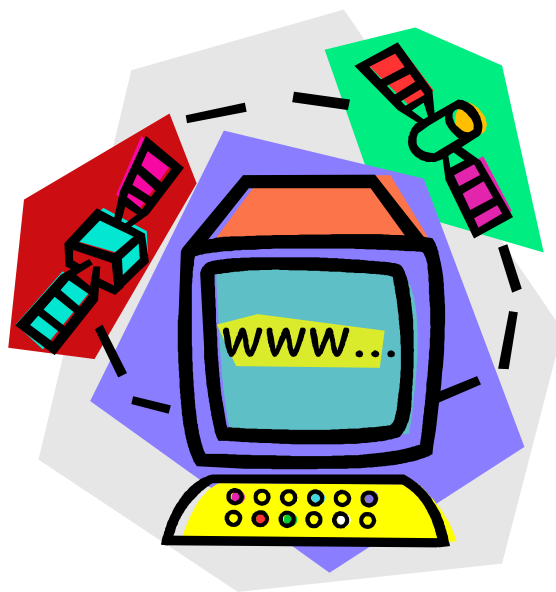


**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI
TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

**«Informatika, avtomatlashtirish va
boshqaruv» kafedrası**

**TEXNOLOGIK JARAYONLARNI
MODELLASHTIRISH ASOSLARI
FANIDAN
MA‘RUZALAR MATNI**



Toshkent - 2010 y.

“Texnologik jarayonlarni modellashtirish asoslari” fani texnika fanlari bakalavrlarini tayyorlashda katta ahamiyatga ega. Bu fan zamonaviy texnologiyalarni va kimyo texnologiyasi tizimlarini tahlil qilish, optimallashtirish va sintez qilish kabi masalalarni yechishni o‘rgatadi.

Tuzuvchilar: **Yunusov I.I.** - Toshkent kimyo-texnologiya instituti «Informatika, avtomatlashtirish va boshqaruv» kafedrasida kafedrasida dotsenti, t.f.n.
Xamidov B.T. - Toshkent kimyo-texnologiya instituti «Informatika, avtomatlashtirish va boshqaruv» kafedrasida kafedrasida dotsenti, t.f.n.

Taqrizchi: **Dodaev Q.O.** - Toshkent kimyo-texnologiya instituti «Konservalangan oziq – ovqat mahsulotlar texnologiyasi» kafedrasida professori, t.f.d.

Ma’ruzalar matni «Informatika, avtomatlashtirish va boshqaruv kafedrasida» kafedrasining 2010 yil “_____” _____dagi ____ - sonli majlisida ko‘rib chiqilib, fakultet Ilmiy-uslubiy Kengashida ko‘rib chiqish uchun tavsiya etilgan.

«Informatika, avtomatlashtirish
va boshqaruv kafedrasida»
kafedrasida mudiri

prof. Artikov A.A.

Ma’ruzalar matni “Oziq – ovqat mahsulotlar texnologiyasi” fakulteti Ilmiy-uslubiy Kengashining 2010 yil “_____” _____dagi ____ - sonli majlisida ko‘rib chiqilib, institut Ilmiy-uslubiy Kengashiga tasdiqlash uchun tavsiya etildi.

OOMT fakulteti
Ilmiy-uslubiy kengash raisi

prof. Nurmuxamedov X.S.

Ma’ruzalar matni institut Ilmiy-uslubiy Kengashining 2010 yil “_____” _____dagi ____ - sonli majlisida ko‘rib chiqilib, chop etishga tavsiya etildi.

Reja:

1. Fanni o'qitishdan maqsad va uning vazifalari.
2. Kirish.
3. Kimyo-texnologiya tizimlari. Katta va kichik tizimlar.
4. Kimyoviy korxonaning ierarxik tuzilishi.

Fanni o'qitishdan maqsad va uning vazifasi

Kimyo va oziq-ovqat texnologiya tizimlarini tahlil qilish, sintez qilish va optimallashtirish hamda texnologik jarayonlarni boshqarish masalalarni yechishda zamonaviy hisoblash texnikasining keng qo'llanishi xar hil sohadagi texnologlardan EHMlarni to'g'ri qo'llashda va ularni ishlatishga zaruratni to'g'ri aniqlashda yetarli bilim va uquv talab qiladi.

Fanning o'qitishdan maksad EHMni Kimyo va oziq-ovqat texnologiyasi masalalarini, ya'ni ishlab chiqarish jarayonlarini modellashtirish, optimallashtirish va boshqarish masalalarini yechishda qo'llash imkoniyatlarini o'rgatish, talabalarni EHMni kimyo va oziq-ovqat texnologik jarayonlarini hisoblash eksperimenti o'tkazish yo'li bilan o'rganish va kimyo va oziq-ovqat texnologik jarayonlarini optimallashtirish va loyihalash masalalarini yechish uslublariga o'rgatishdir.

«Texnologik jarayonlarni modellashtirish asoslari» fanida juda keng spektrdagi masalalar, hisoblash mashinalarini ilmiy tadqiqotlarda qo'llashdan boshlab, to texnologik jarayonlarni boshqarishda qo'llashgacha bo'lgan masalalar ko'riladi.

Talabalarining bilimi, malakasi va ko'nikmasiga qo'yiladigan talablar.

Ushbu faning o'zlashtirish natijasida, talaba o'z sohasida EHMni qo'llay bilishi va uning imkoniyatlaridan unumli foydalanishi, qo'yilgan masalani yetarlicha bakalavrlilik darajasida yechish uchun :

-Texnologik jarayonlarni matematik modellarini tuzishning umumiy prinsiplarini va uslublarini ;

- Texnologik jarayonlarni EXMda matematik modellashtirish masalalari va ularni yechish usullarini;

-Texnologik jarayonlarini optimallashtirish masalasining qo'yilishini va ularni yechish usullarini bilishi kerak.

-Texnologik jarayonlarni dinamik va statik modellarini tuzish bo'yicha,

-Texnologik jarayonlarni matematik modellashtirish masalalarini to'g'ri qo'yish va yechish bo'yicha,

-Texnologik tizimlarni tahlil qilish, sintez qilish va optimallashtirish masalalarini yechish bo'yicha uquvga ega bo'lishi kerak.

Talaba EHMda yechilayotgan masalalarni to'g'ri, korrekt qo'yish va ularni yechish algoritmlarini qo'llab, asoslangan natijalar olishga ko'nikma hosil qilishi kerak.

Mazkur fanni o‘zlashtirish uchun zarur fanlar va ularning bo‘limlari.

Mazkur fanni o‘qish davomida talabalar o‘zlarining algoritmlash, dasturlash va kompyuterda ishlash tajribalari va hisoblash usullaridan foydalana bilishlari kerak. Bu talabalardan «Fizika», «Oliy matematika», «Informatika», «Fizikaviy kimyo», «Umumiy kimyoviy texnologiya» va «Kimyo-texnologiya jarayonlari va qurilmalari» fanlar bo‘yicha chuqur bilim talab qiladi.

Fanni o‘qitishda kompyuter, axborot va boshqa zamonaviy o‘qitish texnologiyalarining qo‘llanilishi.

Fanni o‘qitishda talabalarning bilimini reyting nazorati tizimini qo‘llab aniqlashga asoslangan zamonaviy pedagogik texnologiyalar qo‘llaniladi. Bundan tashqari, fanni o‘zlashtirishni mustahkamlash, talabaning ijodiy fikrlashini ta‘minlash maqsadida, unga o‘z sohasi bo‘yicha ma‘lum bir texnologik jarayonni matematik modellashtirish uchun topshiriq beriladi. Talaba hisoblash dasturini kompyuterga kiritib, hisoblash eksperimentini o‘tkazadi va olingan natijalarni tahlil qilib, o‘qituvchi bilan muhokama qiladi.

KIRISH

Har qanday texnologik tizim (TT) va uni boshqarish tizimi kibernetika fani uchun, tadqiqot mavzui hisoblanadi. Uning tadqiqot usuli bo'lib, matematik modellashtirish, tadqiqot strategiyasi esa – tizimli taxlil qilish va tadqiqot vositasi bo'lib, elektron hisoblash mashinalari - kompyuterlar hisoblanadi.

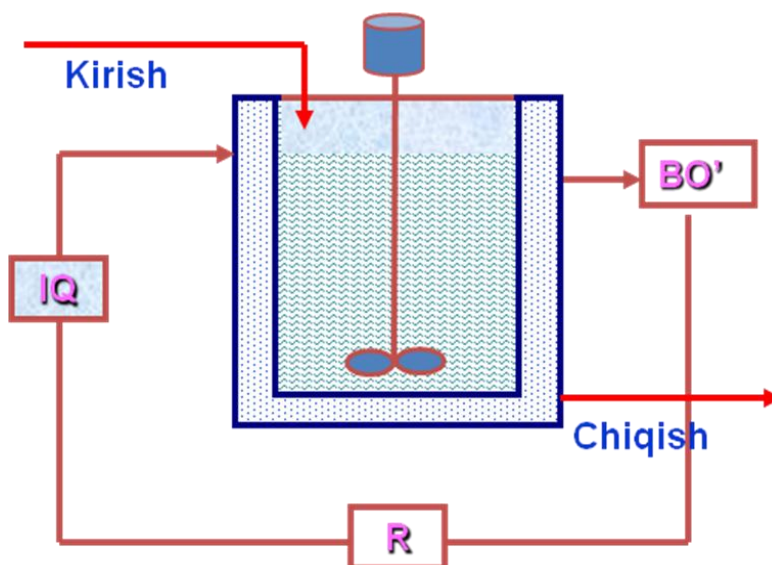
Kibernetika matematik modellashtirish usullaridan foydalanib tizimlarni aniq natijalar bilan tahlil va sintez qilishda, optimal shart-sharoitlarni prognoz qilishda foydalanadi.

Kibernetika usullari Kimyo va oziq-ovqat texnologik jarayonlarni ketishidagi yangi qonuniyatlarni aniqlashda va ularni optimallashtirish hamda boshqarish yo'llarini aniqlashda yordam beradi. Kibernetika uslublari kibernetikaning texnik vositasi bo'lgan hisoblash mashinalari yordamida tadbiq etiladi.

Kimyo va oziq-ovqat texnologik tizimlari

Kimyo va oziq-ovqat texnologiya tizimlari (kegusida texnologik tizimlar) deganda, unda ketayotgan fizik-kimyoviy jarayonlar va ularni amalga oshiruvchi vositalar birgalikda tushuniladi. Shunday qilib texnologik tizimlar jarayonni, u ketayotgan qurilmani, jarayonni nazorat va boshqarish vositalarini va ular orasidagi o'zaro bog'liqliklarni o'z ichiga olar ekan.

Masalan: reaktorda ketayotgan boshqariladigan texnologik jarayonni- texnologik tizimlar deb qarash mumkin (1 - rasm). Texnologik jarayonning ketishi bo'yicha axborot birlamchi o'zgartirgichdan (BO') rostlagichga (R) uzatiladi, u o'z navbatida texnologik parametrning shu vaqtidagi qiymatini belgilangan qiymatdan farqiga qarab rostlash ta'sir signali ishlab chiqaradi va ijrochi qurilma (IKM) orqali ob'ektga ta'sir ko'rsatadi.



1 – rasm

Texnologik tizimlarda ma'lum bir fizik kimyoviy jarayonni amalga oshirish uchun, bizga aralashtirgichli reaktor va shu jarayonni boshqarish tizimi bo'lishi kerak.

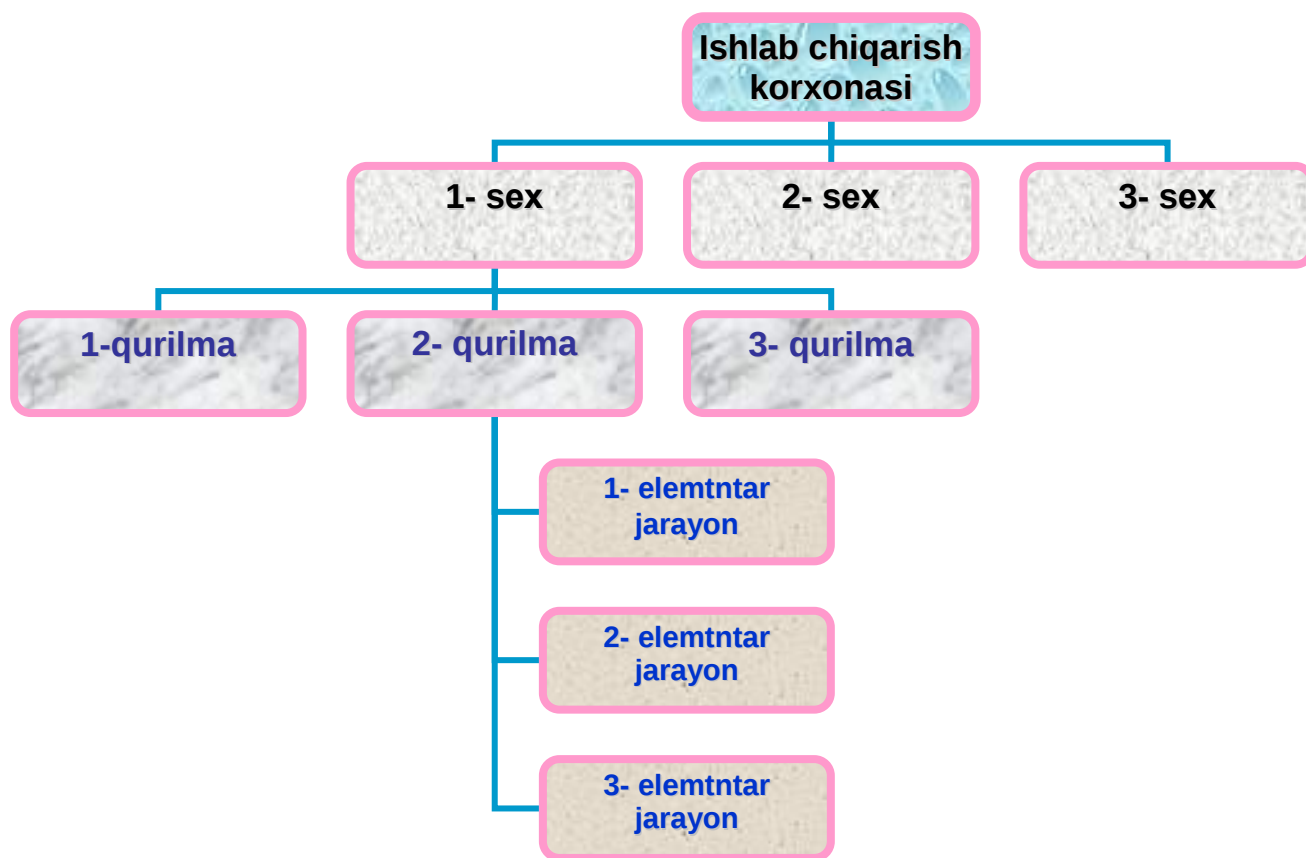
Ushbu texnologik tizim tashqi muhit bilan o'zaro ta'sirda bo'lgani uchun, uning holatini kirish X va chiqish U signallari orqali baholash mumkin. Kirish signali bo'lib odatda xom-ashyo, uning miqdori, tarkibi, temperaturasi va boshqalar bo'lishi mumkin. Chiqish signali bo'lib, tayyor mahsulot miqdori, uning sifati, teperaturasi va boshqalar bo'lishi mumkin.

Texnologik tizimga odatda har xil turtkilar Z ta'sir ko'rsatadi va texnologik tizimni belgilangan sharoitlardan chiqaradi. Bu turtki ta'sirlarini kompensatsiya qilish uchun, odatda boshqaruvchi ta'sirlardan foydalaniladi.

Texnologik tizim- murakkab ob'ekt hisoblanib, uni alohida elementlarga (podсистема) dekompozitsiyalash mumkin. Elementlar o'zaro informatsion bir-biri bilan va ob'ekt atrof muxiti bilan bog'liqdir. Bu bog'liqliklar ob'ekt tuzilishini tashkil etadi.

Texnologik tizim mo'ljallangan maqsadga erishishga yo'naltirilgan algoritm bo'yicha ishlaydi. Hamma Texnologik tizimlarni shartli ravishda katta va kichik tizimlarga bo'lish mumkin.

Kichik tizimlar odatda bir tipik jarayon bilan cheklangan bo'lib, ikki tizimlarga bo'lish mumkin. Undagi ichki bog'liqliklar va jihozlarning o'ziga xosligi bilan ajralib turadi.

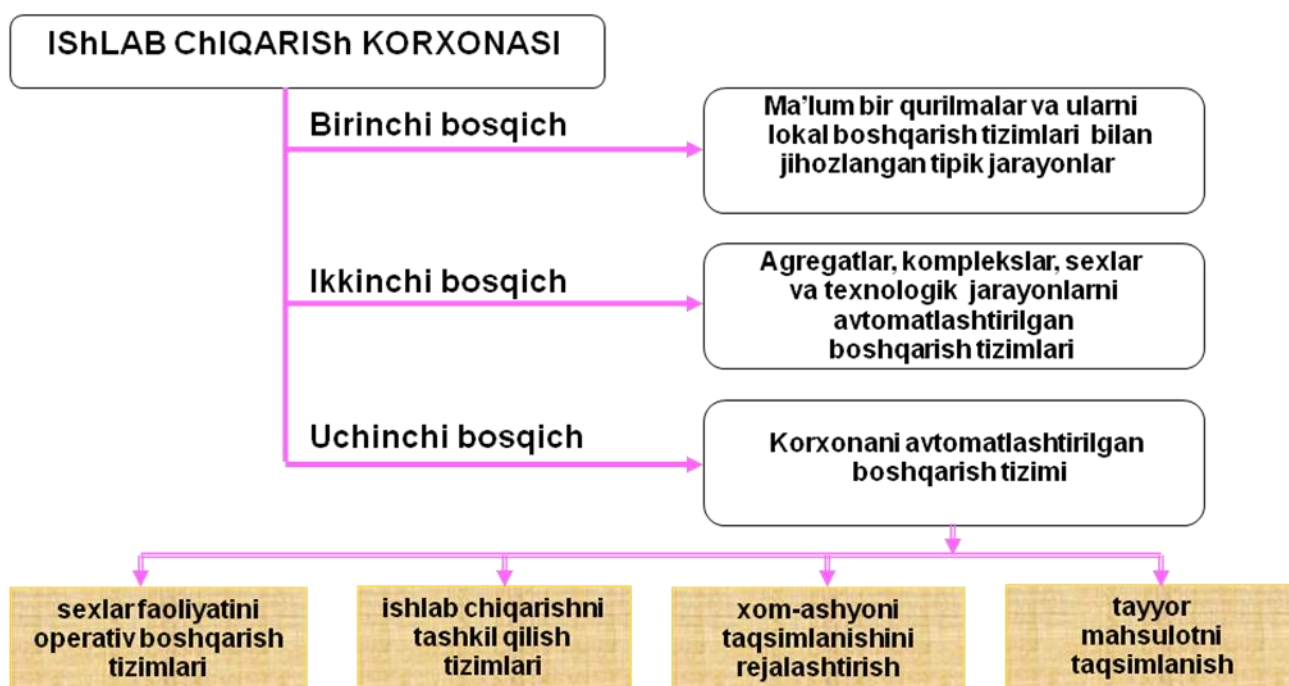


2 – rasm.

Katta tizimlar, kichik tizimlarning murakkab ravishda mujassamlangan ko‘rinishi bo‘lib, ulardan ham miqdoriy, ham sifat ko‘rsatkichlari bo‘yicha farq qiladi. Katta kibernetik Texnologik tizim sifatida kimyoviy sexni yoki korxonani misol qilish mumkin (2 - rasm).

Ishlab chiqarish korxonasining ierarxik tuzilishi

Har qanday ishlab chiqarish korxonasini uch ketma-ket bajariladigan texnologik operatsiya ko‘rinishida tasavvur qilish mumkin: xom-ashyoni tayyorlash, kayta ishlash jarayoni va nihoyat kuzlangan sifat xamda mikdordagi mahsulotni olish. Bu operatsiyalar ketma-ketligi, yakka bir murakkab texnologik tizim ko‘rinishida mujassamlangandir (3-rasm).



Zamonaviy ishlab chiqarish korxonasi, katta masshtabli tizim sifatida, juda ko‘p o‘zaro bir-biriga, bo‘ysingan kichik tizimlardan tashkil topgan bo‘lib, uni asosan uch pog‘onali ierarxik tuzilish ko‘rinishida tasavvur qilinadi. Ishlab chiqarish korxonasining har bir kichik tizimini, bir butun texnologik tizim va avtomatik boshqarish tizimi ko‘rinishida tasavvur qilinadi.

Ishlab chiqarish korxonasining ierarxik tuzilishining **birinchi quyi bosqichini** ma’lum bir apparatlar va ularni lokal boshqarish tizimlari bilan jihozlangan tipik jarayonlar tashkil qiladi.

ishlab chiqarish korxonasinining ierarxik tuzilishining quyi bosqichida, kichik tizimlarning ishlashini ifodalovchi informatsiya boyib boradi va bu kichik tizimlarni ishlashini boshqarishda tipik jarayonlarning texnologik parametrlarini avtomatik rostlash tizimlarini tuzib, lokal ravishda stabillab boriladi.

ishlab chiqarish korxonasining ierarxik tuzilishining **ikkinchi bosqichini** agregatlar, komplekslar, sexlar va texnologik jarayonlarni avtomatik boshqarish tizimlari tashkil qiladi.

Yuqori intensiv texnologik jarayonlarni va yuqori quvvatli agregatlarni yaratilishi hamda ishlab turgan korxonalarni optimallashtirish maqsadida rekonstruksiya qilinishi natijasida yangi ilmiy texnik masalalar vujudga keldi:

- 1) ishlab chiqarish korxonasi va agregatlarni iqtisodiy va energotexnologik ko'rsatkichlar bo'yicha optimal sharoitlarda ishlashini tashkil qilish;
- 2) agregatlarda moddiy va energetik oqimlarni optimal tashkil qilish yo'li bilan boshqarish funksiyasini agregatning o'ziga berish, ya'ni agregat tuzilishini kibernetik tashkil qilish;
- 3) energotexnologik tizimlarni qo'llash natijasida agregatlarning chidamli ishlashini ta'minlash uchun boshqaruvchi hisoblash mashinalarini qo'llash zarurati paydo bo'lmoqda.

Ushbu ierarxik bosqichda, kichik tizimlarni boshqarishda, apparatlar ishini optimal koordinatsiyalash va ular orasidagi quvvatlarni optimal taqsimlash masalalari vujudga keladi. Bu masalalarni yechishda umuman yangi dekompozitsiyalash va agregatsiyalash usullari, evrestik modellash nazariyasi asosida texnologiyani tahlil qilish, ko'p bosqichli optimallashtirish va boshqa usullardan foydalaniladi.

ishlab chiqarish korxonasining ierarxik tuzilishining **uchinchi yuqori bosqichi** bu - sexlar faoliyatini operativ boshqarish tizimlari, ishlab chiqarishni tashkil qilish tizimlari, xom-ashyoni taqsimlanishini rejalashtirish, tayyor mahsulotni taqsimlanishi - korxonani avtomatik boshqarish tizimi. Ierarxiyaning ushbu bosqichida vaziyatga qarab tahlil qilish, korxonani optimal boshqarish masalalari vujudga keladi. Bu masalalarni yechishda tizim-texnikaning matematik usullari, chiziqli programmashtirish, o'yinlar nazariyasi, ma'lumotlar nazariyasi va boshqa usullar qo'llaniladi.

Texnologik jarayonlari

Har qanday ishlab chiqarish korxonasini, har qanday texnologik tizimni ma'lum bir miqdordagi tipik texnologik zvenolar orqali ifodalash mumkin. Odatda ularda adsorbsiya, rektifikatsiya, ekstraksiya, kimyoviy reaksiya va boshqa tipik texnologik jarayonlar ketadi.

Ma'lum bir kurilmada ketayotgan tipik jarayon, o'z vaqtida tipik boshqarish ob'ekti hamdir.

Ichki moddiy va energetik bog'liqliklar xarakteriga qarab, ishlab chiqarish texnologiyasining hamma jarayonlarini quyidagi sinflarga bo'lish mumkin:

- gidrodinamik;
- issig'lik;
- diffuzion;
- kimyoviy;
- mexanik.

Bundan tashqari texnologik jarayonlar determinlashgan va staxostik jarayonlarga bo'linadi.

Determinlashgan deb shunday jarayonlarga aytiladiki, ularda asosiy kattaliklar uzluksiz va aniq qonuniyatlar bo'yicha o'zgaradi. Bunda, ushbu jarayonni ifodalovchi

chiqish parametrining qiymati, kirish parametrining qiymatiga to'g'ridan-to'g'ri bog'liqdir.

Staxostik deb shunday jarayonlarga aytiladiki, ularda asosiy parametrlar o'zgarishi tartibsiz va diskret ro'y beradi.

Tayanch so'z va iboralar

1. Kompyuterlar - zamonaviy shaxsiy elektron xisoblash mashinasi.
2. Kimyoviy kibernetika - texnologiya tizimlarini EXM yordamida boshqarish va tadqiqot qilish.
3. Texnologiya tizimi - texnologik jarayon, shu jarayon ketayotgan kurilma va shu jarayonni boshqarish tizimi hammasi birgalikda texnologik tizim deyiladi.
4. Matematik modellash - texnologik jarayonni uning matematik modeli yordamida o'rganish.
5. Tizimli taxlil qilish - jarayonni o'rganishda uni elementar jarayonlarga bo'lib o'rganish.
6. Tizimni dekompozitsiyalash - tizimni alohida elementar jarayonlarga bo'lib o'rganish.
7. Ishlab chiqarish korxonasining ierarxik tuzilishi - kimyoviy korxona ierarxik tuzilishining birinchi kuyi bosqichi, ikkinchi o'rta bosqichi va uchinchi yukori bosqichi va ular orasidagi bog'liqliklar.
8. Lokal avtomatik rostdash tizimi - texnologik jarayondagi biror parametрни avtomatik rostdash tizimsi.
9. Texnologik jaraenlarni avtomatik boshqarish tizimlari - masalan biror sexda ketayotgan texnologik jarayonni optimal boshqarish tizimi.
10. Korxonani avtomatik boshqarish tizimlari - butun korxonani ishini avtomatik boshqarish tizimi.

Nazorat savollari.

1. Kimyoviy kibernetikaning tadqiqot usuli nima?
2. Tizimli taxlil qilish nima?
3. Texnologik tizim nimalarni o'z ichiga oladi?
4. Texnologik tizimlarni alohida elementlarga dekompozitsiyalash deganda nimani tushunasiz?
5. Ishlab chiqarish korxonasining ierarxik tuzilishining quyi bosqichida boshqarish tizimini qanday tasavvur qilasiz?
6. Ishlab chiqarish korxonasining ierarxik tuzilishining o'rta va yuqori bosqichida boshqarish tizimini qanday tasavvur qilasiz?

Adabiyotlar

1. Kafarov V.V. Metodo' kibernetiki v ximii i ximicheskoy texnologii M.; Ximiya, 1985. 448s.
2. Zakgeym A.Yu. Vvedenie v modelirovanie ximiko-texnologicheskix protsessov. M. Ximiya. 1982.

