

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

QARSHI MUHANDISLIK – I QTISODIYOT INSTITUTI

**“TEXNOLOGIK JARAYONLARNI AVTOMATLASHTIRISH
VA BOSHQARUV” KAFEDRASI**

**5321400 – Neft-gaz kimyo sanoati texnologiyasi, 5321300 - Neft va neft –
gazni qayta ishlash texnologiyasi ta’lim yo‘nalishlarida tahsil olayotgan III
kurs talabalari uchun**

**“TEXNOLOGIK JARAYONLARNI MODELLASHTIRISH”
fanidan laboratoriya mashg‘ulotlarini bajarish uchun**

USLUBIY KO‘RSATMA



QARSHI-2022

“Texnologik jarayonlarni modellashtirish” fanidan laboratoriya ishlarni bajarish bo’yicha uslubiy ko’rsatma /Qarshi muhandislik–iqtisodiyot instituti /Qarshi, 2022, 49 b.

Tuzuvchilar:

S.B.Eshqobilov – TJA va B kafedrası assistenti

Taqrizchilar:

O.Shukurova - TIQXMMI Milliy tadqiqot universitetining Qarshi irrigatsiya va agrotexnologiyalar instituti “Umumtexnika fanlari” kafedrası dotsenti
A.X. Jurayev- Qn mMI “Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va boshqaruv” kafedrası katta o’qituvchisi

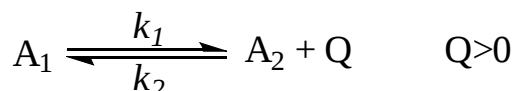
Uslubiy ko’rsatma kunduzgi bo‘lim, 5321400 – Neft-gaz kimyo sanoati texnologiyasi, 5321300 - Neft va neft –gazni qayta ishlash texnologiyasi ta’lim yo’nalishining 3-kurs (5-semestr) talabalariga mo’ljallangan.

Mazkur uslubiy ko’rsatmada « Texnologik jarayonlarni modellashtirish» fanidan texnologik jarayonlarda qo’llaniladigan modellashtirish usullaridan masalalar yechish haqida ma’lumotlarga ega bo’ladi.

Ushbu uslubiy ko’rsatma “Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va boshqaruv” kafedrasining 2022 yil _____ dagi ____- sonli, “Elektronika va avtomatika” fakulteti Uslubiy komissiyasining 2022 yil _____ dagi ____- sonli, institut Uslubiy Kengashining 2022 yil _____ dagi ____- sonli yig’ilishlarida ko’rib chiqilib tasdiqlangan va o’quv jarayonida foydalanishga tavsiya etilgan.

Ideal siqib chiqarish reaktoridagi harorat rejimini optimallashtirish.**1.1. Tadqiqot ob'ekti va eksperiment.**

Ideal siljish modeli bilan tavsiflanishi mumkin bo'lgan apparatda A1 moddasining A2 moddasiga aylanish reaksiyasi qaytariladigan ekzotermik reaksiya, A1 bo'yicha birinchi darajali to'g'ridan-to'g'ri reaksiya sodir bo'ladi, teskari-A2 tomonidan:



Reaksiya zonasidagi harorat issiqlik uzatish yuzasi bilan issiqlik almashinuvi bilan tartibga solinadi, uning harorati T_p apparat uzunligi bo'ylab doimiy deb hisoblanishi mumkin, shuningdek harorat T_0 apparatga kiritilgan suyuqlik. Ushbu ishda harorat Selsiy darajasida o'rnatiladi. Shunday qilib, bizning ixtiyorimizda jarayonga ta'sir qiluvchi ikkita omil mavjud: T_0 va T_p . Jarayonning qolgan parametrlari (ikkala bosqich uchun Arrhenius tenglamasining parametrlari, reaksiyaning davomiyligi 10 s, issiqlik almashinuvining o'ziga xos yuzasi f , C_T ning issiqlik sig'imi va issiqlik uzatish ko'effitsienti α) har bir variant uchun berilgan va hisoblash dasturiga kiritilgan.

Kirish harorati va sirt harorati qiymatlarining bunday kombinatsiyasini topish kerak, bunda reaktivning konversiya darajasi (bu reaksiya uchun mahsulot rentabelligiga teng) maksimal bo'ladi. Bunday holda, cheklovga rioya qilish kerak: qurilmaning biron bir nuqtasida harorat 110°C (383 K) dan oshmasligi kerak. Ushbu haroratda erituvchi qaynatiladi, bu jarayonning normal jarayonini buzadi.

T_0 va T_p ning ikkala nazorat harorati 20 dan 110°C (293-383 K) gacha o'zgarishi mumkin. Shuni ta'kidlash kerakki, ko'rib chiqilayotgan jarayonda hosildorlikning 0,1% ga o'sishi sezilarli ta'sir ko'rsatadi va natija iloji boricha bo'yin bo'lishi maqsadga muvofiqdir.

Jarayonning matematik tavsifi (modeli), reaksiya ideal siljish apparatida amalga oshirilishini hisobga olgan holda, reaktivlar va harorat kontsentratsiyasining vaqt o'zgarishini tavsiflovchi tenglamalardan iborat:

$$\frac{dc_1}{dt} = -k_{01}e^{-\frac{E_1}{RT}}c_1 + k_{02}e^{-\frac{E_2}{RT}}c_2 \quad (1.1)$$

$$c_2 = c_{01} - c_1 \quad (1.2)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{E_2 - E_1}{\rho C_T} \left(-\frac{dc_1}{dt} \right) - \frac{\alpha f_T}{\rho C_T} (T - T_{II}) \quad (1.3)$$

$$t=0 \text{ da dastlabki shartlar bilan: } c_1=c_{01}, T=T_0 \quad (1.4)$$

Ushbu tizim chiziqli bo'lmagan differentsial tenglamalar tizimidir va uning aniq (analitik) echimi mumkin emas. Kirish harorati va devor haroratining berilgan qiymatlari uchun echim kompyuterda 0 dan 10 gacha bo'lgan vaqt oralig'ida raqamli meto-uy bilan amalga oshiriladi.

Optimal pozitsiyani aniqlash uchun tizimning javobining (A_2 mahsulotining chiqishi) kirish parametrlariga (T_0 va T_P) bog'liqligini tekshirish kerak.

Optimal qidirish, ya'ni. T_0 va T_P qiymatlarini belgilash tartibi, siz o'zingizning bilimingiz va muhandislik sezgi asosida amalga oshirasiz. Kelajakda, optimallashtirish masalalarini o'rganib chiqqandan so'ng, siz o'qituvchi bilan optimallashtirishga yaqinlashish tartibi nazariy jihatdan ishlab chiqilgan optimallashtirish sxemalariga qanchalik mos kelishini muhokama qilishingiz mumkin. Har bir tajribada siz aralashmaning kirish harorati va reaktor devorining harorati qiymatlarini kiritasiz. Shundan so'ng, ekranda reaktor ichidagi aralashmaning harorati yashash vaqtiga bog'liqligi ko'rsatiladi. Vaqt aralashmaning mashinaga kirgan paytidan boshlab hisoblanadi (har soniyada 10 ball). Qaramlik jadval va unga mos keladigan jadval shaklida ko'rsatiladi. Agar biron bir nuqtada harorat chegaradan oshsa (110°C), hisob to'xtatiladi va mashina haddan tashqari issiqlik haqida signal beradi. Hammasi bo'lib siz 10 ta rejimni o'rnatishingiz mumkin.

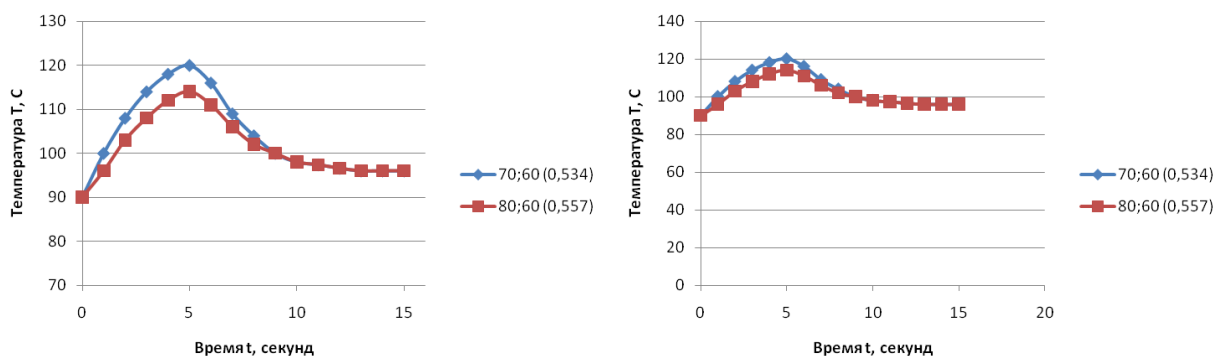
№ T/R	Haroratni vaqt bo'yicha taqsimlash													Chiqish
	T_0	T_P	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

1.2. Tajriba natijalarini qayta ishlash.

Ish jarayonida siz ikkita grafik yaratasisiz. Ulardan biri vaqt o'tishi bilan haroratning o'zgarishi. Ushbu grafikda simulyatsiya qilingan rejimlarga mos keladigan 10 ta egri chiziq mavjud. Ikkinchi grafik T_0 - T_P koordinatalarida tuzilgan. Ushbu grafikdagi har bir nuqta simulyatsiya qilingan rejimlardan biridir. Hammasi bo'lib, grafikda 10 ball olinadi. Har bir nuqta yonida uning raqamini va ushbu rejimda olingan konversiya darajasining qiymatini yozish tavsiya etiladi (yoki qizib ketishni belgilang). Ushbu grafik parametrlar maydonida optimallikka o'tish xususiyatini ko'rsatadi. Grafiklarni tuzishda quyidagilarni hisobga olish kerak (bu nafaqat ushbu ish uchun, balki umuman har qanday jadval uchun ham amal qiladi, bu sizga kerak bo'ladi):

1. Grafiklarning o'qlari imzolanishi kerak, ular ma'lum bir o'q bo'ylab qaysi qiymat yotqizilganligini va qaysi birliklarda o'lchanganligini ko'rsatishi kerak. Agar grafik shu erda berilgan raqamli ma'lumotlar asosida tuzilgan bo'lsa (bizning holatlarimizda bo'lgani kabi), barcha ishlarda va jadvallarda jismoniy lichinkalar uchun bir xil belgilardan foydalaning, haroratni t , t va boshqalarni belgilamang.

