

MURAKKAB TEXNOLOGIK JARAYONLARNI MODELLASHTIRISH VA OPTIMALLASHTIRISH

*Marjona Kucharova¹, Gulbahor Tadjibayeva²,
Diyora Djulanova³, Omina Abduraxmonova⁴.*

^{1,2,3,4}TDTU Olmaliq filiali, Kimyoviy texnologiya kafedrasida talabasi

Anotatsiya. Murakkab texnologik jarayonning matematik modeli uchun tizimli tahlil metodologiyasi ko'rib chiqiladi. Kobalt eritmalarini temir va misdan nozik tozalash jarayonining matematik tavsifi ushbu maqolada muhokama qilinadi. Differensial tenglamalar sistemasini sonli integrallash natijalari reaktivlarning optimal konsentrasiyalarini olish uchun ishlatilishi mumkin. Kiritilgan modellar boshqaruv muammolari va murakkab texnologik tizimlarning kelajakdagi holatini bashorat qilish uchun qo'llanilishi mumkin.

1. Kirish

Sanoat ishlab chiqarishining texnologik jarayonining ko'p qismini o'zgaruvchilar va bog'lanishlarga to'la murakkab jarayon deb hisoblash mumkin. Ilmiy tadqiqot umumiy qonuniyatlar ostida o'zaro bog'liq jarayonlarning tegishli sinfini o'rganishni o'z ichiga oladi. Murakkab tizimlarning matematik va simulyatsiya modellarini yaratish jarayoni bir necha marta takrorlanishi kerak va har bir bosqichda uning atributlari takomillashtiriladi. Modellashtirishning ustuvor yo'nalishlari belgilanadi va yangi qurilgan ob'ektlarni qurish yo'llari sintezlanadi. Matematik tavsiflash sxemasi ob'ekt yoki jarayonning eng muhim xususiyatlarini aks ettiradi va hodisaning mexanizmini tushunishga va undagi o'zgarishlarni va uning rivojlanish tendentsiyasini prognoz qilish imkonini beradi.

Modellashtirish jarayonida olingan matematik tavsif sxemasi interpolyatsiya natijasida aniqlangan parametrlar bilan birgalikda ob'ekt yoki jarayonning eng muhim xususiyatlarini aks ettiradi va bizga hodisaning mexanizmini tushunishga va hodisaning o'zgarishini prognoz qilish imkonini beradi. hodisa va uning rivojlanish tendentsiyasi. Ushbu tadqiqot uchun eng dolzarb deb hisoblangan alohida komponentlar yoki quyi tizimlar o'rtasidagi turli modellar, aloqalar va munosabatlar bir xil jarayonga mos kelishi mumkin. Ular matematik munosabatlar yordamida yoziladi, ular modellashtirishning yakuniy bosqichida adekvatligi tekshiriladi va nihoyat, ishlab chiqilgan matematik model aniqlik va qulaylik uchun tasdiqlanadi. Barcha texnologik jarayonlar uzluksiz va stokastik; kimyoviy o'zgarishlar va issiqlik va massa almashinuvi ob'ektning ichki holatiga ham, tashqi muhitga ham bog'liq. Alohida jarayonlarning optimal ishlash rejimi va tashqi holatning barqarorligi ishlab chiqarish samaradorligini ta'minlaydi. Muayyan texnologik jarayonning murakkabligi;

xom ashyoni kompleks qayta ishlash zarurati; energiya va materiallardan oqilona foydalanish va yon chiziqli material va energiya oqimlarini tiklash talabi turli yuqori texnologiyali tarmoqlarda bir hil va geterogen bosqichlar bilan tavsiflangan murakkab ko'p bosqichli jarayonlarni tizimli ko'rib chiqishni talab qiladi.

Tizimli tahlil metodologiyasi murakkab texnologik tizimning ierarxik tuzilishi darajalarini ochib berdi. Molekulyar darajadan batafsil tavsiflangan va integral baholar bilan tugaydigan ushbu darajalar tizimning individual darajalari o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni hisobga oladi, ularning har biri tegishli matematik tavsif bilan tavsiflanadi. Adekvat matematik tavsif jarayonlarni samaraliroq boshqarish va optimallashtirish masalalarini hal qilish usullarini aniqlash imkonini beradi.

2. Tizimli tahlil metodologiyasi

Tizimli tahlilning asosi murakkab tizimni quyi tizimlarga ajratish va ular o'rtasida miqdoriy munosabatlarni o'rnatishdir. Quyi tizimlar tekshirilayotgan ob'ektning murakkabligiga va jarayonning fizik-kimyoviy qonuniyatlarini oldingi o'rganilganligiga, har bir bosqichning matematik tavsifini olishning mavjudligi yoki imkoniyatiga qarab ajratiladi. Har bir quyi tizimni kiritish-chiqarish oqimlari bilan mustaqil ko'rib chiqish darajalar va quyi tizimlarning potentsialini baholash va yo'qotish manbalarini va isrofgarchilikni minimallashtirish yo'llarini aniqlash va alohida quyi tizimlar va butun tizimning samaradorligini oshirish zaxiralarini aniqlash uchun mumkin.