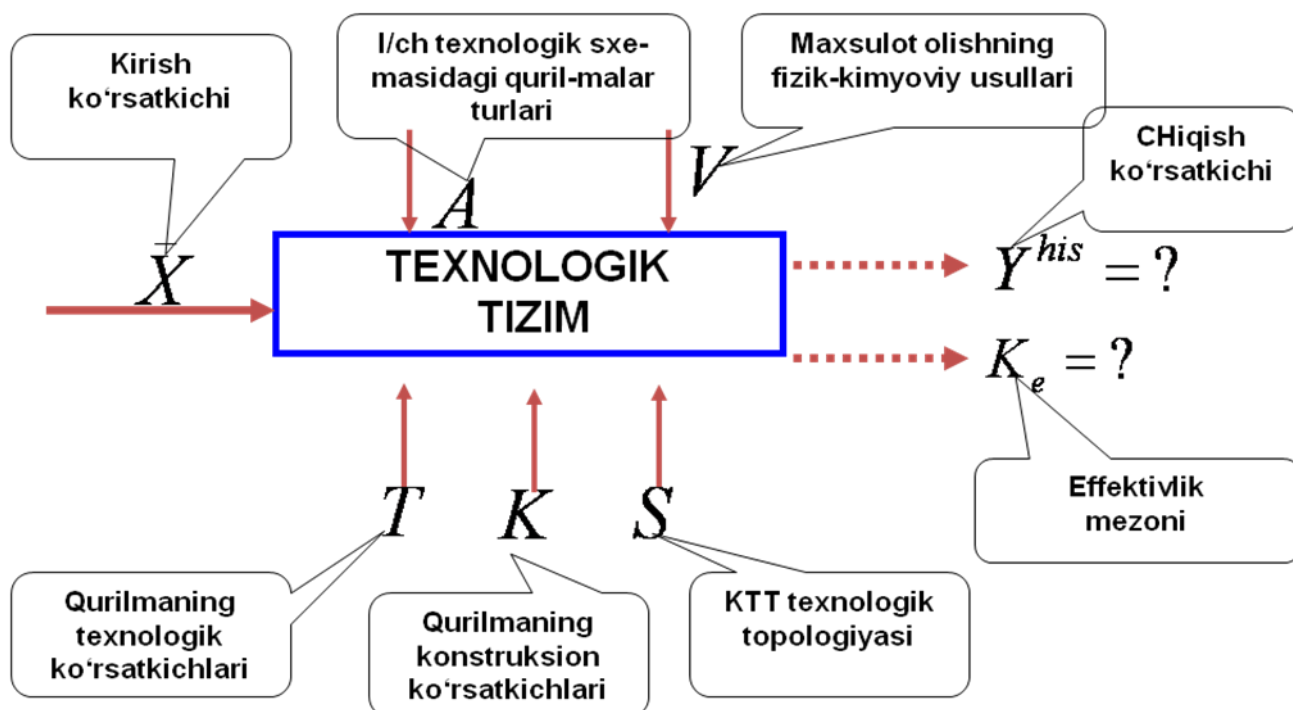
3. Frenks R. Matematicheskoe modelirovanie v ximicheskoy texnologii. Perv. s angl. M. Ximiya, 1971.
4. Yunusov I.I., Artikov A.A., Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat texnologiyasida EHM ni qo'llash Toshkent: TKTI, «NISIM». 2001. 148 b.
5. Matematicheskoe modelirovanie i metody sinteza gibkix ximicheskix proizvodstv. www.muctr.cdu.ru.
6. Modelirovanie i optimizatsiya texnologicheskix protsessov i oborudovaniya. www.tsti.ru.
7. Dvoretzkiy S.I., Yegorov A.F., Dvoretzkiy D.S. Kompyuternoe modelirovanie i optimizatsiya texnologicheskix protsessov i oborudovaniya. Tambov. TGTU, 2003.- 224 s.

Reja:

1. Texnologik tizimlarini taxlil qilish, sintez qilish va optimallashtirish.
2. Matematik modellashtirish va uning bosqichlari.
3. Matematik modelni qurish.
 - a) Mazmuniy modelni qurish.
 - b) Matematik ifodani tuzish.
- v) Matematik model tenglamalarining tasnifi.
- g) Modellashtirish algoritmi.

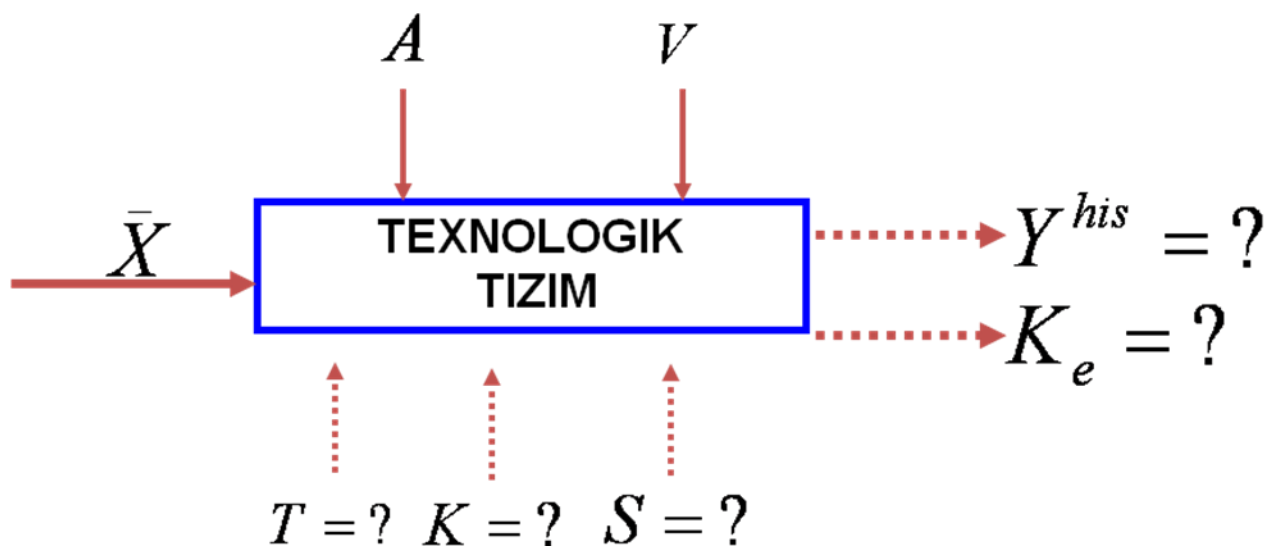
**Texnologik tizimlarini tahlil qilish sintez
qilish va optimallashtirish**

Apparatlararo texnologik oqimlar tuzilishi va texnologik oqimlar tizimi kirish parametrlari berilgan bo'lsa, **texnologik tizimlarini tahlil** qilishda, shu tizim texnologik oqimlarining chiqish va oraliq parametrlari va **texnologik tizimlar** apparatlarining konstruktiv va texnologik parametrlarining berilgan qiymatlari uchun effektivlik kriteriysi aniqlanadi. Ya'ni, **texnologik tizimlarini** tahlil qilishda, texnologik oqimlar tuzilishi va kirish parametrlari berilgan bo'lsa, unda chiqish va oraliq parametrlari aniqlanadi va **texnologik tizimlarning** effektivlik kriteriysi aniqlanadi (1-sxema).



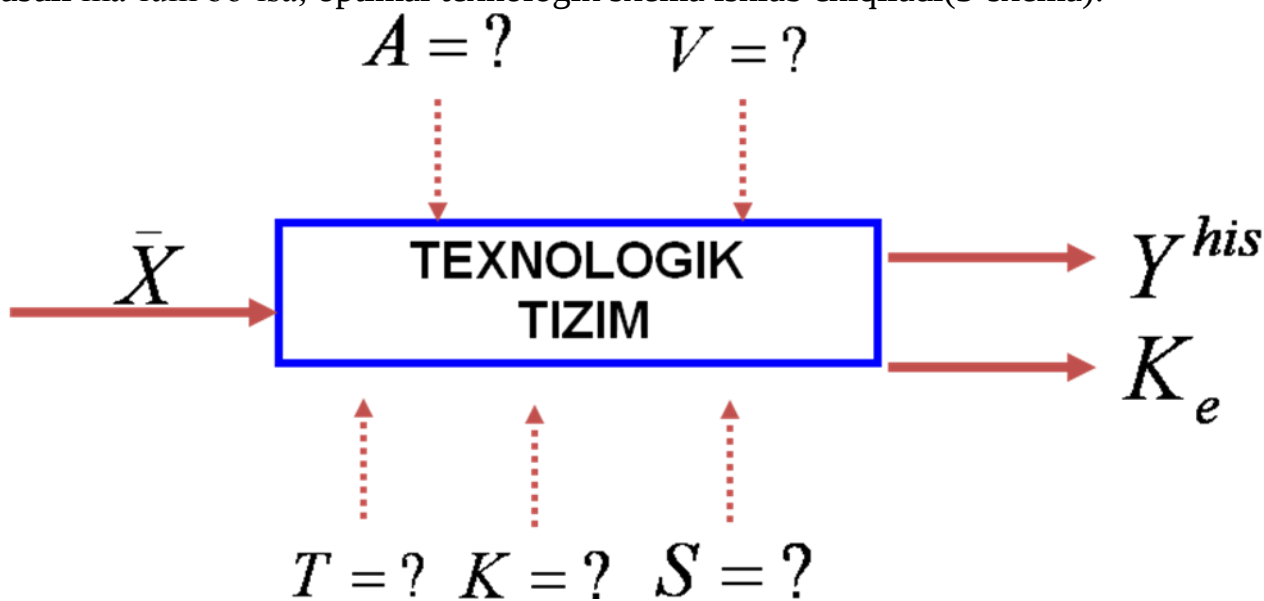
1-sxema

Texnologik tizimlarlarini optimallashtirishda apparatlararo oqimlar tuzilishi ma'lum bo'lganda, texnologik tizimning effektivlik kriteriysi ko'rsatkichining optimal qiymatlari aniqlanadi (2-sxema).



2-sxema

Texnologik tizimlarning sintez qilishda, xom ashyodan kerakli maxsulot olish usuli ma'lum bo'lsa, optimal texnologik sxema ishlab chiqiladi (3-sxema).



3-sxema

Odatda, **texnologik tizimlarlarini** tahlil qilish, optimallashtirish va sintez qilish masalalarini ishlab chiqarish sharoitida yoki tajriba moslamalarida yechish juda murakkab masala bo'lib, hamma vaqt ham yechish mumkin emasdir. Bu masalalarni yechilishi kimyoviy kibernetika usullarini qo'llash bilan ancha osonlashadi. Bunda, **texnologik tizimlarning** aloxida jarayonlarning matematik ifodalari tuzilib, ular asosida butun tizim matematik ifodasi tuziladi. Bu matematik apparat yordamida

hisoblash eksperimenti o'tkazilib, **texnologik tizimlarning** optimallashtirish, tahlil qilish va sintez qilish masalalarini yechish mumkin.

EHM ni texnologik jarayonlari va tizimlarini tadqiq qilishda qo'llash Matematik modellashtirish

Odatda texnologik ob'ektni o'rganishda ma'lum qiyinchiliklar bo'lsa, unda modellashtirish usullari qo'llaniladi (masalan, ob'ektning xavfsizligi bo'yicha tajriba o'tkazish mumkin bo'lmasa).

Modellashtirilayotgan ob'ekt xususiyatlarini uning modelida olingan analogik xususiyatlarni tahlil qilish yo'li bilan o'rganishga modellashtirish deyiladi. Bunda model va ob'ekt o'xshash bo'lishi kerak. Odatda o'xshashlik fizik va matematik bo'ladi.

Fizik modellashtirishda, ob'ekt xususiyatlari kichik masshtabli moslamalarda o'rganilib, u ob'ektni o'rganishni kam xarajatlar bilan o'tkazishga imkoniyat beradi. Fizik modellashtirishda ob'ektning ba'zi bir xususiyatlari modelda olingan natijalardan farqli bo'lishi mumkin. Shuning uchun odatda fizik modellashtirishda odingan natijalarni to'g'ridan-to'g'ri ob'ekt uchun qo'llab bo'lmaydi.

Matematik modellashtirish usuli oxirgi 30-40 yil ichida juda tez rivojlanib bormoqda. Ayniqsa, zamonaviy kompyuterlarning imkoniyatlarini oshib borishi bilan matematik modellashtirish yo'li bilan texnologik jarayon xususiyatlarini o'rganish yaxshi natijalar bera boshladi.

Matematik modellashtirish uch bosqichda olib boriladi:

- O'rganilayotgan jarayon matematik modelini tuzish,
- Asosiy parametrlar qiymatlarini hisoblash uchun masalani yechishni dasturlash(algoritmlash),
- Modelni o'rganilayotgan jarayonga adekvatligini aniqlash.

Matematik modelni qurish

Ob'ektda ketayotgan xodisalarni ifodalaydagan matematik tenglamalar tizimsiga matematik model deyiladi.

Shunga asosan, texnologik jarayonning matematik modelini tuzishni quyidagi uch aspektda ko'rishimiz mumkin: mazmuniy, analitik va hisoblash.

Birinchi, ob'ektning fizik mohiyati o'rganilib, uning mazmuniy ifodasi tuziladi.

Ikkinchi, mazmuniy ifodani analitik ko'rinishda, ya'ni matematik tenglamalar tizimsi ko'rinishida ifodalanadi.

Uchinchi, modelni hisoblash tomonlari, ya'ni modellashtirish algoritmi aniqlanadi. Bunda matematik ifodani yechish usuli va yechish ketma-ketligi aniqlanib, ya'ni yechish algoritmi tuziladi.

Mazmuniy ifodani tuzish

Har qanday matematik modelni tuzish ob'ektni mazmuniy ifodasini tuzishdan boshlanadi. Kimyo texnologiya ob'ektlarini modellashtirishda avval, ularning «elementar» jarayonlarini aniqlab olinadi.

Odatda quyidagi «elementar» jarayonlarini inobatga olinadi:

- fazalar oqimlari harakati jarayoni;
- kimyoviy o'zgarish jarayoni;
- fazalar orasidagi modda almashinuvi;
- issiqlik o'tkazishi;
- modda agregat xolatining o'zgarishi.

Ba'zi bir to'la o'rganilmagan «elementar» jarayonlarni matematik modelga kiritilmasdan jarayonning matematik modelini tuzish mumkin, lekin bunda jarayon matematik modeli xatoligi juda katta bo'lib ketmasligiga e'tibor berish kerak bo'ladi.

Modellashtirishdan olingan natijalar aniqligi ob'ektning har xil parametrlarini bu modelda qanchalik to'la hisobga olinganligiga bog'liqdir. Bu parametrlarga quyidagilarni kiritish mumkin: konstruktiv, fizik va elementar jarayon parametrlari.

Konstruktiv parametrlarga, struktura parametrlari (oqimlar harakati tuzilishini ifodalovchi) va geometrik parametrlar (apparat parametrlari) kiradi.

Fizik parametrlarga oqimning holat parametrlari (temperatura, konsentratsiya va boshqalar) va xususiyat parametrlari (issiqlik sig'imi, qovushqoqlik, zichlik va boshqalar) kiradi.

«Yelementar» jarayon parametrlariga gidrodinamik parametrlar (oqimlar harakatini ifodalovchi parametrlar, masalan: moddaning oqimda ko'ndalang aralashtirgish ko'effitsienti) va fizik-kimyoviy parametrlar (issiqlik va modda almashinuv ko'effitsienti, kimyoviy reaksiya tezligi konstantasi) kiradi.

Matematik ifodani tuzish

Modellashtirilayotgan ob'ekt matematik ifodasini tuzishda tizimli tahlil usullaridan foydalanib, (blok prinsipini qo'llab) jarayonning elementar jarayonlarini chuqur tahlil qilinadi. Avval matematik ifoda tuzilishining asosi sifatida jarayonning gidrodinamik modeli o'rganiladi,. So'ngra kimyoviy reaksiya kinetikasi va undan so'ng issiqlik va modda almashinuv jarayonlari (gidrodinamik sharoitlari hisobga olgan xolda) o'rganilib, har bir yuqoridagi jarayonlar uchun matematik ifoda tuziladi. Modelni tuzishni oxirgi bosqichida, hamma o'rganilgan «elementar» jarayon matematik ifodalari bir tenglamalar tizimsiga birlashtiriladi.

Shunday qilib, **qandaydir texnologik jarayon matematik modelini tuzishda quyidagilarni hisobga olish kerak:**

- fizika qonunlarini ifodalovchi matematik ifodalar (modda va energiya saqlanish qonuni);
- «elementar» jarayonlarni ifodalovchi tenglamalar va boshqalar;
- texnologik jarayon parametrlari orasidagi bog'liklikni ifodalovchi har hil empirik tenglamalar. (masalan: ob'ekt to'g'risida yetarli nazariy ma'lumotlar bo'lmasa, unda statistik modellardan foydalaniladi);
- jarayon parametrlariga har xil cheklamalar.

Matematik model tenglamalar tizimining tasnifi

Modellashtirilayotgan har xil ob'ektlarning xususiyatlarini oddiy algebraik tenglamalar, oddiy differensial tenglamalar, integral tenglamalar va hususiy hosila ko'rinishidagi tenglamalar orqali ifodalanadi. Matematik ifodada ob'ekt

parametrlarining o'zgarishi vaqt buyicha ifodalanayaptimi yoki yo'qmi, shunga qarab, modellar statsionar va nostatsionar bo'lishi mumkin. Ob'ektning statsionar holati statsionar modellar ifodalaydi. Parametrlari mujassamlangan ob'ektlarning statsionar holatini, odatda oddiy algebraik tenglamalar orqali ifodalash mumkin. Bunday ob'ektlarning nostatsionar holatini oddiy differensial tenglamalar orqali ifodalash mumkin.

Agar jarayonning parametrlari ham vaqt bo'yicha, ham boshqa parametrlar bo'yicha o'zgarsa (masalan: apparat uzunligi bo'yicha) unda bunday ob'ektlar odatda hususiy hosila ko'rinishdagi differensial tenglamalar orqali ifodalanadi va ular parametrlari taqsimlangan model deyiladi.

Oddiy, birinchi tartibli differensial tenglamalar orqali parametrlari mujassamlangan ob'ektlarning nostatsionar holatini va parametrlari taqsimlangan ob'ektlarning statsionar holati ifodalanadi.

Ba'zi bir holatlarda ob'ektlarning differensial tenglamalar orqali ifodalangan matematik modellari yordamida o'rganish, hisoblash nuqtai nazaridan nihoyatda murakkab masala bo'lib, bunda ko'pincha ob'ektning uzluksiz, parametrlari taqsimlangan ko'rinishdagi differensial tenglama yordamida ifodalangan matematik modeli o'rniga, diskret, parametrlari mujassamlangan ammo, yacheykali struktura ko'rinishiga keltirib yechiladi.

Modellashtirish algoritmi

Matematik ifodada tenglamalar tizimsini yechish ketma-ketligini aniqlab hisoblash algoritmini tuzib chiqish kerak bo'ladi. Matematik tenglamalar tizimsini analitik yechish mumkin bo'lsa, unda maxsus modellashtirish algoritmlarini yaratishga zarurat yo'qoladi, ammo kup holatlarda matematik tenglamalar tizimsi murakkab ko'rinishga ega bo'lib, effektiv modellashtirish algoritmi tuzish mumkinligiga qarab, bu modeldan foydalansa bo'lishligi bog'liq bo'ladi. Yana bir asosiy faktorlardan biri, olinayotgan natijalarni fizik mohiyatini yaxshi anglash, effektiv hisoblash algoritmlarini tuzishga yordam beradi.

Ba'zi bir holatlarda murakkab modellashtirish algoritmini EHMda yechish uchun matematik modelni soddalashtirishga to'g'ri keladi. Albatta bu matematik model aniqligini pasaytiradi.

Tayanch so'z va iboralar

1. Texnologik tizim taxlili- texnologik tizim kirish parametrlarini oraliq va chiqish parametrlariga ta'sir o'rganiladi.
2. Texnologik tizim sintez qilish - agar maqsaddagi maxsulotni olish usuli ma'lum bo'lsa, unda shu maxsulotni olishni optimal sxemasini aniqlash.
3. Texnologik tizim optimallashtirish - optimallashtirish kriteriysining eng yaxshi qiymatlarini ta'minlovchi texnologiya parametrlarini aniqlash.
4. Texnologik tizimning kirish parametrlari - tizimga ta'sir ko'rsatuvchi asosiy parametrlar.
5. Texnologik tizimning chikish parametrlari - tizim xolatini ko'rsatuvchi asosiy parametrlar.
6. Texnologik tizimning oralik parametrlari - tizim xolatini ko'rsatuvchi parametrlar.
7. Samaradorlik ko'rsatkichi - tizimni effektiv ishlashini kursatuvchi ko'rsatkich.

8. Optimal texnologik sxema - texnologik sxemaning eng yaxshisi.
9. Modellashirish- texnologik jarayon xususiyatlarini uning modeli yordamida o'rganish.
10. Fizik modellashirish - texnologik jarayon xususiyatlarini uning fizik modeli yordamida o'rganish.
11. Matematik modellashirish - texnologik jarayon xususiyatlarini uning matematik modeli yordamida o'rganish.
12. Mazmuniy ifoda - texnologik jarayonni mazmuniy aspektida ifodalangan ko'rinishi.
13. Matematik ifoda - texnologik jarayonni analitik aspektida matematik tenglamalar yordamidagi ifodasi.
14. Modellashirish algoritmi - matematik modelni yechish ketma-ketligini belgilovchi algoritm.
15. Texnologik «elementar» jaraenlari - texnologik jarayon ierarxik tuzilishida jarayonni tashkil qiluvchi bir necha jarayonlar.
16. Fazalarning oqim tuzilishi - fazalarning oqimi xarakati.
17. Moddaning agregat xolatini o'zgarishi - moddaning suyuqlik xolatdan bug'ga, bug' xolatdan suyuqlik xolatiga o'tishi va x.k.z.
18. Jaraenning konstruktiv parametrlari - jarayonning apparat konstruksiya parametrlariga bog'liq bo'lgan parametrlari.
19. Jaraenning fizik parametrlari - jarayonning xolat va xususiyat parametrlari.
20. Parametrlari mujassamlangan modellar - parametrlari bir koordinata bo'yicha o'zgaruvchi modellar.
21. Parametrlari taksimlangan modellar - parametrlari vaqt va yana bir boshqa koordinata bo'yicha o'zgaruvchi modellar.
22. Effektiv xisoblash algoritmlari - xisoblashni optimal ketma-ketligi.

Nazorat savollari

1. Texnologik tizimlarni taxlil qilish masalalarida qanday masalalar yechiladi?
2. Texnologik tizimlarini optimallashtirish masalalarida qanday masalalar yechiladi?
3. Texnologik tizimlarini sintez qilish masalalarida qanday masalalar yechiladi?
4. Matematik modellashirish deganda nimani tushunasiz?
5. Matematik modellashirish necha bosqichda amalga oshiriladi?
6. Matematik model nima?
7. Modellashirish algoritmi nima?

Adabiyotlar

1. Kafarov V.V. Metodo' kibernetiki v ximii i ximicheskoy texnologii M.; Ximiya, 1985. 448s.
2. Zakgeym A.Yu. Vvedenie v modelirovanie ximiko-texnologicheskix protsessov. M. Ximiya. 1982.
3. Frenks R. Matematicheskoe modelirovanie v ximicheskoy texnologii. Perv. s angl. M. Ximiya, 1971.

4. Yunusov I.I., Artikov A.A., Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat texnologiyasida EHM ni qo'llash Toshkent: TKTI, «NISIM». 2001.148 b.
5. Matematicheskoe modelirovanie i metodo' sinteza gibkix ximicheskix proizvodstv. www.muctr.cdu.ru.
6. Modelirovanie i optimizatsiya texnologicheskix protsessov i oborudovaniya. www.tsti.ru.
7. Dvoretzkiy S.I., Yegorov A.F., Dvoretzkiy D.S. Kompyuternoe modelirovanie i optimizatsiya texnologicheskix protsessov i oborudovaniya. Tambov. TGTU, 2003.- 224 s.

Reja:

1. Eksperimental statistik modellashtirish usuli.
2. Eng kichik kvadratlar usuli;
3. CHiziqli regressiya;
4. Regression taxlil.

Eksperimental statistik modellashtirish usuli

Agar modellashtirilayotgan ob'ekt yetarli darajada o'rganilmagan bo'lsa va determinlashgan modelni tuzish imkoniyati bo'lmasa, unda jarayonning matematik modeli eksperimental statik modellashtirish usuli bilan tuziladi. Bunda statistik material aktiv yoki passiv eksperiment qo'yish usuli bilan to'planadi.

Passiv eksperimentda, tajriba o'zgaruvchilarni galma-gal o'zgartirib borib yoki ishlab turgan texnologik apparatlarda aloxida parametrlarning o'zgarishlarini yozib borib yoki ishlab turgan texnologik apparatlarda aloxida parametrlarning o'zgarishlarini yozib borib, to'plangan statistik materialni regression xamda korrelyasion tahlil qilish usullari yordamida qayta ishlanadi.

Aktiv eksperiment o'tkazish bilan ob'ekt to'g'risida statistik ma'lumot to'plashda, tajribani zamonaviy rejalashtirish usullarini qo'llanishi sababli, tajribalar sonini qisqartirish mumkin.

Shunday qilib, tajriba (ma'lumotlarini) natijalarini qayta ishlashda regression va korrelyasion tahlil qilish usullarini qo'llab, jarayonning matematik modelini olish mumkin:

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k)$$

bu yerda, $x_1, x_2, \dots, x_k$ - faktorlar (texnologik parametrlar) tajriba natijasida olingan.

Regressiya tenglamasining umumiy ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j x_j + \sum_{uj=1}^k b_{uj} x_u x_j + \sum_{j=1}^k b_{jj} x_j^2 + \dots$$

bu yerda, b_0 - erkin xad

b_j - chiziqli effekt koeffitsienti

b_{jj} - kvadratik effekt

b_{uj} - o'zaro ta'sir koeffitsienti.