2. O'qlarning ko'lami va belgilanishi olingan qiymatlarni hisobga olgan holda tanlanadi. Agar sizning barcha haroratingiz 60 darajadan yuqori bo'lsa, 60-nuqtada boshlang'ichni qo'yish mantiqan to'g'ri keladi. Quyidagi rasmda bir xil grafikalar mavjud, ammo turli xil boshlang'ich tanlovlari mavjud. Ko'rib turganingizdek, birinchi grafikni tahlil qilish ancha oson – egri chiziqning tabiati yorqinroq, ikkita egri chiziqdagi farqlar yaxshiroq ko'rinadi. Ikkinchisi, aksincha, tahlilni qiyinlashtiradi-faqat ikkita egri chiziq bilan, agar 10 bo'lsa?



1.1-rasm. Reaksiya aralashmasining harorati "aralashmaning harorati-sirt harorati" ning har xil boshlang'ich sharoitlari uchun ideal siljish reaktorigagi sinov vaqtiga bog'liqligi (egri chiziqlar mos keladigan juft sonlar bilan ko'rsatilgan, chiqish qiymatlari qavs ichida berilgan)

3. Grafadagi har bir egri chiziq aniq belgilanishi kerak, ayniqsa bir nechta bo'lsa, ularni osongina ajratib olish mumkin. Bizning ishimizda siz egri chiziqlarni tegishli ekspozitsiya raqamlari bilan belgilashingiz mumkin, ammo undan ham yaxshiroq – "aralashmaning harorati – sirt harorati" juft raqamlari (yoki aksincha; qanday bo'lmasin, bu yuqorida ko'rsatilganidek, imzoda ko'rsatilishi kerak) – bu erda sizning ishingizni o'qiyotgan kishi ham, o'zingiz ham 5 va 8-eksperimentlarda qanday sharoitlar borligini aniqlash uchun jadvalga doimiy ravishda qarashingiz shart emas. va hokazo. Albatta, bu usul mos emas, agar eksperimentlarda bir vaqtning o'zida turli xil sharoitlar o'zgarib tursa, ishlatilgan reaktorgacha – keyin raqamli yoki alfavit konventsionalari kiritiladi.

Ushbu ishda, shuningdek, har bir egri chiziqqa mos keladigan chiqish qiymatlarini imzolash tavsiya etiladi-grafik 1.1 a-rasmga o'xshash shaklga ega bo'ladi. Grafik ostidagi imzo uzoq tuyulishi mumkin – ammo bu butun eksperimental qismni qazib olish va unga qaytishdan keyingi ehtiyojni bartaraf etishini hisobga olsak, bunga arziydi.

1.3. Natijalarni muhokama qilish.

Hisobot yozish. Tadqiqotchining har qanday hisoboti, shuningdek maqola, malaka ishi, dissertatsiya ham yozuvchi, ham o'quvchi uchun hayotni osonlashtiradigan umumiy tuzilishga ega. Ushbu asarlar har doim kirish (maqsad va vazifa), nazariy qism, eksperimental qism, natijalar va xulosalarni muhokama qilishdan iborat.

Ishning maqsadi va vazifasi. Maqsadni belgilashda va muammoni belgilashda yuqorida aytib o'tilgan printsipga amal qilish kerak: maqsad nima qilishni xohlayotganimiz haqidagi savolga javob beradi; vazifa qanday. Boshqacha qilib aytganda, maqsad kerakli natijani tavsiflaydi, vazifa unga olib boradigan jarayondir.

Nazariy qism o'rganilayotgan tizimning haqiqiy modelini qurishni o'z ichiga oladi. Bu erda ba'zi kirish parametrlari o'rnatiladi (vaqt chegaralari, mavzular, reaksiyalar tizimi) va model yaratiladi (yoziladi)-bizning slu – cha-da, ideal joy almashtirish reaktoridagi jarayonning protez jarayonini tavsiflovchi chiziqli bo'lmagan differentsial tenglamalar tizimi.

Eksperimental qism. Ushbu qism eksperimental texnikani tavsiflaydi va olingan ma'lumotlarni taqdim etadi. Eksperimental metodologiya shaxsiy kompyuter bilan ishlash usullarining tavsifini o'z ichiga olmaydi, faqat ishlatilgan dasturni ko'rsatishi kerak. Keyinchalik, eksperimental ma'lumotlar jadvallari va ular asosida olingan grafikalar berilishi kerak.

Natijalarni muhokama qilish 1-laboratoriya ishi bir nechta asosiy fikrlarga bo'linadi.

1. Haroratni taqsimlash egri chiziqlari nima uchun paydo bo'lganligini, qanday qilib va nima uchun ular qiymatlarga bog'liqligini bilib olishingiz kerak T_0 va T_p . Harorat taqsimotining turi va natijasi o'rtasidagi bog'liqlikni o'rnatishga harakat qiling va uni nazariy nuqtai nazardan tushuntiring.

2. Nima uchun bu yo'l bilan optimalga o'tganingizni va tahlildan keyin optimalni qaerdan qidirishni boshlaganingizni, agar siz uzoq umr ko'rsangiz, qidiruvni amalga oshirganingizni va hokazolarni shakllantirish tavsiya etiladi.

3. Olingan egri chiziqlar turini hisobga olgan holda tanlangan shartlarga qo'yilgan cheklovlarni ko'rsating va nihoyat maqbul rejimni tanlash bo'yicha tavsiyalarni shakllantiring.

Xulosa bu munozarada keltirilgan natijalarning qisqacha umumlashtirilishi bo'lishi kerak, ammo bu bo'limning takrorlanishi emas.

Tajriba natijalari asosida kimyoviy reaksiya kinetik xarakteristikalarini olish**2.1. Tadqiqot ob'ekti va eksperiment.**

Ishning maqsadi. Kichik miqdordagi tajribalarni o'tkazgandan so'ng, dastlabki ma'lumotlarni oling va ulardan murakkab reaksiyaning har bir bosqichi uchun Arrhenius tenglamasining parametrlarini hisoblang. Bu sizga ushbu reaksiyaning jarayonini har xil haroratda yanada modellashtirishga imkon beradi. Arrhenius tenglamasi reaksiya tezligi konstantasini harorat bilan bog'laydi:

$$k = k_0 e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (2.1)$$

bu yerda k_0 - preeksponensial omil (preeksponent), E_a – faollashtirish energiyasi, R – universal gaz doimiysi.

O'rganilayotgan reaksiyaning quyidagi xususiyatlarini hisobga olish kerak. Uning barcha bosqichlari bosqichlarning stoxiometriyasidan qat'i nazar, birinchi tartibdir (bu ob'ektni hisoblash va tahlil qilishni soddalashtirish uchun qabul qilinadi va amalda ushbu ish tsiklining ma'nosiga ta'sir qilmaydi). Hisoblash qulayligi uchun 2-ishdagi reaksiya ideal aralashtirish apparatida amalga oshiriladi deb qabul qilinadi. Buni dastlabki ma'lumotni kiritishda hisobga olish kerak-Programm hisoblangan hujayra modelining bosqichlari (hujayralari) soni.

Raqamli eksperimentni o'tkazish uchun reaktorda harorat va o'rtacha yashash vaqti belgilanadi, tajriba natijasi reaktor chiqishidagi barcha moddalarning konsentratsiyasidir. Siz shartlarni shunday belgilashingiz kerakki, tajriba natijalariga ko'ra reaksiyaning har bir bosqichi uchun faollashuv energiyalari va eksponentgacha ko'payish qiymatlarini aniqlang. Buning uchun har xil haroratda bir qator tajribalar o'tkazish kerak. Arrhenius tenglamasiga muvofiq aktivizatsiya energiyasini va preeksponentlarni hisoblash uchun seriyaning minimal hajmi ikkita tajriba bo'lib, iloji boricha ikki xil haroratda (ma'lum bir intervalning chekkalari bo'ylab mumkin). O'rtacha yashash vaqtining qiymati tezlik konstantalariga ta'sir qilmaydi va har qanday darajada berilishi mumkin. Hisoblashning etarlicha aniqligini ta'minlash uchun tajribalar natijasida olingan konsentratsiyalar etarlicha muhim raqamlarga ega bo'lishini ta'minlash kerak. Agar muhim raqamlar ozligini ko'rsangiz (uchtadan kam), yashash vaqtini o'zgartirishingiz mumkin. Biz yuqori haroratda qisqa vaqtni olishni tavsiya qilishimiz mumkin va aksincha, bu holda ko'rib chiqilayotgan ikkita tajribada transformatsiyaning yaqin chuqurligi ta'minlanadi.

Tajriba natijalari turlar jadvalida umumlashtiriladi:

N	T	t	c_1	c_2	c_3	c_4

2.2. Tajriba natijalarini qayta ishlash.

Eksperiment natijalarini qayta ishlash reaktorning matematik tavsifi tenglamalari tizimini echishdan boshlanadi, bu ikki haroratda reaksiyaning barcha bosqichlarining tezlik konstantalari qiymatlarini aniqlash uchun, hisoblashning birinchi bosqichida siz shartlar uchun berilgan reaksiyaning matematik tavsifi tenglamalarini yozishingiz kerak: oqim ideal aralash, rejim statsionar. Matematik tavsif standart shaklda yozilgan:

$$\frac{1}{t}(c_{0i} - c_i) + r_i = 0 \quad (2.4)$$

$$i = 1..n$$

bu erda: i – moddaning raqami, t – o'rtacha yashash vaqti, c_{0i} , c_i – reaktorning kirish va chiqishidagi i -moddaning konsentratsiyasi, r_i – i -moddaning reaksiya tezligi.

Tenglamalar soni reaksiyada ishtirok etadigan moddalar soniga teng (to'rtta). Agar endi tajribalarning har biri uchun ushbu tenglamalarga t va konsentratsiyalar qiymatlarini almashtirsak - dastlabki ma'lumotlar jadvalida berilgan boshlang'ich va tajribada olingan yakuniy-tenglamalar faqat uchta noaniqlikni o'z ichiga oladi: uch bosqichning tezlik konstantalari. Ularni hisoblashda to'rtta tenglamadan birini chiqarib tashlash mumkin. (E'tibor bering, dastlabki ma'lumotlar faqat birinchi komponentning boshlang'ich konsentratsiyasini beradi; boshqa moddalarning dastlabki konsentratsiyasi 0 ga teng deb hisoblanadi).

Hisoblashning ushbu bosqichi natijasida siz k_1 , k_2 va k_3 , tezlik konstantalarining qiymatlarini olasiz, ularni jadvalga kiritish maqsadga muvofiqdir:

T, K	k_1	k_2	k_3

Keyin siz hisoblashning ikkinchi bosqichiga o'tasiz. Arrhenius tenglamasining parametrlarini hisoblash uchun bu tenglama chiziqli shaklga keltiriladi:

$$\ln k_j = \ln k_{0j} - \frac{E_j}{RT} \quad (2.5)$$

(2.5) tenglama ikki harorat uchun yoziladi:

$$\ln k_j^{T_1} = \ln k_{0j} - \frac{E_j}{RT_1}$$

$$\ln k_j^{T_2} = \ln k_{0j} - \frac{E_j}{RT_2}$$

Birinchi tenglamadan ikkinchisini olib, biz olamiz:

$$\ln k_j^{T_1} - \ln k_j^{T_2} = \frac{E_j}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\ln \frac{k_j^{T_1}}{k_j^{T_2}} = \frac{E_j}{R} \left(\frac{T_1 - T_2}{T_2 T_1} \right)$$

Nihoyat:

$$E_j = \frac{RT_1 T_2 \ln \frac{k_j^{T_2}}{k_j^{T_1}}}{T_2 - T_1}, \quad k_j^0 = k_j^{T_1} e^{\frac{E_a}{RT_1}}$$

Shuni yodda tutish kerakki, barcha oraliq hisob-kitoblar iloji boricha aniqroq bajarilishi kerak, aks holda parametrlarni hisoblashda xato qabul qilinmasligi mumkin.