Umumlashtirilgan texnologik jarayonning matematik modelini ishlab chiqishda qo'llaniladigan tizimli tahlil metodologiyasining sxemasi plazma-kimyoviy jarayonning namunasi bo'lgan (1-rasm) da ko'rsatilgan. Tizim tahlili nuqtai nazaridan plazma-kimyoviy jarayonning matematik tavsifi maqsadli mahsulotning maksimal miqdorini ishlab chiqarish uchun söndürme tezligi va boshlang'ich haroratni pasaytirish vaqtining muhimligini tasdiqlash imkonini beradi. Kobalt eritmalarini temir va misdan nozik tozalashning matematik tavsifi ushbu maqolada muhokama qilinadi.

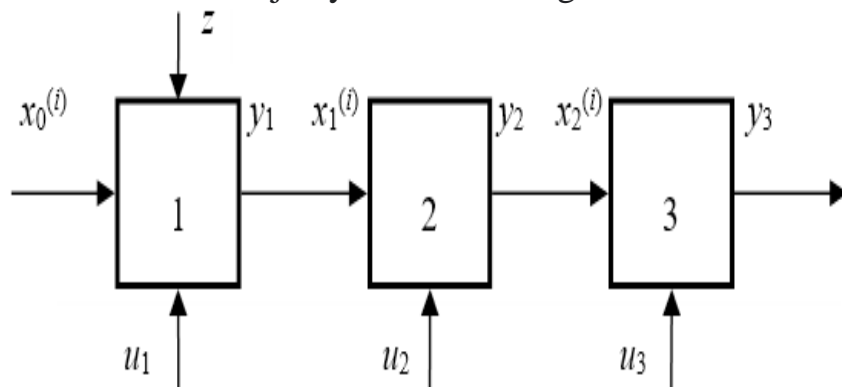
3. Texnologik jarayonlarni modellashtirish

Keling, kobaltning ko'p bosqichli kimyoviy va texnologik jarayonini modellashtirish muammosining tavsifiga murojaat qilaylik. Kobalt eritmasini tozalash bosqichida ketma-ket harakat qiluvchi qurilmalar kaskadi taqsimlangan parametrlarga va quyi tizimlar ichidagi o'zgaruvchilar o'rtasidagi munosabatlarning murakkab tuzilishiga va tasodifiy shovqinlarning ichki manbaiga ega bo'lgan ko'p o'lchovli boshqaruv ob'ekti sifatida ko'rib chiqilishi mumkin. Tizimli yondashuvga muvofiq, biz kaskadli qurilmalarning matematik modelini qurish yo'llarini ko'rib chiqdik. Tadqiqot ob'ektining eng muhim xususiyatlarini aniqlashga qaratilgan matematik modelni qurishda biz quyi tizimlarning xususiyatlarini aniqlash uchun ketma-ket yaqinlashish usulini qo'lladik.

Matematik modellashtirish masalasi tizimli yondashuv pozitsiyasidan echiladi; tozalash matematik modeli qurilish bloklari kontseptsiyasi yordamida ishlab chiqilgan. Umumlashtirilgan kaskad modeli ketma-ket joylashtirilgan va reagentlarning moddiy oqimlari bilan bog'langan reaktorlar modellaridan iborat. Reaktor modeli kimyoviy kinetik, gidrodinamika va moddiy muvozanat bloklaridan iborat. Kimyoviy kinetik tenglamalar murakkab tuzilishga ega va barqaror asosiy moddalar va yuqori faol oraliq birikmalarning hosil bo'lishini tavsiflaydi. Har bir qurilmadagi elementar jarayonlarni aks ettiruvchi o'zaro bog'langan tenglama bloklari eng yaqin koeffitsientga to'g'ri keladi.

Kobalt eritmalari 3 ta uzluksiz reaktor kaskadida tozalanadi; birlamchi mahsulotlar o'yuvchi kul (asosiy agent) bilan reaksiyaga kirishish uchun asboblardan o'tib, keyinchalik temir va mis aralashmalarining cho'kishi va kobaltning muqarrar pasayishi bilan reaksiyaga kirishadi.

Texnologik jarayonning umumiy strukturaviy diagrammasi (2-rasm) o'zgaruvchan individual jarayonlar o'rtasidagi munosabatni ko'rsatadi.