Bu tenglama koeffitsientlarini «**eng kichik kvadratlar**» usuli yordamida aniqlanadi, ya'ni quyidagi shart bo'yicha:

$$\Phi = \sum_{i=1}^N (y_{xi} - \bar{y}_{xi})^2 = \min$$

bu yerda,

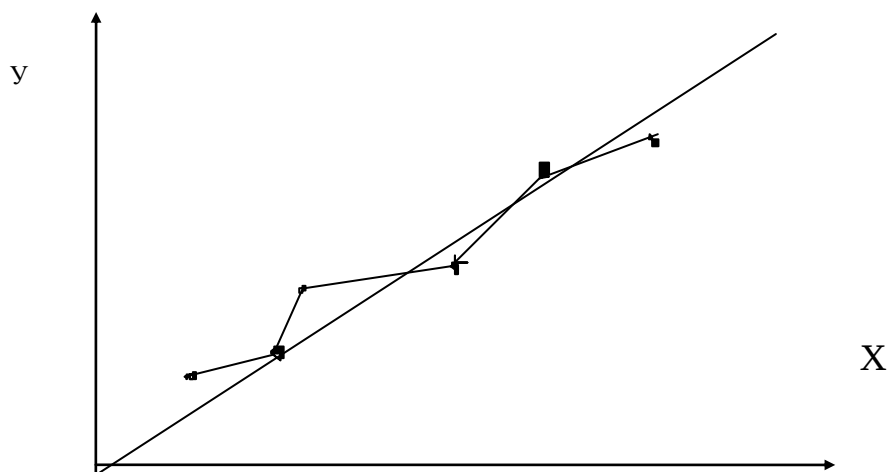
N- ajratib olingan tajribalar soni, bu shart bo'yicha, funksiyaning hisobiy qiymati (Y_{xi}) va eksperimental qiymatlari farqlarining kvadratlarini yig'indisi, minimumga intilishi kerak.

Ob'ektning chiqish parametrining (u) kirish parametridan (X) bog'liqligini aniqlash uchun tajriba o'tkazilgan. Bu tajriba natijalari U va X koordinata tizimsiga joylab chiqilgan. X ning butun o'zgarish intervali ΔX bo'laklarga bo'lib chiqiladi. Har bir intervalga tushgan nuqtalarni shu interval o'rtasiga moslab, shu intervalga tug'ri kelgan ularning o'rtacha qiymatlarini hisoblanadi.

$$\bar{y}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_j} x_{ji}}{n_j}$$

bu yerda,

n_j - ushbu intervaldagi tajriba nuqtalari



3-rasm

So'ngra, bu o'rtacha qiymat nuqtalarini birlashtirib, regressiyaning emperik egri chizig'ini olamiz. Bu chiziq ko'rinishiga qarab, regressiya tenglamasini tanlab olish mumkin,

$$U = f(x)$$

Regressiya tenglamasi parametrlarini aniqlash ko'p o'zgaruvchilik funksiyaning minimumini aniqlashga borib taqaladi.

Agar, $U = f(x; b_0; b_1; b_2; \dots)$ funksiyadan hosila olish mumkin bo'lsa, $b, b, b, \dots, b$ larni qiymatlarini shunday tanlansinki, unda quyidagi shart bajarilsin,

$$\Phi(b_0, b_1, b_2, \dots) = \sum_{i=1}^N [y_{i0} - f(x_i, b_0, b_1, b_2, \dots)]^2 \rightarrow \min$$

ya'ni, $b, b, b, \dots, b$ larning shunday qiymatlarini topish kerakki, unda $F(b_0; b_1; b_2)$ funksiya minimumga intilsin. Bu funksiyaning $F(b_0; b_1; b_2)$ minimumga intilish sharti, quyidagi shartni bajarilishidir (funksiya ekstremumi borligining zaruriy sharti),

$$\frac{\partial \Phi}{\partial b_0} = 0; \frac{\partial \Phi}{\partial b_1} = 0; \frac{\partial \Phi}{\partial b_2} = 0$$

yoki

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^N 2[y_i - f(x_i b_0 b_1 b_2 \dots)] \frac{\partial f(x_i)}{\partial b_0} &= 0 \\ \sum_{i=1}^N 2[y_i - f(x_i b_0 b_1 b_2 \dots)] \frac{\partial f(x_i)}{\partial b_1} &= 0 \\ \sum_{i=1}^N 2[y_i - f(x_i b_0 b_1 b_2 \dots)] \frac{\partial f(x_i)}{\partial b_2} &= 0 \\ \dots \dots \dots \end{aligned} \right\}$$

yoki, matematik o'zgartirishlardan so'ng:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^N y_i \frac{\partial f(x_i)}{\partial b_0} - \sum_{i=1}^N f(x_i b_0 b_1 b_2 \dots) \frac{\partial f(x_i)}{\partial b_0} &= 0 \\ \sum_{i=1}^N y_i \frac{\partial f(x_i)}{\partial b_1} - \sum_{i=1}^N f(x_i b_0 b_1 b_2 \dots) \frac{\partial f(x_i)}{\partial b_1} &= 0 \\ \sum_{i=1}^N y_i \frac{\partial f(x_i)}{\partial b_2} - \sum_{i=1}^N f(x_i b_0 b_1 b_2 \dots) \frac{\partial f(x_i)}{\partial b_2} &= 0 \\ \dots \dots \dots \end{aligned} \right\}$$

Ushbu tenglamalar tizimsida nechta noma'lum koeffitsient bo'lsa, shuncha tenglamalardan tashkil topgan. Bu matematik statistikada normal tenglamalar tizimsi deyiladi. Bu tenglamalar tizimsini funksiyaning umumiy ko'rinishi uchun yechib bo'lmaydi. Buning uchun funksiyaning konkret ko'rinishini tanlab turib masalani yechish kerak.

Staxostik jarayonlarni matematik modellashtirishda, odatda eksperimental statistik modellashtirish usuli qo'llaniladi. Bunda texnologik jarayonning matematik modelini tuzishda, shu ob'ektda olingan tajriba natijalaridan foydalaniladi.

CHiziqli regressiya

qandaydir texnologik jarayonning matematik ifodasini tuzish kerak bo'lsin (4 - rasm).



4- rasm

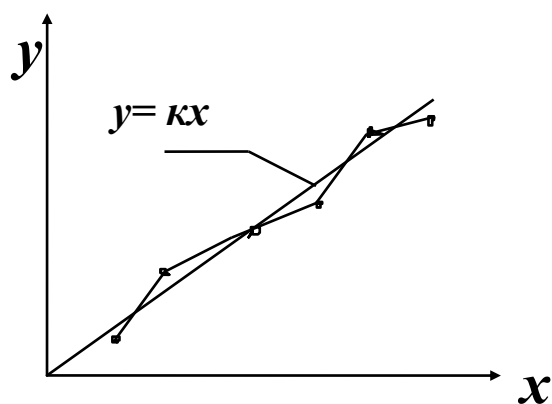
Bu texnologik jarayonning chiqish parametri (**u**) kirish parametri (**x**) ga bog'liq o'zgaradi, ya'ni ular orasida qandaydir funksional bog'liqlik bor, **u=f(x)**. (masalan: berk idishdagi bosimning har xil qiymatlariga, idish ichidagi suyuqlikning har xil qaynash temperaturasi mos keladi).

Agar bu bog'liqlik matematik ifodasini, ma'lum qonuniyatlar orqali analitik ifodalash mumkin bo'lmasa, unda eksperimental statistik modellashtirish usulidan foydalaniladi. Buning uchun avval eksperiment o'tkaziladi. Kirish parametri (**x**) qiymatini o'zgartirib borib, chiqish parametri (**u**) qiymatlari olinadi.

Bu qiymatlarni koordinatalar tizimsiga qo'yib chiqib, eksperiment nuqtalari birlashtiriladi va regressiya «egri» chizig'i olinadi (rasm 5.).

Regressiya egri chizig'ining ko'rinishi har xil bo'lishi mumkin. Masalan: to'g'ri chiziq, parabola yoki boshqa ko'rinishda.

Regressiya egri chizig'i ko'rinishiga qarab bog'liqlik tenglamasi tanlanadi (masalan, $y=kx$, ya'ni koordinata boshidan o'tgan to'g'ri chiziq tenglamasi).



5-rasm

Bu tenglama koeffitsientini, eng kichik kvadratlar usulini qo'llab topiladi. Bu usulga binoan, quyidagi shart bajarilishi kerak .

$$\sum_{i=1}^n (y_{\text{ei}} - y_{\text{xi}})^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

(ya'ni, hisobiy nuqtalarning eksperimental nuqtalardan chetlashishi minimal bo'lishi kerak).

Bu yerda, N - eksperimentlar soni;

y_{ei} -kirish parametrining x_i qiymatiga mos keladigan chiqish parametrining eksperimental qiymati;

y_{xi} -kirish parametrining x qiymatiga mos kelgan chiqish parametrining hisobiy qiymati .

Agar regressiya «**egri**» chizig'i, koordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chizig'ga yaqin bo'lsa, unda uni $y=kx$ tenglama yordamida ifodalash mumkin. Bu tenglamani (1) tenglamaga qo'yib, quyidagini olamiz.

$$\Phi = \sum_{i=1}^n (y_{\text{ei}} - kx_i)^2 \rightarrow \min$$

Funksiyani klassik tahlil qilish usulida, shu funksiyani ekstremumi borligini kerakli

sharti buyicha, $\frac{\partial \Phi}{\partial k} = 0$

ya'ni,
$$\sum_{i=1}^n 2 (y_{\text{ei}} - kx_i) x_i = 0$$

Ushbu tenglamani matematik o'zgartirishlardan so'ng, tenglama koeffitsienti k ni hisoblash tenglamasini olamiz

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n y_{\text{э}i} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

k ning qiymatini hisoblash uchun, avval quyidagi yig'indilarni hisoblash kerak :

$$\sum_{i=1}^n y_{\text{э}i} \cdot x_i; \quad \text{va} \quad \sum_{i=1}^n x_i^2$$

Regressiya egri chizig'i ko'rinishiga qarab u va x orasidagi bog'lig'likni $y=b_0+b_1x$ tenglama orqali ifodalash mumkin bo'lsa, unda eng kichik kvadratlar usulini qo'llab, chiziqli tenglama koeffitsientlarini aniqlash mumkin. Bunda normal tenglamalar tizimsi quyidagicha bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^N y_i - \sum_{i=1}^N (b_0 + b_1 x_i) &= 0 \\ \sum_{i=1}^N y_i x_i - \sum_{i=1}^N (b_0 + b_1 x_i) x_i &= 0 \end{aligned} \right\}$$

yoki

$$\left. \begin{aligned} Nb_0 + b_1 \sum_{i=1}^N x_i &= \sum_{i=1}^N y_i \\ b_0 \sum_{i=1}^N x_i + b_1 \sum_{i=1}^N x_i^2 &= \sum_{i=1}^N x_i y_i \end{aligned} \right\}$$

Tenglama koeffitsientlarini Kramer usulini qo'llab topish mumkin. Kramer usuli bo'yicha tenglama koeffitsientlari quyidagi tenglamalar bo'yicha aniqlanadi:

$$b_0 = \frac{\begin{vmatrix} \sum_{i=1}^N y_i & \sum_{i=1}^N x_i \\ \sum_{i=1}^N x_i y_i & \sum_{i=1}^N x_i^2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} N & \sum_{i=1}^N x_i \\ \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N x_i^2 \end{vmatrix}} = \frac{\sum y_i \cdot \sum x_i^2 - \sum x_i \sum x_i y_i}{N \sum x_i^2 - \sum x_i \sum x_i}$$

$$b_1 = \frac{\begin{vmatrix} N & \sum_{i=1}^N y_i \\ \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N x_i y_i \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} N & \sum_{i=1}^N x_i \\ \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N x_i^2 \end{vmatrix}} = \frac{N \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N \sum x_i^2 - \sum x_i \sum x_i}$$

Regression tahlil

Regressiya tenglamasi aniqlangandan so'ng, olingan natijalarni statistik tahlil qilish kerak bo'ladi. Buning uchun, hamma regressiya koeffitsientlarining ta'sir darajalari aniqlanadi va tenglamaning adekvatligi aniqlanadi. Tenglamani bunday tekshirishga regression tahlil qilish deyiladi.

Regression tahlil qilishni amalga oshirish uchun, quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

1. Kirish parametri x - yuqori aniqlikda o'lchanadi. Uning aniqlashdagi xatoning bo'lishi, regressiya tenglamasiga kirmagan qandaydir o'zgaruvchilar borligi bilan aniqlanadi;
2. $u_1, u_2, \dots, u_n$ larning kuzatish natijalari normal taqsimlangan bog'liq bo'lmagan tasodifiy kattaliklardir;
3. Tanlangan dispersiyalar $S_1^2, S_2^2, S_3^2, \dots, S_N^2$ bir xil yoyilgan bo'lishi kerak.

Dispersiyani bir xil yoyilganligini aniqlash uchun:

1. Parallel tajribalar o'rtacha qiymati aniqlanadi.

$$y_i = \frac{\sum_{u=1}^m y_{iu}}{m}$$

2. Tanlangan dispersiya aniqlanadi:

$$S_i^2 = \frac{\sum_{u=1}^m (y_{iu} - y_i)^2}{m-1}$$

3. Dispersiya yig'indisi aniqlanadi:

$$\sum_{i=1}^N S_i^2$$

4. Koxren kriteriysi qiymati xisoblanadi:

$$G_{\max} = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2}$$

bu yerda, $S_{\max}^2$ - Tanlangan dispersiyaning maksimal qiymati.
Agar tanlangan dispersiya bir xil yoyilgan bo'lsa,

$$G_{\max} < G_p(N, m-1)$$

$G_p(N, m-1)$ - Koxren kriteriysining tablitsa qiymati, unda qayta takrorlash dispersiyasi hisoblanadi.

$$S_{\text{bocnp}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_i^2}{N}$$

U regressiya tenglamasi koeffitsientlarini ta'sir darajasini aniqlash uchun kerak bo'ladi. Bu Styudent kriteriysi yordamida amalga oshiriladi:

$$t_j = \frac{|b_j|}{S_{bj}}$$

bu yerda, b_j - regressiya tenglamasining j -nchi koeffitsienti.

S_{bj} - j -nchi koeffitsientining o'rtacha kvadratik chetlashuvi.

1. Agar t_j katta t bo'lsa, unda bu tenglamalar koeffitsienti ta'sir darajasi yuqori.

$$S_{b_0} = \sqrt{\frac{S_{\text{ocnp}}^2 \sum_{i=1}^N x_i^2}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}$$

$$S_{b_1} = \sqrt{\frac{S_{\text{ocnp}}^2 \cdot N}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}$$

Ta'sir darajasi kam koeffitsientlar regressiya tenglamasidan chiqarib tashlanib, qolgan koeffitsientlar yana qaytadan ta'sir darajasi aniqlanadi. Tenglama adekvatligi Fisher kriteriysi yordamida tekshiriladi.

$$F = \frac{S_{ocm}^2}{S_{\text{ocnp}}^2}$$

$$S_{ocm}^2 = \frac{m \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2}{N - l}$$

S_{qol}^2 - qoldiq dispersiya, l - bog'liqliklar soni

Agar $F < F_p(f_1, f_2)$ bo'lsa, unda tenglama adekvat hisoblanadi.

Tayanch so'z va iboralar

1. Eksperimental statistik modellashtirish usuli- tajriba o'tkazilib jarayon to'g'risida statistik ma'lumot to'planib model tuziladi.
2. Statistik ma'lumot- tajriba yo'lida to'planadigan ma'lumot.
3. Passiv eksperiment- jarayonga ta'sir ko'rsatmasdan ma'lumot to'plash.
4. Aktiv eksperiment- zamonaviy tajribani rejalash usullaridan foydalanib, jarayon to'g'risida ma'lumot to'plash.
5. Regression taxlil- tenglama koeffitsientlari aniqlangandan so'ng Koxren, Styudent va Fisher kriteriylari yordamida taxlil qilish.
6. Korrelyasion taxlil- chiqish parametrini kirish parametridan bog'lig'lik darajasini taxlil qilish.
7. Regressiya tenglamasi - Eksperimental statistik modellashtirish usuli bilan regressiya egri chizig'iga qarab olinadigan tenglama.
8. Tanlangan eksperimentlar (ajratma) xajmi - tanlangan oraliqdagi tajribalar miqdori.
9. Korrelyasiya maydoni- chiqish parametrini kirish parametridan bog'lig'ligi darajasini taxlil qilish tanlangan maydon.
10. Regressiya egri chizigi- tajriba nuqtalarini tutashtirib olinadigan siniq egri chiziq.
11. Normal tenglamalar tizimi- noma'lum tenglama koeffitsientlar soni tenglamalar soniga teng bo'lgan xolat.
12. Chikish kattaligining eksperimental kiymati- jarayon chiqish kattaligini tajribada olingan qiymati.

13. Chikish kattaligining xisobiy kiymati- jarayon chiqish kattaligini tanlangan tenglama yordamida olingan qiymati.
14. Bir uzgaruvchilik funksiyani klassik taxlil kilish usuli- matematikaning klassik taxlil qilish usulidagi ekstrimumni borligining kerakli va yetarli shartlari yordamida taxlil qilish.
15. Masalani yechish blok sxemasi- masalani yechish ketma-ketligini ko'rsatuvchi sxema.
17. Masalani yechish dasturi-masalani kompyuterda yechish uchun ma'lum bir algoritmik tilda tuzilgan dastur.
18. Chizikli regressiya- regressiya egri chizig'i to'g'ri chiziqqa yaqin bo'lganda to'g'ri chiziq koeffitsientlarini aniqlash usuli.
19. Dispersiyani bir xilligi- dispersiya bir xil yoyilgan xolat.
20. Koxren kriteriysi- dispersiyani bir xil yoyilganligini tekshiruvchi kriteriy.
21. Regressiya tenglamasi koeffitsientlarining ta'sir darajasi- koeffitsientlarning ta'sir darajasi sezilarlimi yoki yo'q, Styudent kriteriysi yordamida aniqlanadi
22. Regressiya tenglamasini adekvatligi- tenglamani real jarayonga qanchalik mosligini aniqlash (Fisher kriteriysi yordamida).

Nazorat savollari

1. Regressiya tenglamasi koeffitsientlari qanday aniqlanadi?
2. Eng kichik kvadratlar usulida $u=k_1+k_2x$ tenglamani koeffitsientlarini topish uchun qanday amallar bajariladi?
3. Tenglama koeffitsientlarini xisoblash dasturida, statistik ma'lumotni dasturga kiritish uchun qanday operator ishlatiladi.
4. Regression taxlil nima?
5. Tenglama koeffitsientlari ta'sir darajasi qanday aniqlanadi?
6. Tenglama adekvatligi qanday aniqlanadi?

Adabiyotlar

1. Kafarov V.V. Metodo' kibernetiki v ximii i ximicheskoy texnologii M.; Ximiya, 1985. 448s.
2. Zakgeym A.Yu. Vvedenie v modelirovanie ximiko-texnologicheskix protsessov. M. Ximiya. 1982.
3. Frenks R. Matematicheskoe modelirovanie v ximicheskoy texnologii. Perv. s angl. M. Ximiya, 1971.
4. Yunusov I.I., Artikov A.A., Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat texnologiyasida EHM ni qo'llash Toshkent: TKTI, «NISIM». 2001.148 b.
5. Matematicheskoe modelirovanie i metodo' sinteza gibkix ximicheskix proizvodstv. www.muctr.cdu.ru.
6. Modelirovanie i optimizatsiya texnologicheskix protsessov i oborudovaniya. www.tsti.ru.
7. Dvoretzkiy S.I., Yegorov A.F., Dvoretzkiy D.S. Kompyuternoe modelirovanie i optimizatsiya texnologicheskix protsessov i oborudovaniya. Tambov. TGTU, 2003.- 224 s.

Reja:

1. Parabolik regressiya.
2. Transsendent regressiya.
3. Korrelyasion taxlil.
4. Apparatlardagi oqimlar tuzilishining tipik matematik modellari.
5. Ideal siqib chiqarish modeli.
6. Ideal aralashtirish modeli.
7. Diffuzion modellar.
8. Yacheykali modellar.
9. Kombinatsiyali modellar.

Parabolik regressiya

Masalan, agar regressiya egri chizig'i parabolaga yaqin bo'lsa, unda uni

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2$$

tenglama orqali ifodalash mumkin.

Tenglama koeffitsientlarini aniqlash uchun eng kichik kvadratlar usulini qo'llab, quyidagi normal tenglamalar tizimsini olamiz.

$$\frac{\mathcal{J}(x)}{\mathcal{D}_0} = 1; \frac{\mathcal{J}(x)}{\mathcal{D}_1} = x; \frac{\mathcal{J}(x)}{\mathcal{D}_2} = x^2$$

$$\left. \begin{aligned} b_0 N + b_1 \sum x_i + b_2 \sum x_i^2 &= \sum y_i \\ b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2 + b_2 \sum x_i^3 &= \sum x_i y_i \\ b_0 \sum x_i^2 + b_1 \sum x_i^3 + b_2 \sum x_i^4 &= \sum x_i^2 y_i \end{aligned} \right\}$$

Yuqoridagi ketma-ketlikda parabola koeffitsientlarini aniqlash mumkin.

Transsendent regressiya

Ba'zi bir hollarda, regressiya egri chizig'i ko'rinishiga qarab, bog'liqlikni:

$$\text{yoki, } \begin{aligned} y &= b_0 b_1^x \\ y &= b_0 x^{b_1} \end{aligned}$$

tenglamalar orqali ifodalash mumkin. Bu tenglama koeffitsientlarini aniqlash uchun, bu tenglamalarni avval logarifmlash yo'li bilan chiziqli tenglama ko'rinishiga keltiriladi, ya'ni:

$$\text{yoki } \begin{aligned} \lg y &= \lg b_0 + x \lg b_1 \\ \lg y &= \lg b_0 + b_1 \lg x \end{aligned}$$

quyidagi belgilashlardan so'ng,

$$\lg y = z; \lg b_0 = a$$

$$\lg b_1 = a_1; \lg x = t$$

$$z = a_0 + a_1 x$$

$$z = a_0 + b_1 t$$

tenglama chiziqli tenglama ko‘rinishiga keladi va unga yuqoridagi usullarni qo‘llab, tenglama koeffitsientlarini aniqlashimiz mumkin.

Korrelyasion tahlil

CHiqish parametri u va kirish parametri x orasidagi bog‘liqlikni tahlil qilishda korrelyasion nisbat qiymatidan foydalanadi. Odatda uning qiymati 0 dan 1 gacha o‘zgaradi va uning qiymati qancha katta bo‘lsa bog‘liqlik shuncha katta bo‘ladi (yani, $0 \leq \theta \leq 1$). θ quyidagi tenglama bo‘yicha aniqlanadi :

$$\theta = \sqrt{1 - \xi}$$

bu yerda,

$$\xi = \frac{N - e}{N - 1} \frac{S_{ocm}^2}{S_y^2} \quad S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{N - 1}$$

ξ - bog‘liqlik darajasini ko‘rsatuvchi kattalik.

S_y^2 - o‘rtachaga nisbatan dispersiya

e - bog‘liqliklar miqdori.

θ bo‘yicha bog‘liqlikni tahlil qilishga korrelyasion tahlil deyiladi.

Kurilmalardagi okimlar tuzilishining tipik matematik modellari

Ko‘p texnologik jarayonlar oqimda amalga oshiriladi. Oqim texnologik jarayonning ketishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Shuning uchun matematik modellashtirilayotganda, uning ta’sirini hisobga olish kerak.

Har qanday oqim o‘zining tuzilishi bo‘yicha murakkab hisoblanadi. Lominar oqim tuzilishi, turbulent oqimnikidan farq qiladi. Oqimning har xil joyida tezlik har xil bo‘lishi mumkin. Boypaslar, turg‘un zonalar bo‘lishi mumkin.

Oqim tezligining o‘zgarishi, boypaslar, tuyg‘un zonalar va boshqa oqimlar tuzilishiga ta’sir ko‘rsatuvchi faktorlar, texnologik jarayonlar ketishiga ta’sir ko‘rsatadi va shuning uchun matematik modellashtirishda hisobga olinishi kerak.

Oqimlar tuzilishining o‘rganishda bir necha xil usullari mavjud. **Masalan:** oqimlar tuzilishi tug‘risida informatsiyani apparatning har bir nuqtasidagi tezlikni bilgan holda olish mumkin, ya’ni «tezlik maydonlari» ko‘riladi. Bu albatta juda murakkab masaladir. Yana boshqa kibernetik yo‘l bo‘lib, unda oqimlarning soddalashtirilgan fikriy modellari quriladi.

Birinchi bosqichda, juda soddalashtirilgan modellar, ideal oqimlar modellari tuziladi. Ikki xil ideal oqimlar modellari mavjud: ideal siqib chiqarish va ideal aralashtirish modellari.

Ideal siqib chiqarish modeli

Bu modelga asosan, modda porshenli harakat qilyapti deb qabul qilinib, bunda apparat uzunligi bo‘yicha aralashish yo‘q.

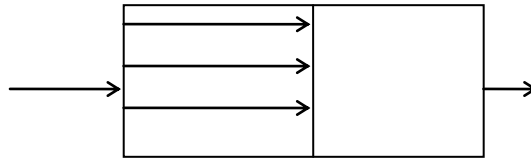
Zarrachalarning tizimda bo‘lish vaqti bir xil bo‘lib, u tizim xajmini xajmiy sarfga nisbati bo‘yicha aniqlanadi. Ideal siqib chiqarish modeli quyidagi matematik ifoda orqali ifodalanadi.

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = -\omega \frac{\partial C}{\partial x}$$

bu yerda,

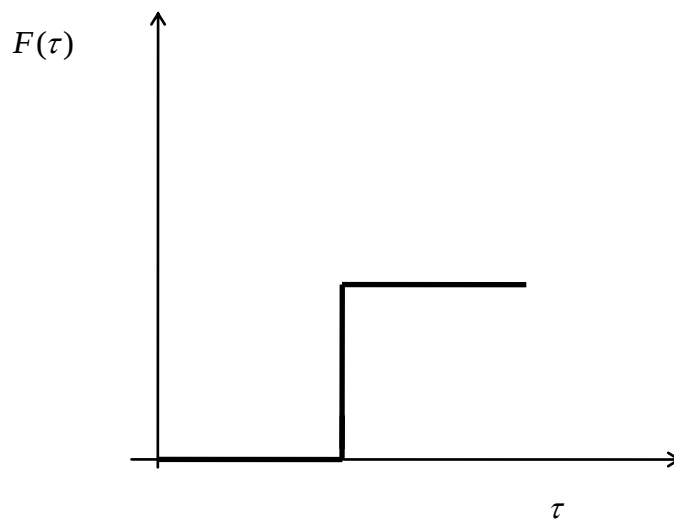
S -konsentratsiya, x - koordinata, τ -vaqt, ω - oqimning chizikli tezligi.

Ideal siqib chiqarish modeli sxematik ravishda quyidagicha ko'rsatiladi.



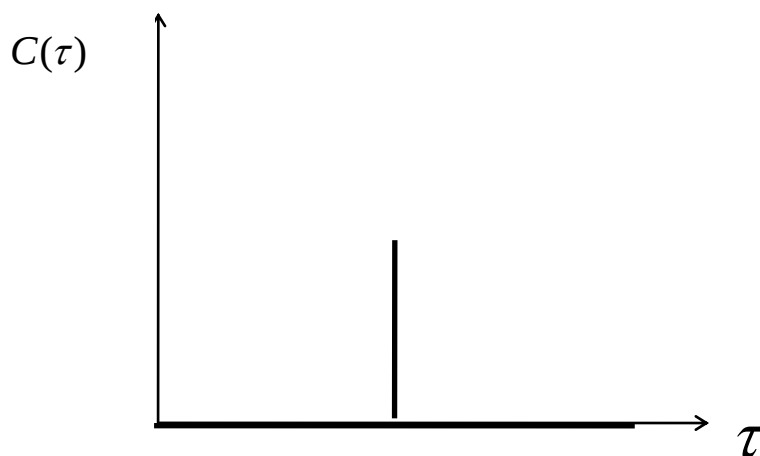
7 - rasm.