Reaktsiyaning barcha bosqichlari uchun aktivizatsiya va preeksponent energiyasini hisoblash va hisoblashning to'g'riligini tekshirish orqali siz tsiklning keyingi ishlari uchun barcha dastlabki ma'lumotlarga egasiz.

2.3. 2-laboratoriya natijalarini muhokama qilish.

Ishning maqsadi va vazifasi, eksperimentning nazariy qismi va qismi yuqorida aytib o'tilganidek tasvirlangan. E'tibor bering, tajriba qismida ish paytida olingan barcha ma'lumotlar va tajriba shartlari berilishi kerak. Keyinchalik, alohida jadvalda hisoblash uchun ikkita tajriba ko'rsatilishi kerak (ularni tanlash asoslari natijalarni muhokama qilishda keltirilgan), so'ngra hisob-kitoblarning o'zi arrhenius tenglamalari parametrlarining olingan qiymatlarini jadvalga majburiy ravishda kiritish bilan, keyinchalik muhokama qilinadi.

2-laboratoriya ishining natijalarini muhokama qilishda (Arrhenius tenglamasining parametrlarini hisoblash) quyidagi mos yozuvlar nuqtalarini ajratish mumkin.

1. Tajribalar uchun shartlarni tanlash barcha konsentratsiyalarda muhim raqamlarning maksimal sonini olish uchun. Konsentratsiyani o'lchashning analitik usullarining aksariyati ularni o'lchashda ma'lum bir mutlaq xatoni beradi, nisbiy xato esa, albatta, o'lchangan qiymatning qiymatiga bog'liq bo'ladi. Masalan, agar usul konsentratsiyani 0,01 mol/l aniqlik bilan o'lchashga imkon bersa, u holda 1 mol/l konsentratsiyasi 1% xato bilan aniqlanadi, 0,1 mol/l esa allaqachon 10%. Taqdim etilgan ishda o'lchov aniqligi mos ravishda 10⁻⁵ mol/l deb hisoblanadi, shuning uchun o'lchangan konsentratsiyalar xatodan kamida 3-4 darajaga oshib ketadigan sharoitlarni tanlash kerak. Hisob-kitoblarni boshlashdan oldin, siz konstantalarni hisoblash amalga oshiriladigan tenglamalar tizimini oldindan tuzishingiz kerak – ortiqcha tenglamani tashlaganingizdan so'ng, konsentratsiyalarning ba'zilari keraksiz bo'lib chiqishi mumkin (olib tashlangan tenglamani shu tarzda tanlashga harakat qilish oqilona)-bu holda uning qiymati ahamiyatsiz bo'ladi. Shuni tushunish kerakki, berilgan vaqt va harorat oralig'idagi

reaktsiyalar tizimiga qarab, printsiptial ravishda barcha kontsentratsiyalarni olish mumkin emas $>0,1 \text{ mol / l}$.

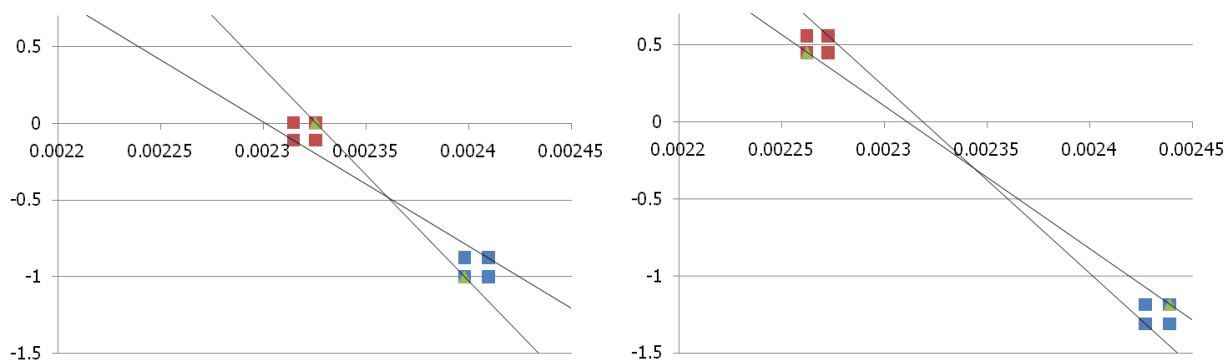
Bundan tashqari, ishda iloji boricha har xil haroratni tanlash tavsiya etiladi. Tajribada biz har doim cheklangan aniqlik bilan dastlabki shartlarni beramiz va tizimning javoblarini o'lchaymiz-shunga ko'ra, bu qiymatlar (bizning holatlarimizda harorat va kontsentratsiya) ham, ular asosida hisoblangan qiymatlar ham gunohga ega. Biz Arrenius tenglamasining parametrlarini konstantaning tabiiy logarifmining teskari haroratga bog'liqligidan hisoblaymiz, aslida k va b konstantsiyalarini mos keladigan chiziq tenglamasida aniqlaymiz:

$$\ln k = \ln k_0 + \left(-\frac{E_a}{R}\right) \frac{1}{T}$$

$$y = b + kx$$

$$b = \ln k_0, k = -\frac{E_a}{R}, x = \frac{1}{T}$$

I. e. x va y ba'zi bir xatolar bilan belgilanadi va biz chiziq parametrlarini aniqlash uchun foydalanadigan ikkita nuqta aslida haqiqiy qiymatlar yopilgan mintaqalardir. Yuqoridagi grafikalar ushbu hududlar orqali chizilgan chiziqlarning "haddan tashqari" mumkin bo'lgan pozitsiyalarini ko'rsatadi:



2.1-rasm. Haroratni aniqlashda xato 2 daraja; (a)-tempera turlari 415 va 430K, (b) – harorat 410 va 440k.

Rasmdan ko'rinib turibdiki, chiziqlar turli burchaklarda chizilgan bo'lishi mumkin va shunga mos ravishda turli xil segmentlarni ordinat o'qida kesib tashlash mumkin, bu esa b va k ning har xil qiymatlariga mos keladi. ikki tajriba.

Shunday qilib, natijalarni muhokama qilishning birinchi qismi eksperimentlarni o'tkazish shartlarini tanlash uchun asos bo'lib xizmat qiladi, uning umumlashtirilishi "keyingi hisob-kitoblar uchun ishlatilgan 1-jadvaldan №... va ... tajribalar eng ko'p berilgan mezonlar" yoki agar ikkita tajriba bo'lsa, ularning mavjudligi aniq.

2. Hisoblash uchun ishlatiladigan usul. Modellash dasturi sizning oldingizda turgan muammoni hal qiladi: u ekspozitsiyadan oldingi qiymatlar va faollashuv energiyalarini "biladi" va kontsentratsiyalar tizimini nisbiy echish orqali siz bilan bir xil tenglamalar tizimidan konsentratsiyalarni hisoblab chiqadi. Yechim Gauss usuli bilan amalga oshiriladi-natijalarni muhokama qilishda siz usulning

mohiyatini (ixtiyoriy) va iloji bo'lsa, uning dasturlash algoritmini (shuningdek ixtiyoriy) umumlashtirishingiz mumkin.

3. Olingan natijalarni baholash. Buning uchun haqiqiy reaksiyalarning oldingi va faollashuv energiyalari qiymatlari bo'yicha ma'lumot ma'lumotlarini jalb qilish foydalidir – bu yarim qiymatlarning tegishli parametrlar uchun mavjud bo'lgan chegaralarda yotishini tushunishga imkon beradi. Shuningdek, Arrhenius tenglamalarining parametrlariga asoslanib, o'rganilayotgan si-stemda u yoki bu reaksiya qanchalik tez sodir bo'lishini, shuningdek uning tezligi haroratga qanchalik bog'liqligini xulosa qilishimiz mumkin. Bu keyingi o'rganish paytida tizimning xatti-harakatlarini aniqlaydi va olingan natijalarni talqin qilishga yordam beradi.

Xulosa, ilgari bo'lgani kabi, bu munozarada keltirilgan natijalarning umumlashtirilishi bo'lishi kerak, ammo bu bo'limning takrorlanishi emas.

Albatta, taklif qilingan tahlil sxemasi mumkin bo'lgan variantlardan birini anglatadi va tadqiqotchi har doim o'zini taklif qilish huquqiga ega.

Laboratoriya ishi -4-5

Turli gidrodinamik rejimlarda ishlovchi qurilmalarda kechuvchi murakkab kimyoviy reaksiyalarni tadqiq qilish va modellashtirish

3.1. Tadqiqot ob'ekti va eksperiment.

2-ishda berilgan reaksiya statsionar izotermik rejimda ishlaydigan reaktorda sodir bo'ladi. Har bir bosqichning reaksiya sxemasi va kinetik xususiyatlari ma'lum: reaksiya tartibi (birinchi), faollashuv energiyasi E_A va Arrhenius tenglamasining eksponentgacha bo'lgan omillari k_0 . Maqsadli mahsulot A_2 moddasidir.

Jarayonga ikkita parametr ta'sir qiladi: o'rtacha yashash vaqti va harorat T . Reaktorning ish sifatini tavsiflash uchun reaktorning chiqishidagi mahsulotlarning konsentratsiyasidan, shuningdek, ustunlik, chiqish va selektivlik darajasining qiymatlaridan foydalanish mumkin. Parametrlarning o'zgarishi oralig'i hisoblashning har bir variantida berilgan.

Reaktorning ishlashini yashash vaqti va harorat o'zgarishining belgilangan chegaralarida, uning eng samarali ishlash maydonini topish uchun tekshirish kerak.

Manba ma'lumotlari sifatida foydalaniladi:

1. Reaksiya sxemasi. Reaksiya bir necha bosqichda davom etadi, har bir bosqich, uning stoxiometriyasidan qat'i nazar, ushbu bosqichdagi moddaning natijasi bo'yicha birinchi tartib bilan tavsiflanadi. 1-moddaning dastlabki konsentratsiyasi 2-laboratoriya ishi sharoitida belgilanadi, qolgan tarkibiy qismlarning dastlabki konsentratsiyasi 0 ga teng.
2. Oqim rejimi: mukammal aralashtirish, mukammal siljish, mukammal aralashtirish reaktorlari kaskadi (hujayra modeli).

