi zichligi.

Nussel't mezoni:

$$Nu_{pl} = \frac{Re_{pl}}{\frac{6,25(Re_{pl} - 400)}{Pr^{0,33}} + C_k} = \frac{1295,6}{\frac{6,25(1295,6 - 400)}{1,56^{0,33}} + 1580} = 0,202$$

Bu yerda:

$Pr = 1,56$ – suv uchun $t_k = 112,7^\circ\text{C}$ temperaturada Prandtl mezoni;

$C = 1580$ - $t_k = 112,7^\circ\text{C}$ da suvning solishtirma issiqlik sig'imi.

Kondensatsiyalanayotgan suv bug'laridan quvur devoriga issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagi formula orqali hisoblab topiladi:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_{pl} \cdot \lambda}{S_{pl}} = \frac{0,202 \cdot 0,685}{0,215 \cdot 10^{-4}} = 6435,8 \text{ Wt/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

4.2.3. Konstruktiv hisob

Isituvchi kameraning ichki diametri:

$$D_k = \sqrt{1,27 \sin \alpha t^2 n / \pi \cdot \psi} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,866 \cdot 595 \cdot 0,048^2}{3,14 \cdot 0,85}} = 1,676 \approx 1,8 \text{ m}$$

Tsirkulyatsion quvurning ichki diametri:

$$D_i = \sqrt{(0,3 \div 0,6) d_i^2 \cdot n} = \sqrt{0,45 \cdot 0,034^2 \cdot 595} = 0,699 \text{ m} \approx 0,7 \text{ m}$$

Separator aylanmasining diametri ruxsat beriladigan kuchlanish va bug' bo'shlig'i hajmini aniqlaymiz.

Bug' bo'shlig'ining ruxsat beriladigan kuchlanishi:

$$W' = f_1 \cdot f_2 \cdot W'_{atm} = 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1000 = 850 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{soat}$$

Bu yerda

$f_1 = 0,85$ – apparatdagi bosimga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent;

$f_2 = 1,0$ – eritma va bug' bo'shlig'i sathiga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent;

$W'_{atm} = 1000 \text{ kg/(m}^2 \cdot \text{soat)}$ – tuz eritmalari uchun bosim $P = 0,1 \text{ MPa}$ bo'lganda ruxsat beriladigan bug' bo'shlig'i kuchlanishi.

Separator hajmi:

$$V_s = \frac{W}{W_1} = \frac{4,165 \cdot 3600}{850} = 17,64 \text{ m}^3$$

Separator aylanmasi diametri:

$$D_s = \sqrt{\frac{W \cdot V_b}{\omega \cdot 0,785}} = \sqrt{\frac{4,165 \cdot 7,977}{0,785 \cdot 4,4}} = 3,1 \text{ m} \approx 3,2 \text{ m}$$

Bu yerda

$\omega = 4,4 \text{ m/s}$ – bug'ning separatoridagi ruxsat beriladigan tezligi;

$V_b = 7,977 \text{ m}^3/\text{kg}$ – bosimning $P = 0,0196 \text{ MPa}$ qiymatida bug'ning solishtirma hajmi.

Separatoridagi bug'ning tezligini aniqlashtiramiz:

$$\omega_b = \sqrt{\frac{W \cdot V_b}{0,785 \cdot D_s^2}} = \sqrt{\frac{4,165 \cdot 7,977}{0,785 \cdot 3,2^2}} = 4,13 \text{ m/s}$$

Bug' bo'shlig'i balandligi:

$$H_s = \sqrt{\frac{V_s}{0,785 \cdot D_s^2}} = \sqrt{\frac{17,64}{0,785 \cdot 3,2^2}} = 2,2 \text{ m}$$

Isitish kamerasidan separatorga o'tadigan suv-bug' aralashmasining kirish quvuri diametri quyidagi nisbat orqali aniqlanadi:

$$D_k = \frac{D_s}{4} = \frac{3,2}{4} = 0,8 \text{ m}$$

Shtutser diametrini hisoblash:

Hisoblash uchun quyidagilarni qabul qilamiz:

- isituvchi bug' tezligi $\omega_{i.b} = 20 \text{ m/s}$;

- kondensat tezligi $\omega_k = 0,5 \text{ m/s}$;
- ikkilamchi bug' tezligi $\omega_{ik.b} = 50 \text{ m/s}$;
- eritma tezligi $\omega_{er} = 2 \text{ m/s}$;
- quyultirilgan eritma tezligi $\omega_{qe} = 0,5 \text{ m/s}$;

Ma'lumotnomalar to'plamidan quyidagilarni olamiz [4].

- bosim $P = 0,16 \text{ MPa}$ bo'lganda isituvchi bug' zichligi $\rho_{i.b} = 0,898 \text{ kg/m}^3$;
- bosim $P = 0,0196 \text{ MPa}$ bo'lganda ikkilamchi bug' zichligi $\rho_{ik.b} = 0,128 \text{ kg/m}^3$;
- temperatura 60°C bo'lganda 10 % li eritma zichligi $\rho_{er} = 1022 \text{ kg/m}^3$;
- temperatura $86,9^\circ\text{C}$ bo'lganda quyushtirilgan eritma zichligi $\rho_{q.er} = 1215 \text{ kg/m}^3$;
- temperatura $112,7^\circ\text{C}$ bo'lganda kondensat zichligi $\rho_k = 938,5 \text{ kg/m}^3$;

Hisoblashlar bo'yicha quyidagi standart shtutserlarni tanlaymiz:

	$D, \text{ mm}$
1. Isituvchi bug' uchun	600
2. Ikkilamchi bug' uchun	800
3. Eritma kirishi uchun	50
4. Eritma chiqishi uchun	50
5. Kondensat chiqishi uchun	125

4.2.4. Issiqlik himoya qatlami qalinligini hisoblash

Bug'latish qurilmasi temperaturasi 20°C bo'lgan yopiq binoda joylashgan deb qabul qilamiz. Tashqi tomondan himoya qatlami temperaturasi 40°C ga teng deb qabul olamiz.

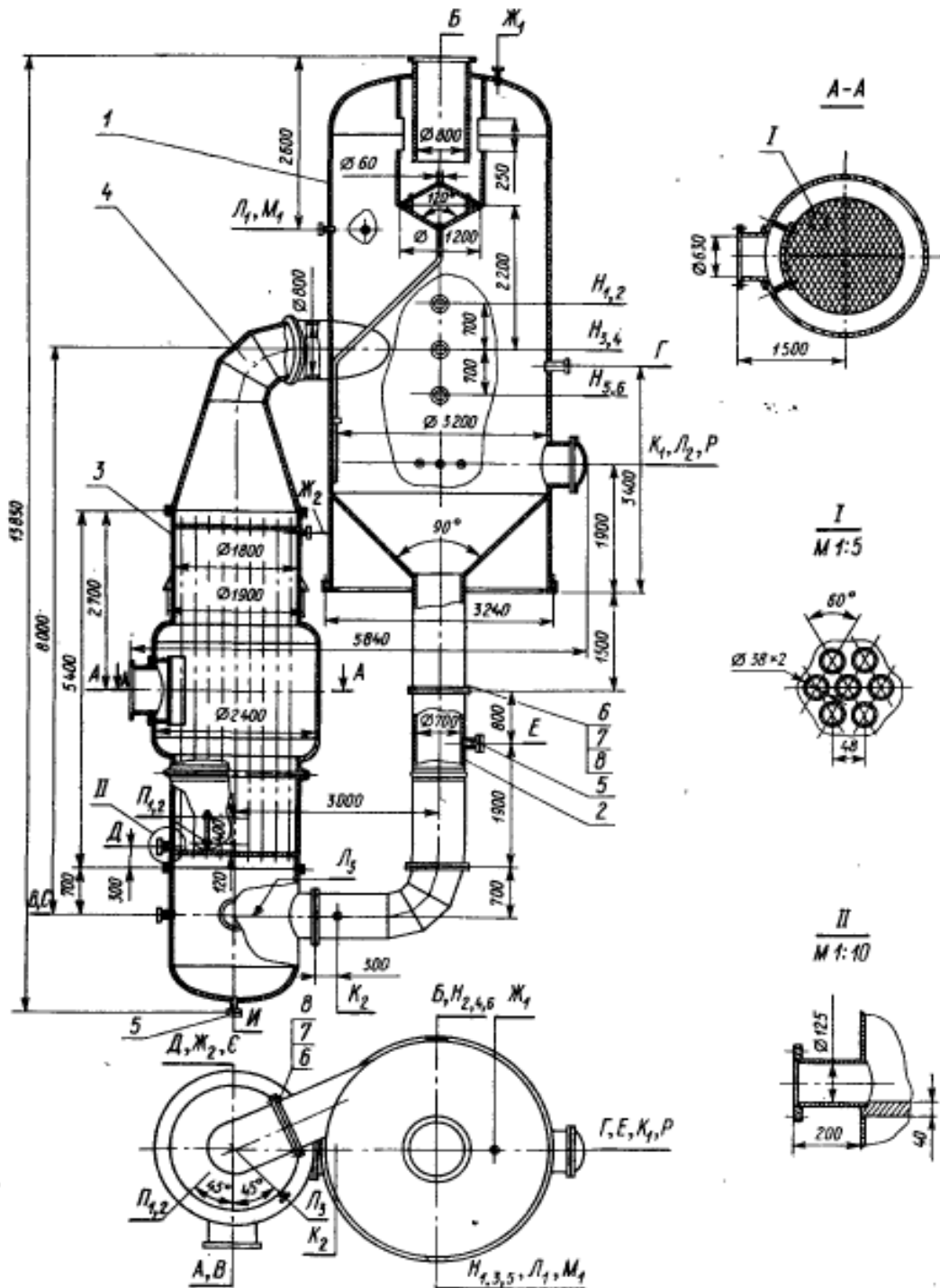
Issiqlik himoya materiali sifatida sovelitni tanlaymiz (85 % magnezin va 15 % asbestdan tashkil topgan). Sovelitning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti $\lambda_{him} = 0,09 \text{ Wt/(m} \cdot \text{K)}$.

Issiqlik berish koeffitsiyenti

$$\alpha_{him} = 9,3 + 0,058t_{tash} = 9,3 + 0,058 \cdot 40 = 11,6 \text{ Vt}/(m^2 \cdot K)$$

Himoya qatlami qalinligi

$$\delta_{him} = \frac{\lambda_{iz}(t_k - t_t)}{\alpha(t_t - t_h)} = \frac{0,09(112,7 - 40)}{11,6(40 - 20)} = 0,032 \text{ m}$$



4.4 – rasm. Bir korpusli bug'latkich

4.3. Barometrik kondensatorni hisoblash

4.3.1. Sovituvchi suv sarfi

Sovituvchi suv sarfi issiqlik balansi tenglamasidan foydalanib aniqlanadi.

Bosimning qiymati $P = 0,0196$ MPa bo'lganda ikkilamchi bug' parametrlari:

$I_{i.b} = 2607 \text{ kJ/kg}$ – bug'ning solishtirma ental'piyasi;

$t = 59,7^\circ\text{C}$ – kondensatsiyalanish temperaturasi;

$W = 4,165 \text{ kg/s}$ – kondensat bo'yicha ish unumdorlik;

$t_{\text{suv}} = 12^\circ\text{C}$ – sovituvchi suv temperaturasi.

Sovituvchi suv va kondensat aralashmasining kondensatordan chiqishdagi temperaturasi kondensatsiyalanish temperaturasidan 5°C kam bo'lishini e'tiborga olsak

$$t_k = 59,7 - 5 = 54,7^\circ\text{C}$$

Shunday qilib sovituvchi agent sarfi

$$G_{\text{suv}} = \frac{W(I - C \cdot t_k)}{C(t_k - t_{\text{suv}})} = \frac{4,165(2607 \cdot 10^3 - 4,19 \cdot 10^3 \cdot 54,7)}{4,19 \cdot 10^3(54,7 - 12)} = 55,35 \text{ kg/s}$$

4.3.2. Barometrik kondensator diametri:

$$D_{b.k} = \sqrt{\frac{4 \cdot W \cdot V}{\pi \cdot \omega_b}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,165 \cdot 7,977}{3,14 \cdot 20}} = 1,440 \text{ m}$$

Bug'ning kondensatordagi tezligini $\omega_b = 15 \div 25 \text{ m/s}$ deb qabul qilamiz.

Tarmoq standartiga asosan barometrik kondensator diametri $D_{b.k} = 1600 \text{ mm}$ ga teng bo'ladi.

4.3.3. Barometrik quvur balandligini hisoblash

Tarmoq standarti bo'yicha barometrik quvur diametri $d_{b.t} = 300 \text{ mm}$ ga teng.

Barometrik quvurdagi suvning tezligi sarf tenglamasidan foydalanib topiladi:

$$\omega_{\text{suv}} = \frac{G_{\text{suv}} + W}{0,785 \cdot \rho_{\text{suv}} \cdot d_{b.t}} = \frac{55,35 + 4,165}{0,785 \cdot 985,4 \cdot 0,3} = 0,855 \text{ m/s}$$

Bu yerda

$$\rho_{\text{suv}} = 985,4 - \text{suvning } 54,7^\circ\text{C temperaturadagi zichligi.}$$

Barometrik kondensatorda vakuum miqdori:

$$B = P_{atm} - P_{b.t} = 1,013 \cdot 10^5 - 0,0195 \cdot 10^5 = 0,817 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlari:

- quvurga kirishda $\xi_{kir} = 0,5$;

- quvurdan chiqishda $\xi_{chiq} = 1,0$.

Ishqalanish koeffitsiyenti (λ) miqdori suyuqlikni oqish rejimiga bog'liq bo'lib, Reynol'ds mezoni orqali aniqlanadi:

$$Re = \frac{\omega \cdot d_e \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,855 \cdot 0,3 \cdot 985,4}{0,509 \cdot 10^{-3}} = 496572$$

Silliq quvurlar uchun $Re = 496572$ ga teng bo'lsa ishqalanish koeffitsiyenti $\lambda = 0,0133$ deb olinadi.

Barometrik quvur balandligi

$$\begin{aligned} H_{b.t} &= \frac{B}{\rho_s \cdot g} + \left(1 + \sum \xi + \lambda \frac{D_{b.k}}{d_{b.t}}\right) \frac{\omega^2}{2g} + 0,5 \\ &= \frac{0,817 \cdot 10^5}{985,4 \cdot 9,81} + \left(1 + 0,5 + 1,0 + 0,0133 \frac{1,6}{0,3}\right) \frac{0,855^2}{2 \cdot 9,81} + 0,5 = 10,3 \text{ m} \end{aligned}$$

4.3.4. Vakuum-nasos ish unumdorligini hisoblash

Kondensatordan so'rib olinayotgan havo miqdorini quyidagi formula orqali aniqlaymiz:

$$G_h = 0,000025(W + G_s) + 0,01W$$

Bu yerda:

0,000025 – kondensat va sovituvchi suv tomonidan kondensatorga kiritilishi taxmin qilinadigan havo miqdori;

0,01 – havoni so'rish kattaligi.

$$G_h = 2,5 \cdot 10^{-4}(4,165 + 55,35) + 0,01 \cdot 4,165 = 0,043 \text{ kg/s}$$

Havo temperaturasi

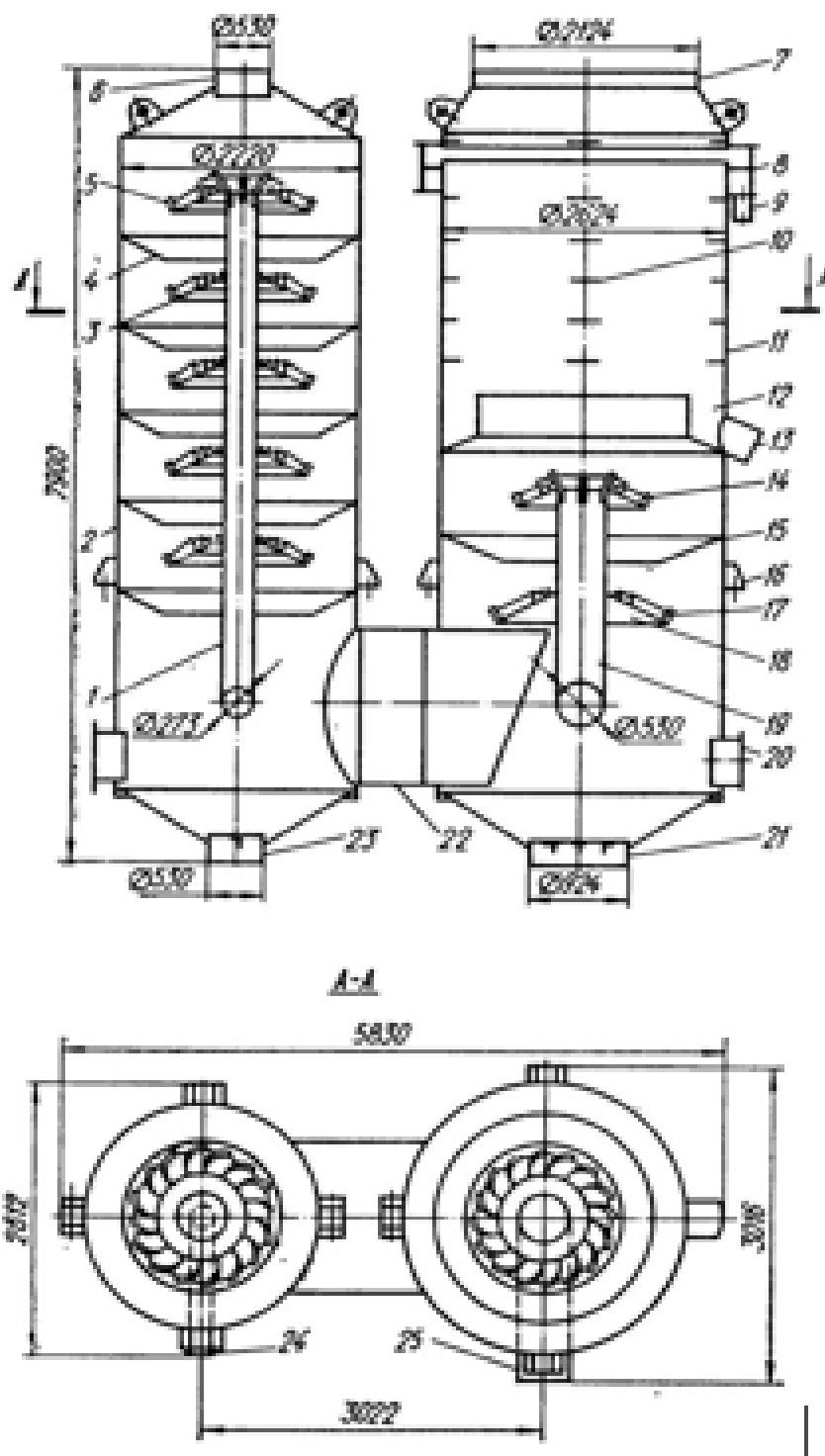
$$t_h = 12,0 + 4 + 0,1(54,7 - 12) = 20,3^\circ \text{ C}$$

Barometrik kondensatordagi quruq havo partsial bosimi:

$$P_h = P_{b.k} - P_b = 0,196 \cdot 10^5 - 0,24 \cdot 10^4 = 0,172 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Bu yerda:

$P_b = 0,24 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ – havo temperaturasi $t_h = 20,3^\circ \text{ C}$ bo'lganda quruq to'yingan bug' bosimi.



4.6 – rasm. Barometrik kondensatorning umumiy koʻrinishi

Vakuum – nasosning hajmiy ish unumdorligi:

$$V_h = 287 \cdot t_h \cdot G_h / \rho_h = \frac{287(273 + 20,3) \cdot 0,043}{0,172 \cdot 10^5} = 0,210 \text{ m}^3/\text{s}$$

V – bo`lim. Modda almashinish jarayonlari

Modda almashinish uskunalarining asosiy o`lchamlarini aniqlash

Modda almashinish uskunalarini texnologik hisoblashda ularning asosiy o`lchamlari (diametr va ish balandligi) aniqlanadi.

Uskunaning diametri. Bunday maqsad uchun sarf tenglamasidan foydalaniladi:

$$V_c = S \cdot W_0$$

Bu yerda:

V_c – tegishli fazaning hajmiy sarfi (masalan, absorbtsiya jarayonida gazning sarfi, rektifikatsiyada esa bug`ning sarfi va hokazo);

W_0 – shu fazaning mavhum yoki keltirilgan tezligi (yoki tegishli fazaning uskuna to`la kesimiga nisbatan olingan tezligi);

S – uskunaning ko`ndalang kesim yuzasi.

Dumaloq ko`ndalang kesimli uskunalarda  $S = \pi D^2 / 4$  bo`lgani sababli:

$$V_c = \frac{\pi D^2}{4} \cdot W_0$$

bundan

$$D = \sqrt{\frac{4V_c}{\pi W_0}} \quad (5.1)$$

Odatda V_c berilgan bo`ladi va uskunaning diametri  $D$  ni topish uchun tegishli faza (masalan, gaz yoki bug`) ning mavhum tezligini qabul qilish kerak. Tezlikni qabul qilishda quyidagi holat hisobga olinishi kerak: oqimning tezligi ortishi bilan modda o`tkazish koeffitsiyentining qiymati ko`payadi, biroq tezlik ortishi bilan uskunaning gidravlik qarshiligi ham ortadi (natijada jarayonni olib borish uchun zarur bo`lgan energiya sarfi ortadi). Shu sababli har bir aniq sharoit uchun texnik – iqtisodiy hisoblashlar orqali gaz yoki bug`ning maqbul tezligi qabul qilinadi.

Uskunaning balandligi. Modda almashinish uskunasining balandligi fazalar kontakti uzluksiz yoki pog`onali bo`lishiga ko`ra ikki xil usulda aniqlanadi.

Masalan, fazalar uzluksiz kontaktda bo'lgan uskunalarning balandligi quyidagi modda o'tkazish tenglamalari orqali topiladi:

$$M = K_y \alpha V \Delta U_{o'r} \quad (5.2)$$

yoki

$$M = K_X \alpha V \Delta U_{o'r} \quad (5.3)$$

Bu yerda:

$F = \alpha V$ – fazalarning kontakt yuzasi;

α - fazalarning solishtirma kontakt yuzasi;

V – uskunaning ish hajmi.

Uskunaning ish hajmi: $V = S \cdot H$ (bu erda H – uskunaning ish balandligi).

(5.2) va (5.3) tenglamalardagi V ning o'rniga $S H$ ni qo'yib, ularni H ga nisbatan echsak, quyidagi ifodalarni olamiz:

$$H = \frac{M}{K_y S \Delta U_{o'r}} \quad (5.4)$$

yoki

$$H = \frac{M}{K_X \alpha S \Delta X_{o'r}} \quad (5.5)$$

(5.4) va (5.5) tenglamalar bo'yicha H ni hisoblash uchun alohida solishtirma kontakt yuzasi α va modda o'tkazishning yuza bo'yicha olingan koeffitsiyenti K_u yoki K_X ning qiymatlarini yoxud shu kattaliklarning solishtirma kontakt yuzasi bilan ko'paytmasidan iborat bo'lgan modda o'tkazishning hajmiy koeffitsiyentlari ($K_y \cdot \alpha = K_{yV}$ yoki $K_X \cdot \alpha = K_{yX}$) ni bilish zarur. Ayniqsa, fazalarning kontakt yuzasini aniqlash qiyin bo'lganda K_V ni topish maqsadga muvofiqdir.