Ob'ektning pog'onali turtkiga bo'lgan reaksiyasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi, ya'ni pog'onali turtkidan so'ng ma'lum bir vaqt o'tgandan so'ng, chiqishda o'zgarish bo'ladi.



8(a) – rasm.

Impulsli turtkiga ob'ektning reaksiyasi quyidagicha:



8(b) – rasm.

Yuqoridagi xarakteristikalaridan ko‘rinib turibdiki, ideal siqib chiqarish modellarini toza kechikuvchi zveno deb qarash mumkin. Kechikish vaqti θ , tizimning xajmi- V , oqimning xajmiy tezligi - V_c ga bog‘liqdir. (τ - vaqt).

$$\theta = \frac{V_c}{V} \cdot \tau$$

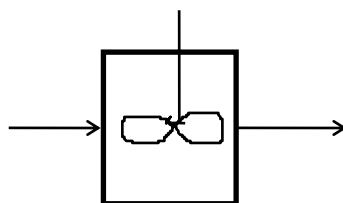
Ideal siqib chiqarish modeliga misol qilib trubasimon apparatlarda ketadigan jarayonlarni keltirish mumkin, bunda truba uzunligini uning diametriga nisbati 100 dan katta bo‘lishi kerak.

Ideal aralashtirish modeli

Bu modelga asosan, moddaning butun oqimda bir xil taqsimlanishi qabul qilingan. Ya’ni bu apparatga kirgan modda bir zumda butun apparat xajmiga bir tekisda taqsimlanadi. Ideal aralashtirish modeli matematik ifodasi quyidagicha:

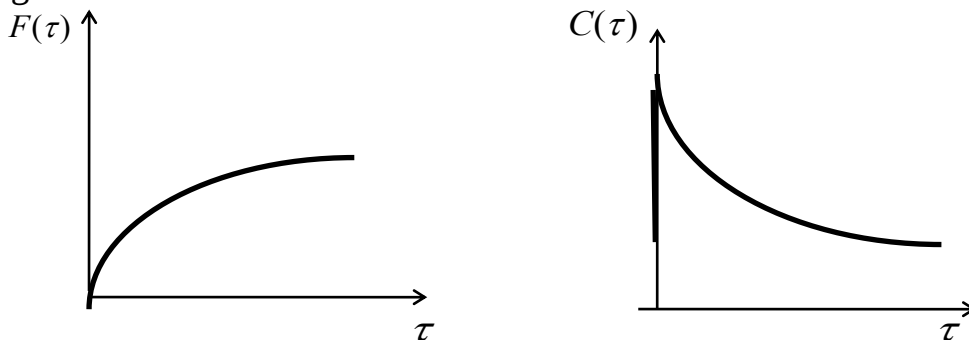
$$\frac{dC_{\text{chix}}}{d\tau} = \frac{V_c}{V} (C_{\text{ox}} - C_{\text{chix}})$$

Ya’ni, modda konsentratsiyasining o‘zgarishi, moddaning apparatga kirishdagi (S_{kir}) va chiqishdagi (S_{chiq}) konsentratsiyalari farqiga va apparatda bo‘lish vaqtiga bog‘liq - $\frac{V_c}{V}$. Ideal aralashtirish modeli sxematik ravishda quyidagicha ko‘rsatiladi.



9 - rasm.

Bu apparatlarning pog‘onali va impulsli turtkiga bo‘lgan reaksiyasi quyidagicha



10 - rasm.

Ideal aralashtirish modellariga, sferik tubli silindrik idishlarda, intensiv aralashtirish sharoitida ketadigan jarayonlar misol bo‘laoladi.

Diffuzion modellar

Bir parametrlilik va ikki parametrlilik diffuzion modellar mavjud.

Bir parametrlilik diffuzion model. Bu model asosini ideal siqib chiqarish modeli tashkil qilib, undan farqi unda apparat uzunasiga aralashtirishning mavjudligi. Bu apparatlarning matematik modeli tuzilayotganda quyidagi shartlar qabul qilinadi:

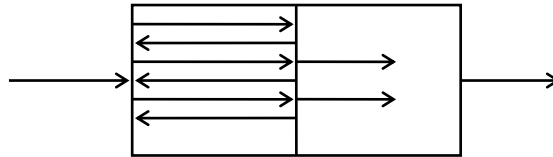
- 1) Modda konsentratsiyasining o'zgarishi, koordinataning uzluksiz funksiyasidir;
- 2) qurilayotgan kesim yuzasida modda konsentratsiyasi o'zgarmas;
- 3) Oqimning xajmiy tezligi va uzunasiga aralashtirish koeffitsientlari apparat kesim yuzasi va uzunligi bo'yicha o'zgarmasdir.

Ushbu shartlarni hisobga olib, model tenglamasini yozamiz:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = -\omega \frac{\partial C}{\partial x} + D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

bu yerda, D_L - turbulent diffuziya koeffitsienti (yoki uzunasiga aralashtirish koeffitsienti).

Bu tenglama ideal siqib chiqarish modelidan farqi $D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$ bo'lib , u turbulent diffuziyani hisobga oladi. D_L -odatda tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Sxematik bir parametrlilik diffuzion model quyidagicha ko'rsatiladi:



11-rasm.

Ikki parametrlilik model

Bu model oqimdagi uzunasiga va rodial yo'nalishlardagi aralashtirishlarni hisobga oladi (apparat uzunligi va kesim yuzasi bo'yicha tezlik o'zgarmas deb qabul qilinganda). R radiusli, silindrik formaga ega bo'lgan apparatdagi oqim uchun, ikki parametrlilik diffuzion model quyidagicha yoziladi:

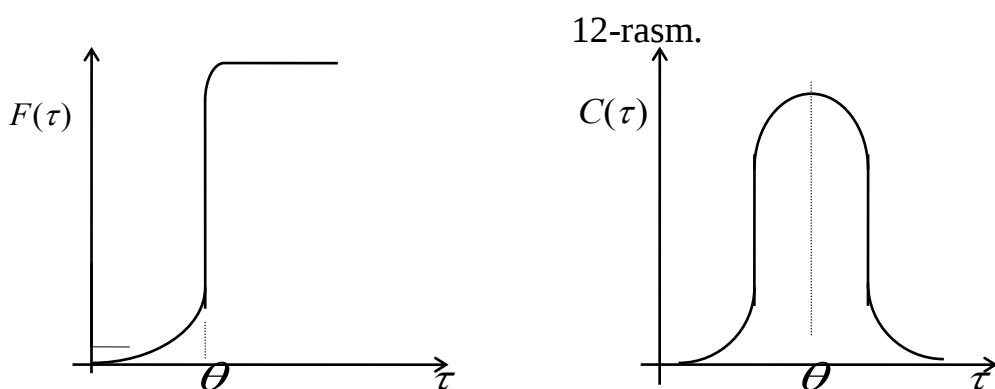
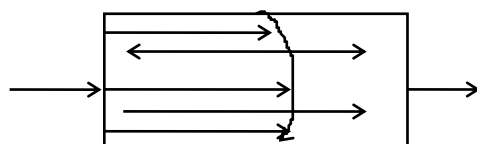
$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = -\omega \frac{\partial C}{\partial x} + D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{D_R}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left(R \frac{\partial C}{\partial R} \right)$$

D_R - rodial aralashtirish koeffitsienti.

D_L va D_R larni tajriba yo'li bilan aniqlanganda, ular Pekle kriteriysining o'lchamsiz komplekslari ko'rinishida beriladi.

$$Pe = \frac{\omega L}{D_L}; Pe_l = \frac{\omega L}{D_R}$$

bunda, L - tizimning chizikli o'lchamini aniqlovchi kattalik. Sxematik ravishda bu model quyidagicha ko'rsatiladi:



13-rasm.

Yacheykali model

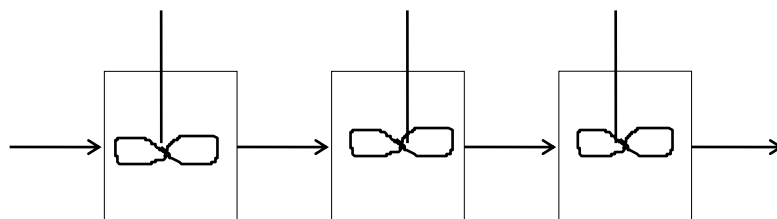
Bu modellarni ketma-ket ulangan ideal aralashtirish modellari ko‘rinishida tasavvur qilish mumkin. Bunda har bir yacheyka ideal aralashtirish modeliga mos keladi, ammo yacheykalararo aralashtirish yo‘k. Yacheykali modelning matematik ifodasi m - ta chiziqli birinchi tartibli differensial tenglamalardan tashkil topgan:

$$\frac{1}{m} \frac{\partial C_i}{\partial \tau} = \frac{1}{\tau_n} (C_{i-1} - C_i)$$

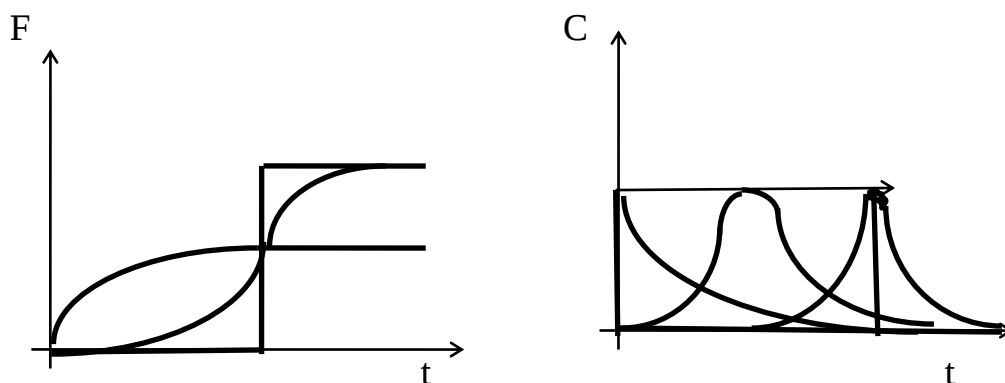
bunda, $i=1,2,\dots,m$

m - yacheykalar soni.

$m=1$ bo‘lganda, yacheykali model ideal aralashtirish modeliga aylanadi va $m \rightarrow \infty$ bo‘lganda u ideal siqib chiqarish modeliga aylanadi.



14-rasm.



15-rasm.

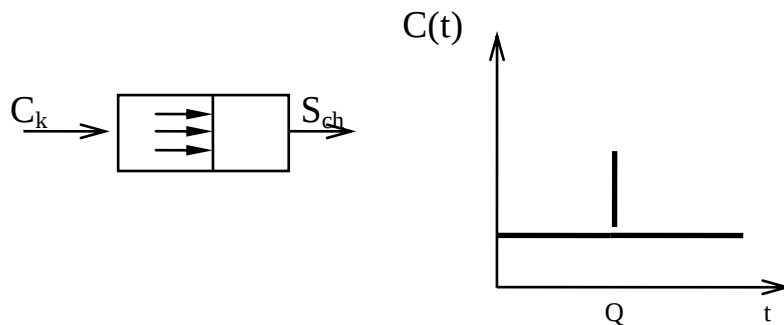
Kombinatsiyali modellar

Tuygun zonali, boypasi bor, aylanma oqimlari bor jarayonlarni kombinatsiyali modellar yordamida ifodalash mumkin.

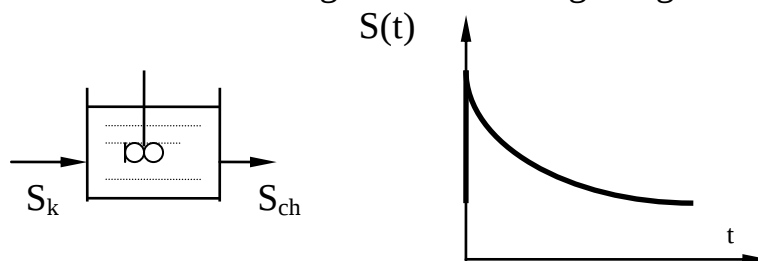
Bu oqimlarni mavjudligini tajriba yo'li bilan, kirish ko'rsatkichini o'zgartirib, chiqish ko'rsatkichini o'zgarishi bo'yicha aniqlash mumkin.

Har xil oqimlar mavjud bo'lgan jarayonlarni impulsli turtkiga bo'lgan reaksiyasilarini va ular qanday belgilanishini ko'rib chiqaylik:

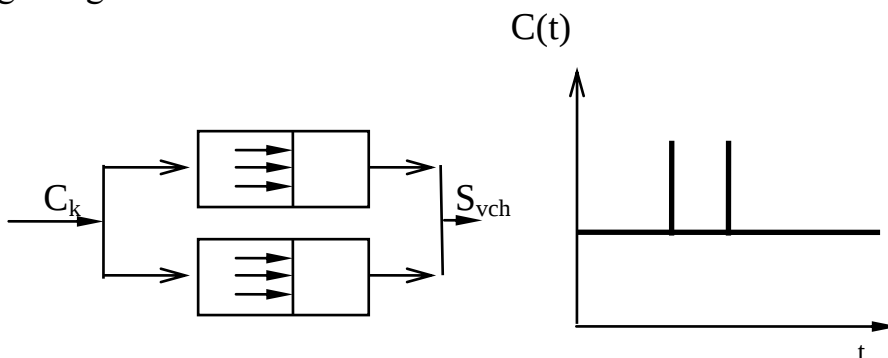
1. Ideal siqib chiqarish modelini belgilanishi va uning S- egri chizig'ining ko'rinishi:



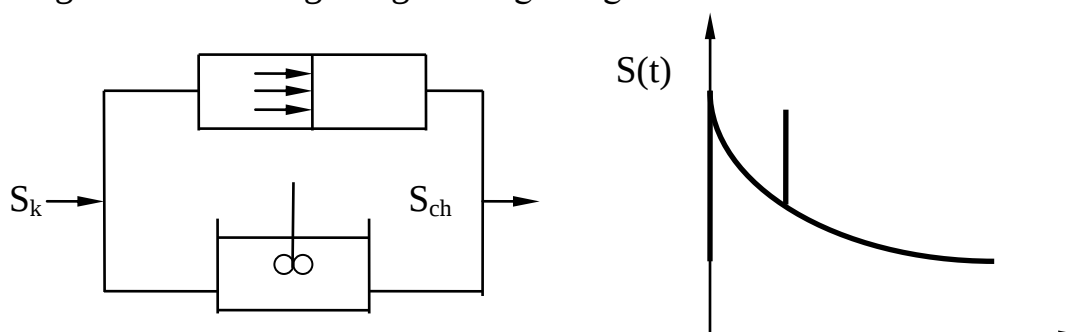
2. Ideal aralashish modelini belgilanishi va uning S- egri chizig'ining ko'rinishi:



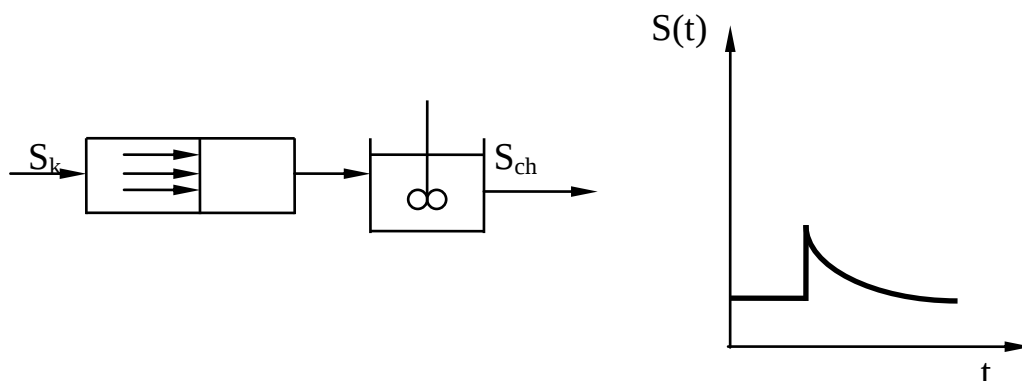
3. Parallel ulangan ikki ideal siqib chiqarish modelini belgilanishi va uning S- egri chizig'ining ko'rinishi:



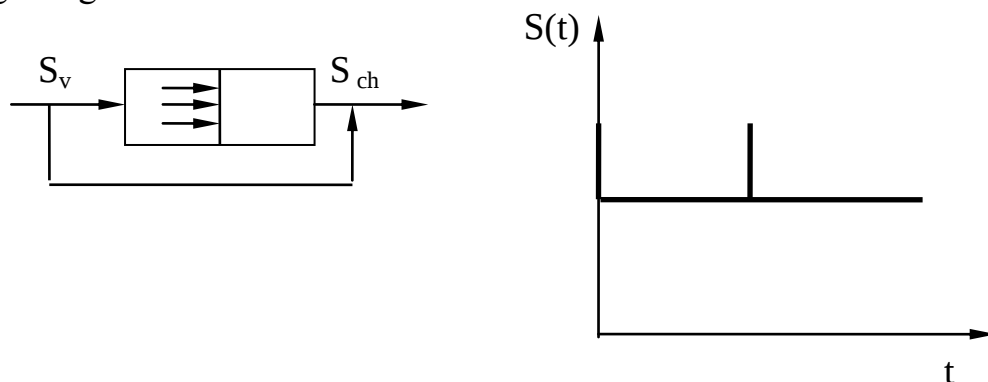
4. Parallel ulangan ideal siqib chiqarish modeli va ideal aralashish modelini belgilanishi va uning S- egri chizig'ining ko'rinishi:



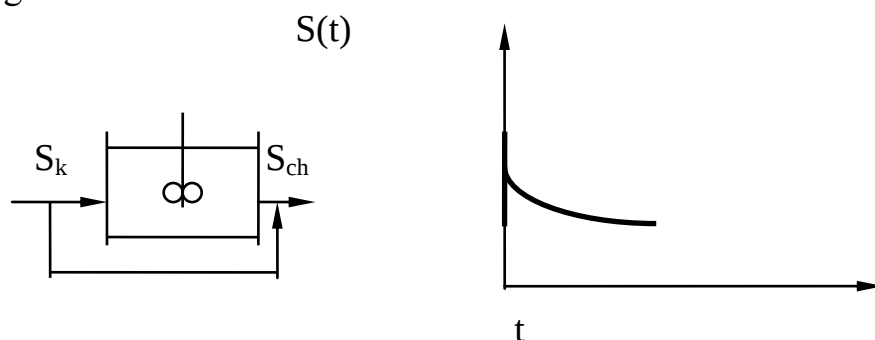
5. Ketma-ket ulangan ideal siqib chikarish modeli va ideal aralashish modelini belgilanishi va uning S- egri chizig'ining ko'rinishi:



6. Boypasi bor ideal siqib chikarish modelini belgilanishi va uning S- egri chizig'ining ko'rinishi:



7. Boypasi bor ideal aralashish modelini belgilanishi va uning S- egri chizig'ining ko'rinishi:



O'rganilayotgan ob'ektning impulsli turtkiga bo'lgan reaksiyasiga qarab, undagi oqimlar xaqida tasavvurga ega bo'lib, uning matematik modelini tuzish mumkin.

Tayanch so'z va iboralar

1. Porabolik regressiya- regressiya egri chizig'i ko'rinishiga qarab tanlangan tenglama parabola tenglamasi bo'lsa.

2. Transsendent regressiya- tanlangan tenglama koeffitsientlarini topish uchun uni eng kichik kvadratlar usulini qo'llash mumkin bo'lgan ko'rinishga keltirib yechish usuli.
3. Bog'lig'lik ta'sir kuchini taxlil qilish- chiqish va kirish parametrlari orasidagi bog'lig'likni taxlil qilish.
4. Okimlar tuzilishi- apparatdagi moddaning xarakat yo'nalishi.
5. Okimlar tuzilishining tipik matematik modellari- apparatdagi moddaning xarakatini ma'lum bir tipik modellarga o'xshatib modellarini tuzish.
6. Ideal okimlar- oqimlarni ideallashtirgan ko'rinishlari
7. Ideal siqib chiqarish modellari- zarrachalar bir xil tezlik bilan porshenli xarakatlanishi.
8. Zarrachalarning tizimda bo'lish vaqti- Zarrachalarning tizimda bo'lish vaqti apparat xajmiga va xajmiy tezlikga bog'liq.
9. F-egri chizik- ob'ektning pog'onali turtkiga reaksiyasi
10. C-egrik chizig'i- ob'ektning impulsli turtkiga reaksiyasi
11. Pog'onali turtki- kirish parametrining qiymati ma'lum bir poizga (20%) o'zgarishi.
12. Impulsli turtki- kirish parametrining qiymati ma'lum bir poizga o'zgarib yana avvalgi qiymatiga qaytishi.
13. Ideal aralashtirish modellari- apparatga kirgan modda bir zumda butun apparat xajmiga bir tekisda taqsimlanadi.
14. Diffuzion modellar- ko'ndalangiga va aylanasiga aralashish bor ideal siqib chiqarish modeli.
15. Yacheykali modellar- ketma-ket ulangan n-ta ideal aralashtirish modeli.

Nazorat savollari

1. Transsendent regressiyada tenglama koeffitsientlarini qanday aniqlanadi?
2. Ideal siqib chiqarish modellarida zarrachalarning apparatda bo'lish vaqti bir biridan farq qiladimi?
3. Ob'ektning pog'onali yoki impulsli turtkiga bo'lgan reaksiya nima uchun o'rganiladi?
4. Ideal aralashtirish modelida apparatga tushgan modda apparat xajmiga qanday taqsimlanadi?
5. qanday diffuzion modellar mavjud?
6. Yacheykali modellarda yacheykalar soni cheksizga intilganda u qanday ideal modelga o'xshab boradi?

Adabiyotlar

1. Kafarov V.V. Metodo' kibernetiki v ximii i ximicheskoy texnologii M.; Ximiya, 1985. 448s.
2. Zakgeym A.Yu. Vvedenie v modelirovanie ximiko-texnologicheskix protsessov. M. Ximiya. 1982.
3. Frenks R. Matematicheskoe modelirovanie v ximicheskoy texnologii. Perv. s angl. M. Ximiya, 1971.

4. Yunusov I.I., Artikov A.A., Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat texnologiyasida EHM ni qo'llash Toshkent: TKTI, «NISIM». 2001.148 b.
5. Matematicheskoe modelirovanie i metodo' sinteza gibkix ximicheskix proizvodstv. www.muctr.cdu.ru.
6. Modelirovanie i optimizatsiya texnologicheskix protsessov i oborudovaniya. www.tsti.ru.
7. Dvoretzkiy S.I., Yegorov A.F., Dvoretzkiy D.S. Kompyuternoe modelirovanie i optimizatsiya texnologicheskix protsessov i oborudovaniya. Tambov. TGTU, 2003.- 224 s.

Reja:

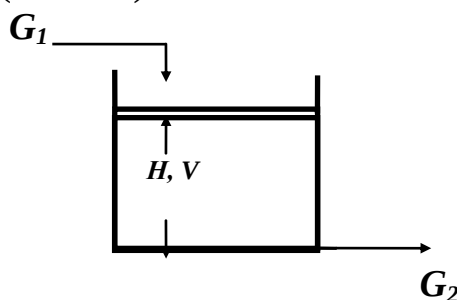
1. Gidravlik idishni modellashtirish.
 - a) Gidravlik idish matematik modelini tuzish.
 - b) Masalani yechish blok-sxemasini tuzish.
 - v) Masalani yechish dasturini tuzish.
2. Isitgichni modellashtirish. Bug' qobig'i bor gidravlik idishni modellashtirish
 - a) Texnologik jarayon «elementar» jarayonlarini aniqlash.
 - b) «Yelementar» jarayonlar matematik modellashni tuzish.
 - v) Masalani yechish blok-sxemasi va dasturini tuzish.

MODELLASH TIRISHGA MISOLLAR:**Gidravlik idishni modellashtirish**

Kimyo texnologiyada eng ko'p ishlatiladigan ob'ektlardan biri idishdir. Odatda bu idishlarda texnologik zaruratlar uchun ma'lum bir miqdorda xom-ashyo saqlanishi mumkin, mahsulotni isitish jarayoni yoki har xil kimyoviy jarayonlar ketishi mumkin.

Agar gidravlik idishning geometrik o'lchamlari ma'lum bo'lsa, va bu idishga berilayotgan modda sarfi berilgan bo'lsa, unda matematik modellashtirish usulida idishdagi modda miqdorining o'zgarish qonu-niyatlarini va idishdan chiqib ketayotgan modda sarfini aniqlash mumkin.

Texnologik zarurat uchun ma'lum miqdorda moddani saqlashga mo'ljallangan gidravlik idishni ko'raylik (16-rasm).



16-rasm.

Bu idishga G_1 sarf bilan uzluksiz ravishda modda berib turilibti va G_2 sarf bilan bu modda idishdan chiqib ketmoqda. G_1 va G_2 larning o'zgarish qonuniyatlari har xil bo'lishi mumkin (ya'ni $G_1(\tau)$, va $G_2(\tau)$).

Moddiy balans qonuniyatlariga asosan, idishdagi modda miqdorining o'zgarishi, idishga kelayotgan va ketayotgan modda sarflari (G_1 va G_2) bilan aniqlanadi:

ya'ni

$$\frac{dv}{d\tau} = G_1 - G_2$$

Bunda , kelayotgan va ketayotgan modda sarflari farqi ($\Delta G = G_1 - G_2$), qancha katta bo'lsa , idishdagi modda miqdori (V) , shuncha tez o'zgaradi .

Idishdagi modda miqdori $V=SH$, bu yerda S - idishning kesim yuzasi , H - idishdagi modda satxi. Shularni hisobga olib yukoridagi tenglamani quyidagicha yozish mumkin .

$$\frac{dH}{d\tau} = \frac{G_1 - G_2}{S}$$

Bu tenglamadagi (G_2), idish chiqishida o'rnatilgan ventilning o'tkazish koefitsientiga, va ventildagi bosimlar farqiga bog'liq o'zgaradi, ya'ni:

$$G_2 = k \cdot \sqrt{P_1 - P_2}$$

bu yerda , P_1 - ventildan oldingi bosim ;

P_2 - ventildan keyingi bosim ;

k - ventilning o'tkazish koefitsienti .

Ochiq idish uchun $P_1 = P_b + \rho g H$.

$P_2 = P_b$ (P_b - barometrik bosim).