3. 2-ishda topilgan reaksiyaning har bir bosqichi uchun Arrenius tenglamasining faollashuv energiyalari va eksponentgacha bo'lgan omillarining qiymatlari.
4. Reaktorning ishlash parametrlarini o'zgartirish maydonining chegaralari: yashash vaqti va haroratning maksimal va minimal qiymatlari. Shu bilan birga, birinchi qismda (3.2) ushbu maydon dastlabki ma'lumotlarda o'rnatiladi va kelajakda muhokamadan so'ng uni o'zgartirish mumkin.

Simulyatsiya ideal aralashtirish reaktori uchun ketma-ket, keyin mukammal siljish reaktori uchun va nihoyat mukammal aralashtirish reaktorlari kaskadi uchun ketma-ket amalga oshiriladi.

3.2. Ideal aralashtirish reaktori.

Reaktorning ishlashini o'rganish ideal aralashtirish rejimidan boshlanadi. Olingan natijalar boshqa rejimlarni qiyosiy tavsiflash uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Bizning holatda, yashash vaqti va haroratning ta'sirini o'rganish uchun hisob-kitoblar har bir parametrning beshta qiymatida amalga oshiriladi. Bu shuni anglatadiki, bitta parametrning har bir qiymati uchun hisoblash boshqasining beshta qiymati uchun amalga oshiriladi. Harorat uchun intervalning boshlanish va tugash nuqtalariga ega bo'lgan holda, ular orasidagi o'rtacha aniqlanadi, bu esa ikkita intervalni beradi. Masalan, agar dastlabki harorat oralig'i 320-340k bo'lsa, biz olamiz:

320 _____ 340 → 320 _____ 330 _____ 340

Ushbu ikki interval bilan shunga o'xshash operatsiyani amalga oshirgandan so'ng, beshta nuqta olinadi:

320 _____ 330 _____ 340 → 320_325_330_335_340

Xuddi shu tarzda, ikkinchi parametr uchun ish nuqtalari tanlanadi. Natijada, biz deb ataladigan 25 ta ish nuqtasini olamiz. *to'liq omil eksperimentining rejasi* 5².

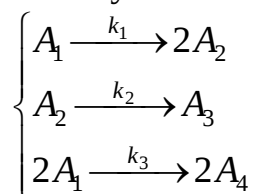
Shunday qilib, bizda hisoblash uchun 25 ball to'plami mavjud. Siz ko'proq sonli nuqtalardan foydalanishingiz mumkin – bu holda segmentlar 4 qismga emas, balki 5, 6 va boshqalarga bo'linadi va nuqtalar soni 36, 49... ko'p sonli nuqtalar hisoblashning murakkabligini oshiradi, ammo aniqroq egri chiziqlarni olish va ishonchli kontur grafikalarini yaratishga imkon beradi (pastga qarang).

Ushbu ishdagi matematik tavsif stokiometrik reaksiya koeffitsientlari, kinetik tenglamalar va moddiy muvozanat tenglamalarining matritsasidan iborat. Kinetik tenglamalar va moddiy muvozanat tenglamalari hisoblash dasturida qayd etiladi va faqat parametr qiymatlarini kiritishni talab qiladi (Arrenius tenglamasining parametrlari, o'rtacha yashash vaqti). Stoxiometrik koeffitsientlar matritsasi quyidagi shaklda yoziladi:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \alpha_{1,1} & \alpha_{1,2} & \dots & \alpha_{1,n} \\ \alpha_{2,1} & \alpha_{2,2} & \dots & \alpha_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{m,1} & \alpha_{m,2} & \dots & \alpha_{m,n} \end{pmatrix}$$

bu erda $\alpha_{i,j}$ - i bosqichdagi j moddaning stokiometrik koeffitsientlari, belgini hisobga olgan holda (tegishli moddaning sarflanishi yoki shakllanishi), n - moddalar soni, m - bosqichlar soni. Muayyan misol yordamida matritsani yozishni ko'rib chiqing.

Reaksiya tizimi berilgan:



Birinchi reaksiyada A_1 moddasi reaktivdir, uning koeffitsienti 1 ga teng va u parchalanadi-shuning uchun stokiometrik koeffitsient -1 ga teng. A_2 funktsiyasi hosil bo'ladi, uning koeffitsienti 2 va stokiometrik koeffitsient + 2. A_3 va A_4 moddalari ishtirok etmaydi va ularning koeffitsientlari 0 ga teng. Xuddi shunday, 2-reaksiya uchun koeffitsientlar 0, -1, 1, 0 va boshqalar.:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} -1 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \\ -2 & 0 & 0 & 2 \end{pmatrix}$$

Stexiometrik koeffitsientlar matritsasini, barcha bosqichlar uchun Arrenius urining parametrlarini, A_1 reaktivining boshlang'ich kontsentratsiyasini va yashash vaqti va harorat oralig'ini belgilab, siz uchun hisob-kitob qilish kerak. Natijalar ikkita jadvalga kiritiladi. Birinchisida eksperimentlar shartlari va barcha tarkibiy qismlarning kontsentratsiyasi, konversiya (konversiya darajasi) P , mahsulot rentabelligi R va selektivlik S bo'lishi kerak.

N	t, c	T, K	Konsentratsiyalar, mol/l				P	R	S
			c_1	c_2	c_3	c_4			
1									
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
25									

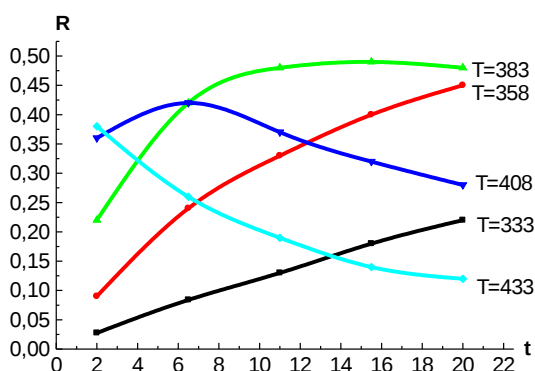
Shu bilan birga, tezlik konstantalari kichik jadvalga yoziladi (har bir harorat uchun bitta to'plam, chunki reaksiya tezligi konstantalari oqimning gidrodinamik rejimiga yoki reaktorda bo'lish vaqtiga bog'liq emas, bu ularning jismoniy ma'nosidan tushunish oson). Ushbu jadvalda T ning o'ziga xos qiymatlarini yozish tavsiya etiladi.

	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
k_1					

k_2					
k_3					

Natijalarni qayta ishlash

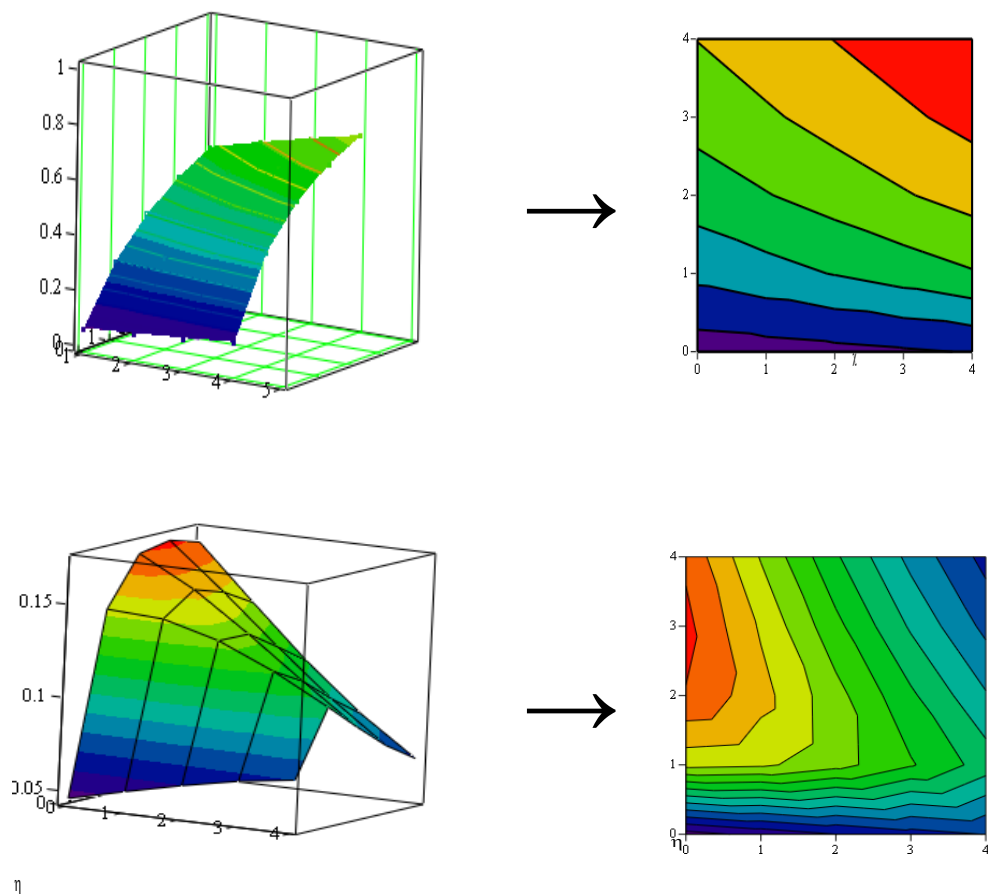
Transformatsiya, rentabellik va selektivlik darajasining (P,R,S) vaqt va haroratga bog'liqligi grafiklarda keltirilgan. Har bir grafikda bitta xarakteristikaning bitta omilga (vaqt yoki harorat) bog'liqligi, boshqa omilning bir nechta doimiy qiymatlari ko'rsatilgan. Grafikda bir nechta egri chiziqlar olinadi (ko'rib chiqilayotgan muammoda – beshta), masalan, rasmdagi kabi.1, bu erda maqsadli mahsulotning chiqishi besh haroratda bo'lgan vaqtga bog'liqligi ko'rsatilgan.



1-rasm. Hosildorlikning doimiy haroratda vaqtga bog'liqligi.

Umuman olganda, ish oltita grafikani oladi: har bir xarakteristikaning vaqtga bog'liqligi uchun uchta va haroratga bog'liq uchta.