Uskunaning ish balandligi o'tkazish birligining balandligi va o'tkazish birligining soni ko'paytmasi bilan ham topilishi mumkin:

$$H = h_{ou} \cdot n_{ou} \quad (5.6)$$

yoki

$$H = h_{ox} \cdot n_{ox} \quad (5.7)$$

5.1. Metil spirti va suv aralashmasini ajratish uchun rektifikatsion kolonnani hisoblash tartibi

Loyihalash uchun topshiriq:

1. Boshlang'ich aralashma bo'yicha ish unumdorligi – $F = 1,4 \text{ kg/s}$;
2. Yengil uchuvchan komponent miqdori:
 - boshlang'ich aralashmada - $\bar{X}_F = 40 \%$;
 - distillyatda - $\bar{X} = 98,5 \%$;
 - qoldiqda - $\bar{X}_W = 1,5 \%$;
3. Deflegmatorning bug' bo'shlig'idagi bosim – $P_d = 0,1 \text{ MPa}$;
4. Rektifikatsion kolonna turi – tarelkali; tarelka turi – to'rli va quyuluvchan qurilmali;
5. Boshlang'ich aralashma bosimi $0,4 \text{ MPa}$ bo'lgan to'yingan suv bug'i yordamida qaynash temperaturasigacha isitiladi.

5.1.1. Kolonnaning moddiy balansi va ishchi flegma sonini aniqlaymiz

Distillyat (R) va qoldiq (W) bo'yicha kolonnaning ish unumdorligi quyidagi tenglama asosida aniqlanadi:

$$F = R + W$$

$$0,4 \cdot F = 0,985 \cdot R + 0,015 \cdot W$$

bundan

$$W = \frac{1,4 \cdot (0,985 - 0,4)}{0,985 - 0,015} = 0,84 \text{ kg/s}$$

$$R = F - W = 1,4 - 0,84 = 0,56 \text{ kg/s}$$

Keyingi hisoblashlarni amalga oshirish uchun boshlang'ich aralashma, distillyat va qoldiq miqdorlarini molyar ko'rinishda ifodalash kerak bo'ladi:

$$X_F = \frac{\bar{X}/32}{\bar{X}/32 + (1 - \bar{X})/18} = \frac{0,4/32}{0,4/32 + (1 - 0,4)/18} = 0,273$$

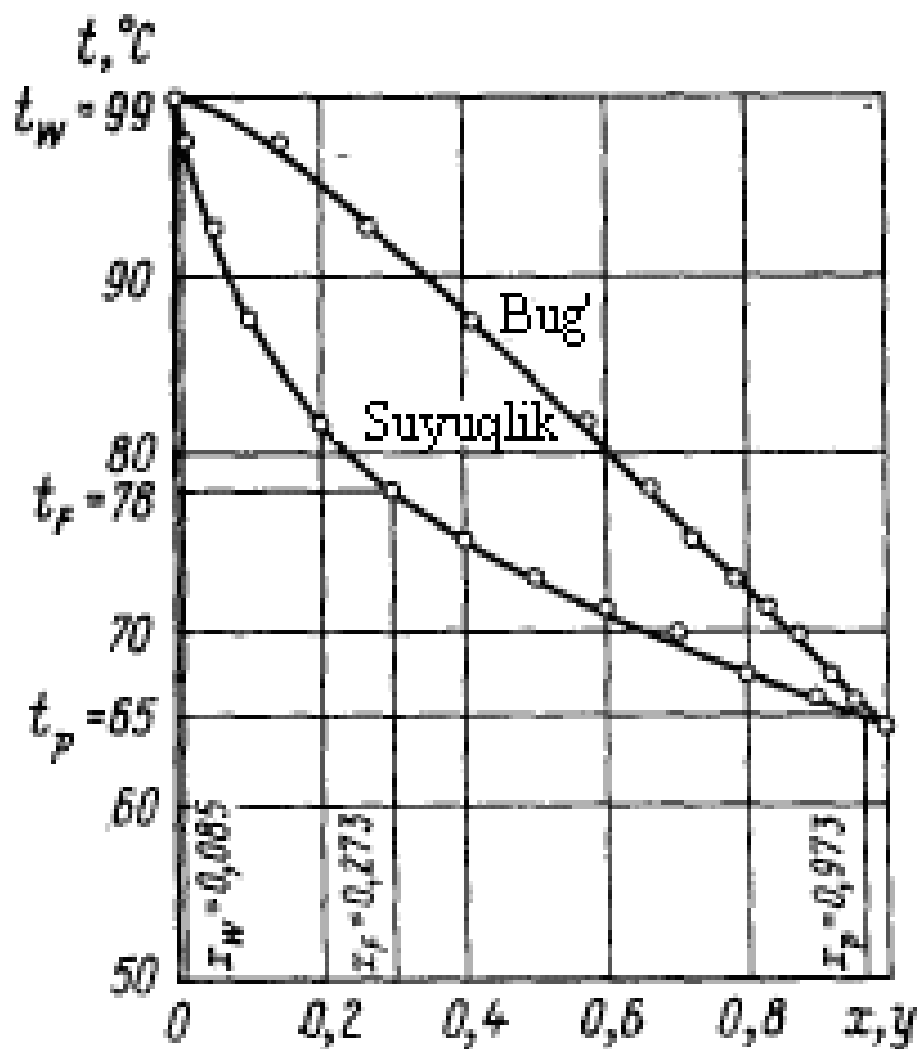
bu yerda 32 – metil spirti va 18 – suvning molekulyar massasi

Xuddi shuningdek:

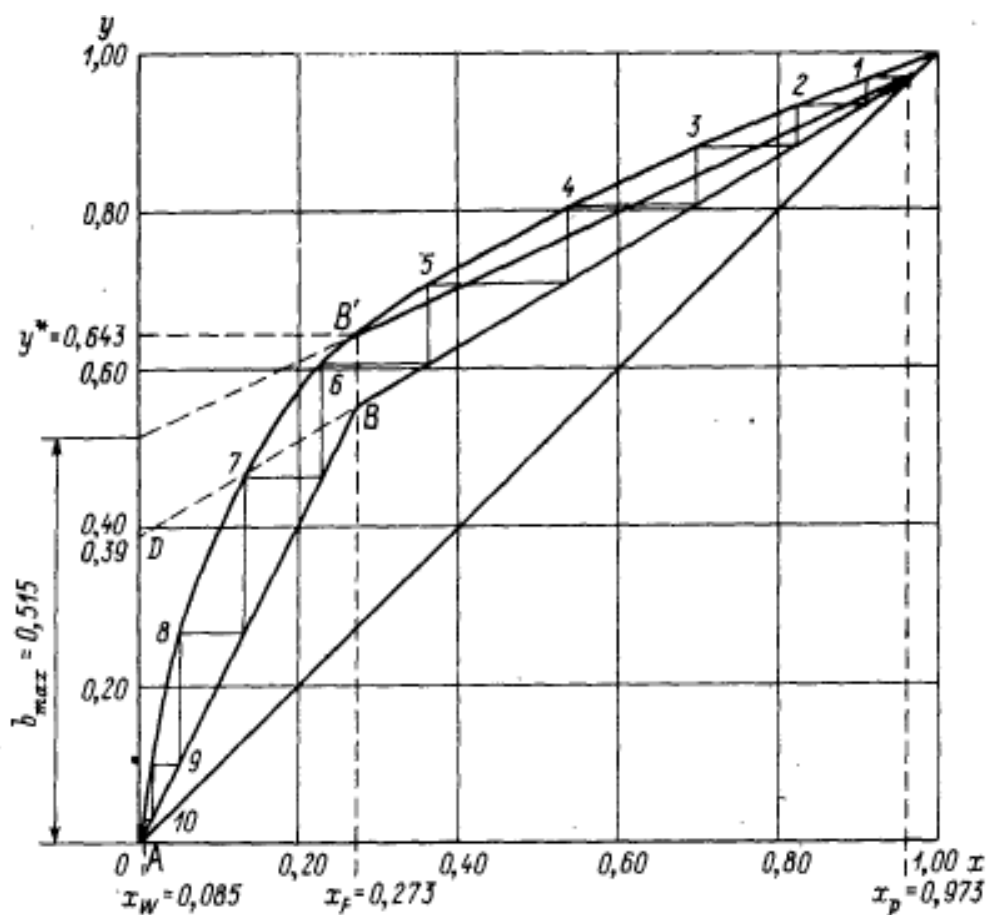
$$X_P = 0,973;$$

$X_W = 0,0085$ ekanligini aniqlaymiz.

Bosimning 0,1 MPa qiymatida ko`rilayotgan binar aralashma uchun ma`lumotnomalardan olingan qaynash temperaturasi, bug' va suyuqlikning muvozanat holatiga asoslanib $x - y$ koordinatalarda aralashmaning qaynash temperaturasi va muvozanat holatini ifodalovchi egri chiziqni belgilaymiz.



5.1 – rasm. Metil spirti – suv aralashmasi qaynash temperaturasi egri chizig'i



5.2 - rasm. Nazariy tarelkalar sonini aniqlash (tarelkali rektifikatsion kolonnani hisoblashga)

Diagrammadan (5.2-rasm) foydalanib maksimal flegma sonini ($R_{max} = 0,515$) aniqlaymiz:

$$R_{max} = X_F / (R_{min} + 1)$$

Bu yerda:

$$R_{min} = \frac{X_P - y^*}{y^* - X_F} = \frac{0,973 - 0,643}{0,643 - 0,273} = 0,89$$

Tavsiyaga asoslanib flegmaning ortiqcha koeffitsiyentini $\beta = 1,7$ deb qabul qilamiz.

Demak ishchi flegma soni

$$R = \beta \cdot R_{min} = 1,7 \cdot 0,89 = 1,5$$

5.1.2. Jarayonning issiqlik balansini aniqlash

Issiqlik hisobini amalga oshirish uchun dastlabki aralashma, distillyat va qoldiqning qaynash temperaturalari va issiqlik sig'irlarini topamiz.

5.1 - rasm asosida kub qoldig'i qaynash temperaturasi $t_W = 99\text{ }^{\circ}\text{C}$, boshlang'ich aralashma qaynash temperaturasi $t_F = 78\text{ }^{\circ}\text{C}$ va distillyat qaynash temperaturasi $t_P = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ekanligini aniqlaymiz.

Metil spirtining issiqlik sig'imi

$$t = 65^{\circ}\text{C} \rightarrow C_{m.s} = 2700\text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

$$t = 78^{\circ}\text{C} \rightarrow C_{m.s} = 2780\text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

$$t = 99^{\circ}\text{C} \rightarrow C_{m.s} = 2910\text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

bo'lsa va suvning issiqlik sig'imi

$$C_{suv} = 4190\text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

deb qabul qilinsa, aralashma, distillyat va qoldiqning issiqlik sig'irlari

$$C_P = C_{m.s} \cdot \bar{X} + C_{suv} \cdot \bar{X}_W = 2700 \cdot 0,985 + 4190 \cdot 0,015 = 2723\text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

Flegmaning bug'lanish issiqligi $t = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperaturada

$$\begin{aligned} r_f &= r_{m.s} \cdot \bar{X} + r_{s.b}(1 - \bar{X}) = 1100,8 \cdot 0,985 + 2347,5(1 - 0,985) = \\ &= 1119,5 \cdot 10^3\text{ J/kg} \end{aligned}$$

Bu yerda:

$r_{m.s}$ – metil spirtining $t = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperaturada solishtirma bug' hosil qilish issiqligi ($r_{m.s} = 1100,8\text{ J/kg}$);

$r_{s.b}$ – suv bug'ining solishtirma bug' hosil qilish issiqligi ($r_{s.b} = 2347,5\text{ J/kg}$)

Kolonnadan chiqayotgan bug' ental'piyasi

$$J_b = r_f + C_P \cdot t = 1119,5 \cdot 10^3 + 2723 \cdot 64 = 175391,5\text{ J/kg}$$

Issiqlik yo'qotilishini 3 % deb qabul qilamiz va kolonnada issiqlik sarfini aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} Q &= G_b(J_b - i_k) = W(C_W \cdot t_W - C_F \cdot t_k) + P \cdot R \cdot r_f + P(i_b - C_F \cdot t_k + Q_{yo'q}) = \\ &= 0,84(4174 \cdot 99 - 3630 \cdot 78) + 0,56 \cdot 1,5 \cdot 1119,5 \cdot 10^3 + 0,56(175391,5 \cdot \\ &10^3 - 3630 \cdot 78) = 1665573,2\text{ Vt} + 0,03Q \end{aligned}$$

Kolonnada isituvchi bug' sarfi

$$G_b = Q/(J_b - i_k) = \frac{1665573,2}{(4174 \cdot 99 - 3630 \cdot 78)} = 0,82 \text{ kg/s}$$

Sovutgichlarda suv temperaturasini 20 °C gacha bo'lishini inobatga olib suv sarfini aniqlaymiz:

deflegmatorda

$$G'_{suv} = P(R + 1) \cdot r_f / (C_{suv} \cdot \Delta t) = 0,56(1 + 1,5) \cdot 1119,5 \cdot 10^3 / (4190 \cdot 20) = 18,7 \text{ kg/s}$$

distillyat sovitgichida

$$G''_{suv} = P \cdot C_P(t_{P1} - t_{P2}) / (C_{suv} \cdot \Delta t) = 0,56 \cdot 2723(64 - 30) / (4190 \cdot 20) = 0,62 \text{ kg/s}$$

kub qoldig'i sovitgichida

$$G'''_{suv} = W \cdot C_W(t_{W1} - t_{W2}) / (C_{suv} \cdot \Delta t) = 0,84 \cdot 4174(99 - 30) / (4190 \cdot 20) = 2,9 \text{ kg/s}$$

Suvning umumiy sarfi

$$G_{suv} = G'_{suv} + G''_{suv} + G'''_{suv} = 18,7 + 0,62 + 2,9 = 22,22 \text{ kg/s}$$

5.1.3. Texnologik hisob

Kolonna orqali o'tayotgan bug' va suyuqlik hajmini aniqlash:

Dastlab suyuqlik va bug'ning molekulyar massasi, kolonnadagi suyuqlik va bug'ning o'rtacha molekulyar va massaviy konsentratsiyalarini aniqlaymiz:

Suyuqlikning o'rtacha molekulyar tarkibi:

- kolonnaning yuqori qismida

$$X_{orryu} = (X_P - X_F)/2 = (0,973 - 0,273)/2 = 0,623$$

- kolonna pastki qismida

$$X_{o'r.p} = (X_F - X_W)/2 = (0,273 - 0,0085)/2 = 0,14$$

Suyuqlikning o'rtacha massaviy tarkibi:

- kolonna yuqori qismida

$$\bar{X}_{o'r.yu} = (\bar{X} - \bar{X}_F)/2 = (0,985 - 0,40)/2 = 0,692$$

- kolonna pastki qismida

$$\bar{X}_{o'r.p} = (\bar{X}_F - \bar{X}_W)/2 = (0,40 - 0,015)/2 = 0,2075$$

Suyuqlikning o`rtacha molekulyar massasi:

- kolonnaning yuqori qismida:

$$\begin{aligned} M_{yu} &= M_{m.s} \cdot X_{o'r.yu} + M_{suv} \cdot X_{o'r.suv} = 32 \cdot 0,627 + 18 \cdot 0,337 \\ &= 26,72 \text{ kg/kmol} \end{aligned}$$

- kolonnaning pastki qismida:

$$M_p = M_{m.s} \cdot \bar{X}_{o'r.p} + M_{suv} \cdot \bar{X}_{o'r.suv} = 32 \cdot 0,14 + 18 \cdot 0,86 = 20 \text{ kg/kmol}$$

Komponentlarning molekulyar massasi:

- distillyatniki:

$$\begin{aligned} M_p &= M_{m.s} \cdot X_p + M_{suv}(1 - X_p) = 32 \cdot 0,973 + 18(1 - 0,973) \\ &= 31,62 \text{ kg/kmol} \end{aligned}$$

- dastlabki aralashmaniki:

$$\begin{aligned} M_F &= M_{m.s} \cdot X_F + M_{suv}(1 - X_F) = 32 \cdot 0,273 + 18(1 - 0,273) \\ &= 21,82 \text{ kg/kmol} \end{aligned}$$

- kubdagi qoldig'iniki:

$$\begin{aligned} M_W &= M_{m.s} \cdot X_W + M_{suv}(1 - X_W) = 32 \cdot 0,015 + 18(1 - 0,015) \\ &= 18,21 \text{ kg/kmol} \end{aligned}$$

Bug'larning o`rtacha molekulyar tarkibi:

- kolonna yuqori qismida:

$$y_{o'r.yu} = (X_P + X_F)/2 = (0,973 + 0,553)/2 = 0,763$$

- kolonna pastki qismida:

$$y_{o'r.p} = (X_F + X_W)/2 = (0,553 + 0,0085)/2 = 0,28$$

Bug'larning o`rtacha molekulyar massasi:

- kolonna yuqori qismida:

$$\begin{aligned} M_{yu} &= M_{m.s} \cdot y_{o'r.yu} + M_{suv}(1 - y_{o'r.yu}) = 32 \cdot 0,763 + 18(1 - 0,763) \\ &= 28,68 \end{aligned}$$

- kolonna pastki qismida:

$$M_p = M_{m.s} \cdot y_{o'r.p} + M_{suv}(1 - y_{o'r.p}) = 32 \cdot 0,28 + 18(1 - 0,28) = 21,92$$

Suyuqlikning o'rtacha zichligi:

- kolonna yuqori qismida:

$$\begin{aligned}\rho_{yu} &= \rho_{m.s} \cdot \bar{X}_{o'r.yu} + \rho_{suv}(1 - \bar{X}_{o'r.yu}) = 743,6 \cdot 0,692 + 977(1 - 0,692) \\ &= 815,4 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- kolonna pastki qismida:

$$\begin{aligned}\rho_p &= \rho_{m.s} \cdot \bar{X}_{o'r.p} + \rho_{suv}(1 - \bar{X}_{o'r.p}) = 727 \cdot 0,2075 + 966(1 - 0,2075) \\ &= 916,4 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Bu yerda:

$\rho_{m.s} = 743,6$ va $\rho_{suv} = 977$ mos ravishda $t_{orr} = (64+78)/2 = 71$ °C
temperaturada metil spirti va suv zichliklari;

$\rho_{m.s} = 727$ va $\rho_{suv} = 966$ mos ravishda $t_{orr} = (99+78)/2 = 88,5$ °C
temperaturada metil spirti va suv zichliklari.

Bug'ning o'rtacha zichligi:

- kolonna yuqori qismida:

$$\rho_{o'r.yu} = \frac{M_{yu}}{V} \cdot \frac{T}{(T + t_{o'r})} = \frac{28,68}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 71} = 1,016 \text{ kg/m}^3$$

- kolonna pastki qismida:

$$\rho_{o'r.p} = \frac{M_p}{V} \cdot \frac{T}{(T + t_{o'r})} = \frac{21,92}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 88,5} = 0,739 \text{ kg/m}^3$$

Bu yerda:

$T = 273$ – absolyut temperatura

$V = 22,4$ – normal sharoitda 1 litr gaz egallaydigan hajm

Suyuqlikning massaviy sarfi:

- kolonnaning yuqori qismida:

$$h_{yu} = M_{yu} \cdot X_W \cdot \frac{P}{M_r} = 0,56 \cdot 1,5 \cdot \frac{26,72}{31,62} = 1,27 \text{ kg/s}$$

- kolonnaning pastki qismida:

$$h_p = \bar{X}_{o'r.yu} \cdot X_W \cdot \frac{M_p}{M_r} + 1,39 \frac{M_p}{M_F} = 0,552 \cdot 1,5 \cdot \frac{20}{31,62} + 1,39 \frac{20}{21,82}$$

$$= 0,71 \text{ kg/s}$$

Bug'ning massaviy oqimi:

- kolonna yuqori qismida:

$$G_{yu} = \bar{X}_{o'r.yu} (X_W + 1) M_{yu} / M_r = 0,560(1,5 + 1) 28,68 / 31,62 = 1,27 \text{ kg/s}$$

- kolonna pastki qismida:

$$G_p = \bar{X}_{o'r.yu} (X_W + 1) M_p / M_r = 0,560(1,5 + 1) 21,92 / 31,62 = 0,97 \text{ kg/s}$$

5.1.4. Bug'ning tezligi va kolonna diametrini hisoblash

Kolonna diametri kolonna bo'ylab ko'tarilayotgan bug' tezligi va miqdoriga bog'liq holda aniqlanadi:

$$D_k = \sqrt{4 V_b / (\pi \cdot \omega_b)}$$

- kolonna yuqori qismi diametri:

$$D_k = \sqrt{4 \cdot 1,27 / (3,14 \cdot 1,2)} = 1,15 \text{ m}$$

- kolonna pastki qismi diametri:

$$D = \sqrt{4 \cdot 0,97 / (3,14 \cdot 1,5)} = 1,06 \text{ m}$$

O'rtacha diametr

$$D_{orr} = \frac{(1,15 + 1,06)}{2} = 1,1 \text{ m}$$

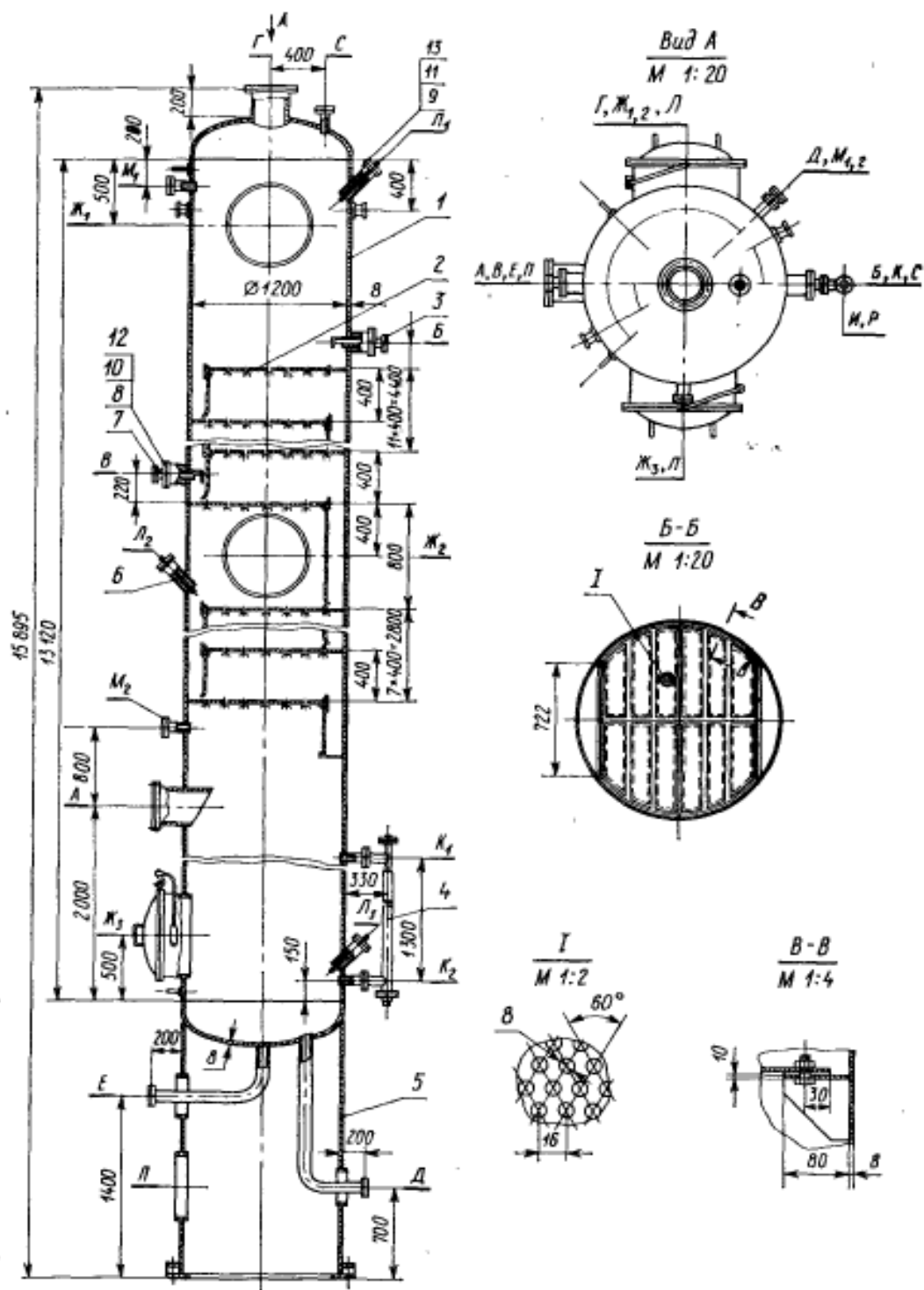
Bug'ning kolonnadagi ishchi tezligi

- kolonna yuqori qismi uchun:

$$\omega_{u.yu} = 1,2 \text{ m/s};$$

- kolonna pastki qismi uchun

$$\omega_{u.p} = 1,5 \text{ m/s};$$



5.3 – rasm. Rektifikatsion kolonna

5.2. Absorberni hisoblash

Loyihalash uchun topshiriq:

Gaz - SO₂ (oltigugurt to'rt oksidi);

Normal sharoitda gaz bo'yicha ish unumdorlik. – $G_0 = 2 \text{ m}^3/\text{cek}$;

Gaz aralashmasi tarkibi: SO₂ – 20% , havo – 80%;

Yutuvchi suyuqlik- suv;

Suv temperaturasi: $t_s = 30 \text{ }^\circ\text{C}$;

Yutuvchi suyuqlikda SO₂ gazini saqlashi: $x_n = 0$;

Koponentning ajratib olish darajasi: $\varphi = 90\%$;

Qurilmadagi bosim: $R = 0,1 \text{ MPa.}$;

Yutuvchining qo'shimcha ish koeffitsienti: 1,8;

Absorbtsiyalashdagi temperatura : $t_a = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

Kiruvchi gaz temperaturasi : $t_{gaz} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$;

Absorber turi : nasadkali.