Yuqoridagilarni hisobga olib , chiqish sarfi tenglamasini quyidagi ko'rinishga keladi,

$$G_2 = k \cdot \sqrt{\rho g H}$$

va gidravlik idishda moddaning yig'ilish jarayonini ifodalovchi matematik model, kuyidagi kurinishga keladi:

$$\frac{dH}{d\tau} = \frac{G_1 - k \cdot \sqrt{\rho g H}}{S}$$

Odatda, bu oddiy, birinchi tartibli differensial tenglamani yechishda, Eyler taqribiy hisoblash usulidan foydalanish mumkin. Bu usul bo'yicha funksiyaning har $\Delta\tau$ vaqt ichida olgan o'sishi hisoblaniladi, ya'ni,

$$\frac{\Delta H}{\Delta\tau} = \frac{G_i - k \cdot \sqrt{\rho g H}}{S}$$

yoki,

$$\Delta H = \frac{G_i - k \cdot \sqrt{\rho g H}}{S} \cdot \Delta\tau ,$$

bunda, $\Delta H = H_i - H_{i-1}$ ni hisobga olib, bu tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin

$$H_i = H_{i-1} + \frac{G_1 - k \cdot \sqrt{\rho g H}}{S} \cdot \Delta\tau$$

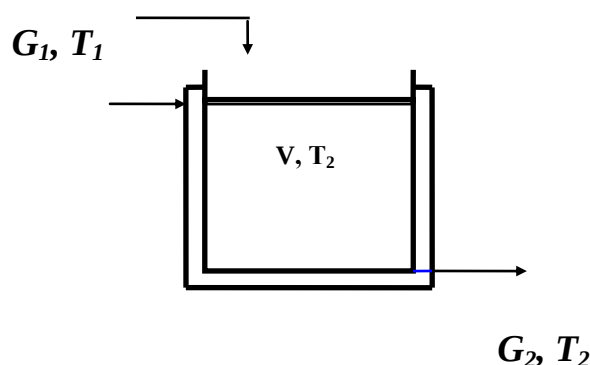
bu tenglama bo'yicha, funksiyaning har $\Delta\tau$ vaqt ichida olgan o'sishlari hisoblab borilib, gidravlik idishning chiqish parametri - satxning o'zgarish qonuniyatlari o'rganiladi.

ISITGICHNI MODELLASH TIRISH (Bug‘ qobig‘i bor gidravlik idish)

Odatda ko‘p texnologik jarayonlari isitish bilan olib boriladi. Buning uchun har xil konstruksiyali isitgichlardan foydalaniladi. Kimyo-texnologiyada ishlatiladigan isitgichlardan biri, bug‘ qobig‘i bor gidravlik idishdir.

Texnologik jarayonlarni modellashtirishda odatda kimyoviy kibernetikaning tizimli tahlil qilish usulidan foydalaniladi. Bug‘ qobig‘i bor gidravlik idishni modellashtirishda ham tizimli tahlil qilish usulini qo‘llab, avval uning «elementar» jarayonlarini aniqlab olish kerak. Ularni chuqur o‘rganib, oqimlarni gidrodinamik tuzilishini hisobga olgan holda, bu «elementar» jarayonlarning matematik ifodalari tuziladi, so‘ngra ularni bir tenglamalar tizimsiga birlashtirib, butun texnologik jarayonning matematik modeli tuziladi. Matematik modeldagi tenglamalarni ko‘rinishiga qarab hisoblash usuli tanlanadi va kompyuterda yechish uchun dastur tayyorlanadi.

Isitgichga (18-rasm. Bug‘ qobig‘i bor gidravlik idish) modda G_1 sarf va T_1 temperatura bilan beriladi va G_2 sarf va T_2 temperatura bilan chiqib ketadi.



18-rasm

CHiqishdagi temperatura T_2 , butun apparat xajmidagi temperatura bilan bir xil bo‘ladi, chunki, idishdagi oqimlarning gidrodinamik tuzilishini ideal aralashtirish modelidagidek deb qabul qilish mumkin (bunda, modda temperaturasi, idishning har bir nuqtasida bir xil bo‘ladi.)

Bug‘ qobig‘idagi bosim R_p va bug‘ temperaturasi T_p .

Bug‘ qobig‘i bor gidravlik idishda ketayotgan jarayonlarni modellashtirishda, quyidagi “**elementar**” jarayonlarni ajratish mumkin:

1. Idishda moddaning yig‘ilish jarayoni.
2. Bug‘ning agregat holatini o‘zgarish (isitgich devorida kondensat xosil bo‘lish) jarayoni.
3. Gidravlik idish devorini isish jarayoni.
4. Idishdagi moddaning isish jarayoni.

Birinchi “elementar” jarayonning matematik ifodasi

Moddaning yigʻilish jarayoni, idishga kelayotgan va ketayotgan moddalar sarfiga bogʻliq (moddiy balans), yaʼni

$$\frac{dv}{d\tau} = G_1 - G_2$$

yoki, $V = S \cdot H$; va $G_2 = k_1 \cdot \sqrt{\rho g H}$ larni hisobga olib birinchi «elementar» jarayon matematik ifodasini olamiz,

$$\frac{dH}{d\tau} = \frac{G_1 - k_1 \cdot \sqrt{\rho g H}}{S}$$

bu yerda ρ - moddaning solishtirma ogʻirligi; g - erkin tushish tezlanishi.

Ikkinchi “elementar” jarayonning matematik ifodasi

Gidravlik idish bugʻ qobigʻi devorida (T_k) temperaturali kondensat xosil boʻladi. Bu temperatura (T_k), bugʻ qobigʻidagi bugʻning temperaturasi T_b va bosimiga R_b bogʻliq boʻlib, bogʻliqlikni umumiy koʻrinishda quyidagicha yozish mumkin

$$T_k = f(T_o, P_o)$$

Bu bogʻliqlikni aniq koʻrinishini, ushbu parametrlar orasidagi bogʻliqlikning jadval qiymatlaridan foydalanib, eksperimental statistik modellashtirish usulini qoʻllab olish mumkin. Yoki modellashtirishda R_b va T_b larinng katta boʻlmagan oʻzgarish intervali uchun kondensat temperaturasining (T_k) oʻrtacha qiymatini olish mumkin.

Uchinchi “elementar” jarayon matematik ifodasi

Idish devori issiqligini yigʻilish jarayoni (yaʼni, devor issiqligini oʻzgarishi), devorga kelayotgan va ketayotgan issiqliklar farqiga bogʻliq (issiqlik balansi tenglamasi), yaʼni

$$\frac{dQ_d}{d\tau} = Q_{kel} - Q_{ket}$$

bunda Q_d - devor issiqligi,

$$Q_d = \rho_d \cdot V_d \cdot C_d \cdot T_d$$

(ρ_d ; V_d ; C_d ; T_d - devor solishtirma ogʻirligi, xajmi, issiqlik sigʻimi va temperaturasi).

Q_{kel} - devorga kelayotgan issiqlik,

$$Q_{kel} = \alpha_1 F_1 (T_k - T_d)$$

(bu yerda, α_1 - kondensatdan devorga issiqlik o'tkazish koeffitsienti: F_1 - issiqlik o'tkazish yuzasi).

Q_{ket} - devordan ketayotgan issiqlik,

$$Q_{ket} = \alpha_2 \cdot F_2 (T_d - T_2)$$

(α_2 - devordan moddaga issiqlik o'tkazish koeffitsienti: F_2 - issiqlik o'tkazish yuzasi; T_2 - modda temperaturasi).

Yuqoridagilarni hisobga olib, quyidagi tenglamani olamiz:

$$\rho_{\pi} \cdot V_{\pi} \cdot C_{\pi} \frac{dT_{\pi}}{d\tau} = \alpha_1 F_1 (T_k - T_{\pi}) - \alpha_2 F_2 (T_{\pi} - T_2)$$

yoki, bu tenglamani devor temperaturasi (T_d) nisbatan yechib, idish devorini isish jarayonining matematik ifodasini olamiz:

To'rtinchi "elementar" jarayon matematik ifodasi

Modda issiqligi Q , unga kelayotgan va ketayotgan issiqlikga bog'liq o'zgaradi. (issiqlik balansi tenglamasi).

$$\frac{dQ}{d\tau} = Q_{kel} - Q_{ket}$$

bunda, $Q = \rho \cdot V \cdot C \cdot T_2$

(ρ ; V ; C ; T_2 - moddaning solishtirma og'irligi, xajmi, issiqlik sig'imi va temperaturasi).

Q_{kel} - moddaga kelayotgan issiqlikmiqdori:

$$Q_{kel} = \rho \cdot G_1 \cdot C \cdot T_1 + \alpha_2 \cdot F_2 (T_{st} - T_2),$$

bunda,

$\rho \cdot G_1 \cdot C \cdot T_1$ - modda bilan idishga kelayotgan issiqlik;

$\alpha_2, F_2, (T_d - T_2)$ - devordan moddaga berilayotgan issiqlik.

Q_{ket} - idishdan olib ketilayotgan issiqlik miqdori.

$$Q_{ket} = \rho \cdot G_2 \cdot C \cdot T_2.$$

Yuqoridagilarni issiqlik balansi tenglamasiga qo'yib, quyidagini olamiz:

$$\frac{d(\rho \cdot C \cdot V \cdot T_2)}{d\tau} = \rho \cdot G_1 \cdot C \cdot T_1 + d_2 \cdot F_2 (T_{\pi} - T_2) - \rho \cdot C \cdot G_2 \cdot T_2$$

Bu differensial tenglamani yechishda idishdagi modda xajmi ham, temperaturasi ham vaqt bo'yicha o'zgaruvchanligini hisobga olish kerak, ya'ni

$$\rho \cdot C \cdot T_2 \frac{dV}{d\tau} + \rho \cdot C \cdot V \frac{dT_2}{d\tau} = \rho \cdot G_1 \cdot C \cdot T_1 + \alpha_2 \cdot F_2 (T_{\text{н}} - T_2) - \rho \cdot C \cdot G_2 \cdot T_2$$

Ushbu tenglamani modda temperaturasi T_2 nisbatan yechib, idishdagi moddaning isish jarayonining matematik ifodasini olamiz:

$$\frac{dT_2}{d\tau} = \frac{G_1 T_1}{V} + \frac{\alpha_2 \cdot F_2 (T_{\text{н}} - T_2)}{\rho \cdot C \cdot V} - \frac{G_2 T_2}{V} - \frac{T_2 (G_1 - G_2)}{V}$$

Elementar jarayon tenglamalarini bir tenglamalar tizimsiga birlashtirib, bug' qobig'i bor gidravlik idishda ketayotgan jarayonning matematik modelini olamiz.

Bu tenglamalar tizimsidagi differensial tenglamalarni yechishda Eyler usulidan foydalanib, masalani yechish ketma-ketligini aniqlaymiz va masalani yechish blok-sxemasini tuzamiz.

Tayanch soʻz va iboralar

1. Gidravlik idishni modellashtirish - gidravlik idishda ketayotgan jarayonlarni uning modeli yordamida oʻrganish.
2. Moddiy balans tenglamasi - massalarning saqlanish qonuni asosida tuzilgan moddalar balansi tenglamasi.
3. Moddaning yigilish tezligi - modda miqdorining vaqt boʻyicha oʻzgarishi.
4. Kelish sarfi - idishga kirayotgan modda sarfi.
5. Chikish sarfi - idishdan chiqib ketayotgan modda sarfi.
6. Ventilning utkazish koʻeffitsienti - ventilning ochiqlik darajasini koʻrsatuvchi va modda sarfi qiymatini belgilovchi koʻeffitsient.
7. Masalani takribiy xisoblash usuli- oddiy birinchi tartibli differensial tenglamani taqribiy xisoblash usuli (Eyler usuli).
8. Eyler usuli- taqribiy xisoblash usuli.
9. Masalani yechish algoritmi- masalani yechish ketma-ketligi.
10. Boshlangich kiymatlarni kiritish bloki- kiritish operatorlari yordamida masalani boshlang'ich shartlarini kiritish.
11. Xisoblash bloki- matematik modelni yechish bloklari.
12. Olingan natijalarni chikarish bloki- olingan natijani ekranga chiqarish
13. PRINT operatori- izox berish operatori
14. READ, DATA, INPUT - kiritish operatorlari
15. FOR, TO, NEXT - takrorlanuvchi xisoblash jarayonlari operatorlari.
16. Ob'ektning statsionar xolati- muvozanatlangan xolat
17. Dinamik xarakteristika- ob'ektdagi o'tish jarayonini ifodalovchi xarakteristika, ya'ni, muvozanatlangan xolatda ob'ektning pog'onali turtkiga bo'lgan reaksiyasi.
18. Isitgichni modellashtirish- isitgichda ketayotgan jarayonni uning matematik modelida olingan natijalar bo'yicha o'rganish.
19. «Yelementar» jaraenlar
20. Bug' qobig'i bor idishda moddaning yigilish jarayoni- modda miqdorini vaqt bo'yicha o'zgarishi.

21. Bug‘ning bug‘ qobig‘ida agregat xolatini o‘zgarish jarayoni- bug‘ning kondensat xolatiga o‘tishi.
22. Idish devorini isitish jarayoni- devor issiqligini vaqt bo‘yicha o‘zgarishi.
23. Moddani isitish jarayoni- modda issiqligini vaqt bo‘yicha o‘zgarishi.

Nazorat savollari.

1. Hidravlik idishda moddaning yig‘ilish jarayonini qanday matematik ifodalanadi?
2. Taqribiy Eyler xisoblash usulini moxiyati.
3. Texnologik parametrlarni kompyuterga kiritishni qanday tashkil etish mumkin?
4. Bug‘ qobig‘i bor gidravlik idishni modellashtirishda unda qanday «Yelementar» jarayonlarni ko‘rsatish mumkin?
5. 20-rasmda berilgan xisoblash algoritmini 19-rasmdagidan qanday ustunligi bor?

Adabiyotlar

1. Kafarov V.V. Metodo‘ kibernetiki v ximii i ximicheskoy texnologii M.; Ximiya, 1985. 448s.
2. Zakgeym A.Yu. Vvedenie v modelirovanie ximiko-texnologicheskix protsessov. M. Ximiya. 1982.
3. Frenks R. Matematicheskoe modelirovanie v ximicheskoy texnologii. Perv. s angl. M. Ximiya, 1971.
4. Yunusov I.I., Artikov A.A., Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat texnologiyasida EHM ni qo‘llash Toshkent: TKTI, «NISIM». 2001.148 b.
5. Matematicheskoe modelirovanie i metodo‘ sinteza gibkix ximicheskix proizvodstv. www.muctr.cdu.ru.
6. Modelirovanie i optimizatsiya texnologicheskix protsessov i oborudovaniya. www.tsti.ru.
7. Dvoretzkiy S.I., Yegorov A.F., Dvoretzkiy D.S. Kompyuternoe modelirovanie i optimizatsiya texnologicheskix protsessov i oborudovaniya. Tambov. TGTU, 2003.- 224 s.

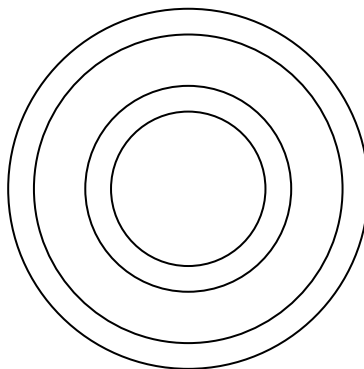
Reja:

1. Trubasimon isitgichni modellashtirish;
 - a) Matematik modeoni tuzish;
 - b) Masalani yechish dasturini tuzish;
2. Kimyoviy reaktorlarni modellashtirish. Kimyoviy kinetika asoslari;
3. Davriy kimyoviy reaktorlarni modellashtirish;
 - a) Matematik modelni tuzish;
 - b) Masalani yechish blok-sxemasini tuzing.

TRUBASIMON ISITGICHNI MODELLASH TIRISH

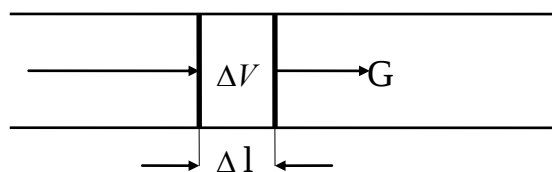
Kimyo va oziq - ovqat texnologik tizimlarida trubasimon isitgichlar keng tarqalgan bo'lib, ularda isitish jarayoni isitilayotgan modda bilan isituvchi agentni ajratib turuvchi devor orqali amalga oshiriladi.

Trubasimon isitgich konstruksiyasini, ikkita bir birining ichiga koaksial joylashtirilgan ikki truba ko'rinishida tasavvur qilish mumkin. (21-rasm).



21-rasm.

Ikki truba orasidagi bo'shliqqa odatda, isitish agenti - bug' beriladi. Isitilayotgan maxsulot ichki truba orqali berilib, undagi oqimlarning gidrodinamik tuzilishini ideal siqib chiqarish modellaridagidek deb qabul qilish mumkin. Shu oqimda qandaydir kichik «elementar» xajmni ko'raylik (22-rasm).



22-rasm.

Bu elementar xajmga kirishda modda temperaturasi $T(l, \tau)$ ko'rinishda va chiqishda $T(l + \Delta l, \tau)$ ko'rinishda tasavvur qilish mumkin.

Bu elementar xajmda oqimlar tuzilishini ideal aralashtirish modelidagidek deb qabul qilish mumkin, ya'ni bu elementar xajmda faqat ko'ndalang kesim bo'yicha emas, balki uzunasiga ham aralashtirish mavjud deb qabul qilinadi. Yuqoridagilarni hisobga olib shu xajm uchun issiqlik balansi tenglamasini yozish mumkin.

$$\frac{dQ}{d\tau} = Q_{np} - Q_p \quad \text{yoki}$$

$$\frac{d(\rho \cdot \Delta V \cdot C \cdot T(\ell + \Delta \ell, \tau))}{d\tau} = \rho \cdot C \cdot G \cdot T(\ell, \tau) -$$

$$- \rho \cdot C \cdot G \cdot T(\ell + \Delta \ell, \tau) + \alpha \cdot F(T_0 - T(\ell + \Delta \ell, \tau))$$

Bu yerda, $\Delta V = S \cdot \Delta l$ va $F = 2\pi r \cdot \Delta l$, (ΔS - trubaning kesim yuzasi; F - trubaning issiqlik o'tkazish yuzasi; r -trubaning radiusi, odatda u, $r = \frac{r_u + r_m}{2}$ tenglama bo'yicha aniqlanadi, bunda r_i, r_t - trubaning ichki va tashqi radiusi).

Matematik o'zgartirishlardan so'ng quyidagi tenglamani olamiz:

$$\begin{aligned} \frac{dT(\ell + \Delta \ell, \tau)}{d\tau} &= \frac{\rho \cdot C \cdot G \cdot T(\ell, \tau)}{\rho \cdot C \cdot S \cdot \Delta \ell} - \\ &- \frac{\rho \cdot C \cdot G \cdot T(\ell + \Delta \ell, \tau)}{\rho \cdot C \cdot S \cdot \Delta \ell} + \frac{\alpha 2\pi r \Delta \ell (T_0 - T(\ell + \Delta \ell, \tau))}{\rho \cdot C \cdot \Delta \ell \cdot \pi \cdot r^2} \end{aligned}$$

CHiziqli tezlik (ω), sarfning (G) truba kesim yuzasiga (S) nisbati bo'yicha aniqlanishini hisobga olib, ma'lum bir matematik o'zgartirishlardan so'ng, yuqoridagi tenglamani quydagicha yozishimiz mumkin:

$$\frac{dT(\ell + \Delta \ell, \tau)}{d\tau} = -\omega \frac{(T(\ell + \Delta \ell, \tau) - T(\ell, \tau))}{\Delta \ell} + \frac{2\alpha(T_0 - T(\ell + \Delta \ell, \tau))}{\rho \cdot C \cdot r}$$

$T(l + \Delta l, \tau) - T(l, \tau)$, mahsulot temperaturasini Δl masofadagi o'zgarishi ekanligini hisobga olsak, yuqoridagi tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\frac{\partial T(\ell + \Delta \ell, \tau)}{\partial \tau} = -\omega \frac{\partial T}{\partial \ell} + \frac{2\alpha(T_0 - T(\ell + \Delta \ell, \tau))}{\rho \cdot C \cdot r} \quad (1)$$

Ushbu matematik model parametrlari taqsimlangan model bo'lib, jarayonning dinamikasini ifodalaydi va unda temperatura ikki koordinata bo'yicha (vaqt va apparat uzunligi) o'zgaradi.

Statsionar holatda,
$$\frac{dT(\ell + \Delta\ell, \tau)}{d\tau} = 0,$$

 (1) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$-\frac{\omega dT}{d\ell} + \frac{2\alpha}{\rho \cdot C \cdot r} (T_{\text{н}} - T(\ell + \Delta\ell, \tau)) = 0$$

yoki

$$\frac{dT}{d\ell} = \frac{2\alpha \cdot \pi r^2}{G \cdot \rho \cdot C \cdot r} (T_{\text{о}} - T)$$

Eyler usulini qo'llab, apparat uzunligi bo'yicha temperaturaning taqsimlanishi va isitigichning optimal uzunligini aniqlash kabi masalalarni yechish mumkin.

KIMYOVIY REAKTORLARNI MODELASH TIRISH

Kimyoviy kinetika asoslari

Kimyoviy kinetika fizik kimyoning kimyoviy reaksiya tezligini o'rganuvchi bo'limidir.

Kimyoviy reaktorlarni o'rganish, shu reaktor jarayonini tashkil qiluvchi «elementar» jarayonlar matematik modellari asosida amalga oshiriladi, ya'ni, blok prinsipi qo'llaniladi:

birinchidan, mikrokinetika o'rganiladi, ya'ni kimyoviy kinetika tezligi o'rganiladi;

ikkinchidan, gidrodinamika o'rganiladi, ya'ni, oqimlar tuzilishi o'rganiladi; uchinchidan, issiqlik-modda-almashinuv jarayoni o'rganiladi va boshqalar.

Kimyoviy jarayon mikrokinetikasini o'rganish, shu jarayon kimyoviy reaksiya tezligi to'g'risida ma'lumotni, ya'ni, vaqt va xajm birligida qancha modda xosil bo'lganligini aniqlashni hisobga oladi

$$W_r = \frac{1 \cdot dN}{V \cdot dT}$$

bunda, $N = CV$, o'rniga qo'yib topamiz,

$$W_r = \frac{1 \cdot d(CV)}{V \cdot dT} = \frac{1}{V} (C \frac{dV}{dt} + V \frac{dC}{dt}),$$

yoki

$$W_r = \frac{C}{V} \frac{dV}{dt} + \frac{dC}{dt},$$

O'zgarmas xajmda ketayotgan reaksiyalar uchun ($V = \text{const}$), $\frac{dV}{dt} = 0$;

shuning uchun

$$W_r = \mp \frac{dC}{dt},$$

(+) - ishora reaksiya natijasida modda miqdori oshib borishini ko'rsatadi;

(-) - ishora reaksiya natijasida modda miqdori kamayishini ko'rsatadi;

O'zaro ta'sir qonuniga asosan kimyoviy reaksiya tezligi, reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentratsiyasiga proporsional, ya'ni,

$$W_r = k * C_A^{n_1} * C_B^{n_2};$$

bu yerda, n_1, n_2 - kimyoviy reaksiya tartibi;

Elementar, bir bosqichli kimyoviy reaksiyalar uchun, reaksiya tartibi va reaksiya stexiometrik koeffitsientlari bir xil qiymatga ega bo'ladi. (Kimyoviy reaksiya bir bosqichda ketayotgan bo'lsa u elementar hisoblanadi).

k - kimyoviy reaksiya tezligi konstantasi (sek^{-1}), molekula turiga va temperaturasiga bog'liq. Ma'lum bir molekula uchun o'zgarmas temperaturada, $k = \text{sonst.}$

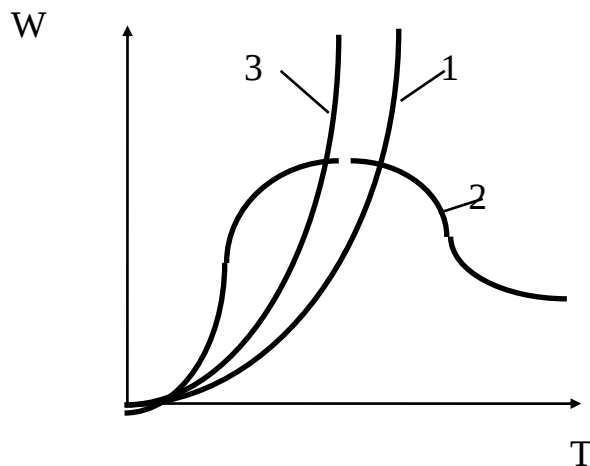
k va temperatura orasidagi bog'liqlikni odatda Arreynius qonuni orqali ifodalanadi,

$$k = k_0 * e^{-E/RT}$$

bu yerda, k_0 - eksponenta oldi koeffitsienti (o'zaro to'qnashayotgan molekulalar soniga bog'liq);

E - aktivlik energiyasi (uning qiymati oshishi bilan reaksiya tezligi ko'proq temperaturaga bog'liq bo'ladi (23-rasm).

k_0 va E tajriba yo'li bilan aniqlanadi.



23-rasm

1-3- chiziqlar oddiy elementar kimyoviy reaksiyalar uchun.

2- chiziq murakkab ko'p bosqichli va qaytar kimyoviy reaksiyalar uchun.

Davriy kimyoviy reaktorlarni modellashtirish

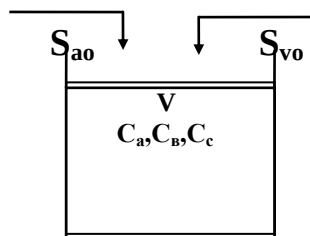
Davriy kimyoviy reaktorlarda, mahsulot reaktorga yuklangandan so'ng, moddaning bir turdan ikkinchi turga aylanish jarayoni ketada.

Kimyoviy reaktorlarda ketayotgan jarayonlarni matematik modellashtirish yo'li bilan o'rganishda, avval kimyoviy jarayonning stexiometrik tenglamasi tuziladi, so'ngra reaksiya molekulyarligi va tartibi aniqlaniladi. Agar kimyoviy reaksiya tezligi konstantasi qiymati noma'lum bo'lsa, unda uning qiymatini eksperimental yo'l bilan aniqlanib, so'ngra kinetik tenglamalar tuziladi.

Faraz qilaylik, davriy kimyoviy reaktorda (24-rasm) quyidagi stexiometrik tenglama bo'yicha elementar kimyoviy jarayon ketayapti:



bu yerda, **A** va **B** - o'zaro ta'sirga kirayotgan moddalar; **C** - reaksi mahsuli; **k**- reaksiya tezligi konstantasi (odatda uning qiymati eksperimental aniqlanadi).



24-rasm.

Ushbu kimyoviy reaksiyani elementarligini hisobga olib, kimyoviy reaksiya tezligi W_r ni quyidagicha yozish mumkin:

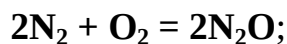
$$W_r = V \cdot k \cdot C_a \cdot C_b$$

bu yerda, C_a, C_b - o'zaro ta'sirga kirayotgan **A** va **B** moddalar konsentratsiyalari; **V** - reaktordagi moddalar xajmi.