Grafada jadvalga qaraganda ancha aniqroq, siz ko'rib chiqilayotgan xususiyatlarga harorat va vaqtning alohida ta'sirini ko'rishingiz mumkin. Ushbu ikki parametrning bir vaqtning o'zida ta'sirini ko'rish uchun uch o'lchovli grafikni tasvirlash mumkin, bu erda harorat va vaqt gorizontaal tekislikdagi ikkita o'q bo'ylab, ko'rib chiqilayotgan harak-teristika esa vertikal o'q bo'ylab yotadi. Volumetrik uch o'lchovli grafikani tuzish qiyin, shuning uchun u ko'pincha sirtni ushbu sirt konturlarining gorizontaal tekisligiga proektsiya sifatida tasvirlaydigan kontur grafigini qurish bilan almashtiriladi. Keyin bir o'lchovli grafikada siz geografik xaritalarni (fizik) chizishda ishlatiladigan sirt shaklini vizual ravishda ko'rishingiz mumkin, bu erda siz nafaqat relyefning tabiatini ko'rishingiz, balki konturlardagi (gorizontaal) belgilar yordamida hududning har bir nuqtasining balandligini ham aniqlashingiz mumkin. 2-rasmda ba'zi sirtlar va ularga mos keladigan kontur grafiklari sxematik tarzda ko'rsatilgan:

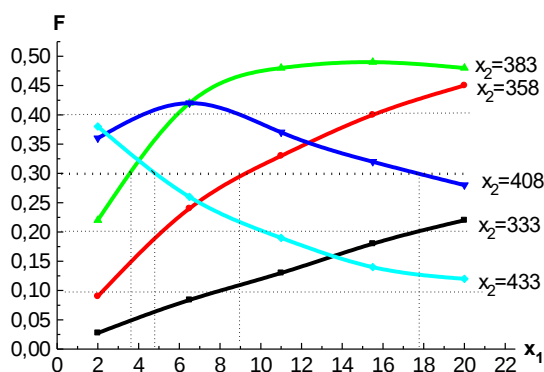


2-rasm. Uch o'lchovli yuzalar va ularga mos keladigan kontur grafikalarini.

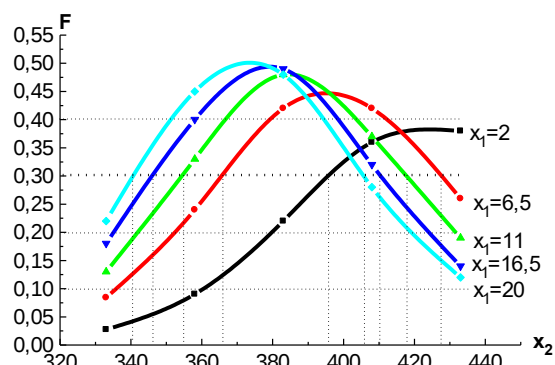
Kontur grafikalarini qurish texnikasi quyidagicha. Ikkita o'zgaruvchidan F funksiyasi mavjud bo'lsin x_1 va x_2 . Ushbu funksiya ikkita bitta faktorli grafik sifatida taqdim etiladi (2-rasm). 3 va 4). 3-rasm misol sifatida, rasmdagi kabi bir xil bog'liqlik tasvirlangan. 1-rasm. 4-rasm chiqish vaqtining besh qiymatidagi haroratga bog'liqligiga mos keladi.

Biz f funksiyasining bir necha darajali qiymatlarini tanlaymiz, ular uchun x_1 - x_2 koordinatalaridagi daraja chiziqlari. Funksiya qiymatlari "nisbatan yumaloq" bo'lishi uchun (ya'ni, masalan, 0.35, 0.5, 0.9-0.358 va hokazo qiymatlarni olishning ma'nosi yo'q) – bu tahlilga o'xshaydi. Bundan tashqari, grafikalar bilan chiziqlar kesishmalarining soni iloji boricha ko'proq bo'lishi kerak – buning uchun siz maksimal qiymatlarga yaqin qiymatlarni tanlashingiz kerak (lekin ulardan juda kam bo'lishi kerak!). Bizning misolimizda bu qiymatlar bo'lsin $F = 0.03$ d 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 (rasmdagi nuqta chiziqlar. 3 va 4). $F = 0.3$ darajali chiziq chizamiz. Buning uchun $F(x_1)$ va $F(x_2)$ egri chiziqlari bilan $F = 0.3$ chiziqning kesishish nuqtalarining koordinatalarini (rasmlarda tanlangan nuqta chiziq) toping. Biz $F(x_1)$ egri chiziqlari bilan to'rtta kesishish nuqtasini va $F(x_2)$ egri chiziqlari bilan to'qqizta kesishish nuqtasini oldik. Ushbu nuqtalarning koordinatalarini aniqlaymiz (har biri uchun x_1 va x_2), masalan, rasmdagi birinchi kesishish nuqtasi uchun. 2-rasmda $x_1 = 3.6$ (x_1

o'qida) va $x_2 = 383$ (chunki butun chiziq bu qiymatga mos keladi). Ushbu koordinatalarni kichik jadvalga qisqartiramiz va ularni $x_1 - x_2$ koordinatalarida kontur grafigiga chizamiz (5-rasm).



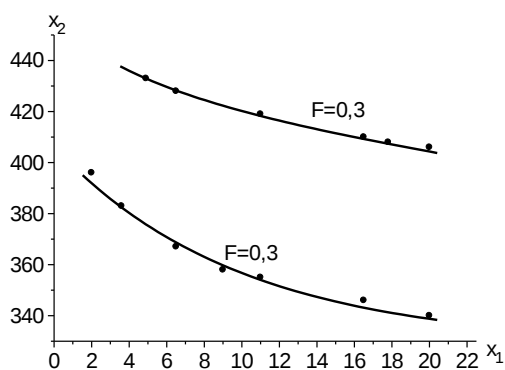
3-rasm



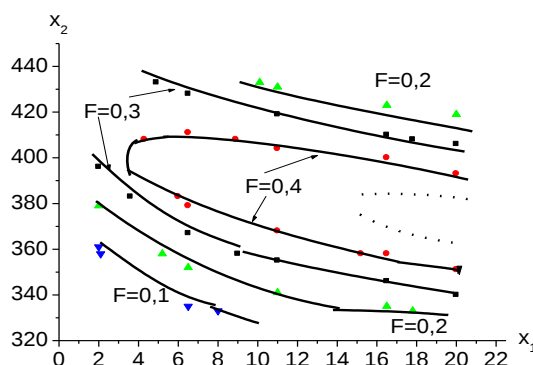
4-rasm

$F=0.3$

x_1	3.6	4.9	9.0	17.8	340	346	355	367	396	406	410	419	428
x_2	383	433	358	408	20.0	16.5	11.0	6.5	2.0	20.0	16.5	11.0	6.5



5-rasm



6-rasm

Biz shu tarzda olingan nuqtalarni chiziq bilan bog'laymiz, bizning misolimizda nuqtalarning joylashishi shundan iboratki, ikkita chiziq chizilishi kerak. Keyin biz har bir tanlangan daraja uchun xuddi shunday qilamiz va kontur grafigini olamiz. Darajali chiziqlarni qurishda ularning ikkita muhim xususiyatlarini hisobga olish kerak: 1. Darajali chiziqlar maydon ichida tugamasligi kerak – ya'ni ular cheksiz yoki yopiq bo'lishi mumkin; 2. Darajali chiziqlar kesishmaydi. Kontur grafigiga qarab, funktsiyani o'zgartirish xususiyatini (bizning holatlarimizda, bu mahsulotning chiqishi) ikki omildan (bizning holatlarimizda, bu vaqt va harorat) aniqlash mumkin. Masalan, biz eng katta chiqish maydonini (nuqta chiziq) ajratib ko'rsatishimiz va tadqiqot maydonidan tashqariga chiqishda uning yanada ko'payishi yo'lini belgilashimiz mumkin (berilgan holatda, bu bir vaqtning o'zida haroratni pasaytirish bilan yashash vaqtining ko'payishi).

Ushbu ishda siz uchta kontur grafigini tuzishingiz kerak (o'zgarish, chiqish va selektivlik darajasi uchun). Etarli bo'lmagan nuqtalar bilan daraja chiziqlarini

qurish har doim ham oson emas. Bunday holda, har bir koordinatada funktsiya o'zgarishi tendentsiyasini hisobga olish kerak. Siz o'zingiz o'ylab topishingiz yoki kontur chizmalarini yaratish uchun tayyor dasturdan foydalanishingiz va buni kompyuter yordamida qilishingiz mumkin. Mavjud echim - Excel dasturida hajmiy diagrammadan foydalaning. Ma'lumotlarni 5x5 jadvalga joylashtiring va ustunlar va satrlarga harorat va vaqtning nomlarini bering.

Ko'rib chiqilayotgan ishda kontur jadvali bo'yicha maqsadli mahsulot va selektivlikning eng katta qiymatiga mos keladigan nuqtani (harorat va vaqt) tanlash maqsadga muvofiqdir. Ko'pincha, maksimal rentabellikka mos keladigan shartlar maksimal selektivlikni olish shartlaridan farq qiladi, keyin jarayonni amalga oshirish nuqtai nazaridan bitta eng yaxshi nuqtani tanlash kerak. Ushbu ish doirasida bunday tanlovni amalga oshirish bo'yicha aniq tavsiyalar berilmaydi, siz selektivlik foydasiga yoki aksincha, ushbu xususiyatlar haqidagi g'oyalaringizga muvofiq yo'lni qurbon qilishingiz mumkin. Kelajakda (5-ish), ushbu reaksiyani texnologik amalga oshirishning iqtisodiy shartlarini bilib, optimallashtirish muammosining echimini oxirigacha etkazasiz.

Siz eksperimental ma'lumotlarni tahlil qilishni nazariy tahlil va nazariy va eksperimental bog'liqliklarni taqqoslash bilan to'ldirasiz. Nazariy tahlil quyidagicha amalga oshirilishi mumkin [1, 130-bet]. Birinchidan, agar vaqt $t \rightarrow 0$ bo'lsa va $t \rightarrow \infty$ bo'lsa, transformatsiya darajasi, chiqishi va selektivligi izlanadigan chegaralarni baholaysiz. Sizning balingiz aniq raqam bo'lishi mumkin (masalan, berilgan chegara birlikka teng) yoki ma'lum bir in-tervalda yotgan hozircha noma'lum raqam (masalan, chegara 0 dan katta va 1 dan kichik bo'lgan raqam). Ushbu bosqich chegaralar jadvali shaklida qulay tarzda tuziladi:

	$t \rightarrow 0$	$t \rightarrow \infty$
P		
R		
S		

Keyin siz uchta grafikani qurasiz: p, R va S ning reaksiya vaqtiga bog'liqligi. Grafika miqyosda tuzilmagan, ammo bog'liqlikning barcha asosiy xususiyatlarini aks ettirishi kerak. Har bir grafada har xil haroratga tegishli ikki yoki uchta egri chizish kerak. Harorat ba'zi bir aniq belgilarga mos kelmaydi, faqat ushbu omilning egri chiziqlar ko'rinishiga ta'sirini hisobga oladi; shuning uchun ularni yuqori va past harorat deb hisoblash o'rmon shaklida yoki siz-sharbat, o'rta va past.