Absorberning geometrik o'lchamlari asosan modda o'tkazish tenglamasi va fazalar tezligi orqali aniqlanadi.

Modda almashinish yuzasi quyidagicha aniqlanadi:

$$F = \frac{M}{K_y \cdot \Delta \bar{Y}_{o'r}} \quad (5.1)$$

Bu yerda:

K_y – gaz fazasiga modda o'tkazish koeffitsiyenti, $\text{kg}/(\text{m}^2\text{s})$;

M – yutiluvchi modda massasi.

5.2.1. Yutiluvchi modda massasi va yutuvchi absorbent sarfi

Karbonat angidrid (SO₂) gazining vakt davomida absorbentdan o'tish miqdorini quyidagicha aniqlaymiz:

$$M = G \cdot (\bar{Y}_b - \bar{Y}_{ox}) = L \cdot (\bar{X}_b - \bar{X}_{ox}) \quad (5.2)$$

Bu yerda:

G, L – mos holda toza yutuvchi va gaz inert komponenti sarfi, kg/s ;

$\bar{X}_b, \bar{X}_{ox}$ - SO₂ gazining yutuvchidagi boshlang'ich va oxirgi kontsentratsiyalari, kg SO₂/kg abaorbent;

$\bar{Y}_b, \bar{Y}_{ox}$ - SO₂ gazdagi komponentning gaz aralashmasidagi boshlang'ich va oxirgi kontsentratsiyalari, kg SO₂/kg gaz.

Hisoblash quyidagi tartibda olib boriladi:

$$\bar{X}_b = 0 \quad \bar{Y}_b = \frac{y_n \cdot M_{CO_2}}{V_m} = \frac{0,35 \cdot 44}{22,4} = 0,39 \text{ kmol' SO}_2/\text{kmol' gaz}$$

$$\bar{Y}_o = \bar{Y}_b \cdot (1 - \varphi) = 0,39 \cdot (1 - 0,9) = 0,039 \text{ kmol' SO}_2/\text{kmol' gaz}$$

SO₂ gazning $\bar{X}_{ox}$ yutuvchidagi oxirgi kontsentratsiyasini ($\bar{Y}_b = f(\bar{X})$) aniqlaymiz.

$$\bar{y}^* = \frac{K}{P} \cdot \bar{x}$$

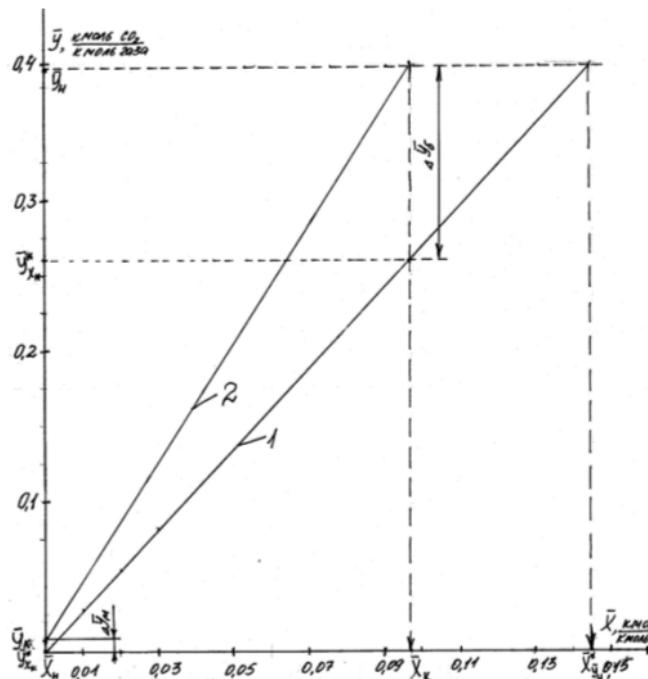
Bu yerda:

$$K = 20,4 \text{ mm.sm.ust.} = 2719,32 \text{ Pa.}$$

Qiymatlarni qo'yib quyidagini aniqlaymiz:

$$\bar{y}^* = \frac{0,027}{0,1} \cdot \bar{x} = 0,27 \cdot \bar{x}$$

Absorbtsiyaning ish va muvozanat chiziqlarini quramiz (5.4 - rasm).



5.4 - rasm. 1 – muvozanat chizig'i, 2 – ish chizig'i

$X_{\bar{y}_H}^* = 0,0145 \text{ kmol' SO}_2/\text{kmol'}$ ekanligini aniqlaymiz.

SO₂ gazining yutuvchi($\bar{X}_{ox}$) dagi oxirgi konsentratsiyasi va suyuqlikni regeneratsiya qilish uchun yoqitiladigan energiyaning bir qismini aniqlaymiz (absorberning o'lchamini o'zgarishiga ta'sir qiladi).

Buni quyidagicha aniqlaymiz:

$$\bar{X}_o = \frac{X_{y_b}^* + 0,5 \cdot \bar{X}_b}{1,5} = \frac{0,145}{1,5} = 0,097 \text{ kmol' SO}_2/\text{kmol'}$$

Aralashma inert qismining sarfi:

$$G = V_0 \cdot (1 - Y_{um}) \cdot (\rho_{0u} - \bar{Y}_b) \quad (5.3)$$

Bu yerda $\rho_{0u} = 1,29 \text{ kg/m}^3$ -inert tashuvchi zichligi ;

$Y_{um} = 0,2 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{m}^3 \text{ gaz}$ –gazdagi SO₂ komponentning hajmiy miqdori.

Qiymatlarni formulaga qo'yamiz va hisoblaymiz:

$$G = 2 \cdot (1 - 0,2) \cdot (1,29 - 0,39) = 1,44 \text{ kg/s}$$

Yutilayotgan komponent bo'yicha absorber ish unumdorligi:

$$M = G \cdot (\bar{Y}_b - \bar{Y}_{ox}) \quad (5.4)$$

$$M = 1,44 \cdot (0,39 - 0,039) = 0,7 \text{ kg/s}$$

Yutuvchi sarfi:

$$L = \frac{M}{(\bar{X}_{ox} - \bar{X}_b)} \quad (5.5)$$

$$L = \frac{0,7}{0,097} = 7,2 \text{ kg/s}$$

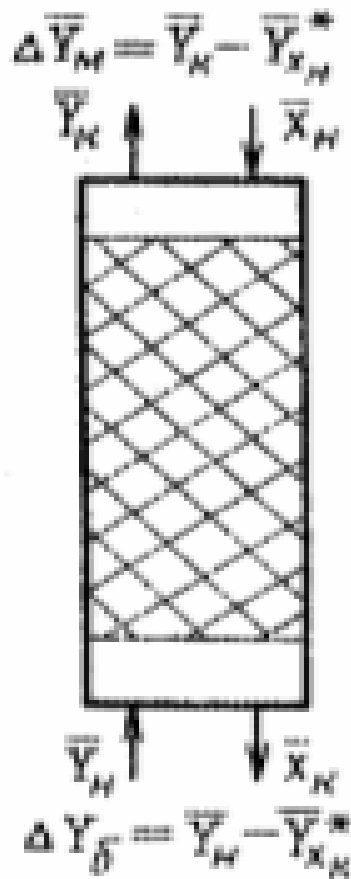
Yutuvchi absorbentning solishtirma sarfi:

$$l = \frac{L}{G} = \frac{7,2}{1,44} = 3,6 \text{ kg/s}$$

Absorbtsiya jarayonining harakatlantiruvchi kuchi

$$\Delta \bar{Y}_{or} = \frac{(\Delta \bar{Y}_{kat} - \Delta \bar{Y}_{kich})}{\ln \frac{\Delta \bar{Y}_{kat}}{\Delta \bar{Y}_{kich}}} \quad (5.6)$$

Bu yerda $\Delta \bar{Y}_{\text{kat}}$, $\Delta \bar{Y}_{\text{kich}}$, - Absorberga kirish hamda chiqishdagi katta va kichik konsentratsiyalar farqi, kmol' SO₂/kmol' gaz (5.5 - rasm).



5.5 – rasm. Absorberda gaz va yutuvchi oqimlarida konsentratsiyalarning taqsimlanish sxemasi

Unda

$$\Delta \bar{Y}_b = \bar{Y}_n - \bar{Y}_{x_k}^* \quad \Delta \bar{Y}_m = \bar{Y}_k - \bar{Y}_{x_n}^*,$$

Buy erda:

$\bar{Y}_{x_k}^*$, $\bar{Y}_{x_n}^*$ - gaz aralashmasidagi SO₂ konsentratsiyasi,.

Bundan quyidagini olamiz:

$$\Delta \bar{Y}_b = 0,39 - 0,25 = 0,14 \text{ kmol' SO}_2/\text{kmol' gaz},$$

$$\Delta \bar{Y}_m = 0,039 \text{ kmol' SO}_2/\text{kmol' gaz},$$

$$\Delta \bar{Y}_{\text{or}} = \frac{(0,14 - 0,039)}{\ln \frac{0,14}{0,039}} = 0,079 \text{ kmol' SO}_2/\text{kmol' gaz}$$

5.2.2. Modda o'tkazish koeffitsiyenti

K_u – modda o'tkazish koeffitsiyenti fazalar qarshiliklari diffuziyasi additivligi orqali aniqlanadi:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}} \quad (5.7)$$

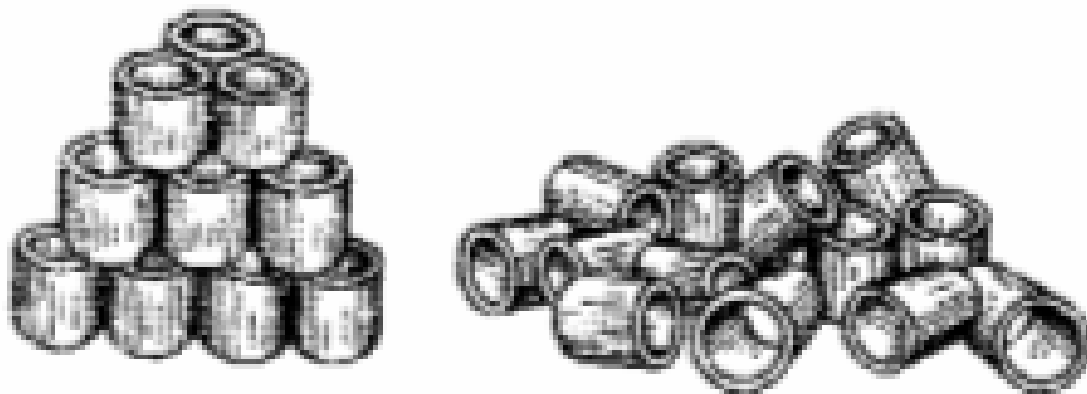
Bu yerda β_y, β_x – mos holda gaz hamda suyuq fazalarning modda berish koeffitsiyentlari, $\text{kg/m}^2\text{s}$;

m – taqsimlanish koeffitsiyenti, kg/kg gaz.

Modda berish koeffitsiyentlarni aniqlash uchun absorberdagi oqimlar tezligi hamda nasadkaning turini aniqlaymiz.

Ushbu loyiha uchun nasadkani quyidagicha qabul qilamiz:

– keramik materialdan tayyorlangan Rashig halqali nasadka (3-rasm) (o'chamlari $100 \times 100 \times 10$ mm).



5.6 – rasm. Nasadkalar

Qabul qilingan nasadka tavsifi:

- $a = 60 \text{ m}^2/\text{m}^3$ – nasadkaning solishtirma yuzasi;
- $\varepsilon = 0,72$ – m^3/m^3 – bo'sh hajmi;
- $d_e = 0,048 \text{ m}$ – ekvivalent diametri;
- $\rho = 670 \text{ kg/m}^3$ – yoyilma zichligi;
- $n = 1050$ ta. – soni.

5.2.3. Gazning tezligi va absorber diametri

Absorberdagi gazning ruxsat etilgan tezligi:

$$\lg \left[\frac{\omega_{\text{cheg}}^2 \cdot a}{g \cdot \varepsilon^3} \cdot \frac{\rho_y}{\rho_x} \cdot \left(\frac{\mu_x}{\mu_y} \right)^{0,16} \right] = A - B \cdot \left(\frac{L}{G} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\rho_y}{\rho_x} \right)^{1/8} \quad (5.8)$$

Bu yerda:

ω_{cheg} – gazning ruxsat etilgan (fiktiv) tezligi, m/s;

$\mu_x = 2,0 \cdot 10^{-3}$ Pa·s – absorberdagi temperaturaga mos holda yutuvchining qovushqoqligi;

$\mu_y = 1 \cdot 10^{-3}$ Pa·s – absorberdagi 20 °C dagi suvning qovushqoqligi;

$\rho_x = 1015$ kg/m³ – yutuvchi absorbent zichligi;

A, V – nasadkalarining turiga qarab ularning koeffitsiyentlari, $A=0,073$, $V = 1,75$.

Absorberdagi shartga binoan gazning zichligini aniqlaymiz:

$$\rho_y = \rho_{0y} \cdot \frac{T_0}{T} \cdot \frac{P}{P_0} \quad (5.9)$$

Bundan:

$$\rho_y = 1,29 \cdot \frac{273}{293} \cdot \frac{0,1 \cdot 10^6}{1,013 \cdot 10^5} = 1,19 \text{ kg/m}^3$$

ω_{cheg} tezlikni aniqlaymiz (chegaraviy):

$$\lg \left[\frac{\omega_{\text{cheg}}^2 \cdot 60}{9,81 \cdot 0,72^3} \cdot \frac{1,19}{1015} \cdot \left(\frac{2,0 \cdot 10^{-3}}{10^{-3}} \right)^{0,16} \right] = -0,073 - 1,75 \cdot \left(\frac{7,2}{1,44} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{1,19}{1015} \right)^{1/8}$$

Yuqoridagi tenglikni echib, $\omega_{\text{cheg}} = 1,9$ m/s ni aniqlaymiz.

Ishchi tezlikni quyidagicha qabul qilamiz $\omega = \omega_{\text{cheg}} \cdot 0,5 = 1,9 \cdot 0,5 = 0,95$ m/s.

Sarf tenglamasi orqali absorberning diametrini aniqlaymiz:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_0 \cdot \frac{T}{T_0} \cdot \frac{P_0}{P}}{\pi \cdot \omega}} \quad (5.10)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,78 \cdot \frac{293}{273} \cdot \frac{1,013 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^5}}{3,14 \cdot 0,95}} = 2,01 \text{ m}$$

Absorberning diametrini quyidagicha qabul qilamiz $D = 2,0 \text{ m}$.

5.2.4. Nasadkaning faol va faol bo'lmagan ish yuzalarining zichligi

Nasadkaning faol bo'lmagan yuzasi zichligi quyidagicha aniqlanadi:

$$U = \frac{L}{\rho_x \cdot S} \quad (5.11)$$

Bu yerda:

S – absorberning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 .

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,0^2}{4} = 3,14 \text{ m}^2$$

Demak:

$$U = \frac{7,2}{1015 \cdot 3,14} = 22,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{s}$$

Nasadkaning aktiv bo'lmagan qismining minimal ishchi zichligi

$$U_{\min} = a \cdot q_{ef} \quad (5.12)$$

Bu yerda $q_{ef} = 0,022 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ - samara koeffitsiyenti

$$U_{\min} = 60 \cdot 0,022 \cdot 10^{-3} = 13,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{s}$$

Nasadkaning faol yuzasi:

$$\varphi_a = \frac{3600 \cdot U}{a(p + 3600 \cdot q \cdot U)} \quad (5.13)$$

Bu yerda:

p va q – nasadkalarining rusumiga bog'liq bo'lgan koeffitsiyentlar.

Son qiymatlarini qo'yib quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\varphi_a = \frac{3600 \cdot 22,6 \cdot 10^{-4}}{60 \cdot (0,0005 + 3600 \cdot 0,8 \cdot 22,6 \cdot 10^{-4})} = 0,021$$

5.2.5. Modda berish koeffitsiyenti

Gaz fazasidagi modda berish koeffitsiyenti quyidagicha β_u topamiz:

$$\beta_y = 0,167 \cdot \left(\frac{D_y}{d_e} \right) \cdot Re_y^{0,74} \cdot Pr_y^{0,33} \cdot \left(\frac{l}{d_e} \right)^{-0,47}, \quad (5.14)$$

Bu yerda: D_y – SO_2 ning gazdagi o'rtacha diffuziya koeffitsiyenti, m^2/s ;

Re_y – nasadkadagi gaz fazasining Reynol'ds mezoni;

Pr_y – gaz fazasidagi Prandtl diffuziya mezoni;

$\mu_y = 0,015 \cdot 10^{-3} Pa \cdot s$ – gaz qovushqoqligi;

$l = 0,1m$ – nasadka balandligi.

Zaruriy kattaliklarni aniqlaymiz.

Gazdagi SO_2 diffuziya koeffitsiyentini quyidagicha aniqlaymiz:

$$D_y = \frac{4,3 \cdot 10^{-8} \cdot T^{3/2}}{P \cdot (g_{CO_2}^{1/3} + g_g^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_{CO_2}} + \frac{1}{M_b}} \quad (5.15)$$

$$D_y = \frac{4,3 \cdot 10^{-8} \cdot 293^{3/2}}{0,1 \cdot (34,0^{1/3} + 29,0^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{44} + \frac{1}{29}} = 1,28 \cdot 10^{-5} m^2 / s$$

Nasadkadagi gaz fazasi uchun Reynol'ds mezoni:

$$Re_y = \frac{\omega \cdot d_e \cdot \rho_u}{\varepsilon \cdot \mu_u} = \frac{0,95 \cdot 0,048 \cdot 1,19}{0,72 \cdot 0,015 \cdot 10^{-3}} = 5024$$

Nasadkadagi gaz fazasi uchun Prandtl mezoni:

$$Pr_y = \frac{\mu_u}{\rho_u \cdot D_y} = \frac{0,015 \cdot 10^{-3}}{1,19 \cdot 1,28 \cdot 10^{-5}} = 0,98$$

Modda berish koeffitsiyenti:

$$\beta_y = 0,167 \cdot \left(\frac{1,28 \cdot 10^{-5}}{0,048} \right) \cdot 5024^{0,74} \cdot 0,98^{0,33} \cdot \left(\frac{0,1}{0,048} \right)^{-0,47} = 0,017 kg / m^2 \cdot s$$

Suyuq fazaga modda berish koeffitsiyenti β_x quyidagicha aniqlanadi:

$$\beta_x = 0,0021 \cdot \left(\frac{D_x}{\delta_{np}} \right) \cdot Re_x^{0,75} \cdot Pr_x^{0,5}, \quad (5.17)$$

Bu yerda:

D_x – yutuvchida SO_2 ning diffuziya koeffitsiyenti, m^2/s ;

δ_{pr} – plyonkasimon oqayotgan suyuqlikning keltirilgan qalinligi, m;

Re_x –plyonkasimon oqayotgan suyuqlik uchun Reynolds mezonining o'zgartirilgan ko'rinishi;

Pr'_x – suyuqlikdagi Prandtl diffuziya mezoni.

Diffuziya koeffitsiyentini topamiz:

$$D_x = 7,4 \cdot 10^{-12} \cdot (\beta \cdot M)^{0,5} \cdot \frac{T}{\mu_x \cdot g_{CO_2}^{0,6}}, \quad (5.18)$$

Bu yerda:

M – yutuvchining mol' massasi, kg/kmol';

β – molekulalar sonini hisobga oluvchi parametr;

T – yutuvchi temperaturasi.

$$D_x = 7,4 \cdot 10^{-12} \cdot (1 \cdot 61)^{0,5} \cdot \frac{288}{2,0 \cdot 10^{-3} \cdot 34,0^{0,6}} = 1,003 \cdot 10^{-6} m^2 / s$$

Plyonkasimon oqayotgan qatlamning keltirilgan qalinligi:

$$\delta_{kit} = \left(\frac{\mu_x^2}{\rho_x^2 \cdot g} \right)^{1/3} = \left(\frac{(2,0 \cdot 10^{-3})^2}{1015^2 \cdot 9,81} \right)^{1/3} = 5,83 \cdot 10^{-4} m$$

Reynol'ds mezonining modifikatsiyalangan ko'rinishdagi echimi:

$$Re_x = \frac{4 \cdot U \cdot \rho_x}{a \cdot \mu_x} = \frac{4 \cdot 22,6 \cdot 10^{-4} \cdot 1015}{60 \cdot 2,0 \cdot 10^{-3}} = 76,5$$

Prandtl diffuzion mezoni:

$$Pr'_x = \frac{\mu_x}{\rho_x \cdot D_x} = \frac{2,0 \cdot 10^{-3}}{1015 \cdot 1,003 \cdot 10^{-6}} = 1,97$$

Shunday qilib suyuq fazada modda berish koeffisienti:

$$\beta_x = 0,0021 \cdot \left(\frac{1,003 \cdot 10^{-6}}{5,83 \cdot 10^{-4}} \right) \cdot 76,5^{0,75} \cdot 1,97^{0,5} = 7,6 \cdot 10^{-4} \text{ } \kappa\text{Z} / m^2 \cdot c$$

(5.7) formuladan foydalanib gaz fazasining modda berish koeffitsiyentini aniqlaymiz:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{0,017} + \frac{2}{0,756}} = 0,0162$$

5.2.6. Modda o'tkazish yuzasi hamda absorber balandligini aniqlash

Absorberda modda o'tkazish yuzasini topamiz (5.1):

$$F = \frac{0,7}{0,0162 \cdot 0,079} = 546,9 m^2$$

Modda o'tkazish koeffienti asosida nasadka balandligi quyidagicha aniqlanadi:

$$H = \frac{F}{0,785 \cdot a \cdot d^2 \cdot \varphi_a} \quad (5.19)$$

$$H = \frac{546,9}{0,785 \cdot 60 \cdot 2,0^2 \cdot 0,021} = 138,2 m$$

Ushbu jarayonni amalga oshirish uchun 4 ta bir - biriga bog'langan skrubber o'rnatilgan bo'lib, ularning har biridagi nasadka 35 m ga teng. Har bir yarusdagi panjaralar soni 25 ga teng va orasidagi masofa 0,3 m. Absorberning nasadkali qismini balandligini aniqlaymiz:

$$H_n = H + 0,3 \cdot \left(\frac{H}{0,25 \cdot l} - 1 \right) = 35 + 0,3 \cdot \left(\frac{35}{25 \cdot 0,1} - 1 \right) = 38,9 m$$

Absorberning umumiy balandligi:

$$N_u = N_n + Z_{yu} + Z_n = 38,9 + 2,3 + 3,2 = 44,4 m$$

5.2.7. Absorberlarning gidravlik qarshiligi

$$\Delta P_a = \Delta P_b \cdot 10^{b \cdot U} \quad (5.20)$$

Bu yerda:

ΔP_b – quruq nasadkaning gidravlik qarshiligi (aktiv bo'lmagan ya'ni ho'llanmagan qismi);

U – namlash zichligi, $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{s}$;

$b = 1,19$ – koeffitsiyent.