Reaksiya komponentlarining molekulyar og'irligi M_a, M_b va M_c . Massalarning saqlanish qonuniga binoan:

$$M_a + M_b = M_c$$

Masalan, quyidagi reaksiya uchun:



$$M_a = 4, M_b = 32, M_c = 36, \text{ ya'ni, } 4+32=36.$$

Massalarning saqlanish qonunini hisobga olib, keltirilgan o'zgarmas sarf kattaligini hisoblab topishimiz mumkin,

$$a = M_a/M_c; b = M_b/M_c$$

Bu o'zgarmas sarf kattaliklari, Q_c modda olish uchun kerak bo'lgan **A** va **B** modda miqdorlarini hisoblashda kerak bo'ladi.

$$Q'_a = aQ_c; \quad Q'_b = bQ_c$$

A , B va C modda miqdorlari o'zgarishini (Q_a , Q_b i Q_c) quyidagi tenglamalar yordamida hisoblaniladi:

$$\begin{aligned} Q_a &= Q_{ao} - a \cdot Q_c \\ Q_b &= Q_{bo} - b \cdot Q_c \\ Q_c &= C_c (Q_{ao} + Q_{bo}) \end{aligned}$$

bu yerda, Q_{ao} va Q_{bo} , A va B moddalarning boshlang'ich miqdorlari.

A va B komponentlar konsentratsiyalarini (S_a , S_b) hisoblash uchun, quyidagi tenglamalardan foydalanish mumkin:

$$\begin{aligned} S_a &= (Q_{ao} - a \cdot Q_c) / (Q_{ao} + Q_{bo}) \\ S_b &= (Q_{bo} - b \cdot Q_c) / (Q_{ao} + Q_{bo}) \end{aligned}$$

Kimyoviy jarayon ketishi bilan, kimyoviy reaksiya kinetikasini hisobga olib, A va B moddalarning o'zaro ta'siri natijasida, modda miqdorini ($V S_s$) o'zgarishini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{\partial(V \cdot C_c)}{\partial \tau} = V \cdot k \cdot C_a \cdot C_b \quad (1)$$

Davriy reaktorlarda kimeviy jarayon o'zgarmas xajmli reaktorlarda ketishini hisobga olib (1) tenglamani quyidagicha yozamiz:

$$\frac{\partial C_c}{\partial \tau} = k \cdot C_a \cdot C_b$$

Yuqoridagi tenglamalarni bir tenglamalar tizimsiga keltirib, davriy kimyoviy reaktorni matematik modelini olamiz. Bu matematik modelni hisoblash usulini tanlab, masalani yechish ketma-ketligini aniqlaymiz va masalani yechish blok-sxemasini tuzamiz.

Tayanch so'z va iboralar

1. Trubasimon isitgichni modellashtirish- isitgichni uning modelida olingan natijalar bo'yicha o'rganish.
2. Koaksial joylashgan ikki truba- umumiy o'qli ikki bir-biriga kiritilgan trubalar.
3. Elementar xajm- shartli ravishda cheksiz kichraytirilgan xajm.
4. Kesim yuza buyicha aralashtirish- ko'rilayotgan kesim yuzasida bo'lishi mumkin deb qabul qilingan aralashtirish.
5. Uzunasiga aralashtirish- oldinga va orqaga bo'lishi mumkin bo'lgan oqim.
6. Okimning chizikli tezligi- oqimning, zarrachalarni sarfiga va trubaning kesim yuzasiga bog'liq bo'lgan kattalik.
7. Parametrlari taksimlangan model- parametrlari vaqt va yana bir boshqa koordinata (isitgich uzunligi) bo'yicha o'zgaruvchi model.
8. Isitgich uzunligi buyicha temperaturaning taksimlanishini hisoblash- isitgichni xar bir nuqtasidagi temperaturani hisoblash.

9. Kimyoviy reaktorlarni modellashtirish- reaktordagi jarayonlarni uning matematik modelida olingan natijalar bo'yicha o'rganish.
10. Kimyoviy kinetika- fizik kimyoning kimyoviy reaksiya tezligini o'rganuvchi bo'limi.
11. Kimyoviy reaksiya tezligi- kimyoviy reaksiya tezligi o'zaro ta'sirga kirayotgan moddalar konsentratsiyalariga va reaksiya tezligi konstantasiga bog'liq o'zgaradi.
12. Davriy kimyoviy reaktorlar- bu reaktorlarga komponentlar yuklanib, ma'lum sharoitda jarayon ketadi.
13. Stexiometrik tenglama- kimyoviy reaksiya tenglamasi.
14. Molekulyarlik- reaksiyada qatnashayotgan molekulalar sonini belgilaydi.
15. Kimyoviy reaksiya tezligi konstantasi - kimyoviy reaksiya tezligi konstantasi xar bir reaksiya uchun xar xil qiymatga ega bo'lib, u Arreynius qonuniga binoan temperaturaga ham bog'liqdir.
16. Massaning saklanish konuni- modda bordan yo'q bo'lmaydi, yo'qdan bor bo'lmaydi, bir turdan ikkinchi turga aylanishi mumkin.
17. Sarfning nisbiy o'zgarmas kattaligi- reaksiyaga kirishayotgan moddalarni sarflarini xisoblashda kerak bo'ladi. Massalarning saqlanish qonuni asosida hisoblanadi.

Nazorat savollari

1. Trubasimon isitgichda oqimlar tuzilishi qanday?
2. Trubasimon isitgich matematik modeli parametrlari taqsimlangan modelmi yoki parametrlari mujassamlanganmi?
3. Trubasimon isitgich statsionar xolatida uning matematik modeli qanday ko'rinishda bo'ladi?
4. qimyoviy reaksiya tezligi konstanta k qiymati nimaga bog'liq?
5. Matematik modellashtirishda o'zgarmas sarf kattaliklari nima uchun xisoblanadi?
6. Davriy reaktorni modellashtirishda uning ko'rsatkichlari qanday ketma-ketlikda xisoblanadi?

Adabiyotlar

1. Kafarov V.V. Metodo' kibernetiki v ximii i ximicheskoy texnologii M.; Ximiya, 1985. 448s.
2. Zakgeym A.Yu. Vvedenie v modelirovanie ximiko-texnologicheskix protsessov. M. Ximiya. 1982.
3. Frenks R. Matematicheskoe modelirovanie v ximicheskoy texnologii. Perv. s angl. M. Ximiya, 1971.
4. Yunusov I.I., Artikov A.A., Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat texnologiyasida EHM ni qo'llash Toshkent: TKTI, «NISIM». 2001.148 b.
5. Matematicheskoe modelirovanie i metodo' sinteza gibkix ximicheskix proizvodstv. www.muctr.cdu.ru.
6. Modelirovanie i optimizatsiya texnologicheskix protsessov i oborudovaniya. www.tsti.ru.
7. Dvoretzkiy S.I., Yegorov A.F., Dvoretzkiy D.S. Kompyuternoe modelirovanie i optimizatsiya texnologicheskix protsessov i oborudovaniya. Tambov. TGTU, 2003.- 224 s.

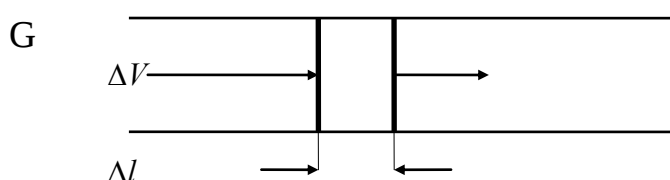
Reja:

1. Trubasimon kimyoviy reaktorlarni modellashtirish
 - a) Reaktorning matematik modelini tuzish
 - b) Masalani xisoblash algoritmini tuzish.
2. Texnologik jarayonlar va tizimlarini xisoblash eksperimenti o'tkazish yo'li bilan o'rganish.

Trubasimon kimyoviy reaktorlarni modellashtirish

Trubasimon kimyoviy reaktorlarda, odatda har xil kimyoviy jarayonlar uzluksiz ravishda ketadi, ya'ni, moddalar reaktordan o'tib borishida, o'zaro ta'sirga kirayotgan modda konsentratsiyalari o'zgarib boradi.

Trubasimon reaktorni ko'raylik (26-rasm). Reaktorga yuklangan moddalar, reaktordan o'tib borishi jarayonida, o'zaro kimyoviy ta'sir natijasida konsentratsiyalari o'zgarib boradi.



26-rasm.

Ushbu jarayonning matematik modelini tuzish uchun, ΔV elementar xajmda ketayotgan jarayonni ko'rib chiqaylik. Bu elementar xajmga modda ma'lum bir parametrlar bilan kirib, bir zumda shu elementar xajmga tarqaladi. Elementar xajmdagi jarayonlarning shunday tasavvuriga asoslangan holda, shu elementar xajmdagi modda miqdorining o'zgarishi, unga kelayotgan va ketayotgan modda miqdorlariga va kimyoviy reaksiya tezligiga bog'lik deb, quyidagilarni yozishimiz mumkin:

$$\frac{dQ}{d\tau} = \frac{d(\Delta V \cdot C(l + \Delta l, \tau))}{d\tau} = G \cdot C(l, \tau) - G \cdot C(l + \Delta l, \tau) - \Delta V \cdot W_r$$

bu yerda, Q - ushbu xajmdagi komponent miqdori, ya'ni,

$$Q = \Delta V \cdot C$$

C - ko'rilayotgan modda konsentratsiyasi;

G - reaktordan o'tayotgan modda sarfi;

W_r - kimyoviy reaksiya tezligi.

Matematik o'zgartirishlardan so'ng:

$$\frac{dC(l + \Delta l, \tau)}{d\tau} = \frac{C}{\Delta V} (C(l, \tau) - C(l + \Delta l, \tau)) - \frac{\Delta V}{\Delta V} \cdot W_r$$

$\Delta V = S \cdot \Delta l$, ni hisobga olib (S - reaktor kesim yuzasi) quyidagini olamiz

$$\frac{dC(l + \Delta l, \tau)}{d\tau} = \frac{G}{S} \left(\frac{C(l + \Delta l, \tau) - C(l, \tau)}{\Delta l} \right) - W_r$$

Agar, $S(l + \Delta l) - C(l, \tau)$, bu konsentratsiyani reaktor uzunligi bo'yicha o'zgarishi ekanligini hisobga olsak, unda yuqoridagi tenglamani xususiy hosila ko'rinishida yozishimiz mumkin, ya'ni, bu reaktorda konsentratsiyani o'zgarishi ham vaqt bo'yicha, ham reaktor uzunligi bo'yicha bo'lishini ko'ramiz.

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = -\omega_c \frac{\partial C}{\partial l} - W_r \quad (1)$$

bunda, ω - oqimning chiziqli tezligi, quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi,

$$\omega_c = \frac{G}{S}$$

Shunday qilib, trubasimon reaktorlarda ketayotgan jarayon, oqimlar tuzilishi bo'yicha ideal siqib chiqarish modellariga mos kelar ekan.

Faraz qilaylik, bu reaktorda quyidagi stexiometrik tenglama bo'yicha kimyoviy reaksiya ketmoqda:



Unda, bu elementar kimyoviy jarayon uchun, kimyoviy reaksiya tezligini quyidagicha yozish mumkin:

$$W_r = k \cdot C_a \cdot C_b \quad (2)$$

bu yerda, k - kimyoviy reaksiya tezligi konstantasi; S_a , C_b - o'zaro ta'sirga kirishayotgan A va B komponentlar konsentratsiyalari.

(2) tenglamani hisobga olib, o'zaro ta'sirga kirayotgan modda konsentratsiyalarini o'zgarishining matematik ifodasi, quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_a}{\partial \tau} &= -\frac{G}{S} \cdot \frac{\partial C_a}{\partial l} - W_r \\ \frac{\partial C_b}{\partial \tau} &= -\frac{G}{S} \cdot \frac{\partial C_b}{\partial l} - W_r \end{aligned} \quad (3)$$

$$\frac{\partial C_c}{\partial \tau} = -\frac{G}{S} \cdot \frac{\partial C_c}{\partial l} + W_r$$

Moddalarning konsentratsiyalarini reaktor uzunligi bo'yicha taqsimlanishini hisoblash, odatda statsionar rejimda amalga oshiriladi, ya'ni

$$\frac{\partial C_a}{\partial \tau} = 0; \quad \frac{\partial C_b}{\partial \tau} = 0; \quad \frac{\partial C_c}{\partial \tau} = 0$$

Bu jarayonning statsionar holat uchun matematik ifodasi quyidagicha:

$$\frac{\partial C_a}{\partial l} = -\frac{1}{\omega_c} \cdot k \cdot C_a \cdot C_b \quad (a)$$

$$\frac{\partial C_b}{\partial l} = -\frac{1}{\omega_c} \cdot k \cdot C_a \cdot C_b \quad (b) \quad (4)$$

$$\frac{\partial C_c}{\partial l} = -\frac{1}{\omega_c} \cdot k \cdot C_a \cdot C_b \quad (c)$$

Oqimning chiziqli tezligini (ω_s), alohida komponentlarning sarflarini hisobga olgan holda, quyidagicha yozish mumkin:

$$\omega_c = \frac{\frac{G_a}{\rho_a} + \frac{G_b}{\rho_b} + \frac{G_c}{\rho_c}}{S} \quad (5)$$

bu yerda, G_a, G_b, G_c - A, V, S komponentlarning sarflari;

ρ_a, ρ_b, ρ_c - A, V, S komponentlarning solishtirma og'irliklari.

Ma'lum miqdorda Q_c modda olish uchun kerakli, A va V modda miqdorini aniqlash uchun, keltirilgan sarf o'zgarmas kattaligini aniqlash kerak,

$$G_a = a \cdot G_s; \quad G_b = b \cdot G_c$$

bu yerda, G_a, G_b - S moddaning ma'lum bir miqdorini (G_c) olish uchun kerak bo'lgan A va V modda miqdorlari; a va b - A va V moddalarning keltirilgan sarf o'zgarmas kattaliklari.

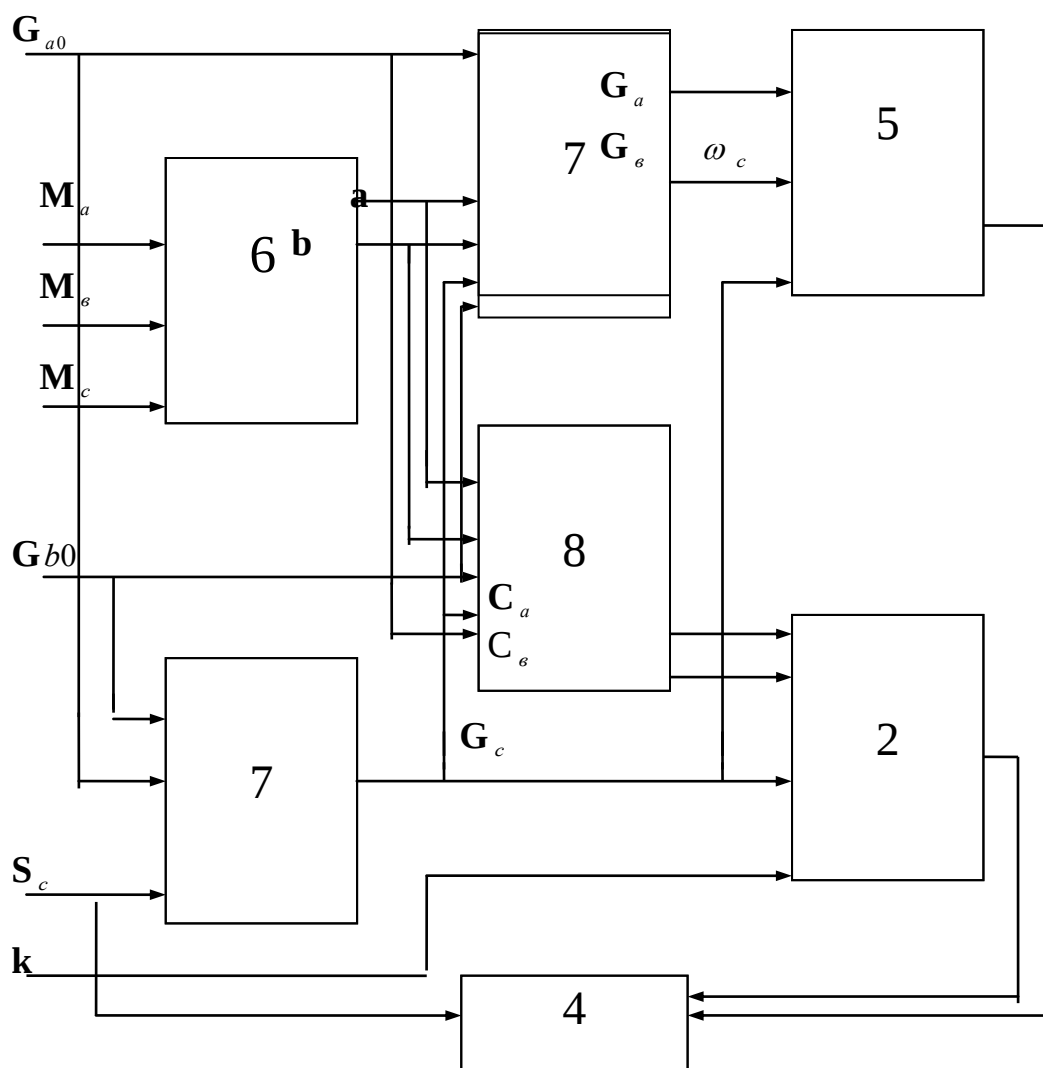
Masalan, quyidagi reaksiyani ko'raylik, $2N_2 + O_2 \rightarrow 2N_2O$
bu reaksiya uchun,

$$M_a + M_b = M_c,$$

bunda, $M_a = 4$; $M_b = 32$; $M_c = 36$. Bularni hisobga olib, birinchi va ikkinchi komponentlar uchun keltirilgan sarf o'zgarmas kattaliklarini hisoblab topish mumkin:

$$a = M_a/M_c; \quad b = M_b/M_c \quad (6)$$

bu yerda, M_a, M_b, M_c - A, V va S komponentlarning molekulyar og'irliklari.



27-rasm.

Yuqoridagilarni hisobga olib, G_a , G_b , G_c larni hisoblash tenglamalarini yozamiz:

$$\begin{aligned} G_a &= G_{a0} - a \cdot G_c & (a) \\ G_b &= G_{b0} - b \cdot G_c & (b) \\ G_c &= C_c (G_{a0} + G_{b0}) & (c) \end{aligned} \quad (7)$$

S_a , S_b va S_c konsentratsiyalarni hisoblash uchun quyidagi tenglamalardan foydalanish mumkin:

$$\begin{aligned} S_a &= (G_{a0} - a \cdot G_c) / (G_{a0} + G_{b0}) & (a) \\ S_b &= (G_{b0} - b \cdot G_c) / (G_{a0} + G_{b0}) & (b) \\ S_c &= G_c / (G_{a0} + G_{b0}) & (c) \end{aligned} \quad (8)$$

Yukoridagi tenglamalarni bir tenglamalar tizimsiga keltirib, uzluksiz kimyoviy reaktorni matematik modelini olamiz, hisoblash usulini tanlab, masalani yechish ketma-ketligini aniqlaymiz.

Texnologik jarayonlar va tizimlarini hisoblash eksperimenti o'tkazish yo'li bilan o'rganish. Hisoblash eksperimenti to'g'risida tushuncha.

Hisoblash eksperimenti (**HE**) hisoblash texnikasini texnologik jarayonlarni tadqiqotida va loyihalashda ishlatishning eng yuqori formalaridan hisoblanadi. U odatda, texnologik jarayonlarni dastlabki tahlil qilishda va texnologik jarayonlarni sintez qilish jarayonida, ya'ni, loyiha yechimlarini tekshirishda va solishtirishda ishlatiladi.

HE deganda, odatda EHM yordamida texnologik jarayonni uning matematik modeli yordamida o'rganish va uning har xil sharoitlarda o'zini tutishini hisoblab chiqish, hamda parametrlarning optimal qiymatlarini aniqlash tushiniladi.

Matematik modellashtirish va HE tadqiqot usullari sifatida fanning kimyo va boshka yo'nalishlarida keng qo'llanilmoqda. Bunga sabab, hamma soxada ham loyihalash va boshqarish uchun o'rganilayotgan ob'ekt tug'risida informatsiya kerak bo'lib, shu informatsiya asosida, odatda, shu jarayonlarni boshqarish va loyihalash masalalari yechiladi.

Xozirgi vaqtda bizda (chet ellarda ham) katta fizik eksperimentlarni o'tkazish dasturiga albatta HE bosqichini kiritilmoqda. Kutilayotgan natijalarni prognoz qilish maqsadida, dastlabki «hisoblashlar» amalga oshiriladi.

HE ob'ektni o'zida o'tkazilgan tajribaga nisbatan (naturadagi tajriba) ma'lum bir ustunliklarga ega:

- 1) tajribani nisbatan keng diapazonda, qisqa vaqt ichida o'tkazish imkoniyatining borligi;
- 2) HE qaysidir «elementar» jarayonlarga har xil faktorlarni aloxida-aloxida ta'sirlarini aniqlash imkoniyatini beradi;
- 3) HE ob'ektda o'tkazilgan tajribalarni teoritik prognozlarga mos kelmayotganligi sabablarini jarayonni ko'p marotaba qayta-qayta, turli sharoitlar uchun, hisoblash yo'li bilan aniqlashga yordam beradi.

HE bilan yechilayotgan masalalarni 4 guruhga bo'lish mumkin:

1. Texnologik jarayonlarni tahlil qilish ;
2. Texnologik jarayonlarni sintez qilish;
3. Diagnostika;
4. Prognoz.

Texnologik jarayonlarni tahlil qilish vazifalari

1. Texnologik jarayonning muvozanatlangan (ustoychivo'y) ishlash diapazonini aniqlash, ya'ni, boshqaruv parametrlari qiymatlarini har qanday o'zgarishlari, kirish parametri qiymatlariga qo'yilgan cheklamalarni buzmaydigan bo'lsin;
2. Har xil texnologik parametrlarning jarayon o'tkazish rejimlariga va uning chiqish parametrlariga ta'sir darajasini aniqlash;
3. Texnologik jarayonning, uning to'g'ri ketayotganligini ko'rsatayotgan «sezgir nuqta»larini aniqlash;

4. Texnologik jarayonga ta'sirning maqsadga muvofiq yoki muvofiq bo'lmagan kritik vaqt momentlarini aniqlash (ko'pincha uzlukli jarayonlar);

5. Jarayon ko'rsatkichlari sifatiga texnologik jarayon rejimlari va konstruktiv parametrlari o'zgarishining ta'siri aniqlanadi;

Texnologik jarayonlarni sintez qilish masalalariga quyidagilar kiradi:

1. Ishlab turgan texnologik uskunalar uchun texnologik jarayon rejimlarini optimallashtirish;

2. Ishlab turgan texnologik uskunalar konstruktiv parametrlarini optimallashtirish;

3. Optimal texnologik jarayonni loyixalash.

Diagnostika masalalariga quyidagilar kiradi:

1. Texnologik uskunalarining va jarayonlarning ishonchlilik xarakteristikalarini aniqlash;

2. Texnologik jarayonning to'g'ri ishlayotganligini aniqlash;

3. Texnologik jarayonning tashqi ta'sirlardan ximoyalanganligini, ya'ni, uning jarayonga xar xil tasodifiy ta'sirlar bo'lgan xolda yaxshi ishlay olishini tekshirish.

Prognoz masalalariga texnologik jarayonning sifat ko'rsatkichlarini prognoz qilish masalalari kiradi.

XE ni tashkil qilish. Hisoblash-texnologik eksperimenti-HTE.

Hisoblash-texnologik eksperimenti-HTE deganda EHMda ma'lum bir dasturiy kompleks ko'rinishida tadbqiq qilingan, real texnologik jarayonni to'g'ri ifodalaydigan matematik model yordamida texnologik jarayonni o'rganish tushiniladi.

HTE ni 2 bosqichga bo'lish mumkin: uni tayyorlash va o'tkazish. HTEni tashkil qilish va o'tkazishni quyidagi ketma ketlikda tasavvur qilish mumkin.

Tayanch so'z va iboralar

1. Trubasimon kimyoviy reaktorni modellashtirish - trubasimon reaktorda ketayotgan kimyoviy jarayonni matematik modeli yordamida o'rganish;

2. Modda konsentratsiyasini apparat uzunligi buyicha taksimlanishi - reaktorning uzunligi bo'yicha xar bir nuqtasidagi moddaning konsentratsiyasi;

3. Statsionar xalat uchun jaraenning matematik ifodasi - jarayonning muvozanatlangan xolatiga mos keluvchi matematik ifoda;

4. Nostatsionar xalat uchun jaraenning matematik ifodasi - jarayonning nomuvozanatlangan xolatiga mos keluvchi matematik ifoda;

5. Masalani yechish algoritmi - masalani yechish ketma-ketligi;

6. KTTni xisoblash eksperimenti (XE) usuli bilan urganish - KTTni uning matematik modeli yordamida kompyuterda eksperiment o'tkazish yo'li bilan o'rganish;

7. Naturadagi (ob'ektning uzida) eksperiment - texnologik ob'ektda o'tkaziladigan tajriba;

8. XE utkazib texnologik jarayonni taxlil kilish masalasini yechish - komp'yuterda texnologik jarayonni uning modeli yordamida taxlil kilish;

9. XE utkazib texnologik jarayonni sintez kilish masalasini yechish - komp'yuterda texnologik jarayonni uning modeli yordamida taxlil kilish;

10. XTE natijalarini taxlil qilish - XTE natijalarini texnologik ob'ektdagi natijalarga qanchalik mosligini aniqlash;
11. Loyixa yechimlarini generatsiya qilish - loyixa yechimlari bo'yicha xulosa qilish;
12. Model adekvatligini tekshirish - modelni real jarayonga mosligini tekshirish;
13. Loyixa yechimlarini kabul qilish - olingan natijalarni solishtirib yechim qabul qilish;
14. XTEni utkazishni tashkil qilish sxemasi - XTE ni o'tkazish ketma ketligini aniqlash.

Nazorat savollari

1. Trubasimon kimyoviy reaktorlarda ketayotgan jarayon, oqimlar tuzilishi bo'yicha, qaysi ideal modellarga mos keladi?
2. Trubasimon kimyoviy reaktorlarda ketayotgan jarayonning matematik modeli parametrlari taqsimlangan modelni, yoki parametrlari mujassamlangan modelni?
3. Jarayonning matematik modeliga kirgan sarf o'zgaras kattaliklari nima uchun xisoblanadi?
4. 27-rasmda keltirilgan masalani xisoblash algoritmiga qarab, masalani yechish ketma-ketligi aytib bering?
5. Xisoblash eksperimenti yordamida qanday masalalar yechiladi?