Ushbu qurilishda chiqish va selektivlik maksimalariga mos keladigan nuqtalarga e'tibor berish muhimdir. Sizning jadvallaringizdan aniq bo'lishi kerak: harorat o'zgarishi bilan maksimal nuqtalar katta yoki kichik vaqt qiymatlariga qarab siljiydimi va bundan ham muhimi, qaysi haroratlarda (yuqori, o'rta, past) ushbu xarakteristikaning maksimal qiymati eng katta bo'ladi. Agar, masalan, yuqori harorat sharoitida hosil va selektivlik eng katta ekanligi aniqlansa, bu keyingi ra-botda harorat oralig'i siljishi foydasiga dalildir: endi pastki qiymat ilgari yuqori bo'lgan qiymat bo'ladi va yangi yuqori qiymat bir necha daraja yuqori

bo'ladi. Haroratni 10 K dan ortiq ko'tarish yoki tushirish tavsiya etilmaydi, chunki haroratning katta o'zgarishi bilan istalmagan o'zgarishlar yuz berishi mumkin: yoki yangi nojo'ya reaksiyalar paydo bo'ladi yoki jarayonning tezligi keskin pasayadi, bu esa Real bo'lmagan katta hajmdagi uskunalarni talab qiladi.

Keyinchalik, nazariy qonuniyatlarni kompyuterda modellashtirish paytida olingan narsalar bilan taqqoslashingiz kerak.

Ushbu bosqichda siz ishning umumiy bayonini, ideal aralashtirish reaktorini hisoblash natijalarini va ushbu natijalarni muhokama qilishni o'z ichiga olgan ish hisobotini yozishni boshlaysiz. Hisobotning ushbu qismini o'qituvchi bilan muhokama qilganingizdan so'ng, siz ideal joy almashtirish reaktorlarini va mukammal aralashtirish reaktorlari kaskadini hisoblashga o'tasiz. Ushbu reaktorlarni hisoblash boshqa sharoitlarda (T va t) amalga oshirilishi mumkin, agar muhokama natijasida siz jarayonni yaxshiroq o'tkazish uchun dastlab belgilangan tadqiqot doirasidan tashqariga chiqishingiz kerak degan xulosaga kelsangiz.

3.3. Ideal joy almashtirish reaktori

Ideal joy almashtirish reaktorini o'rganish, ideal aralashtirish reaktori uchun olingan natijalarga asoslanadi. Ushbu reaktorning eng yaxshi ishlashini ta'minlaydigan harorat tanlanadi va ideal joy almashtirish reaktori uchun reaktor xususiyatlarining yashash vaqtiga qarab o'zgarishini hisoblash amalga oshiriladi. Uch haroratda simulyatsiya qilish tavsiya etiladi; shunday qilib, agar siz past haroratlarda ishlash maqsadga muvofiq degan xulosaga kelsangiz, unda siz ra-botda tavsiya etilgan №2 ning eng pastini yuqori daraja sifatida qabul qilishingiz va keyin ikkita haroratni – 10 va 20 daraja pastroq tekshirishingiz mumkin. Agar harorat ko'tarilganda natijalar yaxshilanishi mumkin bo'lsa, unda tavsiya etilgan haroratning eng yuqori darajasi, shuningdek 5 va 10 daraja yuqori harorat olinishi mumkin. Agar taxmin qilingan tegmaslik harorat mintaqasi dastlab belgilangan hududda joylashgan bo'lsa, unda allaqachon o'rganilgan uchta haroratni tanlash tavsiya etiladi. Vaqt oralig'ini tanlash bunday fikrlarga asoslanishi mumkin. Belgilangan haroratda selektivlik vaqt o'tishi bilan monoton ravishda pasayadi va hosil avval ko'tarilib, keyin pasayadi. Tadqiqot boshida jarayonni optimallashtirish uchun nima muhimroq bo'lishini oldindan aytish mumkin emas: yuqori selektivlik yoki yuqori rentabellik. Ammo aniqki, maksimal rentabellikdan tashqari, selektivlik ham, chiqish ham kamayganda, jarayon maqbul bo'lmaydi. Shuning uchun, har bir haroratda chiqish maksimal darajadan biroz o'tib ketadigan vaqt qiymatini topish mantiqan to'g'ri keladi (maksimal darajaga erishilganligiga ishonch hosil qilish uchun). Maksimalni topish, eng katta chiqish kon-tsadan ikkinchi yoki uchinchi nuqtada sodir bo'lishi aniq bo'lgunga qadar, vaqtning maksimal belgilangan qiymatini o'zgartirish bilan bir qator hisob-kitoblarni amalga oshirish orqali amalga oshiriladi. Vaqtning qaysi qiymatini eng katta deb qabul qilishni oldindan hal qilganingizda, yana bir yondashuv mumkin. Chiqish maksimaliga mos keladigan vaqt qiymatini topish uchun quyidagi fikrlar yordam berishi mumkin. Birinchidan, tavsiya etilgan haroratlardan biridagi jarayon ishning oldingi qismida allaqachon o'rganilgan. Albatta, oqim xususiyatini o'zgartirish maksimalni o'zgartirishi mumkin, ammo vaqt tartibi bir xil bo'lishi mumkin.

Ikkinchidan, agar biron bir haroratda bizni qiziqtirgan vaqt qiymati topilsa, u holda boshqa haroratlarda qidirish Vant-Goffning taxminiy hajmini osonlashtiradi. Agar harorat 10 darajaga tushgan bo'lsa, unda barcha reaksiyalarning tezligi taxminan 2-4 baravar kamayadi va maksimal darajaga erishish vaqti bir xil bo'ladi. Shunga ko'ra, harorat 5 darajaga ko'tarilganda, bu vaqt taxminan 1,5-2 baravar kamayadi.

Yashash vaqtini o'zgartirish bosqichi vaqt oralig'ining qiymatiga qarab tanlanadi, bunda bog'liqliklarni qurish va natijalarni tahlil qilish uchun siz 7-12 hisob-kitob punktlarini olishingiz kerak.

Hisoblash uchun tayyorgarlik.

Ideal joy almashtirish reaktorini hisoblash uchun Lr3vyt [2] dasturidan foydalaning. Oldingi ishlardan farqli o'laroq, ushbu dasturda siz reaktorning matematik tavsifini va reaksiya xususiyatlarini hisoblash uchun formulalarni (P,R,S) ifodalovchi tenglamalarni kiritishingiz kerak. Shuning uchun, birinchi navbatda, siz ish daftaringizga boshlang'ich shartlar va hisoblash formulalari bilan differentsial tenglamalar tizimi shaklida matematik OPI-ni yozasiz (har bir tezlik konstantasini hisoblash uchun Arrhenius tenglamalari va reaksiya xususiyatlarini hisoblash uchun formulalar).

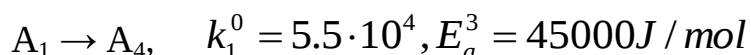
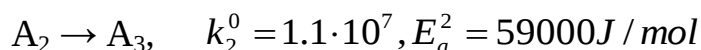
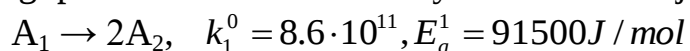
Dasturni chaqirgandan so'ng, siz uni o'zgartirishni boshlaysiz – sizning matematik modelingizni yozing yoki boshqa muammo uchun allaqachon yozilgan tenglamalarda kerakli tuzatishlarni amalga oshiring. Quyida pastki dasturlarning to'liq matni keltirilgan:

```

1 Sub prcMod(T, c(), d(), k1, k2, k3)
2 k1 = 56020 * Exp((-42296) / (8.314 * T))
3 k2 = 11790000 * Exp((-61497) / (8.314 * T))
4 k3 = 8606000000000# * Exp((-93695) / (8.314 * T))
5 d(1) = -k1 * c(1) - k3 * c(1)
6 d(2) = 2 * k1 * c(1) - 2 * k2 * c(2)
7 d(3) = k2 * c(2)
8 d(4) = k3 * c(1)
9 End Sub
10 Sub prcPRS(c(), p, r, s)
11 p = (1.5 - c(1)) / 1.5: r = 1 / 2 * c(2) / 1.5: s =
c(2) / 2 / (1.5 - c(1))
12 End Sub

```

2-4 qatorlar tizimdagi 3 ta reaksiya uchun Arrhenius tenglamalari, 5-8 qatorlar A_1 - A_4 moddalari bo'yicha tezliklar uchun ifodalarni o'z ichiga olishi kerak, nihoyat, 11-qatorda transformatsiya darajasi, maqsadli mahsulot (A_2) va selektivlik (shuningdek, A_2) uchun iboralar yozilgan. Muayyan misol yordamida modelni yozishni ko'rib chiqing. Aytaylik, 2-ishda hisoblangan Arrhenius tenglamasining quyidagi parametrlari bilan reaksiyalar tizimi mavjud:



Arrenius tenglamalari bilan mos keladigan dastur bloki quyidagicha yoziladi:

```
2 k1 = 8.6E11 * Exp((-91500) / (8.314 * T))
3 k2 = 1.1E7 * Exp((-59000) / (8.314 * T))
4 k3 = 5.5E4 * Exp((-45000) / (8.314 * T))
```

Dastlabki konsentratsiya $C_1^0 = 1.2 \text{ mol/l}$. Ideal joy almashtirish reaktori uchun model:

$$\frac{dc_1}{dt} = -k_1 c_1 - k_3 c_1$$

$$\frac{dc_2}{dt} = 2k_1 c_1 - k_2 c_2$$

$$\frac{dc_3}{dt} = k_2 c_2$$

$$\frac{dc_4}{dt} = k_3 c_1$$

Tegishli dastur bloki:

```
5 d(1) = -k1 * c(1) - k3 * c(1)
6 d(2) = 2 * k1 * c(1) - k2 * c(2)
7 d(3) = k2 * c(2)
8 d(4) = k3 * c(1)
```

Transformatsiya darajasi, A_2 chiqishi va A_2 selektivligi uchun iboralar:

$$P = \frac{c_1^0 - c_1}{c_1^0}, R = \frac{c_2}{2c_1^0}, S = \frac{c_2}{2(c_1^0 - c_1)}$$

Tegishli dastur bloki:

```
11 p = (1.2 - c(1)) / 1.2: r = c(2) / (2 * 1.2): s =
c(2) / (2 * (1.2 - c(1)))
```

T. e. umuman olganda, dastur quyidagicha ko'rinadi:

```
1 Sub prcMod(T, c(), d(), k1, k2, k3)
2 k1 = 8.6E11 * Exp((-91500) / (8.314 * T))
3 k2 = 1.1E7 * Exp((-59000) / (8.314 * T))
4 k3 = 5.5E4 * Exp((-45000) / (8.314 * T))
5 d(1) = -k1 * c(1) - k3 * c(1)
6 d(2) = 2 * k1 * c(1) - k2 * c(2)
7 d(3) = k2 * c(2)
8 d(4) = k3 * c(1)
9 End Sub
10 Sub prcPRS(c(), p, r, s)
11 p = (1.2 - c(1)) / 1.2: r = c(2) / (2 * 1.2): s =
c(2) / (2 * (1.2 - c(1)))
12 End Sub
```

Dasturni tahrirlash orqali siz uni hal qilish uchun ishga tushirasiz (F5). Keyinchalik, dastur dialog rejimida ishlaydi. Maksimal integratsiya vaqti, hisoblangan xususiyatlarning ekranga chiqish oralig'iga mos keladigan vaqt

bosqichi va harorat kiritiladi. Yechim sifatida vaqt qiymati, reaksiyaga kirishuvchi moddalar kontsentratsiyasi va yashash vaqtining har bir bosqichi uchun transformatsiya, rentabellik va selektivlik darajasi qiymatlari olinadi. Hisoblash reaksiya xususiyatlarining vaqtga bog'liqligi grafigi bilan tasvirlangan. Bitta haroratda hisoblash tugagandan so'ng, siz dasturni yana ishga tushirasiz va boshqa haroratlarda hisob-kitob qilasiz.