Quruq nasadkaning gidravlik qarshiligi ΔP_b quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P_b = \lambda \cdot \frac{H}{d_e} \cdot \frac{\omega_0^2}{2} \cdot \rho_u \quad (5.21)$$

Bu yerda:

ω_0 – gaz tezligi, m/s ;

λ – qarshilik koeffitsiyenti:

$$\lambda = \frac{6,64}{\text{Re}_y^{0,375}} = \frac{6,64}{5024^{0,375}} = 0,27$$

Bo'sh holatdagi oqimning tezligi:

$$\omega_0 = \frac{\omega}{\varepsilon} = \frac{0,95}{0,72} = 1,32 \text{ m/s}$$

Adsorberda gidravlik qarshiliklarni engish uchun sarf bo'ladigan bosim miqdori:

$$\Delta P_b = 0,27 \cdot \frac{138,2}{0,048} \cdot \frac{1,32^2}{2} \cdot 1,19 = 805,9 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_a = 805,9 \cdot 10^{119 \cdot 22,6 \cdot 10^{-4}} = 1497,0 \text{ Pa}$$

5.3. Adsorberlarni hisoblash

Davriy ishlaydigan adsorberlar. Bunday uchkunalar hisoblanilganda ularning diametri va balandligi topiladi. O'zgaras qatlamli adsorberning diametri quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,78\omega_0}} \quad (5.22)$$

Bu yerda:

V – adsorbent qatlamidan o'tayotgan gaz aralashmasi yoki eritmaning hajmiy sarfi;

ω_0 – gaz aralashmasi yoki eritmaning uskuna bo'sh kesimiga nisbatan olingan mavhum yoki keltirilgan tezligi.

Gaz aralashmasi (yoki eritma) ning mavhum tezligini to'g'ri tanlash muhim ahamiyatga ega. Agar adsorbtsiya jarayonining jadalligi tashqi diffuziyaning tezligi orqali belgilansa, ω_0 ning ortishi bilan adsorbtsiya tezligi ko'payadi. Biroq bir vaqtning o'zida oqimni adsorbent qatlami orqali o'tkazish uchun zarur bo'lgan energiya sarfi ortadi. Shu sababdan har bir aniq sharoit uchun ω_0 ning maqbul qiymati topiladi. Sanoat miqyosida ω_0 ning qiymati 0,3 m/s dan ortmaydi.

Adsorbentning balandligini aniqlash adsorbent qatlamining balandligi (H) ni aniqlash bilan bog'liq. Qatlamning balandligi quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$H = U(\tau_a - \tau_o) \quad (5.23)$$

Bu yerda:

U – qatlamdagi bir xil konsentratsiyali adsorbtsiya fronti (yoki modda o'tkazish zonasi) harakatining tezligi;

τ_a – qatlamning adsorbtsion himoya qilish vaqti;

τ_o – qatlamni himoya qilish vaqtining yo'qolishi.

Modda o'tkazish zonasining o'zgaras tezligi moddiy balans tenglamasiga asosan quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$U = \omega_0 \frac{C_b}{\varepsilon C_b + S_0^*} \quad (5.24)$$

Bu yerda:

S_0^* - adsorbtiivning oqimdagi dastlabki hajmiy kontsentratsiyasi C_b bilan muvozanatda bo'lgan adsorbent qatlamining hajm birligidagi adsorbtiivning kontsentratsiyasi;

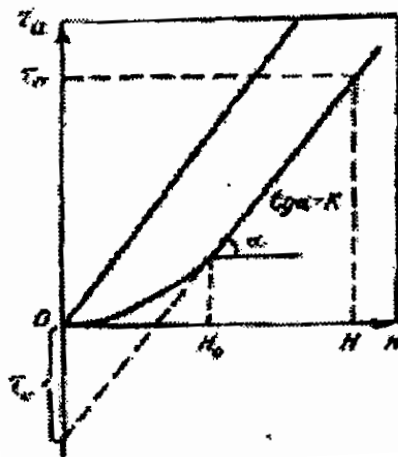
ε – adsorbent qatlamidagi erkin hajmning ulushi.

Adsorbtsiya jarayonining samaradorligi adsorbent qatlamiga gaz aralashmasi berilgandan tortib, to tegishli komponentning adsorbentda yutilmasdan qatlamning tashqi chetida paydo bo'lish momentigacha ketgan vaqt bilan ham belgilanadi. Vaqtning ushbu qiymati qatlamning yutilayotgan moddaga nisbatan adsorbtsion himoya qilish vaqti deb yuritiladi. Qatlamning himoya qilish vaqti τ_a ni N.A. SHilov va uning xodimlari tomonidan taklif etilgan empirik tenglama orqali topish mumkin.

$$\tau_a = KH - \tau_0 \quad (5.25)$$

Bu yerda:

$K = 1/U$ – qatlamning himoya qilish koeffitsiyenti, $K\omega_0 = const$.



5.9 - rasm. Qatlamning adsorbtsion himoya qilish vaqti (τ_a) ning adsorbent qatlami balandligi H dan bog'liqligi.

Rasmdan yaqqol ko`rinib turibdiki,  $\tau_a$  ning  $H$  dan bog'liqligi silliq egri chiziqni tashkil etib, adsorbtsiya fronti parallel holatda siljigan paytda to`g`ri

chiziq ko`rinishini egallaydi. Ushbu to`g`ri chiziq og`ish burchagining tangensi qatlamning himoya qilish koeffitsiyentiga teng bo`ladi, ya`ni $tga = K$.

Amaliy hisoblashlarda qatlamni himoya qilish vaqtining yo`qolishi  $\tau_0$  ning qiymati tajriba natijalari asosida olingan quyidagi taxminiy bog`liqlik yordamida aniqlanadi:

$$\tau_0 \approx 0,5 \frac{H_0}{U} \quad (5.26)$$

Bu yerda:

H_0 – modda o`tkazish zonasining balandligi.

Modda o`tkazish zonasining balandligi quyidagi tenglama orqali hisoblab topiladi:

$$H_0 = \frac{Un_{oy}}{K_{yu}} \quad (5.27)$$

Bu yerda:

n_{oy} – gaz (yoki suyuqlik) fazasi bo`yicha hisoblangan umumiy o`tkazish soni;

K_{yu} – gaz (yoki suyuqlik) fazasi bo`yicha hisoblangan modda o`tkazishning hajmiy koeffitsiyenti.

Qatlamni himoya qilish vaqtining yo`qolishi  $\tau_0$  ni kamaytirish uchun gaz aralashmasini qatlamga bir me`yorda berilishini ta`minlash va uning adsorbent zarrachalarini aylanib o`tish shart-sharoitlarini yaxshilash kerak. Masalan, adsorbtsiya jarayonini mavhum qaynash holatida olib borilganda sharoitni shunday tanlash mumkinki, bunda τ_0 minimal qiymatga ega bo`lsin.

Uzluksiz ishlaydigan adsorberlar. Bunday adsorberlarning diametri (5.21) tenglama yordamida aniqlanadi. Adsorbent qatlamining kerakli balandligi (yoki hajm) boshqa modda almashinish jarayonlari (absorbtsiya, rektifikatsiya va hokazo) ga o`xshash modda o`tkazishning umumiy tenglamasiga asosan topiladi. Buning uchun modda o`tkazishning umumiy tenglamasini quyidagi differentsial shaklga keltirish mumkin:

$$G_u dy = K_{yu}(y - y^*)dV \quad (5.28)$$

O'zgaruvchi kattaliklarni ajartib va ularni 0 dan V gacha (bu erda, V – adsorbent hajmi) va y_b dan y_0 gacha (bu erda, y_b va y_0 – gaz aralashmasidagi ajratib olinayotgan komponentning boshlang'ich va oxirgi kontsentratsiyalari) chegaralarda integrallab, quyidagi ifodaga erishamiz:

$$\frac{K_{yu}}{G_u} = \int_{y_0}^{y_b} \frac{dy}{y-y^*} \quad (5.29)$$

(5.28) ifodadan va (5.26) tenglamani hisobga olgan holda adsorbentning hajmini aniqlash mumkin:

$$V = \frac{G_u n_{oy}}{K_{yu}} \quad (5.30)$$

Bu yerda:

G_u – gaz aralashmasining hajmiy sarfi;

n_{oy} – o'tkazish birligining soni;

K_{yu} – modda o'tkazishning hajmiy koeffitsiyenti.

Qatlamning hajmi (V) va ko'ndalang kesimi (S) ga asosan uning balandligi (yoki uzunligi) topiladi:

$$H = \frac{V}{S} \quad (5.31)$$

Agar uskuna tsilindrsimon shaklga ega bo'lsa (5.30) tenglama quyidagi ko'rinishni egallaydi:

$$H = \frac{V}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4V}{\pi D^2} \quad (5.32)$$

Ko'p kamerali mavhum qaynash qatlamli adsorberlar uchun har bir tarelkadagi qatlamning balandligi (h_0) qabul qilinib (taxminan $h_0 = 50 \text{ mm}$), so'ngra uskunadagi tarelkalar soni aniqlanadi:

$$n = \frac{H}{h_0} \quad (5.33)$$

Adsorbentning sarfi moddiy balans tenglamasiga asosan topiladi. Qarama – qarshi oqimli (qattiq faza yuqoridan pastga, gaz aralashmasi pastdan yuqoriga

qarab harakat qiladi) uzluksiz ishlaydigan uskunalar uchun moddiy balans tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$L(a - a_b) = G(c - c_0) \quad (5.34)$$

Bu yerda:

L va G – adsorbent va tashuvchi gazning sarfi;

a_b va a – uskunaga kirishda va uning xoxlagan kesimida olingan adsorbent tarkibidagi adsorbktivning kontsentratsiyasi;

c_0 va c – adsorberdan chiqayotgan va uning xoxlagan kesimi bo'yicha olingan oqimdagi adsorbktivning kontsentratsiyalari.

Agar jarayon boshlanishi va oxiridagi adsorbktivning kontsentratsiyalari aniq bo'lsa, ish chizig'ining og'ish burchagiga asosan adsorbentning minimal sarfi (L_{min}) ni aniqlash mumkin:

$$\frac{L_{min}}{G} = \frac{c_b - c_0}{a_m - a_b} \quad (5.35)$$

Bu yerda:

a_m – adsorbent tarkibidagi adsorbktivning muvozanat kontsentratsiyasi.

Adsorbentning haqiqiy sarfi minimal sarfdan (L_{min}) 10-30 % ko'p bo'ladi. Hisoblashlarda adsorbentning haqiqiy sarfi $L \approx 1,2 \cdot L_{min}$ deb olinadi.

Desorberlarni hisoblashda jarayonning davomiyligi (davriy jarayonlar uchun) va desorbtsiya qiluvchi agentlar (suv bug'i, havo va hokazo) ning sarfi aniqlanadi. Ko'pincha bu qiymatlar tajriba natijalari asosida tanlab olinadi yoki tegishli tenglamalar asosida hisoblab topiladi.

5.3.1. Adsorbsiya jarayonini hisoblash

Hisoblash uchun topshiriq:

Mahsulot: Suyuq - neft gaz (SNG) (propan- butanli aralashma)

Temperaturasi $t_b = 38^0$ S

Sarfi $Gr_1 = 6,6$ t/soat = 1,83 kg/s

Bosimi $P_u = 18$ bar = 1,8 MPa

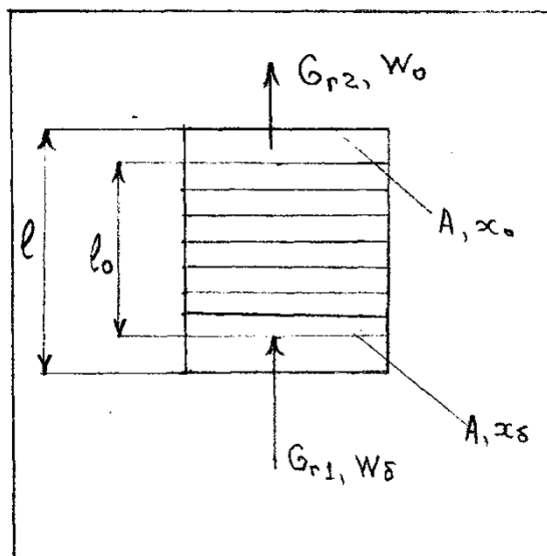
Zichligi $\rho = 510$ kg/m³

Tarkibidagi namlik miqdori:

boshlang'ich $W_b = 1,6 \%$

oxirgi $W_{ox} = 1,0 \%$

Adsorbtsiya jarayonining moddiy balansi



5.10 – rasm. Adsorbtsiya jarayonining moddiy balansini tuzish uchun sxema

Adsorberning past qismidan Gr_1 miqdorda hamda W_b suv konsentratsiyali suyuq - neft gaz oqimi kiradi va Gr_2 miqdorda suv konsentratsiyasi W_o ga teng bo'lgan holda chiqadi. Adsorbentning boshlang'ich miqdori A va undagi suv konsentratsiyasi X_b bo'lsa, jarayon oxirida undagi suv konsentratsiyasi X_o bo'ladi, ya'ni

$$G_{r1}W_b + AX_b = G_{r2}W_{ox} + AX_{ox}$$

hajmiy sarf bo'yicha bu formula quyidagicha bo'ladi:

$$V_1W_b + AX_b = V_2W_{ox} + AX_{ox}$$

Bu yerda:

V_1 va V_2 suyuq neft gazning (SNG) apparatga kirish va chiqishdagi hajmiy miqdori.

Bunda modda almashinish balandligi l_0 bo'lgan chegaralangan zonada (5.9 - rasm) amalga oshiriladi. Modda almashinish zonasining boshlang'ich kesimida

adsorbentdagi adsorbtiv (suv) konsentratsiyasi (X_b), suyuq - neft gaz aralashmasidagi adsorbtiv konsentratsiyasi (W_b) o'zaro teng bo'ladi.

Mahsulotning hajmiy sarfi quyidagicha topiladi:

$$V_1 = \frac{G_{r1}}{\rho} = \frac{1,83}{510} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Jarayonning material balansidan adsorbentda qoladigan suv miqdorini aniqlash mumkin:

$$V_{H_2O} = V_1(W_b - W_o) = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot (1,6 - 1,0) = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Apparat diametri quyidagicha aniqlanadi:

$$D = \sqrt{V_1 / 0,785 \nu_o} = \sqrt{0,0036 / 0,785 \cdot 0,01} = 0,677 \approx 0,68 \text{ m}$$

Bu yerda:

ν_o - suyuq - neft gazning apparat ichidagi mavhum tezligi, $\nu_o = 0,01 \text{ m/s}$ deb qabul qilamiz.

Silindrning ko'ndalang kesim yuzasi quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,68^2}{4} = 0,36 \text{ m}^2$$

Suv bo'yicha adsorbent qatlamining nisbiy yuklamasi hisoblanadi:

$$q = \frac{V_{H_2O}}{\tau \cdot 0,785 D^2} = \frac{2,6 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 0,785 \cdot 0,68^2} = 1,48 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{soat} \cdot \text{m}^2$$

Adsorbtsiya zonasining uzunligi

$$l_0 = 31,3 \frac{q^{0,7895}}{\nu_o^{0,55} W_b^{0,2646}} = 31,3 \frac{0,00148^{0,7895}}{0,01^{0,55} \cdot 1,6^{0,2646}} = 2,03 \text{ m} = 2030 \text{ mm}$$

Apparat silindrik qismi uzunligi (l) ni hisoblaymiz:

$$l = l_0 + 2h = 2,03 + 2 \cdot 0,3 = 2,63 \text{ m} = 2630 \text{ mm}$$

$l/D = 2 - 5$ bo'lishi kerak, bu holatda nisbat $2,63/0,68 = 3,8$

Demak nisbat ruxsat etilgan chegarada.

Apparatda ishlatiladigan adsorbent hajmi:

$$V_a = l_0 \cdot S = 2,03 \cdot 0,36 = 0,73 m^3$$

Adsorbent massasi:

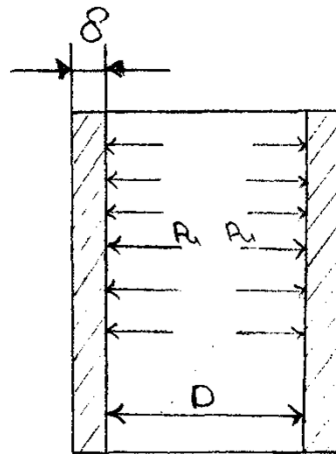
$$M_a = V_a \cdot \rho_a = 0,73 \cdot 650 = 503,7 kg$$

Bu yerda:

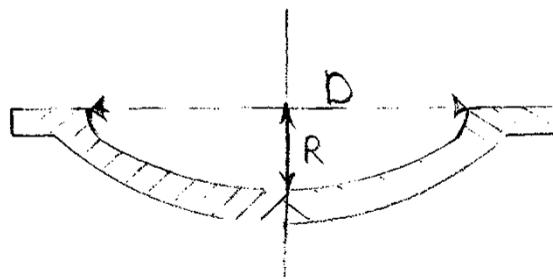
ρ_a - adsorbent zichligi.

5.3.2. Adsorberni mustahkamlikka hisoblash

Adsorber vertikal apparat bo'lib, asosi tsilindrdan va ellips shaklidagi taglik va qopqoqdan iborat.



5.11 - rasm. Silindr korpusini hisoblash sxemasi



5.12 - rasm. ellips taglikni hisoblash sxemasi

Ichki bosim ostida ishlaydigan tsilindr qobig'i devorining qalinligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\delta = \frac{P_i \cdot D}{2\varphi[\sigma_{rux}] - P_i} + C + C_1, m$$

Bu yerda:

P_i – apparat ichidagi bosim, Pa;

D – apparat ichki diametri, m;

φ - payvand choklar mustahkamlik koeffitsiyenti;

$[\sigma_{rux}]$ - tsilindr materiali uchun ruxsat etilgan kuchlanish, Pa;

C va C_1 – tsilindr devori qalinligiga beriladigan texnik va korroziya uchun qo`shimcha.

Ellipsli taglik devori qalinligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\delta_1 = \frac{P_i \cdot R}{2\varphi[\sigma_{rux}] - 0,5P_i} + C + C_1, m$$

Bu yerda:

R – taglik cho`qqisidagi egrilik radiusi, m

$$R = D^2 / 4H$$

Adsorber korpusi uchun issiqlik va agressiv muhitga chidamli 15X5 M markali po`latdan tayyorlangan tsilindr tanlaymiz.

Bu po`lat uchun ruxsat etilgan kuchlanish (temperatura 100° S gacha) $[\sigma_{rux}] = 1410 \text{ kgk} / \text{sm}^2 = 138,3 \cdot 10^6 \text{ Pa}$.

Apparatga kiradigan suyuq – neftgaz (SNG) bosimi

$$P_i = 18 \text{ bar} = 1,82 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Unda silindr devorining qalinligi

$$\delta_1 = \frac{1,82 \cdot 10^6 \cdot 0,68}{2 \cdot 0,8 \cdot 138,3 \cdot 10^6 - 1,82 \cdot 10^6} + 0,001 + 0,001 = 0,007m$$

Ellipsli taglik va qopqoq uchun ham 15X5M markali po`latni tanlaymiz.

Taglik cho`qqisidagi egrilik radiusi

$$R = 0,68^2 / 4 \cdot 2,6 = 0,044m$$

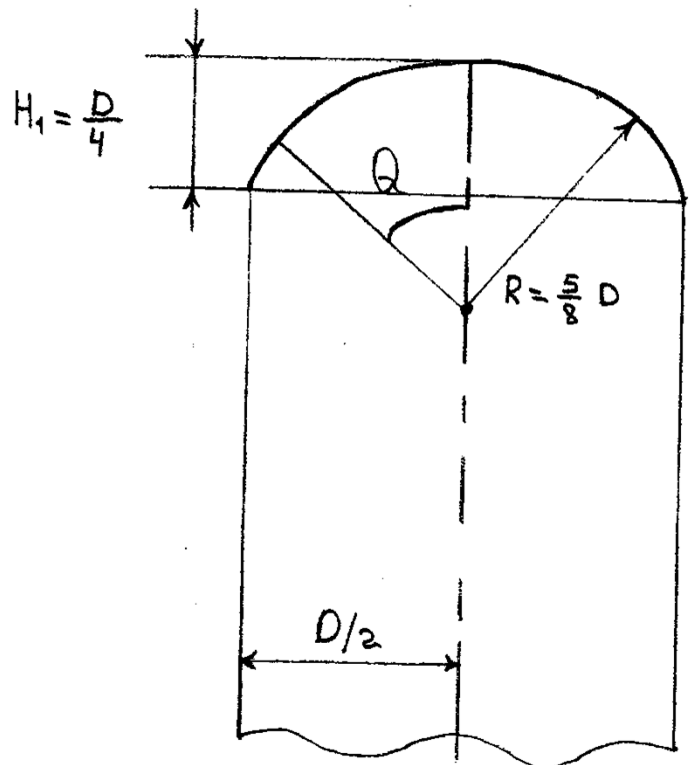
Unda qopqoq va taglik devori qalinligi

$$\delta_1 = \frac{1,82 \cdot 10^6 \cdot 0,44}{2 \cdot 0,8 \cdot 138,3 \cdot 10^6 - 0,5 \cdot 1,82 \cdot 10^6} + 0,001 + 0,001 = 0,0023m$$

$\delta_1 = 5mm$ deb qabul qilamiz va qopqoq balandligini aniqlaymiz:

$$H_1 = \frac{D}{4} = \frac{0,68}{4} = 0,17m$$

$$R_1 = \frac{5}{8}D = \frac{5}{8} \cdot 0,68 = 0,425m$$



5.13 – rasm. Aylanma va meridial kuchlanishni hisoblash sxemasi

Silindrik qism uchun

$$G_m = G_1 = \frac{PD}{2S} = \frac{1,82 \cdot 10^6 \cdot 0,68}{2 \cdot 0,007} = 88,4 \cdot 10^6 Pa$$

Ellips qopqoq va taglik uchun

$$G_{m1} = G_{t1} = \frac{PR}{2S_1} = \frac{1,82 \cdot 10^6 \cdot 0,425}{2 \cdot 0,005} = 77,35 \cdot 10^6 Pa$$

Ikki sharoitda ham haqiqiy kuchlanishlar ruxsat etilgan kuchlanishdan kichik.

$$[G_{rux}] = 138,3 \cdot 10^6 Pa$$

$$G_m \prec [G_{rux}]$$

$$G_{m1} \prec [G_{rux}]$$

5.3.3. Flanetsli birikmaning hisobi

$D_{bi} = 0,68$ m – apparatning ichki diametri;

$\delta = 7$ mm – apparat devorining qalinligi;

$P = 1682$ MPa – apparat ichidagi bosim.