Adabiyotlar

1. Kafarov V.V. Metodo' kibernetiki v ximii i ximicheskoy texnologii M.; Ximiya, 1985. 448s.
2. Zakgeym A.Yu. Vvedenie v modelirovanie ximiko-texnologicheskix protsessov. M. Ximiya. 1982.
3. Frenks R. Matematicheskoe modelirovanie v ximicheskoy texnologii. Perv. s angl. M. Ximiya, 1971.
4. Yunusov I.I., Artikov A.A., Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat texnologiyasida EHM ni qo'llash Toshkent: TKTI, «NISIM». 2001.148 b.
5. Matematicheskoe modelirovanie i metodo' sinteza gibkix ximicheskix proizvodstv. www.muctr.cdu.ru.
6. Modelirovanie i optimizatsiya texnologicheskix protsessov i oborudovaniya. www.tsti.ru.
7. Dvoretzkiy S.I., Yegorov A.F., Dvoretzkiy D.S. Kompyuternoe modelirovanie i optimizatsiya texnologicheskix protsessov i oborudovaniya. Tambov. TGTU, 2003.- 224 s.
8. CHernorutskiy I.G. Optimizatsiya v teorii upravleniya. S-Peterburg, «Izdatelskiy dom Piter», 2003. -256 s.

Reja:

1. Asosiy tushunchalar va ta'riflar;
2. Texnologik jarayonlarining samaradorlik ko'rsatkichlari.
3. Optimallik kriteriysi turlari. Maqsad funksiyasi.
4. CHiziqsiz dasturlash usullari.
 - gradient usullari;
 - nogradient usullari.

Kimyo va oziq-ovqat texnologik jarayonlar va tizimlarini optimallashtirish

Asosiy tushunchalar va ta'riflar

Optimum so'zi, eng yaxshi mazmunini beradi. Optimallashtirish - bu insonning optimumni, ya'ni, eng yaxshi shart-sharoitlarni aniqlash maqsadida qilgan xatti-xarakatlaridir.

Xar qanday optimallashtirishda tizimning ishlash sharoitlarining juda ko'p variantlari mavjudligini va ularni baholab turib ikki solishtirilayotgan variantlarning qaysi biri yaxshiligini aniqlash mumkinligini tasavvur qilinadi.

Optimallashtirish masalasini qo'yilishida optimallashtirilayotgan tizimni miqdoran baholash imkoniyatiga ega bo'lishimiz kerak. Bu tizimning xar xil sharoitlarda ishlaganda bir-biriga solishtirish imkonini beradi va u optimallik kriteriysi deb ataladi. Odatda optimal sharoitlarga optimallik kriteriysining eng katta yoki eng kichik qiymatlari to'g'ri keladi. Masalan, optimallik kriteriysi olinayotgan maxsulotning tannarxi bo'lsa, unda optimal sharoit bo'lib tannarxning eng kichik qiymati to'g'ri keladi.

Optimallashtirish masalasini yechishda faqat bitta kattalikni ekstremal qiymatini topishni talab qilish kerak. Bir vaqtning o'zida tizimga ikki va undan ko'p optimallik kriteriysini berish mumkin emas. Chunki, bir kriteriy bo'yicha topilgan ekstrimum ikkinchi kriteriyga mos kelmaydi. Shuning uchun, masalan, eng katta unumdorlikda, eng kichik tannarxga erishish masalasi, noto'g'ri qo'yilgan masaladir. Masala to'g'ri qo'yilgan hisoblanadi, qachonki, eng kichik tannarxni berilgan unumdorlikda, yoki, eng katta unumdorlikni berilgan tannarxda topish kerak bo'lsa. Birinchi xolda optimallik kriteriysi tannarx, ikkinchisida, unumdorlikdir.

Optimizatsiya masalalarini qo'yilishida tizim xolatlarini o'zgartirish imkoniyatlariga ega bo'lishimiz kerak. Bu qiymatlari o'zgartirish mumkin bo'lgan parametrlar, boshqaruvchi kattaliklar (ta'sirlar) deyilib, ularga xar xil texnologiya parametrlari kirishi mumkin.

Masalan, reaktorda $A \rightarrow P \rightarrow S$ kimyoviy jarayon ketayapti va bu jarayonning sifati oraliq maxsulot R ning konsentratsiyasi S_r bilan aniqlanadi. S_r ning xar xil qiymatlari shu apparat ichidagi modda miqdori (V) va uning temperaturasi (T) ga bog'liq va xakozo. Agar V va T larni ishlab chiqarish sharoitiga muvofiq o'zgartirish imkoniyatiga ega bo'lsak, unda bu parametrlar ushbu texnologik jarayonning boshqaruvchi parametrlari hisoblanadi. Optimallashtirish masalasini yechishda,

optimallik kriteriysining eng yaxshi qiymatlarini ta'minlovchi boshqaruvchi parametrlar qiymatlari aniqlanadi.

Texnologik jarayonlarining samaradorlik ko'rsatkichlari

Texnologik tizimini ishlash sifatini umumiy ko'rinishda, ishlab chiqarishning iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlaridan foydalanib baholash mumkin. Jarayonlarning iqtisodiy samaradorligi quyidagi ko'rsatkichlar bo'yicha baholanadi:

1. Unumdorlik, V - vaqt birligidagi maxsulot birligi miqdori;
2. Kopital mablag'lar xajmi, F (Fondlar) - pul birligi miqdori;
3. Ekspluatatsiya xarajatlari, E (Ishlab-chiqarishni yuritish uchun) - vaqt birligida, pul birligi miqdori;
4. Ishlab-chiqarilayotgan maxsulotning sifat ko'rsatkichlari, K .

Kimyo-texnologiya jarayonlarining iqtisodiy samaradorligini umumlashgan optimallik kriteriysi, yuqoridagi ko'rsatkichlardan bog'liq qandaydir funksiya kurinishida tasavvur qilish mumkin, ya'ni,

$$R = f(V, F, E, K).$$

Bu R funksiyaning aniq ko'rinishi, optimizatsiya masalasining qo'yilishiga qarab, har xil bo'lishi mumkin. R funksiyaning aniq ko'rinishini yozish uchun, ushbu ishlab chiqarishni chuqur, har tomonlama iqtisodiy tahlil qilib chiqish kerak bo'ladi.

Ko'p ishlatiladigan iqtisodiy optimallik kriteriylarini ko'rib chiqaylik.

Optimallik kriteriysining turlari

1. Ishlab chiqatilayotgan mahsulot tannarxi, ishlab chikarilayotgan mahsulot tannarxi, shu mahsulot ishlab chiqarishga ketgan tula harajatlar yig'indisidir. Ishlab chiqarishga keigan tula harajatlar quyidagicha ifodalanadi:

$$S_{pr} = S_c + S_t + S_p$$

Bu yerda,

S_c - tula ishlab chiqarish uchun xom-ashyo narxi (pul birligi/vaqt birligi). quyidagi tenglama orqali aniqlanadi: $S_c = S'_c \cdot B$

S'_c - mahsulot birligiga ketgan xom-ashyo narxi;

S_t - ishlab chiqarishga ketgan (joriy) harajatlar

Kuyidagi tenglama buyicha aniqlanadi: $S_t = S'_t \cdot V$

S'_t - mahsulot birligiga ketgan joriy harajatlar. Bu harajatlarga (joriy), elektroenergiya, bug', suv va yordamchi materiallarga bulgan harajatlar kiradi.

S_p - o'zgarmas harajatlar. U ishlab chiqarilayotgan mahsulot hajmiga bog'liq emas (pul birligi/vaqt birligi).

$$S_p = S_a + S_r$$

Bu yerda,

S_a - amortizatsiyaga ajratilgan mablag'lar;

S_r - profilaktik remont, ITR oyligi va tayyor mahsulotni sotishga ketgan harajatlarning bir qismi.

Amortizatsiyaga ajratilgan mablag' quyidagicha hisoblanadi:

$$S_a = F + N_a$$

N_a -amortizatsiya normasi, quyidagicha topiladi:

$$N_a = F + R - L / F T$$

Bu yerda,

R- uskunalarni ta'mirlashga ketadigan harajatlar;

L- fondlarni likvidatsiya narxi;

T- fondlarni ishlash muddati.

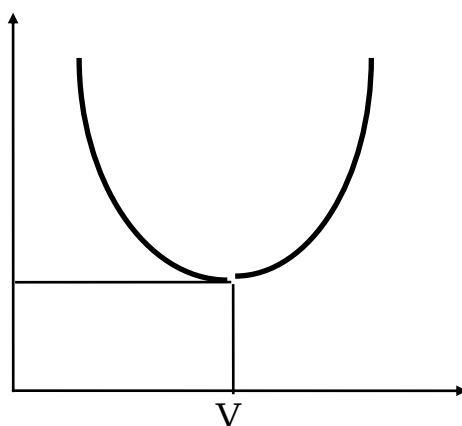
T va R- kattaliklar jarayonning olib borish sharoitlariga va uskunalarni ishlash sharoitlariga bog'liq.

Yuqoridagi hisoblash tenglamalaridan foydalanib, tannarx tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$S_{pr} = S_c + S_t + (F + R - L / V T) + S_r / V$$

Tannarxning unumdorlik bilan bog'liqligini ko'p uchraydigan ko'rinishi:

S_{pr}



28-rasm.

Ishlab chiqarilayotgan mahsulot tannarxi, optimallik kriteriysi sifatida katta kamchilikka ega. U tayyor mahsulot sifatini hisobga olmaydi. Mahsulot sifati, unga narx qo'yilayotganda aniq namoyon buladi. Sifati yaxshi mahsulotning narxi, albatta, yuqori bo'ladi. Shuning uchun, hozirgi vaqtda optimallik kriteriysi sifatida tannarx o'rniga, mahsulotni sotishdan kelgan sof foydasi qabul qilinmoqda.

2. Mahsulotni sotganda olinadigan sof foyda.

Sof foyda yig'indisi quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$P = V * (S_u - S_{pr})$$

bu yerda, S_y - mahsulot birligining narxi.

S_{pr} - mahsulot narxi, ishlab chiqilayotgan mahsulot sifatiga bog'liq, mahsulot sifati bo'lsa, ishlab chiqarishni qanchalik tashkil qilinganligi bilan aniqlanadi. Ya'ni sof foyda kriteriysi, nisbatan to'laroq optimallik kriteriysi bo'lib, u ishlab chiqarishni optimal tashkil qilish uchun, tannarx kriteriysiga nisbatan qo'shimcha chora tadbirlari amalga oshirishni talab qiladi.

Sof foyda kriteriysi ham ma'lum kamchiliklarga ega. quyidagi misolni ko'raylik of foydasi bir xil, 20000 (pul birligi/vaqt birligi) bo'lgan ikki korxonalarni ko'raylik. Mahsulot sifati ikkala korxonada ham bir xil $S_y=100$ (pul birligi/vaqt

birligi). Sof foyda ko'rsatkichi bo'yicha ikki korxona bir xil ishlayotganda ko'rinadi. Ammo, bu sof foyda qanday paydo bo'layotganligini ko'rib chiqaylik.

Birinchi korxona $V=1000$ (mahsulot birligi/vakt birligi), mahsulotni $S_{pr}=80$ (pul birligi/vaqt birligi), tannarx bilan, ikkinchi korxona $V=2000$ mahsulotni $S_{pr}=90$ tannarx bilan ishlab chiqarayapti. Bunda sof foyda:

$$P_1=1000*(100-80)q20000$$

$$P_2=2000*(100-90)q20000$$

Sof foyda kriteriysi bo'yicha ikki korxona bir xil ishlamoqda. Aslida, yaxshilab tahlil qilganimizda, ikkinchi korxona ishlab chiqarishni yaxshiroq tashkil etish hisobiga olinayotgan sof foydani oshirish rezerviga ega. Sof foyda normasi ko'rsatkichi bu kamchilikdan xoli.

3. Sof foyda normasini, mahsulot sotishdan bo'lgan sof foyda yig'indisini mahsulot ishlab chiqarishiga ketgan to'la harajatlarga nisbati ko'rinishida tasavvur qilinadi.

$$N_p = \frac{\Pi}{B * S_{np}} = \frac{S_y - S_{np}}{S_{np}}$$

Ko'rib chiqilgan misol uchun sof foyda normasini hisoblab quyidagini olamiz:

$$N_{p1} = \frac{100 - 80}{80} = \frac{1}{4}$$

$$N_{p2} = \frac{100 - 90}{90} = \frac{1}{9}$$

Ya'ni, ikkinchi korxona sof foyda normasi kichik, va bu korxona ishlab chiqarishni yaxshiroq tashkil etish rezerviga ega ekanligini ko'rsatdi.

4. Keltirilgan harajatlar ko'rsatkichi (PZ), jarayonning injener-texnologik tomonlarini ko'rsatuvchi iqtisodiy effektivlik ko'rsatkichlaridan hisoblanadi. Keltirilgan harajatlar ko'rsatkichi quyidagicha ifodalanadi:

$$PZ = S_{pr} + E_N * KZ$$

bu yerda, KZ- solishtirma kapital harajatlar

Ye_n - kapital harajatlar samaradorligining tarmoq normativ koeffitsienti, kimyo sanoati uchun $Ye_n=0,3$

Keltirilgan harajatlar mahsulot tannarxini ham, uskunalarni tuzilishi vag o'lchamlarini hisobga oluvchi kapital harajatlarni ham o'z ichiga oladi. qimmat xom-ashyo ishlatilayotgan korxonalarda keltirilgan harajatlar mahsulot tannarxiga yaqin bo'ladi va aksincha, xom-ashyo arzon bo'lgan korxoanalarda, keotirilgan harajatlar, asosan kapital harajatlar bilan aniqlanadi.

Optimallashtirish masalalarini yechish usullari.

Kimyo texnologiyasining ko'p ob'ektlarida optimallashtirish masalalarini yechishga to'g'ri keladi. Optimallik kriteriysining ko'rinishi optimallashtirilayotgan ob'ekt xususiyatlariga va ishlab chiqarishag qo'yilayotgan u yoki bu talablarga qarab, har xil bo'lishi mumkin. Bu masalalarni yechish turli xil optimallashtirish usullaoini qo'llashni talab qiladi. qaysi usulni tanlash, optimizatsiya masalasini qo'yilishiga va

optimallashtirishda ishlatilayotgan matematik model ko‘rinishiga bog‘liq. Optimallashtirish masalalarini yechishda asosan quyidagi usullar ishlatiladi:

1. Funktsiyani klassik tahlil qilish bilan o‘rganish usuli;
2. Lagranj usuli;
3. Variatsion hisoblash usuli;
4. Dinamik dasturlash usuli;
5. Maksimum prinsipi;
6. Chiziqli dasturlash usuli;
7. Chiziqsiz dasturlash usuli.

Maqsad funksiyasi.

Texnologik jarayonlarni optimallashtirish jarayoning matematik modelidan foydalanib amalga oshiriladi. Bunda, optimal shart-sharoitlar avval jarayonning matematik modelida aniqlanib, so‘ngra ishlab chiqarish uskunalarda tekshiriladi.

Optimallik kriteriysini texnologik parametrlar orqali ifodalangan matematik funksiyasiga ko‘rinishiga, maqsad funksiyasi deyiladi.

Biz, optimallik kriteriysi maqsad funksiyasini (R) asosiy iktisodiy effektivlik ko‘rsatkichlari orqali ifodasini ($R=f(V,E,F,K)$) ko‘rgan edik. Bu ifoda optimallik kriteriysining umumiy ko‘rinishi. Konkret holda, maqsad funksiyasini quyidagiga ifodalash mumkin:

$$R=f(x_1,x_2,...x_n)$$

bu yerda,

$(x_1,x_2,...x_n)$ - jarayonning asosiy parametrlari

R- maqsad funksiyasi.

Alohida parametrlarga x_j ($j=1,2,... n$), umumiy holda, har xil tenglik ko‘rinishidagi,

$$Y_j(x_1,x_2,...x_n)=0 \quad j=1,2,...n$$

vag tengsizlik ko‘rinishidagi

$$Y_j(x_1,x_2,...x_n) \leq 0 \quad j=1,2,...n$$

cheklamalar qo‘yilgan bo‘lishi mumkin.

Agar, maqsad funksiyasi analitik ifodasi ma‘lum bo‘lib, aytarlik murakkab bo‘lmasa vag noma‘lum o‘zgaruvchilar soni (m) katta bo‘lmasa, unda optimallashtirish masalasini yechish uchun analitik usullarni qo‘llash mumkin, ya‘ni funktsiyani klassik tahlil qilish usuli yoki Lagranj ko‘paytmalari usuli.

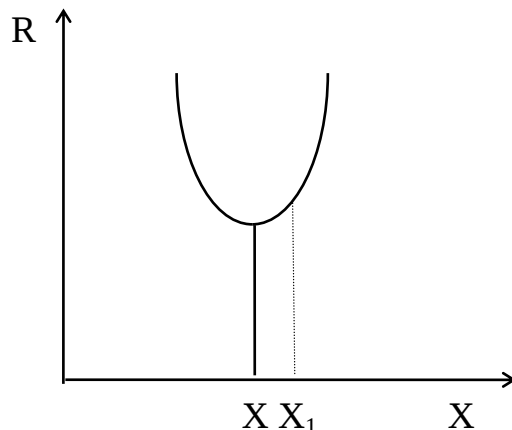
Agar, jarayon matematik modeli chiziqli tenglamalar orqali ifodalangan bo‘lsa, unda chiziqli dasturlash usulini qo‘llaniladi. Maqsad funksiyasi aniq bir ko‘rinishda ifodalanmagan bo‘lsa, unda ba‘zi bir qiyinchiliklar vujudga keladi. Agar berilgan cheklamalar alohida o‘zgaruvchilarni (x_j) qiyin hisoblanadigan funksiyasi ko‘rinishida berilgan bo‘lsa, unda optimal qiymatlarni hisoblab topish ancha mushkullashadi vag maxsus hisoblash usullarini qo‘llashga to‘g‘ri keladi.

Bu turdagi masalalar, matematikaning maxsus bo‘limlari hisoblangan, chiziqsiz dasturlash bo‘limida ko‘riladi.

Maqsad funksiyasini va cheklamalarni geometrik interpretatsiyasi.

Optimallashtirish masalalarini yechishda, optimallik kriteriysining maqsad funksiyalashi eng yaxshi qiymatlariga mos keluvchi texnologik parametr qiymatlarini hisoblab topish kerak bo'ladi.

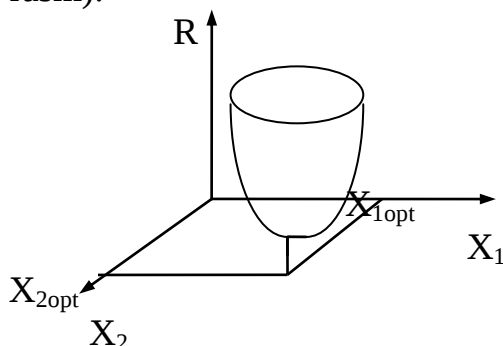
Optimallashtirish kriteriysini bitta texnologik parametrdan bog'liq funksiyasini $R = f(x)$, 2-o'lchamli koordinata tizimsida ko'raylik (29-rasm.)



29-rasm.

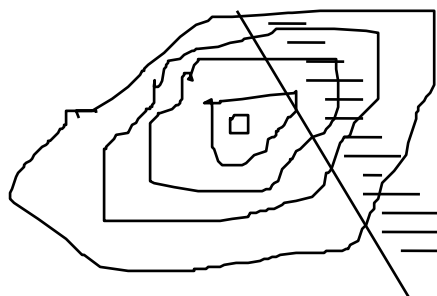
Bu masalaga $x < x_1$, cheklama qo'yilgan. Bunda optimallik kriteriysi, texnologik parametr x dan bog'liq o'zgaradi va $x < x_1$ cheklamaga asosan, optimumni x ning, x_1 dan kichik qiymatlarida qidirish kerak.

Agar, optimallik kriteriysi ikki texnologik parametrlardan (x_1 va x_2) bog'liq bo'lsa, unda bu funksiya ekstremumi, fazoda uning o'lchamlm koordinata tizimsida qidiriladi (30-rasm).



30-rasm.

Optimallik kriteriysi 3 va undan ko'p parametrlarga (n) bog'liq bo'lsa, unda n -o'lchamli tizimning geometrik interpretatsiyasi quyidagicha:



31-rasm.

CHiziqsiz dasturlash usullari

CHiziqsiz dasturlash usullari ni kup qadamli yoki kursatkichlarni ketma-ket (qadamma-qadam) yaxshilash usuli sifatida tasavvur qilinadi. Bu usullarda hisoblash qadamini tugʻri tanlash nisbatan katta muammo hisoblanib, bu masalani tugʻri hal qilinishi u yoki bu usulni qullashni qanchalik samaradorligini kursatadi.

CHiziqsiz dasturlash usullarining kupchiligi n-ulchamli fazoda optimumga qarab harakatlanish taktikasini qullaydi. Bunda qandaydir boshlangʻich yoki oraliq holatdan $X^{(k)}$, keyingi holatga $X^{(k+1)}$, $X^{(k)}$ vektorini qaram deb nomlangan $\Delta X^{(k)}$ qiymatga uzgartirish bilan utiladi. Yaʼni,

$$X^{(k+1)} = X^{(k)} + \Delta X^{(k)}$$

(Bunda $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, yaʼni X , $((x_1, x_2, \dots, x_n))$ larning vektor kurinishdagi ifodasi deb qaraladi.)

Agar maqsad funksiyasining optimalqiymatiga uning eng kichik qiymati mos kelsa, unda muvaffaqiyatli qadamdan sung, quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$R(X^{(k+1)}) < R(X^{(k)})$$

CHiziqsiz dasturlashning usullarida qadam yunalishi va qiymati $X^{(k)}$ funksiyaning qandaydir holatini $X^{(k)}$, holatini belgilovchi qandaydir funksiya kurinishida kuriladi.

$$\Delta X^{(k)} = \Delta X^{(k)}(X^{(k)})$$

Oldingi tenglamaga quyib, quyidagini olamiz:

$$X^{(k+1)} = X^{(k)} + \Delta X^{(k)}(X^{(k)})$$

(yaʼni, $X^{(k)}$ holat funksiyasini hisobga olgan holda $X^{(k)}$ nuqtadan $\Delta X^{(k)}$ qadam quyiladi).

Baʼzi bir hollarda $\Delta X^{(k)}$ qadam faqat $X^{(k)}$ holatga emas, balki avvalgi holatlarga ham bogʻliq buladi. Shunday qilib, chiziqsiz dasturlash usullarida qadam tanlash usuliga qarab quyidagi asosiy usullardan biri tanlaniladi:

1. Determinlashgan qidirishning gradient usullari;
2. Determinlashgan qidirishning ngradient usullari;
3. Tasodifiy qidiruv usullari.

Gradient usullari

Optimumni qidirishning gradient maqsad funksiyasi $R(x)$ va hosilalarini $\partial R(x)/\partial x_j$ hisoblash va tahlil qilishga asoslangan. Maqsad funksiyasining analitik kurinishini hamma vaqt ham aniq kurinishda yozish mumkin emas, yoki u juda murakkab bulib, undan olingan hosila ham juda murakkab analitik ifoda kurinishida buladi. Bunday holatlarda maqsad funksiyalarining hosilalarini hisoblash uchun taqribiy hisoblash usullari qullaniladi, yaʼni

$$\partial R/\partial x_j \approx \Delta R/\Delta x_j = [R(x_1, x_2, \dots, x_j + \Delta x_j, \dots, x_n) - R(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)] / \Delta x_j ;$$

Δx_j - j- uzgaruvchini olgan usish qiymati (yoki, ngradient usullari qullaniladi). Gradient usullarga quyidagi usullar kiradi:

1. Relaksatsiya usuli;
2. Gradient usuli;
3. Ekstremumga tez tushish usuli;
4. «Ogʻir sharik» usuli;
5. Optimumni gradient analitik ifodasi maʼlum bulgan holda qidirish.

Relaksatsiya usuli.

Optimumni qidirish algoritmi boʻyicha, maqsad funksiyasining eng tez oʻzgarishi oʻq yoʻnalishi aniqlanadi. Masalan, agar optimallik kriteriysining eng kichik qiymatini topish kerak boʻlsa, unda funksiyaning eng tez kamayish yoʻnalishi aniqlanadi.

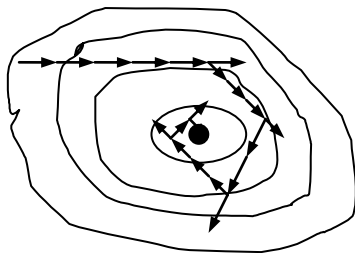
qidiruvning boshlangʻich nuqtasida hamma oʻq yoʻnalishlar boʻyicha optimallashtirilayotgan funksiya hosilalari hisoblab chiqiladi. Hosilasi eng katta boʻlgan oʻzgaruvchi yoʻnalishni, funksiyaning eng tez oʻzgaruvchi (kamayuvchi) yoʻnalishi hisoblanadi.

Agar, hosila ishorasi manfiy boʻlsa, unda shu yoʻnalishda funksiya kamayadi, agar musbat boʻlsa, unda funksiya kamayishi teskari yoʻnalishda boʻladi. Shu oʻq yoʻnalishi boʻyicha qidiruv, shu yoʻnalish boʻyicha maqsad funksiyasining eng kichik qiymati topilguncha davom etadi. Soʻngra, hamma oʻq yoʻnalishlar boʻyicha funksiya hosilasi hisoblanib (qidiruv amalga oshirilgan yoʻnalishdan tashqari), yana maqsad funksiyasining eng tez kamayuvchi yoʻnalishi aniqlanadi. Endi shu yoʻnalish boʻyicha funksiyaning ekstremumi qidiriladi. Soʻngra, yana yangi yoʻnalish aniqlanadi va hokazo. Xamma oʻq yoʻnalishlar boʻyicha optimallik kriteriysining qiymati kamaymay qolganda, qidiruvni toʻxtatish mumkin. Baʼzi hollarda optimallik belgisi sifatida quyidagi shart qabul qilinadi:

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial R}{\partial X_i} \right)^2 < b$$

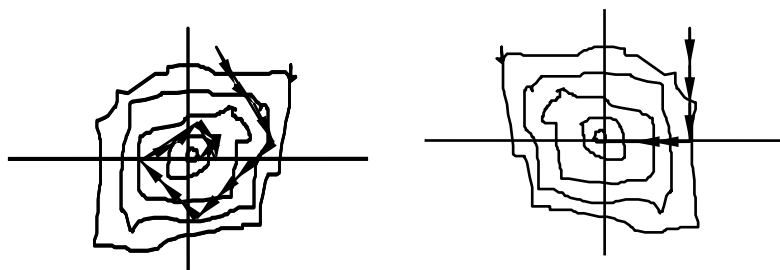
$b \rightarrow 0$ bulsa, bu nuqtada funksiya hosilasi nolga teng.

Boshlangʻich holatdan optimumga qarab harakatning grafik ifodasi quyidagi rasmda berilgan (33-rasm). qidiruv qadamini tugʻri qabul qilinishi, optimumga qarab yurish tezligini aniqlaydi. Agar qadam juda kichik boʻlsa, unda optimumni hisoblab topguncha, maqsad funksiyasini qiymatini juda koʻp marotaba hisoblash kerak buladi.. Agar qadam juda katta boʻlsa, unda optimum yaqinida «ivirsirash» boʻlib, optimumga qoʻyilgan shart boʻyicha yaqinlashish ancha qiyin buladi. Odatda, oʻq yoʻnalishi almashganda qadam qiymati oʻzgartirilib boriladi, yaʼni optimumga yaqinlashgan sari qidiruv qadami kamaytirib boriladi.