Natijalarni qayta ishlash

Uchta grafikda har bir xarakteristikaning uchta haroratda bo'lish vaqtiga bog'liqligi (har bir grafada uchta egri chiziq), shuningdek, barcha reaksiyaga kirishuvchi moddalar kontsentratsiyasining bitta (asosiy) haroratda reaksiya vaqtiga bog'liqligi ko'rsatilgan.

3.4. Mukammal aralash reaktorlar kaskadi

Ishning ikkinchi qismi natijalariga ko'ra siz eng yaxshi rejimni tanlaysiz. Bu erda rejim harorat va o'rtacha yashash vaqtining kombinatsiyasini anglatadi. Ushbu rejimni qaysi mezon bo'yicha eng yaxshi deb hisoblash kerak, siz qaror qilasiz; sizning hisobotingizda nima uchun tanlangan rejim boshqalarga qaraganda yaxshiroq ekanligi haqida fikrlar bo'lishi kerak. Aynan shu rejimda siz kaskaddagi qurilmalar soniga qarab ideal aralashtirish reaktorlari kaskadini hisoblab chiqasiz, kaskadning umumiy hajmini doimiy ravishda ushlab turasiz, ya'ni yashash vaqti. Bunday hujayralar soniga mos keladigan qurilmalar uchun hisoblash tavsiya etiladi: 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 40, 50.

Hisoblash uchun tayyorgarlik.

Ideal aralashtirish reaktorlari kaskadini hisoblash $lr3kask$ dasturi yordamida amalga oshiriladi, u $lr3sm$ dasturi bilan bir xil tarzda qurilgan. Dastlabki ma'lumot sifatida stexiometrik koeffitsientlarning bir xil matritsasi ishlatiladi, dastur dialog rejimida ishlaydi, kaskad apparatlarining harorati, yashash vaqti va sonini so'rab ishlaydigan ma'lumotlar sifatida ishlaydi. Oxirgi kaskad apparati chiqishida reaksiyaning kontsentratsiyasi va xususiyatlari (P, R, S) olinadi. Tezlik konstantalari ham chiqariladi.

Natijalarni qayta ishlash

Barcha kontsentratsiyalar va uchta xarakteristikaning (P, R, S) kaskad apparatlari soniga bog'liqligi grafiklari tuzilgan.

3.5. Olingan natijalarni muhokama qilish

Ideal aralashtirish reaktorini hisoblash natijalarini tahlil qilishga yondashuv qo'llanmaning tegishli qismida allaqachon bayon qilingan. Endi siz reaktorlarning ideal siljishi va kaskadini hisoblash natijalarini muhokama qilishni davom ettirasiz va hisobot yozasiz. Birinchidan, olingan bog'liqliklar muammoning jismoniy ma'nosiga muvofiqligi nuqtai nazaridan tahlil qilinishi kerak. Har bir

xarakteristikaning o'zgarishiga mos keladigan har bir egri chiziqning yo'nalishini har xil haroratda, ideal siljish apparati va reaksiya qiluvchi moddalar kontsentratsiyasining kaska-da apparatlari soniga bog'liqligini tushuntirish kerak. Minimal yoki maksimal darajaga ega bo'lgan yoki parametrlarning qiymatiga qarab turini o'zgartiradigan murakkab bog'liqliklar yanada ehtiyotkorlik bilan tahlil qilish va tushuntirishga loyiqdir. Agar egri chiziq maksimal yoki minimal darajaga ega bo'lsa yoki tahlil o'rganilayotgan hududdan tashqarida ekstremum paydo bo'lishi mumkinligini ko'rsatsa, bu ekstremal nuqtalarni diqqat bilan o'rganish kerak, chunki bu rejimlar jarayonning eng yaxshi sharoitlariga mos keladi, bu xulosalarni shakllantirishda foydali bo'ladi.

Eng yaxshi turdagi apparatni chuqurlashtirish uchun turli gidrodinamik rejimlarga ega reaktorlarda reaksiya natijalarini qiyosiy tahlil qilish ham amalga oshiriladi. Shunday qilib, xulosalar sifatida siz qaysi muharrirda va qanday sharoitda berilgan reaksiyani amalga oshirish kerakligi haqidagi fikrlaringizni shakllantirishingiz kerak. Hujayra modelida hujayralarning oqilona soni haqida fikringizni bildirish tavsiya etiladi.

Laboratoriya ishi -6

Reaktorning gidrodinamik rejimini xbo'lish vaqtining taqsimlanish differensial funksiyasini asosida aniqlash

4.1. Muammoni shakllantirish.

Keyingi ishda xususiyatlarini aniqlaydigan ushbu reaktorning modeli uchun yashash vaqtini taqsimlashning differentsial funktsiyasi olinadi. Model parametrlarini aniqlash kerak-bu holda model uyali va hujayralar sonini aniqlash kerak.

4.2. Dastlabki ma'lumotlar

Tarqatish funktsiyasi hisoblash tajribasi natijasida olinadi. Tajriba shartlari: haqiqiy qurilma mavjud (siz 5-ishda optimallashtiradigan qurilmaning modeli), v hajmi, v hajmli oqim bilan suyuqlik oqimi qurilma orqali oqadi. Yashash vaqtini taqsimlashning differentsial funktsiyasini olish uchun qurilmaning kirishiga g_0 miqdorida indikator impuls bilan beriladi. Qurilmadan chiqishda indikatorning kontsentratsiyasi vaqtga qarab o'lchanadi. Reaktor hajmi, oqim sarfi va indikator miqdori variantga muvofiq ushbu ish uchun individual topshiriqdan tanlanadi.

4.3. Ish tartibi

Tarqatish funktsiyasini raqamli ravishda olish uchun siz lr4 dasturidan foydalanishingiz kerak. Dastur tajriba shartlarini so'raydi: qurilma hajmi, suyuqlik iste'moli va kiritilgan indikator miqdori, masalan, $V=0,01m^3$, $v=0,001m^3/c$, $g_0=0,1g$. Kompyuter tarqatish funktsiyasi grafigini va si indikator kontsentratsiyasining t vaqtiga raqamli bog'liqligini beradi. Tajriba natijalari jadvalga kiritiladi:

Variant № № $V = v = g_0 =$

№	t	$\tau = t / t_0$	c_u	$C(\tau) = c_u / C_0$

C_0 formula bo'yicha hisoblanadi $C_0 = g_0 / V$

Tajriba natijalariga ko'ra o'rtacha yashash vaqti va yashash vaqtini taqsimlash dispersiyasi hisoblab chiqiladi va normallashtirilgan koordinatalarda taqsimotning differentsial funktsiyasi grafigi tuziladi. Hisoblash formulalari:

$$t_0 = \frac{\int_0^{\infty} t c_u(t) dt}{\int_0^{\infty} c_u(t) dt} \quad \sigma^2 = \frac{\int_0^{\infty} t^2 c_u(t) dt}{\int_0^{\infty} c_u(t) dt} - t_0^2$$

Integrallarni hisoblashda formuladan foydalanish maqsadga muvofiqdir parabolalar (Simpson formulasi) egri chiziq har uch ketma-ket nuqtada chizilgan bir qator parabolalar bilan yaqinlashishiga asoslanib, boshqacha qilib aytganda, $2\Delta X$ asosida bir qator parabolik trapezoidlar quriladi, ularning maydonlarining yig'indisi egri chiziq ostidagi maydonni va integralning qiymatini taxminan olish imkonini beradi:

$$\int_{X_1}^{X_n} Y(X) dX \approx \frac{\Delta X}{3} (Y_1 + 4Y_2 + 2Y_3 + 4Y_4 + 2Y_5 + \dots + 2Y_{n-2} + 4Y_{n-1} + Y_n)$$

Berilgan hisob kitobda X -bu vaqt t , $Y(X)$ mantiqiy $c_u(t)$, $tc_u(t)$ yoki $t^2 c_u(t)$ qaysi integral hisobga olinishiga qarab. Y_i -bu funktsiyalarning ma'lum vaqt nuqtalari uchun raqamli qiymatlari [1, C. 46].

Hujayra modelidagi hujayralar sonini aniqlash uchun oddiy nisbatdan foydalanish kerak $n = 1/\sigma^2$

Laboratoriya ishi -7-8

Kimyoviy jarayonni optimallashtirish

5.1. Optimallashtirish muammosini shakllantirish.

Ushbu ish 2 va 3-sonli ishlarda o'rganilgan reaksiyani optimallashtirishga bag'ishlangan. Jarayonning xususiyatlarini tahlil qilish quyidagi murakkablikni aniqlaydi. Jarayonning sifatini tavsiflovchi asosiy natijalar maqsadli mahsulotning rentabelligi va selektivligi (salbiy reaksiyalar mavjud bo'lganda Rea-Gentning konversiya darajasi sezilarli darajada kam ahamiyatga ega: reagentni to'liq konvertatsiya qilishda hech qanday ma'no yo'q, agar u ozgina maqsadli mahsulot va ko'plab yon mahsulotlarni olsa). Biroq, chiqish va selektivlikdagi o'zgarishlar qarama-qarshi bo'lishi mumkinligi aniqlandi: masalan, selektivlik maksimal bo'lgan joyda chiqish juda kichik va maksimal rentabellikda selektivlik pasayadi.

Shuning uchun, ushbu xususiyatlardan birini maqbullik mezoni sifatida tanlash xavflidir: uning maksimal darajasi bilan bog'liq afzalliklar ikkinchi xarakteristikaning kichik qiymati tufayli kamayadi.

Ko'pincha bunday hollarda ular iqtisodiy mezonlarga o'tadilar. 5-sonli ra-botda sizga maqbullik mezoni sifatida ko'rsatilgan xarajatlarni – olingan mahsulot birligiga to'g'ri keladigan xarajatlar miqdorini qabul qilish taklif etiladi.