Apparatning tashqi diametri

$$D_{tash} = D_{bi} + 2\delta = 0,68 + 2 \cdot 0,007 = 0,694m$$

$D_{bolt} = 16$ mm, boltlar diametri;

$D_{sh} = 32$ mm, shayba diametri.

Payvand chok va shayba orasidagi belgilangan masofa 10 mm.

Payvand chok kateti uzunligi 5 mm

Flanetsning ichki diametri

$$D_f = 0,699 = 0,7m$$

$$D_b = D_{fich} + 2(\delta + 0,01 + 0,016) = 0,7 + 2(0,07 + 0,01 + 0,016) = 0,706m = 706mm$$

Flanetsning tashqi diametri

$$D_{flash} = D_b + 2 \cdot 0,014 + 0,017 = 0,766 + 0,028 + 0,017 = 810mm$$

Tiqin qisiladigan tashqi diametr

$$D_{tiq} = D_b - 0,016 - 0,007 = 0,743m = 743mm$$

Tiqin yopishib turadigan yuza kengligi

$$a = 0,5(0,810 - 0,700) = 0,055m = 55mm$$

Tiqinning keltirilgan kengligi

$$b' = 0,5 \cdot 0,05 = 0,025m$$

Tiqinning effektiv kengligi

$$b_0 = 0,079\sqrt{b'} = 0,079\sqrt{0,025} = 0,012m$$

Tiqin kengligi hisoblangan diametri

$$D_{tiq}^{his} = D_{tiq} - 2 \cdot b_0 = 0,743 - 2 \cdot 0,012 = 0,719 = 0,72m$$

Tiqin materiali qilib pareneftni tanlaymiz

Solishtirma bosim koeffitsiyenti

$$m = 2,75$$

Bunda o'tkazish kuchlanishi

$$q_n = 250 \cdot 9,81 \cdot 10^4 = 24,5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Boltlarga tushadigan yuklama

$$Q_b^p = 0,785 \cdot D_{tiq}^{2his} \cdot P + \pi D_{tiq}^{2his} b_0 \cdot M \cdot P = 0,785 \cdot 0,717^2 \cdot 1,82 \cdot 10^6 + 3,14 \cdot 0,717^2 \cdot 0,12 \cdot 2,75 \cdot 1,82 \cdot 10^6 = 1,7 \cdot 10^6 \text{ N}$$

Boltlarni tortishdan ularga tushadigan yuklama

$$Q_b^1 = \pi D_{tiq}^{his} b_0 \cdot q_n = 3,14 \cdot 0,717 \cdot 0,012 \cdot 24,5 \cdot 10^6 = 0,66 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$Q_b^p \succ Q_b^1$ bo'lganligi uchun keyingi hisoblarda Q_b^p qiymati olinadi.

Boltlar St.10 po'latdan tayyorlanadi.

Ruxsat etilgan kuchlanish

$$[G] = \frac{300 \cdot 10^6}{0,65} = 460 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Birta boltga tushadigan solishtirma yuklama

$$q_b = 0,785 [d_1 - \delta_c]^2 \cdot [G] = 0,785 (0,012 - 0,002)^2 \cdot 460 \cdot 10^6 = 0,08 \cdot 10^6 \text{ N}$$

Boltlar soni

$$n = \frac{Q_b^p}{q_b} = \frac{1,7 \cdot 10^6}{0,08 \cdot 10^6} = 21$$

qabul qilamiz $n = 20$

Flanetslar St.3 po'latdan tayyorlangan.

Bu po'lat uchun egilishga ruxsat etilgan kuchlanish $[G_e] = 80 \text{ MPa}$

Bunda flanets qalinligi

$$\delta_f = 0,75 \sqrt{\frac{Q_b (D_{tiq} - D_{bi}) D_{tiq}}{h (\pi D_{tiq} - h d_0) d_0 [G_e]}} + 0,012 = 0,75 \sqrt{\frac{1,7 \cdot 10^6 (0,72 - 0,68) \cdot 0,72}{20 (3,14 \cdot 0,72 - 20 \cdot 0,018) \cdot 0,018 \cdot 80 \cdot 10^6}} + 0,012 = 0,034 \text{ m}$$

Bu yerda:

$d_0 = 0,018 \text{ m}$ – bolt uchun teshik diametri.

5.4. Barabanli quritkichni hisoblash

Hisoblash uchun topshiriq.

Sul'fat ammoniyni kaloriferda qizdirilgan havo yordamida quritish jarayonini amalga oshiruvchi quritkichni hisoblash.

Boshlang'ich shartlar:

1. Ish unumdorligi - $G = 1,25 \text{ kg/s}$ – quritilgan material bo'yicha;
2. Materialning boshlang'ich va oxirgi namligi - $W_b = 4 \%$, $W_{ox} = 0,4 \%$;
3. Materialning boshlang'ich va oxirgi temperaturasi - $t_b = 35^{\circ}\text{C}$, $t_{ox} = 55^{\circ}\text{C}$;
4. Havoning quritgichga kirishdagi va undan chiqishdagi temperaturasi - $t_1 = 120^{\circ}\text{C}$, $t_2 = 60^{\circ}\text{C}$;
5. Bug'latilgan namlik bo'yicha baraban ishchi hajmining kuchlanishi - $A_v = 11 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{soat})$;
6. Isituvchi bug' bosimi - $P = 0,3 \text{ MPa}$;
7. Quritgichdan havo orqali olib ketiladigan qattiq zarrachaning maksimal diametri - $d_z = 0,3 \text{ mm}$;
8. Quritgich – parallel oqimli;
9. Quritgichda bosim - $P_q = 100 \text{ kPa}$;
10. Quritgichni o'rnatish joyi – Buxoro;
11. Atmosfera havosining nisbiy namligi va temperaturasi yillik o'rtacha qiymat sifatida qabul qilinadi.

Quritgichni hisoblash uchun topshiriq shartiga binoan zarur ma'lumotlarni aniqlaymiz:

Atmosfera havosining tavsifi:

- temperaturasi - $t_h = 22,5^{\circ}\text{C}$;
- nisbiy namligi - $\varphi_0 = 62,7 \%$;
- material o'rtacha zichligi - $\rho_m = 1750 \text{ kg}/\text{m}^3$;
- material sochma zichligi - $\rho_{m.s} = 800 \text{ kg}/\text{m}^3$;
- ammoniy sulfatning issiqlik sig'imi - $C = 1,64 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$;

Nasadka – parrakli. Barabanni nasadka bilan to'lish koeffitsiyenti - $\beta_n = 0,05$, material bilan to'lish koeffitsiyenti - $\beta_m = 0,15$.

5.4.1. Moddiy balans

Bug'latilayotgan namlik miqdori:

$$W = G(W_b - W_{ox})/(100 - W_b) = 1,25(4 - 0,4)/(100 - 4) = 0,047 \text{ kg/s}$$

Boshlang'ich nam material miqdori:

$$G_m = G + W = 1,25 + 0,047 = 1,297 \text{ kg/s}$$

5.4.2. Havoning parametrlari va quritish uchun sarf bo'ladigan issiqlik miqdorini aniqlash:

To'yingan suv bug'ining $t_h = 22,5^\circ\text{C}$ dagi bosimi $P = 965 \text{ Pa}$ ga teng.

Kaloriferga kirayotgan havoning nam ushlashi

$$x_0 = 0,622 \cdot P/(B - P) = 0,622P \cdot \varphi(B - P \cdot \varphi) = 0,622 \cdot 0,765 \cdot 0,965/(99,3 - 0,765 \cdot 0,965) = 0,0047 \text{ kg/kg}$$

Tashqi havo ental'piyasi:

$$J_0 = (C_{q,h} + C_b \cdot x) \cdot t_{o'r} + r_0 x = (1,01 + 1,97x)t + 2493x \\ = (1,01 + 1,97 \cdot 0,0047) \cdot 22,5 + 2493 \cdot 0,0047 = 34,6 \text{ kJ/kg}$$

Isitilgan havoning quritgichga kirishdagi ental'piyasi:

$$J_1 = (C_{q,h} + C_b \cdot x) \cdot t_b + r_0 x = (1,01 + 1,97 \cdot 0,0047) \cdot 120 + 2493 \cdot 0,0047 \\ = 134 \text{ kJ/kg}$$

Quritilayotgan materialni qizdirish uchun issiqlikning solishtirma sarfi:

$$q_m = G_2 \cdot C_2(t_{ox} - t_b)/W = 1,25 \cdot 1,64(55 - 35)/0,047 = 872,3 \text{ kJ/kg}$$

Atrof muhitga quritgich tomonidan yo'qotiladigan issiqlik miqdori bir kilogramm bug'lanayotgan namlikga nisbatan standart bo'yicha 85 – 170 kJ/kg ni tashkil qiladi. Biz yo'qotilgan issiqlik miqdorini $q_y = 127,5 \text{ kJ/kg}$ deb qabul qilamiz.

Quritgichdagi issiqlikning ichki balansi

$$\Delta = C_h \cdot t_b \cdot (q_m - q_n) = 4,19 \cdot 35 - (872,3 + 127,5) = -853,15 \text{ J/kg}$$

Havoning oxirgi temperaturasida bug' ental'piyasi

$$J_b = r_0 + C_b \cdot t_2 = 2493 + 1,97 \cdot 60 = 2611,2 \text{ J/kg}$$

Nam materialning quritgichdan chiqishdagi ental'piyasi

$$J_{n.m} = \frac{C_h \cdot t_2 \cdot \Delta + J_{n.h}(x_0 \cdot \Delta - J_1)}{\Delta - J_{n.h}} =$$

$$= \frac{1,01 \cdot 60(-853,15) + 2611,2[0,0047 \cdot (-853,15) - 134]}{(-853,15) - 2611,2} = 118,9 \text{ kJ/kg}$$

Quritgichdan chiqadigan havoning oxirgi nam ushlashi:

$$x_{ox} = \left[\frac{(J_{n.m} - J_1)}{\Delta} \right] + x_0 = \left[\frac{(118,9 - 134)}{(-853,15)} \right] + 0,0047 =$$

$$= 0,0224 \text{ kg/kg}$$

Quritish jarayonini amalga oshirish uchun kerak bo'ladigan havo sarfi:

$$L = W/(x_{ox} - x_o) = 0,47/(0,0224 - 0,0047) = 2,67 \text{ kg/s}$$

Kaloriferda issiqlik sarfi:

$$Q_{kal} = L(J_1 - J_0) = 2,67(134 - 18,1) = 309,45 \text{ kVt}$$

Kaloriferda havoni qizdirish uchun isituvchi bug' sarfi:

$$G_{i.b} = Q_{kal}/r = 309,45/2171 = 0,1425 \text{ kg/s}$$

Bu yerda:

$r = 2171 \text{ kJ/kg}$ – bosimning $P = 0,3 \text{ MPa}$ qiymatida bug' hosil bo'lish issiqligi.

5.4.3. Qurituvchi baraban o'lchamlarini aniqlaymiz:

Barabanning talab qilinadigan ishchi hajmi quyidagi formula yordamida topiladi:

$$V'_b = \frac{W}{A_v} = \frac{169,2}{11} = 15,38 \text{ m}^3$$

Baraban uzunligining uning diametriga nisbati $\frac{L}{D} = 3,5 \div 7,0$ bo'lishini inobatga olib $\frac{L}{D} = 5$ deb qabul qilamiz.

Demak

$V_b = 0,785 \cdot D^2 \cdot 5D = 3,295 \cdot D^3$ ga ega bo'lamiz va baraban diametrini topamiz:

$$D = \frac{V_b}{V'_b} = \frac{15,38}{3,925^{0,33}} = 1,58 \text{ m}$$

Baraban uzunligi

$$L = D \cdot 5 = 1,58 \cdot 5 = 7,9 \text{ m}$$

Tarmoq standarti bo'yicha $D = 1600$ va $L = 8000$ mm bo'lgan barabanli quritgichni tanlaymiz.

Tanlangan baraban hajmini aniqlaymiz:

$$V_b = \pi \cdot D \cdot \frac{L}{4} = 3,14 \cdot 1,6 \cdot \frac{8}{4} = 16,08 \text{ m}^3$$

Bug'latilgan namlik bo'yicha baraban kuchlanishi:

$$A_V = \frac{W}{V_b} = \frac{169,2}{16,08} = 1,62 \text{ m/s}$$

Barabandan chiqayotgan nam havoning hajmiy sarfi:

$$V_h = L \cdot V_0 \frac{T_0 + t}{T_0} \left(\frac{1}{M_{q,h}} + \frac{x}{M_h} \right) = 2,67 \cdot 22,4 \frac{273 + 60}{273} \left(\frac{1}{29} + \frac{0,0224}{18} \right) = 2,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Barabanning erkin qirgimida havoning tezligi:

$$\omega = \frac{V_h}{0,785 \cdot L^2 (1 - \beta_m - \beta_n)} = \frac{2,6}{0,785 \cdot 1,6^2 (1 - 0,15 - 0,05)} = 1,62 \text{ m/s}$$

Quritish jarayoni davomiyligi:

$$\tau = \frac{120 \cdot \beta_m \cdot \rho_{sochma} (\omega_b - \omega_{ox})}{A[200 - (\omega_b - \omega_{ox})]} = \frac{120 \cdot 0,15 \cdot 800 (4 - 0,4)}{10,52[200 - (4 + 0,4)]} = 1512 \text{ s}$$

Barabandagi material hajmi:

$$V_m = (G_1 + G_k) \cdot \tau / 2 \cdot \rho_{sochma} = (1,297 + 1,25) \cdot 1512 / 2 \cdot 800 = 2,4 \text{ m}^3$$

Barabanning quritilayotgan material bilan to'lish koeffitsiyentini aniqlaymiz:

$$\beta_m = \frac{V_m}{V_b} = \frac{2,4}{16,08} = 0,1493 \approx 0,15$$

Barabanning aylanishlar chastotasini aniqlaymiz:

$$n = \frac{m \cdot k \cdot L}{\tau \cdot D_b \cdot tg\alpha}$$

Bu yerda:

α - gorizontga nisbatan barabanning qiyshqlik burchagi ($\alpha = 0,5 \div 6^0$);

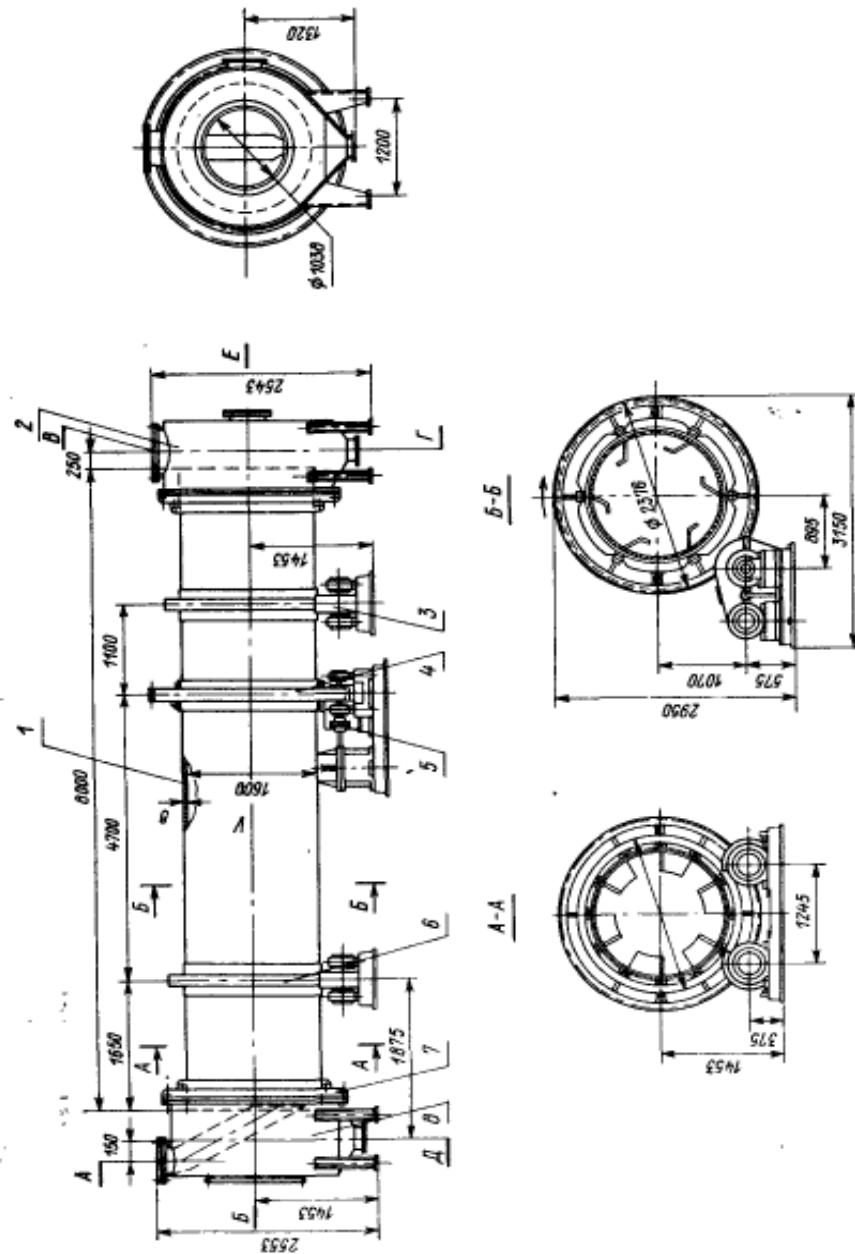
τ - materialning barabanda bo'lish vaqti yoki quritish davomiyligi, s;

m, k - qurituvchi agent yo'nalishi va nasadka turiga bog'liq bo'lgan koeffitsiyentlar ($m = 1, k = 0,7$).

$$n = \frac{1 \cdot 0,7 \cdot 8}{1512 \cdot 1,6 \cdot \operatorname{tg} 2,5^{\circ}} = 3,2 \text{ ayl/min}$$

Barabanning gorizontga nisbatan qiyshqlik darajasini tekshiramiz:

$$\alpha = \left(\frac{30 \cdot L}{D_b \cdot n \cdot \tau} + 0,007 \cdot \omega_d \right) \frac{180}{\pi} = \left(\frac{30 \cdot 8}{1,6 \cdot 3,2 \cdot 1512} + 0,007 \cdot 1,62 \right) \frac{180}{3,14} = 2,43^{\circ}$$



5.15 – rasm. Barabanli quritkichning umumiy ko'rinishi

VI - Bo`lim. Kimyoviy jarayonlar

6.1. Reaktorlarni hisoblash tartibi

Reaktorlarni hisoblash uchun eng avvalo berilgan uskunada amalga oshirilishi ko`zda tutilgan neftkimyoviy jarayonning o`ziga xos tomonlarini hisobga olgan holda, reaktordagi ish ko`rsatkichlari, fazalarning harakat tezliklari, issiqlikni uskunaga olib kirish va uni uzatish usullari, materiallarni tanlash, uskunaning konstruktiv tuzilishidagi alohida tomonlari va boshqa ko`rsatkichlar aniqlanadi. Biroq har qanday sharoitda ham reaktorni hisoblash quyidagi asosiy bosqichlardan iborat bo`ladi:

1. Termodinamik hisoblash natijasida jarayonni amalga oshirish uchun eng maqbul shart-sharoitlar (bosim, temperatura va boshqalar) va xom ashyoni o`zgartirish darajasi aniqlanadi;
2. Kinetik hisoblash uskunaning reaksiyon hajmini aniqlash uchun amalga oshiriladi;
3. Moddiy hisoblashdan asosiy maqsad uskunaga kirayotgan yoki undan chiqayotgan oqimlarning miqdorini aniqlashdan iborat;
4. Issiqlik hisobi orqali issiqlikni uzatish yoki uni kiritish miqdori, issiqlik tashuvchining sarfi, issiqlik almashgichning yuzasi topiladi;
5. Uskunani gidravlik hisoblash orqali oqimlarni uzatish uchun sarflanadigan energiya miqdori va ayrim uzellarning o`lchamlari topiladi;
6. Uskuna va uzellarni mexanik hisoblash natijasida uning konstruktiv tuzilishi aniqlanadi.

Reaksiya jarayonini va uskunaning rusumlariga ko`ra, hisoblash va uni detallashtirish hajmi har bir aniq neftkimyoviy jarayon uchun turlicha bo`ladi. Tanlab olingan jarayon uchun tajriba yo`li orqali olingan ma`lumotlarning mavjudligi reaktorni hisoblashda katta ahamiyatga molikdir. Reaktorlarni to`la hisoblash uslublari maxsus adabiyotlarda batafsil keltirilgan. Hisoblash paytida kerak bo`ladigan ba`zi tenglamalarni keltiramiz. Masalan, agar berilgan kimyoviy jarayonni oldindan ma`lum bo`lgan o`zgartirish darajasi bilan amalga oshirish

uchun zarur bo'lgan reaksiya davomiyligi (τ) ma'lum bo'lsa, reaksiya hajmi quyidagi nisbat orqali topiladi:

$$V_p = \frac{V\tau}{\varepsilon} \quad (6.1)$$

Bu yerda:

V – berilgan temperatura va bosimda reaksiya paytida o'zaro ta'sir qilgan moddalarning hajmi, m^3/s ;

τ – reaksiyaning davomiyligi;

ε – reaksiya hajmdagi erkin bo'shliq ulushi (nokatalitik jarayonlar uchun $\varepsilon = 1$).

(6.1) tenglamadan amalda foydalanish bir qator qiyinchilik tug'diradi, chunki ko'pchilik neftkimyoviy jarayonlar uchun τ va V ni aniqlash qiyin masala bo'lib hisoblanadi. SHu sababdan reaksiya hajmini topishda quyidagi tenglamalardan foydalaniladi:

$$V_p = \frac{V_X}{n_V} = V_X \tau_M \quad (6.2)$$

$$V_p = \frac{G_X}{n_g \rho_K} = \frac{G_X \tau_M}{\rho_K} \quad (6.3)$$

Bu yerda:

V_X – dastlabki xom ashyo hajmi, $m^3/soat$;

G_X – dastlabki xom ashyo massasi, $kg/soat$;

ρ_K – reaktordagi katalizator (issiqlik tashuvchi) qatlamining zichligi, kg/m^3 ;

n_V – hajmiy tezlik, $m^3/(m^3 \cdot soat)$;

n_g – massaviy tezlik, $kg/(kg \cdot soat)$;

$\tau_M = 1/n_V$ yoki $\tau_M = 1/n_g$ – reaksiyaning mavhum vaqti.

Kimyoviy reaksiyaning issiqlik effekti Gess qonuniga asosan komponentlardan dastlabki moddalar va reaksiya mahsulotlari hosil bo'lish issiqliklari yig'indilarining ayirmasi sifatida aniqlanadi:

$$Q = \Delta N = \sum(\Delta N_{hb})_{rm} - \sum(\Delta N_{hb})_{dm} \quad (6.4)$$

yoki dastlabki moddalar va reaksiya mahsulotlarining yonish issiqliklari yig'indilarining ayirmasi sifatida topiladi:

$$Q = \Delta N = \sum(\Delta N_{yoi})_{dm} - \sum(\Delta N_{yoi})_{rm} \quad (6.5)$$

Bu yerda:

Q – reaksiyaning issiqlik effekti;

$(\Delta N_{hb})_{rm}$ – reaksiya mahsulotining hosil bo'lish issiqligi;

$(\Delta N_{hb})_{dm}$ – dastlabki moddaning hosil bo'lish issiqligi;

$(\Delta N_{yoi})_{dm}$ – dastlabki moddaning yonish issiqligi;

$(\Delta N_{yoi})_{rm}$ – reaksiya mahsulotining yonish issiqligi.