33-rasm.

Relaksatsiya usulini kamchiliklaridan biri, bu qidiruv vaqtini koordinatalar tizimsining orientatsiyasiga bog'liqligidir (34-rasm). O'qlarning bir-biriga nisbatan buralganligi bilan farqlanuvchi koordinatalar tizimsidagi maqsad funksiyasining bir xil qiymat chiziqlarini ko'raylik (34-rasm). Koordinata o'qlarining birinchi orientatsiyasida, 5-6 marta qidiruv o'q yo'nalishi hisoblab topilib, so'ngra ekstremum topiladi. Ikkinchi holatda 2 marta yo'nalish hisoblab topilib ekstremumga yetib kelindi.



34-rasm.

Agar o'zgaruvchilar o'zgarish oblastiga tengsizlik ko'rinishidagi cheklama qo'yilgan bo'lsa, unda optimumni qidirish shu cheklamaning hamma nuqtasiga kelganda to'xtab qoladi.

Xuddi shunday, qidiruvdagi qiyinchiliklarga maqsad funksiyasida mavjud «jarlik»lar sabab bo'lishi mumkin (lokal optimum). Bunda qidiruv shu «jarlik»larda to'xtab qoladi.

Gradient usuli.

Maqsad funksiyasining optimumini topishning bu usulida maqsad funksiyaning gradientidan foydalaniladi. Bunda qidiruv qadami maqsad funksiyasining eng tez o'zgaruvchi yo'nalishida qo'yiladi, bu esa albatta optimumni topish jarayonini tezlashtiradi.

qidiruvning birinchi bosqichida, hamma o'zgaruvchilar bo'yicha hosilalar hisoblab chiqilib, shu nuqtada funksiya gradientining qiymati va yo'nalishi topiladi. Ikkinchi bosqichida, agar maqsad funksiyasining minimumini qidirilayotgan bo'lsa, gradient yo'nalishiga teskari yo'nalishda qidirish qadami qo'yiladi, ya'ni funksiyaning eng tez kamayishi yo'nalishida.

qidirish qadamidan so'ng, hamma o'q yo'nalishlar bo'yicha parametrlarning qiymati o'zgaradi. Ya'ni, ulardan har biri gradient qiymatlaridagi hissasiga proporsional ravishda o'sadi.

Xuddi relaksatsiya usuliga o'xshab, hamma o'q yo'nalishlar bo'yicha hosilalar hisoblanadi, lekin bu usulda optimumga optimal yaqinlashib boriladi.

Gradient usuli algoritmini quyidagicha yozish mumkin:

$$X_j^{(k+1)} = X_j^{(k)} - h^{(k)} \frac{\frac{\partial K(x^{(k)})}{\partial x_j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial K(x^{(k)})}{\partial x_i}\right)^2}}$$

Ba'zi bir hollarda qidirish quyidagi algoritm bo'yicha amalga oshiriladi:

$$x_j^{(R+1)} = x_j^{(R)} - h^{(K)} \frac{\partial R(x^{(R)})}{\partial x_j}$$

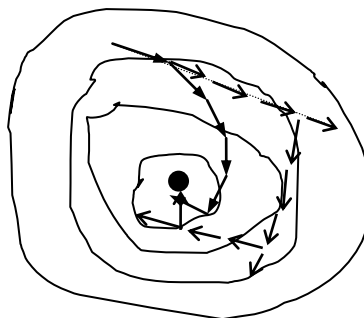
Bu yerda, qidirish qadami $\Delta x_j^{(R)}$

$$\Delta x_j^{(R)} = h^{(K)} \frac{\partial R(x^{(R)})}{\partial x_j};$$

Bu algoritm bo'yicha, qidirish qadami kattaligi funksiya gradienti absolyut qiymatini o'zgarish bo'yicha avtomatik o'zgarib boradi.

Bu usulda, har qadamdan so'ng maqsad funksiyasining xosilalari hamma o'q yo'nalishi bo'yicha aniqlanadi, ya'ni funksiya gradienti eng tez o'zgarish yo'nalishi aniqlanadi va shu yo'nalishda qidirish davom ettiriladi.

(35-rasmda —chizik bilan kursatilgan).



35-rasm.

Agar qidirish qadamining boshlang'ich qiymati kichik bo'lsa, unda maqsad funksiyasi xosilalarining juda ko'p marotaba hisoblashga to'g'ri keladi, aksincha, qadam katta bo'lsa, funksiya optimum atrofida qidirishda «ivirsilanish» (ro'skanie) bo'lishi mumkin.

Funksiya gradienti faqat qiymati hisoblangan nuqtaga ortogonal bo'lib, shuning uchun har qadamdan keyin funksiya gradienti yo'nalishi avvalgisidan farqli bo'ladi. Shuning uchun har qadamdan so'ng qidirish yo'nalishi hisoblangan funksiya gradienti yo'nalishi bo'yicha tanlanadi.

Optimumni qidirishni yakunlanganligini, maqsad funksiyasini qiymatlarini solishtirish bo'yicha aniqlanadi. Agar maqsad funksiyasi qiymati avvalgi qadamdagidan kichik bo'lsa (agar maqsad funksiyasining minimumi qidirilayotgan bo'lsa), unda qidiruv davom ettiriladi, agar teskari bo'lsa, unda qidiruv to'xtatiladi va olingan maqsad funksiyasining eng kichik qiymati qidirilayotgan optimum deb qabul qilinadi.

Kamchiligi: lokal optimumga «tortilish» xususiyatining borligi.

Optimumga tez tushish usuli.

Bu usulda relaksatsiya va gradient usullarining eng asosiy fikrlardan foydalaniladi. Boshlang'ich nuqtada optimallashtirilayotgan funksiyaning gradienti topilgandan so'ng, ya'ni funksiyaning eng tez o'zgaruvchi yo'nalishi, shu yo'nalishda qidiruv qadami qo'yiladi. Shu yo'nalishda qidiruv davom ettiriladi. So'ngra yana funksiya gradienti topiladi. Endi qidirish bu yangi gradient yo'nalishida davom ettiriladi. Bu yo'nalishda funksiya gradienti hisoblab topiladi va shu yo'nalishda qidiruv tashkil qilinadi va hokazo.

Optimum yaqinida gradient yo'nalishi juda tez o'zgara boshlaydi va bu usul gradient usuliga o'xshab ketadi. Chunki har yo'nalish bo'yicha optimum $1 \div 2$ qadamda topiladi.

35-rasmda optimumga tez tushish usuli ($\rightarrow$ chizig'i bilan ko'rsatilgan.

Optimumga tez tushish usulida gradient usuliga o'xshab, qidiruv yo'nalishi funksiya yuzasiga ortogonal bo'lib, koordinata tizimsi orientatsiyasiga bog'liq emas.

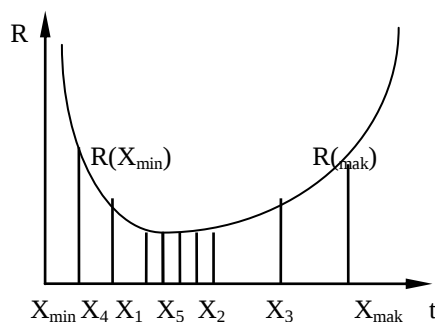
Determinlashgan qidiruvning nogradient usullari.

Nogradient usullarda maqsad funksiyasi optimumi hosilalarni tahlil qilib emas, balki optimallik kriteriysining navbatdagi qadamdagi qiymatini solishtirish yo'li bilan aniqlanadi.

Bir o'zgaruvchilik funksiya ekstremumini lokalizatsiyalash usuli.

Bir o'zgaruvchilik funksiya ekstremumini (a, v) intervalda topish kerak bo'lsin. Bu usulda masalani yechish uchun butun interval N bo'lakka bo'linadi (ko'pincha 4 bo'lakka). Hamma intervallar chegaralarida optimallik kriteriysining maqsad funksiyasi qiymatlarini hisoblab chiqilib, ularning ichidagi funksiyaning qidirilayotgan ekstremumiga mos, masalan, maqsad funksiyasining eng kichik qiymati topiladi. Masalan funksiyaning eng kichik qiymati $R(x_2)$ bo'lsin (36-rasm). qidiruv x_2 nuqtaga yondoshgan ikki intervalda davom ettiriladi (x_1, x_3).

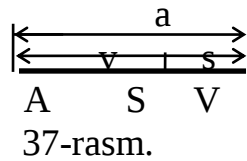
Funksiya ekstremumini qidirish uchun endi yangi interval tanlanadi (x_1, x_3). Funksiyaning yangi interval (x_1, x_3) chegaralardagi qiymati, oraliqdagi qiymatidan katta, ya'ni minimum (x_1, x_3) intervalda hisoblashgan (lokalizatsiyalangan) va bu interval razmeri boshlang'ich intervaldan 2 marta kichikdir. Bu yangi intervalni yana 4 bo'lakka bo'lib, bo'lak chegaralarida maqsad funksiyasining qiymatini hisoblab chiqilib, funksiya minimumini qidirish intervalini yanada kichraytirish mumkin (x_4, x_5). Bu hisoblash tartibini qaytarib, funksiya minimumini qidirish intervallarini kichraytirib borib, avval (x_6, x_7), so'ngra (x_8, x_9) intervallarda maqsad funksiyasining optimal qiymatini hisoblab topiladi va hokazo.



36-rasm.

«Oltin kesim» usuli.

Bu usul asosini geometrik nisbatlar qonuni, ya'ni oltin kesim tashkil qiladi. (37-rasm.)



Bu rasmda:

a- AV bo'lak uzunligi;

v- AS bo'lak uzunligi;

s- SV bo'lak uzunligi.

Bu bo'laklar uchun, $a/v = v/s$ nisbatlar tengligini yoki, $as = v^2$ deb yozish mumkin.

Bu bo'laklar 37-rasmda ko'ringanidek biri ikkinchisidan katta bulib, unda $s = a - v$. s- qiymatini avvalgi tenglamaga qo'yib, quyidagini olamiz:

$a(a - v) = v^2$ yoki, $v/a = k$ deb qabul qilib, quyidagini olamiz:

$$k^2 + k - 1 = 0$$

Bu kvadrat tenglamani yechib, k ning qiymatini topamiz:

$$k_{1,2} = \frac{-1 \pm \sqrt{1+4}}{2} = \frac{-1 \pm \sqrt{5}}{2};$$

$k > 0$ ni hisobga olib, $k = \frac{-1 + \sqrt{5}}{2} = 0,62$ ya'ni $v/a = 0,62$

Shu qonun asosida maqsad funksiyasining qiymati hisoblanish kerak bo'lgan nuqtalar topiladi. «Oltin kesim» usuli bo'yicha funksiya ekstremumini qidirish tartibi quyidagicha:

qidirish intervalida ($x_{\max} - x_{\min}$) keyingi ikki nuqta aniqlanadi (38-rasm):

$$x_1 = x_{\min} + k^2 * a$$

$$x_2 = x_{\min} + k * a$$

yoki, hisobni soddalashtirish maqsadida x_1 va x_2 larni topish strategiyasini, quyidagicha deb qabul qilsa bo'ladi.

$$x_1 = x_{\min} + 0,38 * (x_{\max} - x_{\min})$$

$$x_2 = x_{\max} - 0,38 * (x_{\max} - x_{\min})$$

$x_{\max}$, $x_{\min}$, x_1 , x_2 nuqtalarda maqsad funksiyasi qiymatlari hisoblab topilib, solishtiriladi va funkstya ekstremumi qaysi intervallarda lokalizatsiyalanganligini aniqlaymiz ($x_2 - x_{\min}$). Bu intervallarda ham ikki bir-biriga teng bo'lmagan intervallardan iborat. Endi funksiya qiymati aniqlanish kerak bo'lgan keyingi nuqta x_3 quyidagicha aniqlanadi:

$$x_3 = x_{\min} + 0,38 * (x_2 - x_{\min}).$$

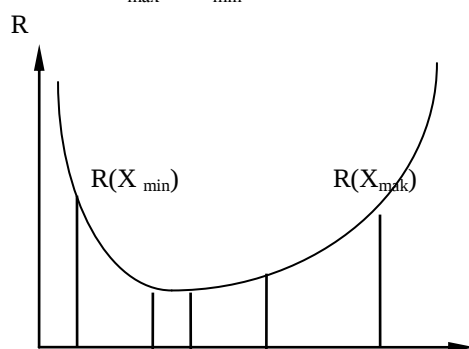
x_3 nuqtada funksiya qiymati $K(x_3)$ hisoblanib, keyingi qidiruv intervali ($x_2 - x_3$), aniqlanadi. Bu intervalda x_4 nuqta topilib, funksiya $R(x_4)$ qiymati hisoblanadi va hokazo ($R(x_5)$, $R(x_6)$, ...).

S-hisoblashdan so'ng funksiya ekstremumini topishdagi absolyut xatolik quyidagi tenglamadan hisoblash mumkin:

$$\Delta = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2} * \left(\frac{\sqrt{5} - 1}{2}\right)^{S-3};$$

Sq21 bo'lganda,

$$\frac{\Delta}{x_{\max} - x_{\min}} = 0,9 * 10^{-4};$$



38-rasm. «Oltin kesim» usuli.

Fibonachchi sonlaridan foydalanib, funksiya ekstremumini topish usuli.

Fibonachchi sonlari ketma-ketligi rekkurent ifoda orqali aniqlanadi:

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2};$$

$$F_0 = F_1 = 1, \text{ deb qabul qilingan.}$$

Bunda,

$$F_2 = F_1 + F_0 = 1 + 1 = 2; \quad F_3 = F_2 + F_1 = 2 + 1 = 3 \text{ va hokazo.}$$

Fibonachchi sonlari qatori quyidagi jadvalda berilgan:

S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	...
Fs	1	2	3	5	8	13	21	34	55	89	144	233	377	610	987	1597	...

Bu usul bilan ekstremumni qidirishda absolyut xatolik Δ ,

$$\Delta = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{F_S}$$

Fs- Fibonachchi sonlari qatoridagi S-qiymati.

Ekstremumni qidirish tartibi:

1. Berilgan hisoblash aniqligi Δ bo'yicha yordamchi kattalik hisoblanadi.

$$Nq \frac{x_{\max} - x_{\min}}{\Delta}$$

2. quyidagi shart bo'yicha Fibonachchi soni Fs aniqlanadi.

$$F_{s-1} < N \leq F_s$$

3. Eng kichik qidirish qadami aniqlanadi.

$$H_{\min} = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{F_S}$$

4. Maqsad funksiyasining (R) qiymati quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanadigan nuqtada hisoblanadi (39-rasm).

$$X_2 = x_{\min} + h_{\min} * F_{S-3}$$

5. Maqsad funksiyasining (R) qiymati quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanadigan nuqtada hisoblanadi.

$$x_2 = x_1 + h_{\min} * F_{S-3}$$

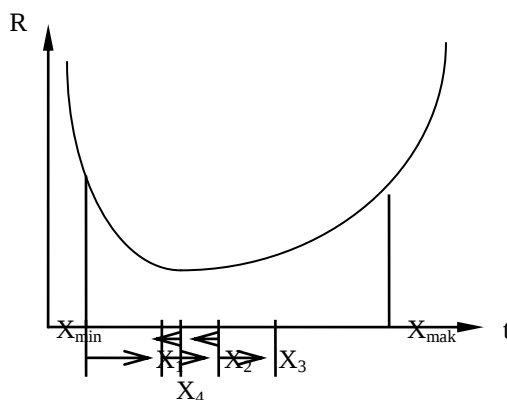
6. Agar hisoblash qadami muvaffaqiyatli bo'lsa, ya'ni, $R(x_2) < R(x_1)$, unda maqsad funksiyasining (R) qiymati quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanadigan nuqtada hisoblanadi.

$$x_3 = x_2 + h_{\min} * F_{S-4}$$

Agar, hisoblash qadami muvaffaqiyatsiz bo'lsa, ya'ni, $R(x_2) > R(x_1)$, unda x_3 quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$x_4 = x_1 - h_{\min} * F_{S-5}$$

Bu hisoblash strategiyasi hamma Fibonachchi sonlari kamayib, ishlatilib bo'lguncha davom ettiriladi.



39-rasm.

O'zgaruvchilarni ketma-ket o'zgartirish usuli. (Gauss-Zeydel usuli)

Bu usul relaksatsiya usuliga o'xshaydi. Relaksatsiya usulida, qidirish funksiyaning eng tez o'zgaruvchi o'q yo'nalishida amalga oshirilsa, bu usulda qidirish ixtiyoriy yo'nalishda amalga oshiriladi. Shu yo'nalishda parametr qiymatini o'zgartirib borib, maqsad funksiyasining shu yo'nalishdagi eng yaxshi qiymati (funksiya ekstremumi) topiladi. So'ngra qidiruv keyingi o'q yo'nalishida davom ettiriladi. Bu yo'nalishda funksiya ekstremumi topilib, qidiruv yana yangi yo'nalishda davom ettiriladi va hokazo.

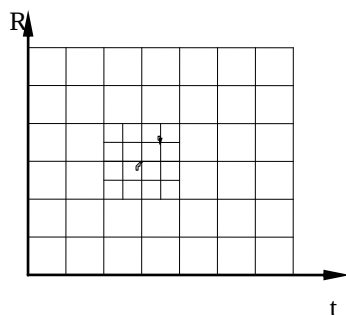
Har bir yoʻnalishda ekstremumni qidirish strategiyasi har xil boʻlishi mumkin. Masalan, «oltin kesim» usuli, Fibonachchi sonlari usuli va hokazo.

Skanirlash usuli.

Bu usul boʻyicha optimallik kriteriysining maqsad funksiyasi qiymatlarini qiymatlar oʻzgarishi mumkin boʻlim oblastlarida, ketma-ket koʻp nuqtalarda hisoblab chiqilib, ular ichida maqsad funksiyasining eng yaxshisini (optimumi) aniqlanadi.

Bir tomondan bu global optimumni hisoblab topish imkoniyatini bersa, ikkinchidan, bu hisoblashlar sonining juda koʻpayib ketishiga olib keladi.

Hisoblashlar sonini kamaytirish uchun, qidiruv qadamlar boshlanib, global optimum joylashgan oblast aniqlanadi (lokallaniladi), soʻngra qidiruv kichik qadam bilan davom ettiriladi (40-rasm). Bu qidiruv strategiyasi hisoblashlar sonini qisqartishlarga olib keladi.



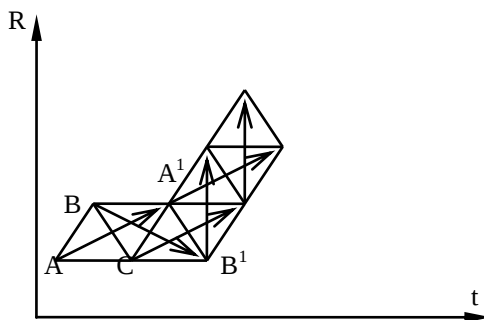
40-rasm.

Simpleks usuli.

Bu usul boʻyicha, simpleks deb ataladigan koʻp qirra choʻqqilarida maqsad funksiya qiymatlari hisoblab chiqilib, optimallik kriteriysining eng tez oʻzgarishini taʼminlaydigan qidirish qadami yoʻnalishi aniqlanadi. Agar qidiruv 2 oʻlchamli koordinata tizimsida olib borilayotgan boʻlsa, unda simpleks-uchburchak, 3-oʻlchamli koordinata tizimsida esa 4 qirrali piramida boʻladi.

Simpleks choʻqqilarining hammasida maqsad funksiyasining qiymati hisoblaniladi va uning eng katta qiymatiga mos keladigan choʻqqi aniqlanadi.

Shu choʻqqidan (masalan, A choʻqqi, 41-rasm), VS tomon oʻrtasidan (O nuqta orqali) oʻtuvchi AA' qidirish qadami qoʻyiladi. Bunda $AO=OA'$; Topilgan A' nuqtada maqsad funksiyasi qiymati hisoblanib, V va S nuqtalardagi funksiya qiymatlari bilan solishtiriladi. Yana, maqsad funksiyasi eng katta qiymatga ega boʻlgan choʻqqidan (S) qidiruv qadami qoʻyiladi va hokazo (41 -rasm). Optimum yaqinida qidiruv «sikllanib» qolishi mumkin, bunda qidirish qadami kichraytirilib, optimumni qidirish davom ettiriladi.



41-rasm.

Tayanch soʻz va iboralar

1. Optimallashtirish - eng yaxshi shart sharoitlarni aniqlash;
2. Optimallik kriteriysi - jarayonning eng yaxshi shart sharoitlarini belgilovchi koʻrsatkich;
3. Tizimni boshkarish taʼsirlari - texnologik jarayonni boshqarishda taʼsir kursatuvchi taʼsir kanallari;
5. TJ ni effektivlik kursatkichlari - TJ ni effektiv ishlayotganini koʻrsatuvchi koʻrsatkichlar;
6. Tannarx - maxsulotni ishlab chiqarishga ketgan xarajatlar yigʻindisi;
7. Foyda - tovar baxosidan unga sarflangan xarajatlarni ayirmasi;
8. Optimallik kriteriysining maqsad funksiyasi - optimallik kriteriysining texnologik parametrlar orqali ifodalangan funksiya;
9. Uzgaruvchilarga kuyilgan cheklamalar - texnologiyadagi oʻzgaruvchilarning oʻzgarish chegaralarini belgilovchi koʻrsatkich;
10. Maqsad funksiyasini geometrik interpretatsiyasi - maqsad funksiyasini koordinata tizimida koʻrinishi;
11. p-ulchamli - maqsad funksiyasi p-ta texnologik parametrdan bogʻliq;
12. Kidirish kadami - optimumni qidirishda texnologik parametrlarni oʻzgarish miqdori;
13. Gradient usuli - funksiya gradienti, yaʼni funksiyaning eng tez oʻzgarish yoʻnalishi aniqlanadi va shu yoʻnalishda qidirish tashkil qilinadi;
14. Funksiyani eng tez uzgarish yunalishi - xamma oʻq yoʻnalishlar boʻyicha funksiya xosilasi xisoblanib ularning vektor yigʻindisi - funksiya gradienti aniqlanadi. U funksiyaning eng tez oʻzgarish yoʻnalishini belgilaydi;
15. Fibonachchi sonlaridan foydalanib kidirish usuli - Fibonachchi sonlari qatoridan foydalangan xolda funksiya optimumi topiladi.

Nazorat savollari

1. Optimallashtirish nima?
2. Optimallashtirish kriteriysi va uning maqsad funksiyasi nima?
3. qanday optimallik kriteriylarini bilasiz?
4. Tannarx optimallik kriteriysi qanday kamchilikga ega?
5. Optimallashtirishning relaksatsiya usulida optimumni qidirish strategiyasi qanday?
6. Gradient usulidachi?
7. Nogradient usullardan qaysilarini bilasiz va ularda optimumni qidirish strategiyasi qanday?

Adabiyotlar

1. Kafarov V.V. Metodoʻ kibernetiki v ximii i ximicheskoy texnologii M.; Ximiya, 1985. 448s.
2. Zakgeym A.Yu. Vvedenie v modelirovanie ximiko-texnologicheskix protsessov. M. Ximiya. 1982.
3. Frenks R. Matematicheskoe modelirovanie v ximicheskoy texnologii. Perev. s angl. M. Ximiya, 1971.

4. Yunusov I.I., Artikov A.A., Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat texnologiyasida EHM ni qo'llash Toshkent: TKTI, «NISIM». 2001.148 b.
5. Matematicheskoe modelirovanie i metodo' sinteza gibkix ximicheskix proizvodstv. www.muctr.cdu.ru.
6. Modelirovanie i optimizatsiya texnologicheskix protsessov i oborudovaniya. www.tsti.ru.
7. Dvoretzkiy S.I., Yegorov A.F., Dvoretzkiy D.S. Kompyuternoe modelirovanie i optimizatsiya texnologicheskix protsessov i oborudovaniya. Tambov. TGTU, 2003.- 224 s.
8. CHernorutskiy I.G. Optimizatsiya v teorii upravleniya. S-Peterburg, «Izdatelskiy dom Piter», 2003. -256 s.

MUNDARIJA

	bet
1-MA'RUZA	5
Fanni o'qitishdan maqsad va uning vazifasi	5
KIRISH	7
Kimyo va oziq-ovqat texnologik tizimlari	7
Ishlab chiqarish korxonasining ierarxik tuzilishi	9
Texnologik jarayonlari	10
2 – MA'RUZA	12
Texnologik tizimlarini tahlil qilish sintez qilish va optimallashtirish	12
EHM ni texnologik jarayonlari va tizimlarini tadqiq qilishda qo'llash	13
Matematik modellashtirish	13
Matematik modelni qurish	13
Mazmuniy ifodani tuzish	14
Matematik ifodani tuzish	14
Matematik model tenglamalar tizimining tasnifi	15
Modellashtirish algoritmi	15
3 - MA'RUZA	18
Eksperimental statistik modellashtirish usuli	18
CHiziqli regressiya	20
Regression taxlil	24
4 – MA'RUZA	27
Parabolik regressiya	27
Transsendent regressiya	27
Korrelyasion tahlil	28
Kurilmalardagi okimlar tuzilishining	28
tipik matematik modellari	
Ideal siqib chiqarish modeli	29
Ideal aralashtirish modeli	30
Diffuzion modellar	31
Yacheykali model	33
Kombinatsiyali modellar	33
5-MA'RUZA	37
Modellashtirishga misollar	37
Gidravlik idishni modellashtirish	37
Isitgichni modellashtirish	31
6-MA'RUZA	44
Trubasimon isitgichni modellashtirish	44
Kimyoviy reaktorlarni modellashtirish	47
Kimyoviy kinetika asoslari	47
Davriy kimyoviy reaktorlarni modellashtirish	48
	48
7-MA'RUZA	
Trubasimon kimyoviy reaktorlarni modellashtirish	51

Texnologik jarayonlar va tizimlarini hisoblash eksperimenti o'tkazish yo'li bilan o'rganish.	51
Hisoblash eksperimenti to'g'risida tushuncha.	55
Texnologik jarayonlarni tahlil qilish vazifalari	55
XE ni tashkil qilish. Hisoblash-texnologik eksperimenti-HTE.	58
8-MA'RUZA	59
Kimyo va oziq-ovqat texnologik jarayonlar va tizimlarini optimallashtirish.	59
Asosiy tushunchalar va ta'riflar	
Texnologik jarayonlarining samaradorlik ko'rsatkichlari	59
Optimallik kriteriysining turlari	60
Optimallashtirish masalalarini yechish usullari.	60
Maqsad funksiyasi. Chiziqsiz dasturlash usullari. Gradient usullari.	63
Relaksatsiya usuli. Gradient usuli. Optimumga tez tushish usuli.	
Determinlashgan qidiruvning nogradient usullari.	
Bir o'zgaruvchilik funksiya ekstremumini lokalizatsiyalash usuli.	70
«Oltin kesim» usuli.	71
O'zgaruvchilarni ketma-ket o'zgartirish usuli(Gauss-Zeydel usuli).	73
Skanirlash usuli. Simpleks usuli.	74
Mundarija	77