Mezonni shakllantirishda biz avval barcha xarajatlarni reaktor orqali o'tgan suyuqlik hajmining birligiga ajratamiz. Shu bilan birga, tarixning hozirgi bosqichidagi narxlarning o'zgaruvchanligini hisobga olgan holda, narxlar shartli ravishda 1990 yil darajasida belgilanadi:

N_1 -reagent narxi, sum/ kmol;

N_3 -olingan A3 yon mahsulotini zararsizlantirish narxi, sum / kmol;

N_4 -A4 mahsuloti uchun bir xil;

N_V -re-aktyordan chiqadigan suyuqlikni qayta ishlash (ajratish, nasos) narxi, rubl / m³;

N_V -reaktorga texnik xizmat ko'rsatish qiymati, uning hajmiga mutanosib, rubl/(m³ soat).

Bundan tashqari, P, kmol/soat mahsulot uchun kerakli ishlashni o'rnatish kerak.

Belgilang: v-suyuqlikning volumetrik oqimi, m³ / s; V - oldingi o'rtacha vaqt, s; v-reaktor hajmi, m³. Keyin xarajatlar moddalar quyidagicha ko'rinadi:

reagentni sotib olish xarajatlari: $z_1 = N_1 v (c_{10} - c_1)$, bu erda qavsdagi ikkinchi atama reaksiyaga kirishmagan reaktivning jarayonga qaytishini hisobga oladi;

A3 mahsulotini zararsizlantirish xarajatlari: $z_3 = I_3 v c_3$;

A4 ni zararsizlantirish xarajatlari: $z_4 = I_4 v c_4$;

ta'minlash xarajatlari suyuqlikni ajratish va nasos bilan ta'minlash: $z_v = I_v v$;

reaktorni saqlash xarajatlari: $z_v = I_v V = I_v B v / 3600$.

Ushbu xarajatlar olingan mahsulot miqdori bilan bog'liq $v c_2$ va nihoyat (kamaytirilgandan keyin v) biz maqsadli funktsiyani olamiz U:

$$U = (I_1(c_{10} - c_1) + I_3 c_3 + I_4 c_4 + I_v + I_v B / 3600) / c_2 \quad (5.1)$$

Maqsad funktsiyasidan tashqari, optimallashtirishda cheklovlarni belgilash kerak. Ishda ikkita cheklov tavsiya etiladi: maksimal ruxsat etilgan harorat $T_{\max}$ va maksimal ruxsat etilgan reaktor hajmi $V_{\max}$. Shu bilan birga, harorat optimallashtiruvchi omillardan biridir (1-turdagi cheklash) va ushbu cheklovga rioya qilinishini nazorat qilish juda yaxshi: siz haroratni chegara qiymatidan yuqori o'rnatolmaysiz. Ovoz chegarasi-ikkinchi tur: u yoki bu ish rejimini belgilab, hajm belgilangan chegaraga to'g'ri kelishini oldindan bilmaymiz. Shuning uchun har bir hisob-kitob tajribasida shartni tekshirish kerak:

$$V \leq V_{\max} \quad (5.2)$$

5.2. Ishni bajarish

Optimalni izlash ((5.2) sharti bo'yicha minimal U) har qanday raqamli usul bilan amalga oshirilishi mumkin. Ehtimol, ularning izchil qo'llanilishi. Shunday qilib, birinchi navbatda, keyingi skanerlash bilan koordinatali tushish usulidan

foydalanish eng oqilona ko'rinadi. Ushbu ishda koordinatali tushish qo'lda amalga oshiriladi va o'rganilayotgan funktsiya ekstremumining joylashishini aniqlashtirish uchun minimal hisob-kitoblar bilan juda cheklangan miqdordagi tajribalarni o'tkazishga imkon beradi. Keyin optimalni aniqroq topish uchun skanerlashni amalga oshirishingiz mumkin [1, C. 278].

Ish dialog rejimida olib boriladi. Siz reaksiya va jarayonning barcha xususiyatlarini kiritasiz - stexiometrik koeffitsientlar matritsasi, reaktivning dastlabki kontsentratsiyasi, barcha bosqichlar uchun Arrhenius tenglamasining parametrlari, reaktor kaskadi modelining bosqichlari soni (oldingi ishda olingan)), berilgan unumdorlik va berilgan narxlar (hosildorlik va narxlar 2-sonli ish uchun dastlabki ma'lumotlarda mavjud). Keyin, 3-sonli ishda o'tkazilgan tahlilga asoslanib, siz optimal qidirish maydonini - harorat va vaqt o'zgarishi chegaralarini o'rnatasiz, bunda sizning fikringizcha, optimal nuqta yotishi kerak. Kelajakda hududni o'zgartirish orqali qidiruvni davom ettirishingiz mumkin.

Shundan so'ng, siz ko'rsatgan hududda bir qator tajribalar o'tkazasiz, optimalni topishning har qanday usulidan foydalangan holda, eng oson yo'li koordinatalarni tushirish usulidir. Koordinatalarni tushirish usulida siz bittadan tashqari barcha koordinatalarni tuzatasiz va erkin koordinatani o'zgartirish orqali optimalni topasiz. Keyin topilgan qiymatni tuzating va keyingi koordinatani "bo'shating" - va hokazo [1, 284-bet].

Har bir tajribada eksperiment shartlari (T va B qiymatlari) va natijalar ekranda ko'rsatiladi - olingan U , V , P , R , S , qiymatlari va qo'shimcha ravishda qiymatlar hozirgi vaqtda optimal bo'lgan nuqtada bir xil miqdorda. Siz ushbu ma'lumotlarni jadvalga keltirasiz.

Qidiruv bosqichi	B	T	U	V	P	R	S	Eslatmalar

Eslatmalar ustunida qidiruvning xususiyatlari qayd etiladi: har qanday xususiyat uchun maksimal darajaga erishish, ovoz balandligi chegarasini buzish va hk. Belgilangan qidiruv chegarasiga yetgan bo'lsangiz, lekin qidiruv davom etishi kerak deb o'ylasangiz, siz yangi chegaralarni o'rnatishingiz mumkin. Qidiruv sizning fikringizcha va optimallashtirish usuli talablariga muvofiq optimal qiymatlar topilmaguncha davom etadi.

Maqsad funktsiyasining minimalini topgandan so'ng, siz avtomatik rejimda skanerlash orqali ekstremum maydonini o'rganishingiz mumkin, dastur barcha hisoblangan ko'rsatkichlar uchun kontur chizmalarini qurishga imkon beradi. Ushbu grafiklar yaratilgan qiymatlar alohida fayllarda qayd etiladi, keyinchalik ular hisobotda kontur grafiklarini yaratish uchun ishlatilishi mumkin.

Ish natijalariga ko'ra, qidiruv grafigini (1-sonli ishda 2-grafaga o'xshash) va maqsad funktsiyasi, apparat hajmi, chiqishi va selektivligi uchun kontur chizmalarini qurish kerak.

5.3. Natijalarni muhokama qilish

Natijalarni muhokama qilishda qidiruv jarayonini tavsiflash tavsiya etiladi, so'ngra ko'rsatkichlardan qaysi biri - maqsadli mahsulotning hosildorligi yoki selektivlik - optimal sharoitlarni shakllantirish uchun muhimroq bo'lganligini tahlil qilish tavsiya etiladi. Agar optimallik yuqori ishlab chiqarishni aniqlasa, optimal chiqish rejimlarining qolgan qismiga nisbatan eng yuqori natijalardan biri bilan tavsiflanadi; agar u selektivlikni cheklasa, optimal uning yuqori qiymatiga to'g'ri keladi. Ko'pincha ikkala ko'rsatkich ham muhim ekanligi ayon bo'ladi, lekin ulardan biri muhim. Bunday tahlilda nafaqat 5-sonli ish, balki 3-sonli ishdagi ma'lumotlardan ham foydalanish muhimdir. Sizning versiyangizda nima uchun u yoki bu ko'rsatkich muhimroq bo'lganligi haqida o'z fikringizni shakllantirishga harakat qiling. Buning uchun siz iqtisodiy ma'lumotlarni ham diqqat bilan tahlil qilishingiz kerak. Yaratilgan gipotezani tajriba orqali tasdiqlang: sizning fikringizcha, tizimning harakatini aniqlaydigan va ularning ta'sirini ko'rsatadigan iqtisodiy parametrlarning boshqa qiymatlari bilan hisob-kitob qiling.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. N.R. Yusupbekov, D.P. Muxitdinov. “Texnologik jarayonlarni modellashtirish va optimallashtirish asoslari: darslik. -T.: Fan va texnologiya”, 2015.
2. Г. Б. Эвгеннев и. др Основы автоматизации технологических процессов и производс: учебное пособие: в 2 т. / под ред. Г. Б. Евгенева.-Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015.-441с.
3. Тимихон А.Н. Моделирование систем управления с применением Matlab: учебное пособие [Электронный ресурс] /Тимохин А. Н., Румянцев Ю.Д.- НИЦ ИНФФРА-М, 2016. [Httth://znanium.com /read2. Php?book = 474709](http://znanium.com/read2.Php?book=474709).
4. Б.Я.Советов Моделирование систем: учебник для академического бакалавриата: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по инженерно-техническим направлениям и специальностям / С.-Петербург. Гос. Электротехн. Ун-т.- 7-е изд. –Москва; Юрайт, 2016. -343 с.
5. Молдабаева М.Н. Контрольно-измерительные приборы и основы автоматики: учебное пособие / М.Н.Молдабаева. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019.-332 с.: ил., табл. ISBN 978-5-9729-2327-6
6. Андреев С., Парсункин Б. Разработка и компьютерное моделирование элементов систем автоматизации. Учебник. Год издания-2020. ISBN 978-5-4468-9261-7-272 с.
7. Norman S. Nise. Control Systems Engineering, 8th Edition, 8th Edition [Print Replica] Kindle Edition, January 9, 2019/ 1001 P/

MUNDARIJA

1-laboratoriya ishi. Ideal siqib chiqarish reaktoridagi harorat rejimini optimallashtirish.....	3
2,3-laboratoriya ishi. Tajriba natijalari asosida kimyoviy reaksiya kinetik xarakteristikalarini olish.	7
4,5-laboratoriya ishi. Turli gidrodinamik rejimlarda ishlovchi qurilmalarda kechuvchi murakkab kimyoviy reaksiyalarni tadqiq qilish va modellashtirish.....	11
6-laboratoriya ishi. Reaktorning gidrodinamik rejimini bo'lish vaqtining taqsimlanish differensial funksiyasini asosida aniqlash.....	22
7,8-laboratoriya ishi. Kimyoviy jarayonni optimallashtirish.....	23
Foydalanilgan adabiyotlar	27