(6.4) va (6.5) tenglamalar bo'yicha hisoblash ishlari bajarilganda moddalarning hosil bo'lish yoki yonish issiqliklarining qiymatlari maxsus adabiyotlardan olinadi.

Kimyoviy jarayonning moddiy balansini tuzishda dastlabki xom ashyoni o'zgartirish darajasi muhim ahamiyatga ega. O'zgartirish darajasini boshqarish uchun quyidagi usullardan foydalanish mumkin: 1) kimyoviy reaksiyaning doimiy soniga ta'sir qiluvchi temperatura va bosimni o'zgartirish; 2) reaksiya davomiyligini o'zgartirish; 3) kerakli katalizatorni tanlash; 4) jarayonni retsirkulyatsiya orqali olib borish; 5) dastlabki xom ashyo tarkibidagi u yoki bu komponentning konsentratsiyasini o'zgartirish. Reaktorning moddiy balansini tuzish uchun kimyoviy reaksiyalarning tenglamalari ma'lum bo'lishi kerak hamda reaksiyaga qatnashayotgan komponentlarning keragidan ortiqcha olish koeffitsiyentlarining qiymatlari asoslangan bo'lishi lozim. Har bir neftkimyoviy jarayon uchun moddiy balans alohida ko'rinishga ega bo'ladi.

Issiqlik balansi tuzishni katalitik kreking qurilmasining reaktor bloki misolida ko'rib chiqamiz. Reaktor bloki mayda donali katalizator bilan ishlaydi va mavhum qaynash qatlami ikkita uskunadan tashkil topgan.

Reaktor blokining issiqlik balansini tuzish uchun quyidagi tushunchalarni qabul qilamiz:

G_X - reaktorning dastlabki xom ashyo bo'yicha ish unumdorligi, kg/soat;

G_K - kreking paytida katalizatorning yuzasiga cho'kib qolgan koksning miqdori, kg/soat;

G_{kat} - tsirkulyatsiya qilayotgan katalizatorning miqdori, kg/soat;

t_1 va t_2 - reaktor va regeneratordagi temperaturalar, K;

S_0 - koksning regeneratsiya qilingan katalizatoridagi qoldiq miqdori, kg/kg;

G_{qk} - katalizatoridagi qoldiq koksning miqdori, kg/soat;

L - kreking paytida hosil bo'lgan koksning yonishi uchun zarur bo'lgan havoning miqdori, kg/soat;

S_{sb} - suv bug'larining issiqlik sig'imi, J/kg·K;

Z_1 va Z_2 - reaktor va regeneratordan chiqib ketayotgan suv bug'ining miqdori, kg/soat;

Q_{yoi} - koksning yonish issiqligi, kJ/kg.

Reaktor blokining issiqlik balansini tuzamiz:

Issiqlikning kirishi

Xom ashyo bilan kiritilgan issiqlik.....	$G_X H_{tX}$
Havo bilan kiritilgan issiqlik.....	$L G_X t_X$
Koksning yonish paytida ajralgan issiqlik.....	$G_K Q_{yoi}$

Issiqlikning sarfi

Issiqlikning reaksiya mahsulotlari bilan chiqishi.....	$(G_X - G_K) H_{t1}$
Kreking reaksiyasining issiqligi.....	$G_X q_p$
Issiqlikning regeneratordan tutunli gazlar bilan birga chiqib ketishi.....	$(L + G_K) H_{t2}$
Reaktor va regeneratordan chiqib ketayotgan suv bug'ini isitish uchun sarflangan issiqlik.....	$Z_1 C_{sb} (t_1 - t_{z1}) + Z_2 C_{sb} (t_2 - t_{z2})$
Atrof-muhitga yo'qotilgan issiqlik.....	Q_y
Katalizatorni regeneratsiya qilish uchun keragidan ortiqcha olinadigan issiqlik (ushbu issiqlik suv bug'ini ishlab chiqarishda sarflanishi mumkin).....	Q_{or}

Issiqlik balansining tenglamasini tuzamiz:

$$G_X H_{tX} + L G_X t_X + G_K Q_{yoi} = (G_X - G_K) H_{t1} + G_X q_p + \\ + (L + G_K) H_{t2} + Z_1 C_{sb}(t_1 - t_{z1}) + Z_2 C_{sb}(t_2 - t_{z2}) + Q_y + Q_{or} \quad (6.6)$$

Agar reaktor va regeneratorning temperatura bo'yicha rejimi va koksning chiqishi ma'lum bo'lsa, (6.6) tenglama yordamida reaktorga berilayotgan xom ashyoning ental'piyasi (H_{tX}) va temperaturai (t_X) hamda katalizatorni regeneratsiya qilish uchun ketadigan issiqlik (Q_{or}) aniqlanishi mumkin.

Mavhum qaynash qatlamli reaktor uchun reaksiyon hajmning miqdori (6.3) tenglama bo'yicha topiladi. Regeneratordagi katalizatorning hajmini esa quyidagi nisbat orqali aniqlash mumkin:

$$V_{reg} = \frac{G_K}{q_K} \quad (6.7)$$

Bu yerda:

q_K – bir soat davomida 1m^3 katalizatorga nisbatan kuydirilgan koksning miqdori, $\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{soat})$.

Reaktordagi mavhum qaynash qatlamining hajmi aniqlangandan so'ng uskunaning diametri va balandligi tanlanadi. Tegishli tenglamalar asosida mavhum qaynash tezligi, zarrachalarning oqim bilan ketib qolish tezligi, tsiklonlarga kirayotgan oqimning chang ushlash qobiliyati, quvursimon qismlarni aeratsiya qilish uchun suv bug'i yoki gazning sarfi, zatvorlarni yaratish kabilar aniqlanadi.

Uskunalarining tanlangan konstruksiyasi va o'lchamlari, taqsimlovchi moslamalar va katalizatorni tashish uchun pnevmotransport sistemasi asosida reaktor blokining gidravlik (yoki gazodinamik) hisobi amalga oshiriladi. Hisoblashlar natijasida reaktor blokining qabul qilingan sxemasi bo'yicha harakatlanuvchi katalizatorli katalitik kreking qurilmasida barcha oqimlarning (jumladan, katalizator oqimining) harakatini amalga oshirish hamda ularning sarfini boshqarish imkoniyatlari ko'rsatib berilishi kerak.

6.2. Reaktorni texnologik hisoblash

Reaktsion apparatlar soni va ularning hajmini hisoblash uchun bir sutka davomida qayta ishlanadigan modda hajmi, jarayon davomiyligi va uni tashkil etish printsiplarini aniqlash kerak bo'ladi.

Davriy jarayonlar uchun bir sutka davomida bitta apparatda amalga oshiriladigan kimyoviy jarayonlar soni (β):

$$\beta = \frac{24}{\tau} \quad (6.8)$$

Bu yerda:

τ – jarayonni amalga oshirish vaqti, soat.

Berilgan ish unumdorligini ta'minlash uchun bir sutkada amalga oshiriladigan kimyoviy jarayonlar soni (α):

$$\alpha = \frac{V_{sut}}{V_{ishchi}} = \frac{V_{sut}}{V_a \cdot \varphi} \quad (6.9)$$

Bu yerda:

V_{sut} – bir sutkada qayta ishlanadigan modda hajmi, m³;

V_{ishchi} – apparatning ishchi hajmi, m³;

V_a – apparatning umumiy hajmi, m³;

$\varphi = \frac{V_{ishchi}}{V_a}$ – apparat hajmini to'ldirish darajasi.

Ishchi reaktorlarning zaruriy soni:

$$m_{ishchi} = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{\alpha \cdot \tau}{24} = \frac{V_{sut} \cdot \tau}{24 \cdot V_a \cdot \varphi} \quad (6.10)$$

Ehtiyot quvvatini inobatga olib o'rnatiladigan reaktorlar soni:

$$m = m_{ishchi}(1 + 0,01\delta) \quad (6.11)$$

Bu yerda:

δ – reaktorning zaxira quvvati koeffitsiyenti. Odatda $\delta = 0,1 \div 0,15$ ga teng deb olinadi.

Hisoblashlarda bitta apparat hajmidan kelib chiqib umumiy apparatlar soni aniqlanadi yoki umumiy apparatlar sonidan kelib chiqib bitta apparat hajmi aniqlanadi.

Bitta apparat hajmi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$V_a = V_{sut} \cdot \tau(1 + 0,01\delta)/24 \cdot m \cdot \varphi \quad (6.12)$$

Davriy jarayonlarda tizimda o`rnatiladigan reaktorlar soni:

$$m \leq \frac{\tau}{\tau_q} = \frac{1}{(1-\eta_\tau)} \quad (6.13)$$

Bu yerda:

τ_q - reaktorning qo`shimcha ishlash vaqti (reaktorni tayyorlash, suyuqlik bilan to`ldirish, reaksiya massa va reaktorni isitish, sovutish va bo`shatishga ketgan vaqt) $\tau_q = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5$

η_τ – reaktorning vaqtinchalik foydali ish koeffitsiyenti

$$\eta_\tau = \frac{\tau_{ishchi}}{\tau} = \frac{\tau_{ishchi}}{\tau_{ishchi} + \tau_q} = 0,7 \div 0,8 \quad (6.14)$$

Uzluksiz jarayonlar uchun:

1. Qayta ishlanadigan modda hajmi (V_m) va materialning apparatda bo`lish vaqti ( $\tau_m$ ) berilgan bo`lsa:

Barcha apparatlarning ishchi hajmi

$$V_{ishchi} = V_m \cdot \tau_m \quad (6.15)$$

Zarur apparatlar soni

$$m_{ishchi} = \frac{V_m \cdot \tau_m}{V_a \cdot \varphi} \quad (6.16)$$

Shunday qilib

$$m = m_{ishchi}(1 + 0,01\delta) = V_m \cdot \tau_m(1 + 0,01\delta)/(V_a \cdot \varphi) \quad (6.17)$$

Bundan

$$V_a = V_m \cdot \tau_m(1 + 0,01\delta)/(m \cdot \varphi) \quad (6.18)$$

2. Qayta ishlanadigan modda hajmi (V_m), materialning apparatda bo`lish vaqti (τ_m) va moddaning apparatda harakatlanish tezligi (ω) berilgan.

Qayta ishlanadigan modda hajmi bo`yicha apparatning ko`ndalang kesim yuzasi aniqlanadi:

$$f = \frac{V_m}{\omega} \quad (6.19)$$

Materialning apparatda bo'lish vaqti bo'yicha uzunlik yoki balandlik topiladi:

$$h = \omega \cdot \tau \quad (6.20)$$

Agar apparatning aniqlangan ko'ndalang kesim yuzasi juda katta bo'lsa, u holda m sondagi apparat parallel o'rnatiladi. Bunda har bir apparat f/m ko'ndalang kesim yuzasiga ega bo'ladi.

Agar uzunlik yoki balandlik juda katta bo'lsa, u holda m sondagi apparatlar ketma – ket joylashtiriladi. Bunda har bir apparat f ko'ndalang kesim yuzasiga va h/m uzunlikga ega bo'ladi.

6.3. Issiqlik almashinish yuzasi maydonini aniqlash

Davriy ishlaydigan reaktor issiqlik almashinish yuzasi issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$Q = k \cdot F \cdot \tau \cdot \Delta t_{orr} \quad (6.21)$$

Bu yerda:

Q – qayta ishlanadigan materialga issiqlik tashuvchi agent tomonidan beriladigan yoki sovituvchi agent tomonidan olib ketiladigan issiqlik miqdori;

k – issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti;

Δt_{orr} – o'rtacha temperaturalar farqi;

τ – kimyoviy jarayon davomiyligi.

Ko'ylak sig'imli apparatlarda issiqlik almashinish yuzasi maydoni quyidagicha aniqlanadi:

$$F_{ko'ylak} = \pi \cdot D \cdot H_{ko'ylak} + F_{tub} \quad (6.22)$$

Bu yerda:

D – apparat ichki diametri, m;

$H_{ko'ylak}$ – apparat tsilindrik qismi balandligi, m;

F_{tub} – apparat tubi yuza maydoni, m².

6.4. Aralashtirgichni texnologik hisoblash

Istalgan aralashtirish jarayonining asosiy tavsifi energiya sarfi, samaradorlik va aralashtirish intensivligi bo'lib hisoblanadi.

Keng tarqalgan aralashtirish usuli mexanik aralashtirish bo'lib, bu usul parrakli, yakorli, ramali, turbinali va propellerli aralashtirgichlar yordamida amalga oshiriladi

Aralashtirgich uzatmasining quvvati quyidagi formula orqali hisoblab topiladi:

$$N_m = (K_T K_H \sum K_i N + N_{ishq}) / \eta \quad (6.23)$$

Bu yerda:

K_T – to'siqlar mavjudligini hisobga oluvchi koeffitsiyent (to'siq mavjud bo'lganda $K_T = 1$, to'siq bo'lmaganda $K_T = 1,25$);

$K_H = \left(\frac{H_c}{D}\right)^{0,5}$ – apparatdagi suyuqlik sathi balandligini ifodalovchi koeffitsiyent;

K_i – apparatda ichki qurilmalar borligini inobatga oluvchi koeffitsiyent ($K_i = 1,1 \div 1,2$ – termopara, satho'lhagich, gilzalar mavjud bo'lganda, $K_i = 2$ – zmeevik o'rnatilganda);

N_{ishq} – aralashtirgich validagi zichlagich ishqalanishini engish uchun sarf bo'ladigan quvvat;

η – apparat uzatmasining foydali ish koeffitsiyenti ($\eta = 0,85 \div 0,9$).

Reaktorlarda suyuqlik muhitini aralashtirish uchun sarf bo'ladigan quvvat

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 d_{ar}^5 \quad (6.24)$$

Bu yerda:

K_N – quvvat mezoni;

ρ – aralashtirilayotgan muhit zichligi, kg/m^3 ;

n – aralashtirgich aylanishlar chastotasi, s^{-1} ;

d_{ar} – aralashtirgich diametri, m.

Aylanishlar chastotasi aralashtiruvchi qurilma uzatmasini tanlash vaqtida o'rnatiladi. elektrodvigatel valiga to'g'ridan – to'g'ri o'rnatilgan tez aylanuvchi aralashtirgichlarda aylanishlar chastotasi (n) 12; 16; 24; 47 s^{-1} qiymatlarda tanlanishi mumkin.

Sekin aylanuvchi ($n \leq 4,2 \text{ c}^{-1}$) aralashtirgichlarda aylanishlar chastotasi 0,21; 0,27; 0,33; 0,42; 0,53; 0,67; 0,83; 1,05; 1,33; 1,67; 2,08; 2,67; 3,33; 4,17 s^{-1} chegaralarda qabul qilinadi.

Quvvat mezoni kattaligi Reynol'dsning markazdan qochma mezoni, $\frac{D}{d_{ar}}$ nisbati, aralashtiruvchi qurilma rusumi va apparatning konstruktiv tuzilishiga bog'liq bo'ladi.

$$Re_{m.q} = \frac{\rho \cdot n \cdot d_{ar}^2}{\mu} \quad (6.25)$$

Bu yerda:

μ – suyuqlikning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, Pa·s.

Ishqalanish natijasida yo'qotiladigan quvvatni taxminan quyidagi formula yordamida aniqlash mumkin:

$$N_{ishq} = 0,95 \cdot P \cdot f_{ishq} \cdot d_v^2 \cdot n \quad (6.26)$$

Bu yerda:

P – apparatdagi ortiqcha bosim, Pa;

$f_{ishq} = 0,08 \div 0,12$ – ishqalanish koeffitsiyenti;

d_b – aralashtirgich vali diametri, m.

$$d_v = 1,71 \sqrt[3]{M_{ayl} / \tau_{ruxsat}} \quad (6.27)$$

Bu yerda:

M_{ayl} – aylanish momenti;

τ_{ruxsat} – val materiali uchun ruxsat etiladigan yuklama, Pa.

$M_{ayl} = N' / \omega$ (ω – burchak tezlik, s^{-1}), ($N' = K_{ap} \cdot K_n \cdot \sum K_i \cdot N$)

6.5. Aralashtirgichli reaktorni hisoblash namunasi

Loyihalash topshirig'i:

Emul'tsion polimerlash jarayonini uzluksiz amalga oshiradigan aralashtirgichli polimerizatorni hisoblash.

Boshlang'ich ma'lumotlar:

1. Quruq modda bo'yicha apparat ish unumdorligi $G = 14,43$ t/sut yoki $G = 0,167$ kg/s;
2. Monomerning boshlang'ich aralashmadagi massaviy konsentratsiyasi $X = 40\%$;
3. Monomerning polimerga aylanish darajasi $\eta = 0,8$;
4. Reaktsiyaning solishtirma issiqligi $q_r = 8,9 \cdot 10^5$ J/kg mahsulot;
5. Reaktsiya temperaturasi $T = 307$ K;
6. Boshlang'ich aralashmaning reaktorga kirish temperaturasi $T_0 = 313$ K;
7. Reaktsion aralashmaning fizik xossalari:

$$\rho_{ar} = 1056 \text{ kg/m}^3; \quad C_{ar} = 3,14 \cdot 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)};$$

$$\lambda_{ar} = 0,407 \text{ Vt/(m} \cdot \text{K)}; \quad \mu_{ar} = 4 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

8. Sovituvchi agent sifatida kirish temperaturasi $T_{kir} = 260$ K bo'lgan va 4K dan ko'p isimaydigan rassoldan foydalaniladi. Rassolning fizik xossalari:

$$\rho_{ras} = 1240 \text{ kg/m}^3; \quad C_{ras} = 2840 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)};$$

$$\lambda_{ras} = 0,456 \text{ Vt/(m} \cdot \text{K)}; \quad \mu_{ras} = 8,56 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

9. Reaktsion hajmning ichki yuzasi termik qarshiligi $r_e = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ K/Vt}$ ga teng bo'lgan qatlam bilan qoplangan;
10. Texnologik shartga ko'ra polimerlash jarayoni $\tau = 5$ soat ($\tau = 18 \cdot 10^3$ s) davom etishi kerak.

Reaktor rusumini tanlash

Polimerizator konstruktiv rusumini tanlash ish unumdorlik, polimerlash vaqti, reaksiya issiqlik effekti, muhitning reologik va teplofizik xossalari, reaktorda ruxsat beriladigan temperaturalar farqi va mahsulot sifatiga qo'yiladigan talablarga bog'liq bo'ladi.

Jarayon davomida butun reaktsion hajmda temperatura va konsentratsiyaning bir xilda taqsimlanishini ta'minlovchi ideal aralashtirish gidrodinamik rejimini hosil qilish kerak bo'ladi. Jarayonni amalga oshirish kinetikasi shartiga ko'ra

aralashtirish vaqti $\tau_{ar} = 90$ s bo'lishi zarur. Demak polimerizatsiya jarayonini uzluksiz amalga oshirish uchun reagentlarni apparatga alohida – alohida kiritish kerak bo'ladi. Shu maqsadda o'zaro ta'sirlanuvchi fazalarni intensiv aralashtiruvchi kaskadli reaktor tanlanadi.

Muhit qovushqoqligi ancha yuqori bo'lganligi sababli aralashtirish uchun yakor rusumli aralashtirgich tanlanadi.

Shunday qilib jarayonni amalga oshirish uchun kaskadli uzluksiz ishlaydigan polimerizatorni hisoblaymiz:

Kaskadning umumiy ishchi hajmi quyidagi formula asosida aniqlanadi:

$$V_{ishchi} = \frac{G \cdot \tau}{\rho_r \cdot x \cdot \eta} = \frac{0,167 \cdot 18 \cdot 10^3}{1056 \cdot 0,4 \cdot 0,8} = 8,9 \text{ m}^3$$

Bu yerda:

$G = 0,167$ kg/s – quruq modda bo'yicha reaktor ish unumdorligi;

$\tau = 18 \cdot 10^3$ s – polimerizatsiya jarayoni davomiyligi;

$\rho_r = 1056$ kg/m³ – reaksiyon aralashma zichligi.

Polimerizatsiya reaksiyasi natijasida chiqadigan issiqlik miqdori:

$$Q_r = G \cdot q_r \cdot \eta = 0,167 \cdot 8,9 \cdot 10^5 \cdot 0,8 = 1,19 \cdot 10^5 \text{ Vt}$$

Jarayonni temperaturasini reaksiya temperaturasigacha tushirish uchun reaksiyon hajmdan olib chiqiladigan issiqlik miqdori:

$$Q_{sov} = \frac{G}{x} C_{ar}(T_0 - T_r) = \frac{0,167}{0,4} \cdot 3,14 \cdot 10^3 \cdot (313 - 307) = 8000 \text{ Vt}$$

Aralashtiruvchi qurilmaning ishlashi natijasida reaktorga kiritiladigan issiqlik miqdori:

$$Q_{ar} = 0,2 \cdot Q_r = 0,2 \cdot 1,19 \cdot 10^5 = 24 \cdot 10^3 \text{ Vt}$$

Reaktordan chiqarilishi talab qilinadigan umumiy issiqlik miqdori:

$$Q_{um} = Q_r + Q_{sov} + Q_{ar} = 1,19 \cdot 10^5 + 8000 + 24 \cdot 10^3 = 1,51 \cdot 10^5 \text{ Vt}$$

Issiqlik olib chiqish tezligining shartli koeffitsiyentini aniqlaymiz:

$$K_{shartli} = \frac{Q_{um}}{V_r(T_r - T_{kir})} = \frac{1,51 \cdot 10^5}{8,9(307 - 260)} = 360 \text{ Vt}/(\text{m}^3 \cdot K)$$

$K < 900 \text{ } Vt/m^3 \cdot K$ bo'lganligi uchun reaktor ichiga qo'shimcha issiqlik almashinish apparati o'rnatish talab qilinmaydi.

Kaskaddagi reaktorlar sonini $z = 9$ deb qabul qilamiz. Har bir reaktorning hajmini aniqlaymiz:

$$V_a = \frac{V_r}{Z} = \frac{8,9}{9} = 0,989 \text{ } m^3$$

Jadval [3] dan reaktor hajmini $V_a = 1 \text{ } m^3$ deb qabul qilsak, uning issiqlik almashinish yuzasi $3,45 \text{ } m^2$ ga teng bo'ladi; aralashtirgich vali diametri $d_v = 57 \text{ } mm$.

Reaktorning asosiy o'lchamlari mm,:

$$D = 1000; D_1 = 1100; D_2 = 700; D_3 = 1525; D_4 = 800;$$

$$H_1 = 1245; H_2 = 3040; H_3 = 600; H_4 = 290; H_5 = 345; H_6 = 700; H_7 = 405; H_8 = 90;$$

$$L = 1615; L_1 = 658; L_2 = 330; L_3 = 300;$$

$$S = 12; S_1 = 8; R = 300; d = 24.$$

Atrof muhitga yo'qotiladigan issiqlik miqdorini ($Q_y = 0,05 \cdot Q_u$) inobatga olsak, har bir reaktordan chiqariladigan issiqlik miqdori:

$$Q_a = 1,05 \cdot Q_u / Z = 1,05 \cdot 1,51 \cdot 10^5 / 9 = 17620 \text{ } Vt$$

Sovitungchi agent sarfi:

$$G_{sov} = \frac{Q_a}{C_{sov} \cdot t} = \frac{17620}{2840 \cdot 4} = 1,55 \text{ } kg/s$$

Oqimning ko'ndalang kesim maydoni:

$$F = 0,785[D_1^2 - (D + 2S)^2] = 0,785[1,1^2 - (1,0 + 0,012)^2] = 0,126 \text{ } m^2$$

Shunday qilib oqimning harakat tezligi:

$$\omega_r = G_{sov} / (\rho_{sov} \cdot F) = \frac{1,55}{(1240 \cdot 0,126)} = 0,01 \text{ } m/s$$

Reaktor qobig'i va ko'ylak orasida ko'ylak kanalining ekvivalent diametri:

$$d_e = D_1 - (D + 2S) = 1,1 - (1,0 + 2 \cdot 0,012) = 0,076 \text{ } m$$

Rassol (sovituvchi agent) uchun issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlaymiz.

Prandtl mezoni:

$$Pr = C_{rs} \cdot \mu_{rs} / \lambda_{rs} = \frac{2,84 \cdot 10^3 \cdot 8,56 \cdot 10^{-3}}{0,456} = 53,3$$

Reynol'ds mezoni:

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho_{rs}}{\mu_{rs}} = \frac{0,01 \cdot 0,076 \cdot 1240}{8,56 \cdot 10^{-3}} = 110$$

Mezonlar qiymatidan kelib chiqib issiqlik almashinish yuzasi sifatida ikkiga bo'lingan va reaktor devoriga payvandlangan o'lchami 70x4 mm bo'lgan X18H10T markirovkali po'lat quvurdan foydalanamiz. Bunday po'latning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti $\lambda_{po'l} = 16,4 \text{ Vt}/(m \cdot K)$.

Yarim quvurning ekvivalent diametri:

$$d_e = 0,6 \cdot d_q = 0,06 \cdot 0,6 = 0,036 \text{ m}$$

Kanal qirqimining maydoni:

$$F = 0,785 \cdot d_q^2 / 2 = 0,785 \cdot 0,06^2 = 0,001413 \text{ m}^2$$

Yarim quvurning ho'llangan perimetri kattaligi:

$$P = d_q + \frac{(\pi \cdot d_q)}{2} = 0,06 + (3,14 \cdot 0,06 / 2) = 0,154 \text{ m}$$

Issiqlik almashinish yuzasi kanali bo'yicha rassolning harakat tezligi:

$$\omega_r = \frac{G_r}{\rho_{rs}} \cdot F = \frac{1,55 \cdot 0,001413}{1240} = 0,88 \text{ m/s}$$

Rassol uchun issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlaymiz.

Reynol'ds mezoni qiymati:

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho_{rs}}{\lambda_{rs}} = \frac{0,88 \cdot 0,036 \cdot 1240}{8,56 \cdot 10^{-3}} = 4590$$

Prandtl mezoni qiymati:

$$Pr = \frac{C_{rs} \cdot \mu_{rs}}{\lambda_{rs}} = \frac{2,84 \cdot 10^3 \cdot 8,56 \cdot 10^{-3}}{0,456} = 53,3$$

Nussel't mezoni:

$$Nu = 14,5 \cdot Pr^{0,43} = 14,5 \cdot 53,3^{0,43} = 80$$

Issiqlik berish koeffitsiyenti:

$$\alpha_1 = Nu \cdot \lambda / d_e = 80 \cdot 0,456 / 0,036 = 1013 \text{ Vt}/(m^2 \cdot K)$$

Kanallar qiyshiqqligini hisobga oluvchi koeffitsiyent quyidagi formula orqali topiladi:

$$x = 1 + 3,6 d_e/D_{zd} = 1 + 3,6 \cdot 0,036/1 = 1,13$$

Bu yerda:

$D_{zd} = D_l$ – zmeevik diametri.

Shunday qilib issiqlik berish koeffitsiyenti:

$$\alpha = x \cdot \alpha_1 = 1,13 \cdot 1013 = 1145 \text{ } Vt/(m^2 \cdot K)$$

Reaktsiyada ishtirok etayotgan aralashma issiqlik berish koeffitsiyenti:

$$\alpha_r = (0,335 Re_m^{0,8} + 1,14 \xi Re_m^{0,5}) \frac{Pr_r^{0,33}}{d_m \left(\frac{\mu_{st}}{\mu_r} \right)^{0,14}}$$

Bu yerda:

$$d_m = D_i$$

Aralashtirishning maksimal tezligi $\tau_{ar} \cdot n = 30$ shartidan kelib chiqib aniqlanadi.

Bu yerda:

$$n = \frac{30}{\tau_{ar}} = \frac{30}{90} = 0,33 \text{ } c^{-1}$$

Aralashtirishning gidrodinamik rejimi Reynol'ds mezoni qiymati bo'yicha aniqlanadi:

$$Re_m = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{1056 \cdot 0,33 \cdot 0,8}{4 \cdot 10^{-3}} = 5,54 \cdot 10^4$$

Prandtl mezoni:

$$Pr_r = \frac{C_{rs} \cdot \mu}{\lambda} = \frac{3,14 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{0,407} = 31$$

$\left(\frac{\mu_{st}}{\mu_r} \right)^{0,14} = 1$ deb qabul qilib, issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlaymiz.

$$\alpha_r = [0,0335(55,4 \cdot 10^3)^{0,8} + 1,14(55,4 \cdot 10^3)^{0,5}] \cdot 31^{0,33} = 437,2 \text{ } Vt/(m^2 K)$$

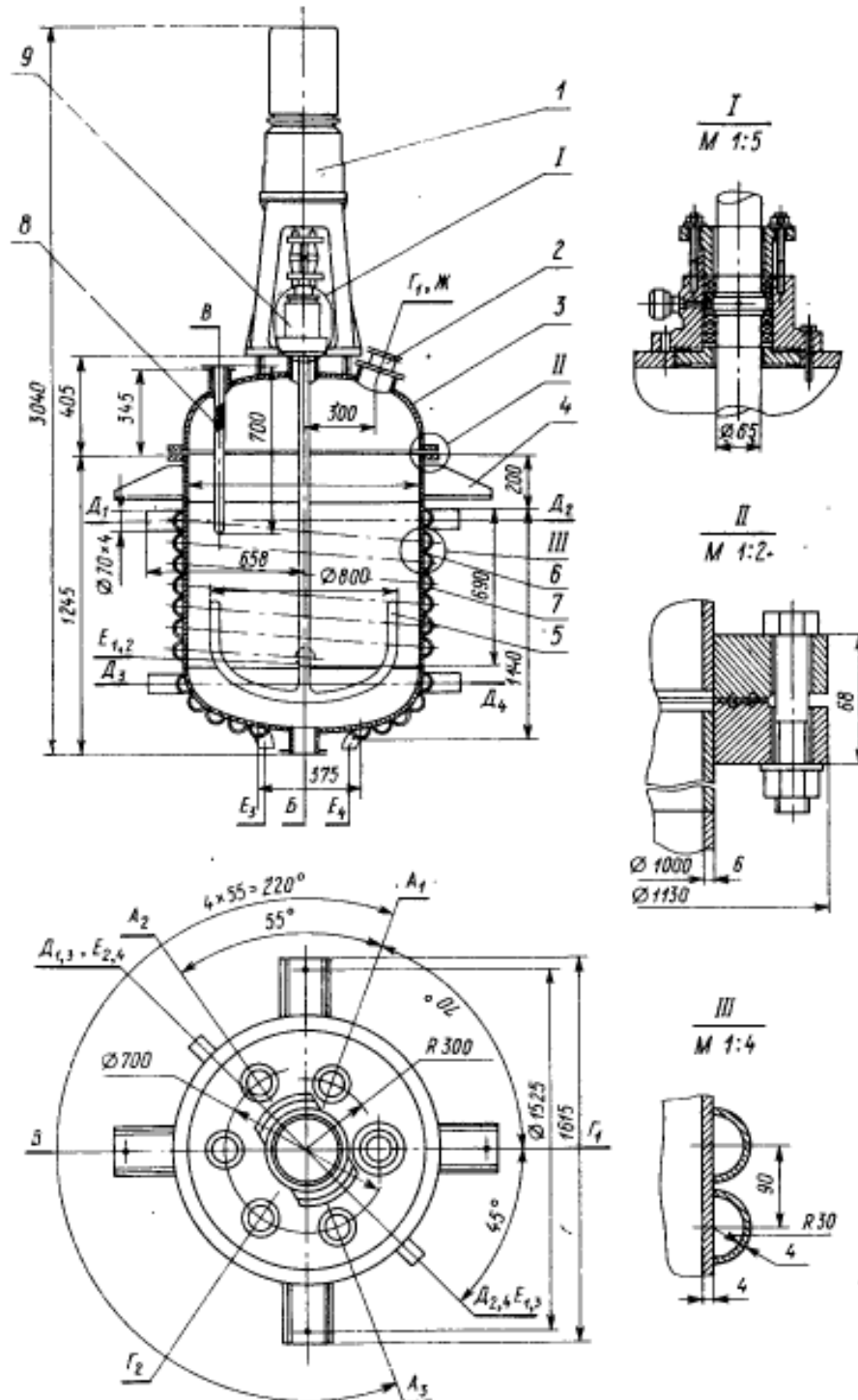
Issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{S_p}{\lambda_p} + \frac{S_{st}}{\lambda_{st}} + \frac{1}{\alpha_1}} = \frac{1}{\frac{1}{1145} + \frac{0,0005}{0,162} + \frac{0,06}{16,4} + \frac{1}{437,2}} = 160 \text{ } Vt/(m^2 K)$$

Issiqlik almashinish yuzasi maydoni:

$$F = \frac{Q_a}{K(T_r - T)} = \frac{17620}{160(307 - 260)} = 2,34 \text{ m}^2$$

Issiqlik almashinish yuzasi $F = 2,4 \text{ m}^2$ bo'lgan yarim quvurli suv-bug' ko'ylakli standart reaktor tanlaymiz.



6.1 – rasm. Reaktor - polimerizator

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi
Buxoro muhandislik - texnologiya instituti

“Oziq – ovqat va kimyo sanoati mashina va jihozlari” kafedrası

“Texnologik jarayonlari va qurilmalar” fanidan

“Ish unumdorligi $G = 500$ kg/soat bo'lgan kristallizatorni loyihalash”
mavzusidagi kurs loyihasining

TUSHUNTIRISH XATI

Loyihalashtirgan talaba _____
guruh raqami

F.I.SH.
“ ” _____

Loyiha rahbari

F.I.SH.
“ ” _____

Loyiha _____ bahoga himoya qilingan.

Hay'at: _____
imzo, F.I.SH.

imzo, F.I.SH.
“ ” _____ 20 y.

Tasdiqlayman:
«OOvaKSMvaJ»
kafedrası mudiri
«__» _____ 2020 y.

KURS LOYIHASI

Kurs bo'yicha TJ va Qurilmalar
Guruh _____ Talaba _____ Rahbar: _____
Ish mavzusi
2. _____ **Topshiriq:** _____

3. Adabiyotlar ruyxati:

- 3.1. Z. Salimov. Neft va gazni qayta ishlash jarayonlari va uskunalari. – “Aloqachi”, 2010, 508 bet.
- 3.2. YUsupbekov N.R. va boshqalar. «Kimyo va oziq - ovqat sanoatlarning asosiy jarayon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash». Toshkent. Tosh.KTI, 2000.- 3216.
- 3.3. YUsupbekov N.R. va boshqalar. «Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari». Toshkent. SHarq. 2003. -644 b.
- 3.4. Kavetskiy G.D. «Protsessi i apparati pishevoy texnologiy». M. 1999. - 620 s.
- 3.5. Salimov 3. «Ximiyaviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari». I-Tom, Toshkent: O'qituvchi, 1994. - 367 b.
- 3.6. Salimov 3. «Ximiyaviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari». II-Tom. Toshkent: O'qituvchi, 1994. - 237 b.

4. CHizma qismi tarkibi:

- 4.1. Hisoblangan jarayonni amalga oshiradigan qurilmaning umumiy ko'rinishi. (qirqimda va ikki ko'rinishda)
- 4.2. Detallar, sxemalar, brikmalar va h.k.
5. Hisob va tushuntirish yozuvi: Kirish, hisoblanayotgan jarayon va uni amalga oshiriladigan qurilma hamda adabiyotlar tahlili, hisob qismi, xulosa, ilova, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati, mundarija.

6. Qo'shimcha topshiriq va ko'rsatmalar: _____

7. Kurs loyihasining topshirish davri:

Reja _____ Amalda _____

Raxbar: / _____ /

ILOVALAR

1-jadval

Markazdan qochma nasoslarning* texnik xarakteristikalari

Markasi	Q, m ³ /s	H, m suyuq. ustuni	n, s ⁻¹	η_n	Elektrodvigatel		
					rusumi	N _n , kVt	η_{dv}
1	2	3	4	5	6	7	8
X2/25	$4,2 \cdot 10^{-4}$	25	50	-	AOL-12-2	1,1	-
X8/18	$2,4 \cdot 10^{-3}$	11,3	48,3	0,40	AO2-31-2	3	-
		14,8			-		
		18			VAO-31-2	3	0,82
X8/30	$2,4 \cdot 10^{-3}$	17,7	48,3	0,50	AO2-32-2	4	-
		24			-		
		30			VAO-32-2	4	0,83
X20/18	$5,5 \cdot 10^{-3}$	10,5	48,3	0,60	AO2-31-2	3	-
		13,8			-		
		18			VAO-31-2	3	0,82
X20/31	$5,5 \cdot 10^{-3}$	18	48,3	0,55	AO2-41-2	5,5	0,87
		25			-	-	-
		31			VAO-41-2	5,5	0,84
X20/53	$5,5 \cdot 10^{-3}$	34,4	48,3	0,50	AO2-52-2	13	0,89
		44			-	-	-
		53			VAO-52-2	13	0,87
X45/21	$1,25 \cdot 10^{-2}$	13,5	48,3	0,60	AO2-51-2	10	0,88
		17,3			-	-	-
		21			VAO-31-2	10	0,87
X45/31	$1,25 \cdot 10^{-2}$	19,8	48,3	0,60	AO2-52-2	13	0,89
		25			-	-	-
		31			VAO-52-2	13	0,87
X45/54	$1,25 \cdot 10^{-2}$	32,6	48,3	0,60	AO2-62-2	17	0,88
		41			AO2-71-2	22	0,88
		54			AO2-72-2	30	0,89
X90/19	$2,5 \cdot 10^{-2}$	13	48,3	0,70	AO2-51-2	10	0,88
		16			AO2-52-2	13	0,89
		19			AO2-62-2	17	0,88
X90/33	$2,5 \cdot 10^{-2}$	25	48,3	0,70	AO2-62-2	17	0,88
		29,2			AO2-71-2	22	0,90
		32			AO2-72-2	30	0,90
X90/49	$2,5 \cdot 10^{-2}$	31,4	48,3	0,70	AO2-71-2	22	0,88
		40			AO2-72-2	30	0,89
		49			AO2-81-2	40	-
X90/85	$2,5 \cdot 10^{-2}$	56	48,3	0,65	AO2-81-2	40	-
		70			AO2-82-2	55	-
		85			AO2-91-2	75	0,89
X160/29/2	$4,5 \cdot 10^{-2}$	20	48,3	0,65	AO2-71-2	30	0,89
		24			AO2-72-2	30	0,89
		29			AO2-81-2	40	-

1	2	3	4	5	6	7	8
X160/49/2	$4,5 \cdot 10^{-2}$	33 40,6 49	48,3	0,75	AO2-81-2 AO2-82-2 AO2-91-2	40 55 75	- - 0,89
X160/29	$4,5 \cdot 10^{-2}$	29	24,15	0,60	AO2-81-4	40	-
X280/29	$8 \cdot 10^{-2}$	21 25 29	24,15	0,78	AO2-82-4 AO2-91-4 AO2-91-4	40 55 75	- - 0,92
X280/42	$8 \cdot 10^{-2}$	29,6 35 42	24,15	0,70	AO2-91-4 - AO2-92-4	75 - 100	0,92 - 0,93
X280/72	$8 \cdot 10^{-2}$	51 62 72	24,15	0,70	AO-101-2 AO-102-2 AO-103-2	125 160 200	0,91 0,92 0,93
X500/25	$1,5 \cdot 10^{-1}$	19 22 25	16	0,80	AO2-91-6 - AO2-92-6	55 - 75	0,92 - -
X500/37	$1,5 \cdot 10^{-1}$	25 31,2 37	16	0,70	AO-102-6 - AO-103-6	125 - 160	0,92 - 0,93

* - kimyoviy faol va neytral suyuqliklarni uzatish uchun mo'ljallangan suyuqlik tarkibidagi qattiq zarrachalar miqdori 0,2 % dan oshmasligi kerak.

2-jadval

Markazdan qochma ventilyatorlarning texnik xarakteristikalar

Markasi		Q, m³/s	ρgH, Pa	n, s⁻¹	Elektrodvigatel		
					rusumi	N _n , kVt	η _{dv}
V-TS14-46-5K-02		3,67	2360	24,1	AO2-61-4	13	0,88
		4,44	2350		AO2-62-4	17	0,89
		5,55	2550		AO2-71-4	22	-
V-TS14-46-8K-02		5,28	1770	16,15	AO2-62-6	13	0,88
		6,39	1820		AO2-71-6	17	0,90
		7,78	1870		AO2-72-6	22	0,90
V-TS14-46-8K-02		6,94	2450	16	AO2-82-6	30	-
		9,72	2600		AO2-82-6	40	-
		11,95	2750		AO2-91-6	55	0,92
V-TS12-48-8-01		12,50	5500	24,15	4A2804	110	-
		15,25	5600		4A280M4	132	-
		18,0	5700		4A3514	160	-
TSP-40-8K		1,39 ÷ 6,95	1470÷382 0	26,65	-	-	-
Kichik unumdorlikka ega ventilyatorlar*							
TS1-181,5	0,050	618	46,7	TS1-1450	0,402	2450	46,7
TS1-354	0,098	967	46,7	TS1-2070	0,575	1280	46,7
TS1-690	0,192	1500	46,7	TS1-4030	1,120	2840	46,7
TS1-1000	0,278	1110	46,7	TS1-8500	2,380	3280	46,7

* - faqat Q , ρgh , va n larning qiymatlari keltirilgan.

3-jadval

Ba'zi elementlarning atom massalari

Nomi	Belgila-nishi	Atom massasi	Nomi	Belgila-nishi	Atom massasi
Azot	N	14,0067	Marganets	Mn	54,9380
Alyuminiy	Al	26,98154	Mis	Cu	63,54
Argon	Ar	39,94	Molibden	Mo	95,94
Bariy	Ba	137,33	Mish'yak	As	74,9216
Berilliy	Be	9,01218	Natriy	Na	22,98977
Bor	B	10,81	Nikel'	Ni	58,70
Brom	Br	79,904	Olovo	Sn	118,6
Vanadiy	V	50,9415	Platina	Pt	195,0
Vismut	Bi	208,9804	Simob	Ra	226,0254
Vodorod	H	1,0079	Svinets	Hg	200,5
Geliy	He	4,00260	Kumush	Pb	207,2
Temir	Fe	55,84	Oltingugurt	Ag	107,868
Oltin	Au	196,9665	Sera	S	32,06
Yod	I	126,9045	Strontsiy	Sr	87,62
Kadmiy	Cd	112,41	Surma	Sb	121,7
Kaliy	K	39,098	Titan	Ti	47,90
Kal'tsiy	Ca	40,08	Uglerod	C	12,011
Kislorod	O	15,999	Uran	U	238,02
Kobal't	Co	58,9332	Fosfor	P	30,97376
Kremniy	Si	28,085	Ftor	F	18,998403
Kripton	Kr	83,80	Xlor	Cl	35,453
Ksenon	Xe	131,30	Xrom	Cr	51,996
Litiy	Li	6,94	Rux	Zn	65,38
Magniy	Mg	24,305			

4-jadval

Suyuqliklar va suvli eritmalarning temperaturaga bog'liq bo'lgan zichliklari

Modda	-20°C	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Azot kislotasi, 100%	1582	1547	1513	1478	1443	1408	1373	1338
50%	-	1334	1310	1287	1263	1238	1212	1186
Suyuq ammiak	665	639	610	580	545	510	462	390
Ammiakli suv, 25%	-	918	907	897	887	876	866	856

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anilin	-	1039	1022	1004	987	969	952	933
Atseton	835	813	791	768	746	719	693	665
Benzol	-	900	879	858	836	815	793	769
Butil spirti	838	824	810	795	781	766	751	735
Suv	-	1000	998	992	983	972	958	943
Geksan	693	677	660	641	622	602	581	559
Glitserin, 50%	-	1136	1126	1116	1106	1006	996	986
Oltinugurt dioksidi (suyuq)	1484	1434	1383	1327	1264	1193	1111	1010
Dixloretan	1310	1282	1254	1224	1194	1163	1133	1102
Dietil efir	758	736	714	689	666	640	611	576
Izopropilen spirti	817	801	785	768	752	735	718	700
Kal'tsiy xlorli eritma, 25%	1248	1239	1230	1220	1210	1200	1190	1180
M-Ksilol	-	882	865	847	831	796	796	77
Metil spirti, 100%	828	810	792	774	756	736	714	-
40%	-	946	935	924	913	902	891	880
CHumoli kislotasi	-	1244	1220	1195	1171	1147	1121	1096
Natriy xlorli eritma, 20%	-	1157	1148	1189	1130	1120	1110	1100
Nitrobenzol	-	1223	1203	1183	1163	1143	1123	1103
Oktan	734	718	702	686	669	653	635	617
Oleum, 20%	-	1922	1896	1870	1844	1818	1792	1766
Propil spirti	-	819	804	788	770	752	733	711
Sul'fat kislotasi, 98%	-	1857	1837	1817	1798	1779	1761	1742
92%	1866	1845	1824	1803	1783	1765	1744	1723
75%	1709	1689	1669	1650	1632	1614	1597	1580
60%	1532	1515	1498	1482	1466	1450	1434	1418
Xlorid kislotasi, 30%	1173	1161	1149	1138	1126	1115	1103	1090
Toluol	902	884	866	847	823	808	788	766
Sirka kislotasi, 100%	-	1072	1048	1027	1004	981	958	922
50%	-	1074	1058	1042	1026	1010	994	978
Fenol	-	-	1075	1058	1040	1022	1003	987
Xlorbenzol	1150	1128	1107	1085	1065	1041	1021	995
Xloroform	1563	1526	1489	1450	1411	1380	1326	1280
Etil spirti, 100%	823	806	789	772	754	735	716	693
80%	-	857	843	828	813	797	783	768
60%	-	904	891	878	864	849	835	820
40%	-	947	935	923	910	897	885	872
20%	-	977	969	957	946	934	922	910

Suvning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti

Tempe- ratura, °C	Dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, mPa·s	Tempe- ratura, °C	Dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, mPa·s	Tempe- ratura, °C	Dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, mPa·s
0	1,792	33	0,7523	67	0,4233
1	1,731	34	0,7371	68	0,4174
2	1,673	35	0,7225	69	0,4117
3	1,619	36	0,7085	70	0,4061
4	1,567	37	0,6947	71	0,4006
5	1,519	38	0,6814	72	0,3952
6	1,473	39	0,6685	73	0,3900
7	1,428	40	0,6560	74	0,3849
8	1,386	41	0,6439	75	0,3799
9	1,346	42	0,6321	76	0,3750
10	1,308	43	0,6207	77	0,3702
11	1,271	44	0,6097	78	0,3655
12	1,236	45	0,5988	79	0,3610
13	1,203	46	0,5883	80	0,3565
14	1,171	47	0,5782	81	0,3521
15	1,140	48	0,5683	82	0,3478
16	1,111	49	0,5588	83	0,3436
17	1,083	50	0,5494	84	0,3395
18	1,056	51	0,5404	85	0,3355
19	1,030	52	0,5315	86	0,3315
20	1,005	53	0,5229	87	0,3276
20,2	1,000	54	0,5146	88	0,3239
21	0,9810	55	0,5064	89	0,3202
22	0,9579	56	0,4985	90	0,3165
23	0,9358	57	0,4907	91	0,3130
24	0,9142	58	0,4832	92	0,3095
25	0,8937	59	0,4759	93	0,3060
26	0,8737	60	0,4688	94	0,3027
27	0,8545	61	0,4618	95	0,2994
28	0,8360	62	0,4550	96	0,2962
29	0,8180	63	0,4483	97	0,2930
30	0,8007	64	0,4418	98	0,2899
31	0,7840	65	0,4355	99	0,2868
32	0,7679	66	0,4293	100	0,2838

Suyuqlik va suvli eritmalarining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari

Modda	Kontsentratsiya, %	Temperatura, °C	Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, Vt/(m·K)
BaCl ₂	21	32	0,58
KBr	40	32	0,50
KON	21	32	0,58
	42	32	0,55
K ₂ SO ₄	10	32	0,60
KCL	15	32	0,58
	30	32	0,56
MgSO ₄	22	32	0,59
MgCl ₂	11	32	0,58
	29	32	0,52
CuSO ₄	18	32	0,58
NaBr	20	32	0,57
	40	32	0,54
Na ₂ CO ₃	10	32	0,58
Nacl	12,5	32	0,58
H ₂ SO ₄	30	32	0,52
	60	32	0,44
	90	32	0,35
HCl	12,5	32	0,52
	25	32	0,48
	38	32	0,44
Suyuq ammiak	100	0	0,541
	100	100	0,314
Dixloretan	100	0	0,1396
Sirka kislota	50	0	0,314
	50	100	0,477
Xlorbenzol	100	0	0,132
	100	100	0,1128
Xloroform	100	0	0,142
	100	100	0,0919

Qattiq materialni qarama – qarshi oqimda ekstraktsiyalashda ajratish darajasi

Oqimlar nisbati	Ekstraktsiyalash bosqichlari soni					
	1	2	3	4	5	6
1	50,00	66,67	75,00	80,00	83,33	85,71
2	66,67	85,71	93,00	96,77	98,42	99,21
3	75,00	92,31	97,50	99,17	99,73	99,91
4	80,00	95,24	98,82	99,71	99,93	-
5	83,33	96,77	99,36	99,87	99,97	-
6	85,71	97,67	99,61	99,94	-	-
7	87,50	98,24	99,75	99,96	-	-
8	88,89	98,63	99,83	99,98	-	-
9	90,00	98,90	99,88	99,99	-	-
10	90,90	99,10	99,91	-	-	-

To'yingan suv bug'ining temperaturaga bog'liq bo'lgan xossalari 1 kgs/sm²=9,81·10⁴ Pa

Temperatura, °C	Bosim (absolyut), kgs/sm ²	Solishtirma hajm, m ³ /kg	Zichlik, kg/m ³	Suyuqlik-ning solishtirma ental'piyasi, i', kJ/kg	Bug'ning solishtirma ental'piyasi, i'', kJ/kg	Bug' hosil bo'lish solishtirma issiqligi, r, kJ/kg
1	2	3	4	5	6	7
0	0,0062	206,5	0,00484	0	2493,1	2493,1
5	0,0089	147,1	0,00680	20,95	2502,7	2481,7
10	0,0125	106,4	0,00940	41,90	2512,3	2470,4
15	0,0174	77,9	0,01283	62,85	2522,4	2459,5
20	0,0238	57,8	0,01729	83,80	2532,0	2448,2
25	0,0323	43,40	0,02304	104,75	2541,7	2436,9
30	0,0433	32,93	0,03036	125,70	2551,3	2425,6
35	0,0573	25,25	0,03960	146,65	2561,0	2414,3
40	0,0752	19,55	0,05114	167,60	2570,6	2403,0
45	0,0977	15,28	0,06543	188,55	2579,8	2391,3
50	0,1258	12,054	0,0830	209,50	2589,5	2380,0
55	0,1605	9,589	0,1043	230,45	2598,7	2368,2
60	0,2031	7,687	0,1301	251,40	2608,3	2356,9
65	0,2550	6,209	0,1611	272,35	2617,5	2345,2
70	0,3177	5,052	0,1979	293,30	2626,3	2333,0

1	2	3	4	5	6	7
75	0,393	4,139	0,2416	314,3	2636	2321
80	0,483	3,414	0,2929	335,2	2644	2310
85	0,590	2,832	0,3531	356,2	2653	2297
90	0,715	2,365	0,4229	377,1	2662	2285
95	0,862	1,985	0,5039	398,1	2671	2273
100	1,033	1,675	0,5970	419,0	2679	2260
105	1,232	1,421	0,7036	440,4	2687	2248
110	1,461	1,212	0,8254	461,3	2696	2234
115	1,724	1,038	0,9635	482,7	2704	2221
120	2,025	0,893	1,1199	504,1	2711	2207
125	2,367	0,7715	1,296	525,4	2718	2194
130	2,755	0,6693	1,494	546,8	2726	2179
135	3,192	0,5831	1,715	568,2	2733	2165
140	3,685	0,5096	1,962	589,5	2740	2150
145	4,238	0,4469	2,238	611,3	2747	2125
150	4,855	0,3933	2,543	632,7	2753	2120
160	6,303	0,3075	3,252	654,1	2765	2089
170	8,080	0,2431	4,113	719,8	2776	2056
180	10,23	0,1944	5,145	763,8	2785	2021
190	12,80	0,1568	6,378	808,3	2792	1984
200	15,85	0,1276	7,840	852,7	2798	1945
210	19,55	0,1045	9,567	897,9	2801	1904
220	23,66	0,0862	11,600	943,2	2803	1860
230	28,53	0,07155	1398	989,3	2802	1813
240	34,13	0,05967	16,76	1035	2799	1763
250	40,55	0,04998	20,01	1082	2792	1710
260	47,85	0,04199	23,82	1130	2783	1653
270	56,11	0,03538	28,27	1178	2770	1593
280	65,42	0,02988	33,47	1226	2754	1528
290	75,88	0,02525	39,60	1275	2734	1459
300	87,6	0,02131	46,93	1327	2710	1384
310	100,7	0,01799	55,59	1380	2682	1302
320	115,2	0,01516	65,95	1437	2650	1213
330	131,3	0,01273	78,53	1498	2613	1117
340	149,0	0,01064	93,98	1564	2571	1009
350	168,6	0,00884	113,2	1638	2519	881,2
360	190,3	0,00716	139,6	1730	2444	713,6
370	214,5	0,00585	171,0	1890	2304	411,5
374	225	0,00310	322,6	2100	2100	0

Ammiak to'yingan bug'ining fizik xossalari $1 \text{ kgs/sm}^2=9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa}$

Tempe- ratura, °C	Bosim (absolyut), kgs/sm ²	Solishtirma hajm		Zichlik		Bug'lanishning solishtirma issiqligi, kJ/kg
		Suyuqlik, dm ³ /kg	Bug', m ³ /kg	Suyuqlik, kg/dm ³	Bug', kg/m ³	
-50	0,4168	1,4245	2,6170	0,7020	0,382	1416
-45	0,5562	1,4367	2,0015	0,6960	0,500	1402
-40	0,7318	1,4493	1,5503	0,6900	0,645	1388
-35	0,9503	1,4623	1,2151	0,6839	0,823	1374
-30	1,219	1,4757	0,9630	0,6777	1,038	1360
-25	1,546	1,4895	0,7712	0,6714	1,297	1345
-20	1,940	1,5037	0,6236	0,6650	1,604	1329
-15	2,410	1,5185	0,5087	0,6585	1,966	1314
-10	2,966	1,5338	0,4184	0,6520	2,390	1297
-5	3,619	1,5496	0,3469	0,6453	2,883	1281
0	4,379	1,5660	0,2897	0,6386	3,452	1263
+5	5,259	1,5831	0,2435	0,6317	4,108	1246
+10	6,271	1,6008	0,2058	0,6247	4,859	1227
+15	7,431	1,6193	0,1740	0,6175	5,718	1210
+20	8,741	1,6386	0,1494	0,6103	6,694	1188
+25	10,225	1,6588	0,1283	0,6028	7,795	1168
+30	11,895	1,6800	0,1107	0,5952	9,034	1146
+35	13,765	1,7023	0,0959	0,5875	10,431	1124
+40	15,850	1,7257	0,0833	0,5795	12,005	1101
+45	18,165	1,7504	0,0726	0,5713	12,774	1078
+50	20,727	1,7766	0,0635	0,5629	15,756	1053

Diftordixlormetan to'yingan bug'ining fizik xossalari $1 \text{ kgs/sm}^2=9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa}$

Temperatura, °C	Bosim, (absolyut) kgs/sm ²	Zichlik		Bug'lanishning solishtirma issiqligi, kJ/kg
		Suyuqlik, kg/dm ³	Bug', kg/m ³	
1	2	3	4	5
+40	9,78	1,25	53,1	132,4
+30	7,59	1,29	41,2	138,7
+25	6,63	1,31	36,1	142,0
+20	5,79	1,33	31,5	145,0
+10	4,32	1,36	23,8	150,0
0	3,15	1,39	17,7	155,0
-10	2,21	1,43	12,8	160,0

1	2	3	4	5
-15	1,86	1,44	10,8	161,7
-20	1,54	1,46	9,04	163,8
-25	1,26	1,47	7,52	165,5
-30	1,03	1,49	6,2	167,6
-35	0,824	1,5	5,07	169,3
-40	0,655	1,52	4,1	171,0
-50	0,399	1,54	2,6	175,0
-60	0,231	1,57	1,56	178,0
-70	0,125	1,6	0,888	182,0
-80	0,063	1,63	0,47	185,0

11-jadval

Ba'zi tuzlarning suvda erish iisigligi, q (1 kmol' tuz n kmol' suvda)

Tuz formulasi	Molekulyar massa, kg/kmol'	q , kJ/kg	n
1	2	3	4
NaCl	58,5	+4944	100
Na ₂ SO ₄	142	-1927	400
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	322	+78600	400
NaNO ₃	85	+21080	200
K ₂ CO ₃ ·1,5H ₂ O	165	+1590	400
KCl	74,6	+17560	100
KNO ₃	101	+35700	200
KON·2H ₂ O	92	+126	170+30
(NH ₄) ₂ SO ₄	132	+9930	400
CaCl ₂ ·6H ₂ O	219	+18060	400
MgCl ₂ ·6H ₂ O	203	-12360	400

12-jadval

To'yingan suv bug'ining -20°C dan +200°C gacha bosimi 1 mm.sim.ust = 133,3 Pa

t, °C	p, mm.sim. ust	t, °C	p, mm.sim. ust	t, °C	p, mm.sim. ust	t, °C	p, mm.sim. ust	t, °C	p, mm.sim. ust
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-20	0,772	5	6,54	30	31,82	55	118,0	80	355,1
19	0,850	6	7,01	31	33,70	56	123,8	81	369,7
18	0,935	7	7,51	32	35,66	57	129,8	82	384,9
17	1,027	8	8,05	33	37,73	58	136,1	83	400,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	1,128	9	8,61	34	39,90	59	142,6	84	416,8
15	1,238	10	9,21	35	42,18	60	149,4	85	433,6
14	1,357	11	9,84	36	44,56	61	156,4	86	450,9
13	1,486	12	10,52	37	47,07	62	163,8	87	468,7
12	1,627	13	11,23	38	49,65	63	171,4	88	487,1
11	1,780	14	11,99	39	52,44	64	179,3	89	506,1
10	1,946	15	12,79	40	55,32	65	187,5	90	525,8
9	2,125	16	13,63	41	58,34	66	196,1	91	546,1
8	2,321	17	14,53	42	61,50	67	205,0	92	567,0
7	2,532	18	15,48	43	64,80	68	214,2	93	588,6
6	2,761	19	16,48	44	68,26	69	223,7	94	610,9
5	3,008	20	17,54	45	71,88	70	233,7	95	633,9
4	3,276	21	18,65	46	75,65	71	243,9	96	657,6
3	3,566	22	19,83	47	79,60	72	254,6	97	682,1
2	3,879	23	21,07	48	83,71	73	265,7	98	707,3
-1	4,216	24	22,38	49	88,02	74	277,2	99	733,2
0	4,579	25	23,76	50	92,51	75	289,1	100	760,0
+1	4,93	26	25,21	51	97,20	76	301,4		
2	5,29	27	26,74	52	102,1	77	314,1		
3	5,69	29	28,35	53	107,2	78	327,3		
4	6,10	29	30,04	54	112,5	79	341,0		

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. – М.: Недра, 2000. – 677 с.
2. Молоканов Ю.К. Процессы и аппараты нефтегазопереработки. – М.: Химия, 1980. – 407с.
3. Владимиров А.И., Щелкунов В.А., Щелкунов В.А., Круглов С.А. Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки (краткий справочник). – М.: Нефть и газ, 1996. – 155 с.
4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
5. Рябов В.Д. Химия нефти и газа. – М.: Техника, 2004. – 287 с.
6. Коннова Г.В. Оборудование транспорта и хранения нефти и газа. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 126 с.
7. Фукс И.Г., Холодов Б.П. Нефть, газ и продукты их переработки. – М.: Нефть и газ, 1994. – 163 с.
8. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и газа. – М.: Химия, 1999. – 568 с.
9. Николаев В.В., Бусыгина Н.В., Бусыгин И.Г. Основные процессы физической и физико-химической переработки газа. – М.: Недра, 1998.–184 с.
10. Технология переработки нефти. Часть первая. Первичная переработка нефти. Под редакцией Глаголевой О.Ф., Капустина В.М. – М.: Химия, Колосс, 2006. – 400 с.
11. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Теплообменные процессы химической технологии. – Л.: Химия, 1982. – 288 с.
12. Salimov Z., Rahmonov T. Neft va gazni qayta ishlash jarayonlari va uskunalari. I - qism. – T.: Cho'lon, 2007. – 255 b.
13. Salimov Z. Neft va gazni qayta ishlash jarayonlari va uskunalari.-T.:Aloqachi, 2010.- 508 b.
14. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Ismatullaev P.R., Zokirov S.G., Mannonov U.V. Kimyo va oziq – ovqat sanoatlarning asosiy jarayon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash.T.:Tosh KTI, 2000.-231 b.

Mundarija

Kirish.....	4
Kurs loyihaning mazmuni va hajmi.....	5
I – bo`lim. Umumiy ma`lumotlar.....	9
1.1. Kimyoviy mashinasozlikda konstruksion materiallar.....	10
1.2. Gaz, suyuqlik va qattiq moddalarning fizik-texnikaviy xossalari.....	12
1.3. Fizik kattaliklarning o`lchov sistemalari.....	16
1.4. Xalqaro birliklar sistemasining asosiy, qo`shimcha va ba`zi muhim hosilaviy birliklari.....	18
II – bo`lim. Gidravlik hisoblashlar.....	22
2.1. Quvur diametrini hisoblash.....	22
2.2. Quvurda gidravlik qarshiliklarni aniqlash.....	23
2.3. Nasos va ventilyatorlarni hisoblash.....	25
2.4. Nasosni hisoblash namunasi.....	28
2.5. Ventilyatorlarni hisoblash namunasi.....	33
III – bo`lim. Fil`trlash.....	38
3.1. Barabanli vakuum-filtrni hisoblash.....	42
IV – bo`lim. Issiqlik almashinish jarayonlari.....	47
4.1. Qobiq quvurli issiqlik almashinish qurilmasini hisoblash.....	60
4.1.1. Texnologik hisoblash.....	60
4.1.2. Konstruktiv hisoblash.....	63
4.2. Bir korpusli bug`latish qurilmasini hisoblash.....	65
4.2.1. Moddiy balans.....	65
4.2.2. Issiqlik hisobi.....	65
4.2.3. Konstruktiv hisob.....	68
4.2.4. Issiqlik himoya qatlami qalinligini hisoblash.....	70
4.3. Barometrik kondensatorni hisoblash.....	72
4.3.1. Sovituvchi suv sarfi.....	72
4.3.2. Barometrik kondensator diametri.....	72

4.3.3. Barometrik quvur balandligini hisoblash.....	72
4.3.4. Vakuum-nasos ish unumdorligini hisoblash.....	73
V – bo`lim. Modda almashinish jarayonlari.....	75
5.1. Metil spirti va suv aralashmasini ajratish uchun rektifikatsion kolonnani hisoblash tartibi.....	77
5.1.1. Kolonnaning moddiy balansi va ishchi flegma sonini aniqlash.....	77
5.1.2. Jarayonning issiqlik balansini aniqlash.....	80
5.1.3. Texnologik hisob.....	81
5.1.4. Bug`ning tezligi va kolonna diametrini hisoblash.....	84
5.2. Absorberni hisoblash.....	86
5.2.1. Yutiluvchi modda massasi va yutuvchi absorbent sarfi.....	86
5.2.2. Modda o`tkazish koeffitsenti.....	90
5.2.3. Gazning tezligi va absorber diametri.....	91
5.2.4. Nasadkaning aktiv va aktiv bo`lmagan ish yuzalarining zichligi.....	92
5.2.5. Modda berish koeffitsenti.....	93
5.2.6. Modda o`tkazish yuzasi hamda absorber balandligini aniqlash.....	95
5.2.7. Absorberlarda gidravlik qarshiligi.....	95
5.3. Adsorberlarni hisoblash.....	98
5.3.1. Adsorbsiya jarayonini hisoblash.....	102
5.3.2. Adsorberni mustahkamlikka hisoblash.....	105
5.3.3. Flanetsli birikmaning hisobi.....	108
5.4. Barabanli quritkichni hisoblash.....	111
5.4.1. Moddiy balans.....	112
5.4.2. Havoning parametrlari va quritish uchun sarf bo`ladigan issiqlik miqdorini aniqlash.....	112
5.4.3. Qurituvchi baraban o`lchamlarini aniqlash.....	113
VI - Bo`lim. Kimyoviy jarayonlar.....	116
6.1. Reaktorlarni hisoblash tartibi.....	116
6.2. Reaktorni texnologik hisoblash.....	121

6.3. Issiqlik almashinish yuzasi maydonini aniqlash.....	123
6.4. Aralashtirgichni texnologik hisoblash.....	123
6.5. Aralashtirgichli reaktorni hisoblash namunasi.....	125
Ilovalar.....	131
Foydalanilgan adabiyotlar ro`yxati.....	145

Оглавление

Введение	4
Содержание и объем курсового проекта	5
I – глава. Общие сведения	9
1.1. Конструкционные материалы химического машиностроения	10
1.2. Физико-технические характеристики газов, жидкостей и твердых материалов	12
1.3. Единицы измерения физических величин	16
1.4. Международные системы измерения	18
II – глава. Гидравлические расчеты	22
2.1. Расчет диаметра трубопровода	22
2.2. Определение гидравлических сопротивлений труб	23
2.3. Расчет насосов и вентиляторов	25
2.4. Пример расчета насосов	28
2.5. Пример расчета вентиляторов	33
III – глава. Фильтрация	38
3.1. Расчет барабанного вакуум – фильтра	42
IV – глава. Теплообменные процессы	47
4.1. Расчет кожухотрубных теплообменных аппаратов	60
4.1.1. Технологический расчет	60
4.1.2. Конструктивный расчет	63
4.2. Расчет однокорпусного выпарного аппарата	65
4.2.1. Материальный баланс	65
4.2.2. Тепловой баланс	65
4.2.3. Конструктивный расчет	68
4.2.4. Определение толщины тепловой изоляции	70
4.3. Расчет барометрического конденсатора	72
4.3.1. Расход охлаждающей воды	72
4.3.2. Диаметр барометрического конденсатора	72

4.3.3. Расчет высоты барометрической трубы.....	72
4.3.4. Расчет производительности вакуумного насоса.....	73
V – глава. Массообменные процессы.....	75
5.1. Порядок расчета ректификационной колонны для разделения смеси метилового спирта и воды.....	77
5.1.1. Определение рабочего числа флегмы и материального баланса колонны.....	77
5.1.2. Определение теплового баланса процесса.....	80
5.1.3. Технологический расчет.....	81
5.1.4. Расчет скорости пара и диаметр колонны.....	84
5.2. Расчет абсорбера.....	86
5.2.1. Расход абсорбента и абсорбтива.....	86
5.2.2. Коэффициент массопередачи.....	90
5.2.3. Скорость газа и диаметр абсорбера.....	91
5.2.4. Плотность активной и пассивной рабочей поверхности насадки.....	92
5.2.5. Коэффициент массоотдачи.....	93
5.2.6. Определение поверхности массопередачи и высоты абсорбера...	95
5.2.7. Гидравлические сопротивления в абсорберах.....	95
5.3. Расчет адсорберов.....	98
5.3.1. Расчет процесса адсорбции.....	102
5.3.2. Прочностной расчет адсорбера.....	105
5.3.3. Расчет фланцевых соединений.....	108
5.4. Расчет барабанной сушилки.....	111
5.4.1. Материальный баланс.....	112
5.4.2. Определение количества тепла для сушки и параметров воздуха.....	112
5.4.3. Определение размеров барабанной сушильной установки.....	113
VI - глава. Химические процессы.....	116
6.1. Порядок расчета реактора.....	116
6.2. Технологический расчет реактора.....	121

6.3. Определение поверхности теплообмена.....	123
6.4. Технологический расчет смесителя.....	123
6.5. Пример расчета смесителя реактора.....	125
Приложения.....	131
Список использованной литературы.....	145

Table of contents

Introduction	4
The content and volume of yearly project	5
Chapter I. General data	9
1.1. Constructional materials of chemical mechanical engineering	10
1.2. Physic and technical characteristics of gases, liquids and firm materials	12
1.3. Measurement units of physical values	16
1.4. The international systems of measurement	18
Chapter II. Hydraulic calculations	22
2.1. Calculation of diameter of the pipeline	22
2.2. Estimation of hydrodynamic resistance of pipes	23
2.3. Calculation of pumps and fans	25
2.4. An example of calculation of pumps	28
2.5. An example of calculation of fans	33
Chapter III. Filtration	38
3.1. Calculation of drum-type vacuum filter	42
Chapter IV. Heat-exchange processes	47
4.1. Calculation of shell-and-tube heat exchanger	60
4.1.1. Technological calculation	60
4.1.2. Constructive calculation	63
4.2. Calculation of single-effect evaporator	65
4.2.1. Material balance	65
4.2.2. Thermal balance	65
4.2.3. Constructive calculation	68
4.2.4. Estimation of a thickness of thermal isolation	70
4.3. Calculation of the barometric condenser	72
4.3.1. Cooling water consumption	72
4.3.2. Diameter of the barometric condenser	72

4.3.3. Calculation of height of a barometric pipe	72
4.3.4. Calculation of productivity of the vacuum pump	73
Chapter V. Mass-exchange processes	75
5.1. Order of calculation of rectifying columns for separation of the mix of methyl alcohol and water	77
5.1.1. Estimation of working number of phlegm and material balance of the column	77
5.1.2. Estimation of thermal balance of process	80
5.1.3. Technological calculation	81
5.1.4. Calculation of rate of steam and diameter of a column	84
5.2. Calculation of the absorber	86
5.2.1. Calculation of absorbent and absorptive	86
5.2.2. Coefficient of mass-exchange	90
5.2.3. Rate of gas and diameter of the absorber	91
5.2.4. Density of the active and passive working surface of a nozzle	92
5.2.5. Coefficient of mass output	93
5.2.6. Estimation of surface of mass output and heights of absorber	95
5.2.7. Hydraulic resistance in absorbers	95
5.3. Calculation of adsorber	98
5.3.1. Calculation of process of adsorption	102
5.3.2. Strengthening calculation of adsorber	105
5.3.3. Calculation of flanged connections	108
5.4. Calculation of the drum-type dryer	111
5.4.1. Material balance	112
5.4.2. Estimation of quantity of heat for drying and air parameters	112
5.4.3. Estimation of the sizes of the drum-type dryer	113
Chapter VI. Chemical processes	116
6.1. An order of calculation of the reactor	116

6.2. Technological calculation of the reactor	121
6.3. Estimation of a surface of heat exchange	123
6.4. Technological calculation of the mixer	123
6.5. An example of calculation of the mixer of the reactor	125
Appendices	131
Bibliography	145