2-rasm. Texnologik jarayonning konstruktiv sxemasi $y_k - k$ -chi quyi tizimning chiqishi, ($k = 1, \dots, 3$); $x_k(i) - (k + 1)$ -chi quyi tizimni kiritish, ($k = 1, 2$).

Boshlovchi reagentlar eruvchan tuzlar: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, CuSO_4 , NiSO_4 , CoSO_4 , H_2SO_4 , kaustik kul Na_2CO_3 va H_2O . Reaksiya mahsulotlari erimaydigan tuzlar: $\text{Fe}_2(\text{OH})_4\text{SO}_4$, CuCO_3 , NiCO_3 , CoCO_3 , eruvchan tuzlar Na_2SO_4 va CO_2 . $[\text{H}^+]$ vodorod ionlarining konsentratsiyasi $[\text{H}^+] = 10\text{-pH mol/L}$. Fe^{3+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ionlarining konsentratsiyasi spektrofotometr bilan o'lchanadi.

Tozalash jarayonining soddalashtirilgan matematik modeli tuzilgan:



r_4



r_5



bu yerda r_j – j -chi reaksiya tezligi ($j = 1, \dots, 5$).

Kobalt eritmalarini Fe, Ni, Cu, Al aralashmalaridan tozalashning asosiy usuli bu metallarning asosiy tuzlari va gidroksidlarini ularning ajralib chiqishining turli pHlariga asoslangan cho'ktirish usulidir.

Nazoratning asosiy maqsadi aralashmalar miqdori chegarasida qolib, maqsadli mahsulotning maksimal rentabelligiga erishishdir. Tadqiqotning 1-bosqichi spektrofotometr yordamida o'lgan ion konsentratsiyasi bo'yicha eksperimental ma'lumotlar asosida jarayon statikasining matematik modelini qurishga bag'ishlangan. Soddalashtirilgan matematik modelni qurishda biz oraliq va beqaror birikmalar hosil bo'lishini ta'minlaydigan kimyoviy o'zgarishlarni hisobga olmagan holda reaksiya mexanizmi tenglamalarini oldik (1). Kobaltning yo'qolishini aniqlash uchun biz matematik modelni parametrik identifikatsiya qilish masalasini hal qildik.

Nozik tozalash jarayoni dinamikasining matematik modelini qurishda biz jarayon statikasini tahlil qilishda olingan eksperimental ma'lumotlar va koeffitsientlardan foydalandik.

Gidrodinamika modelini hisobga olgan holda va ideal aralashtirish shartlarini hisobga olgan holda, biz kalit tarkibidagi o'zgarishlarni aks ettiruvchi quyidagi tenglamalarni oldik.

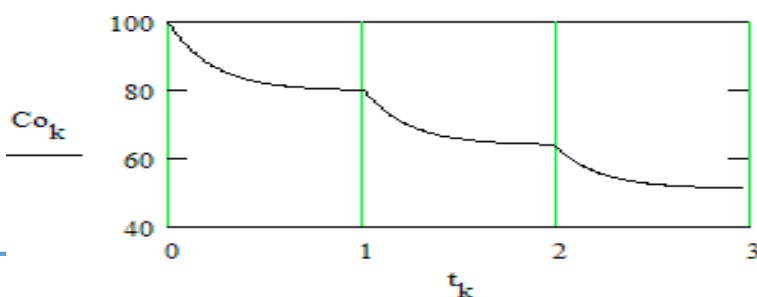
dinamik rejimdagi uchta kaskad reaktorining har biri uchun komponentlar:

$$v \frac{dC_{Co}}{dt} = gC^0_{Co} - (g + g_c)C_{Co} - vk_1(pH)C_{Co}$$

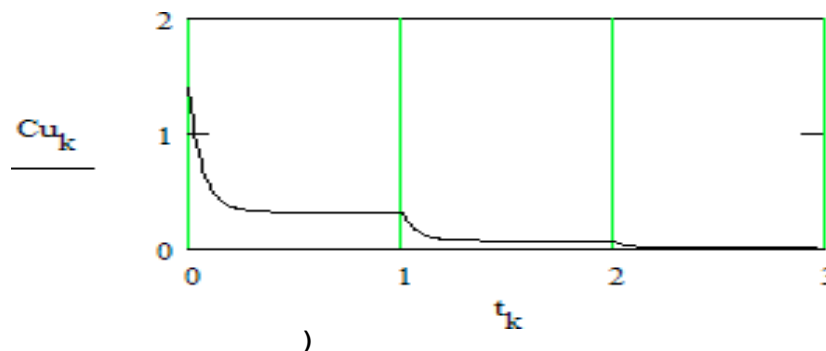
$$v \frac{dC_{Cu}}{dt} + gC^0_{Cu} = (g + g_c)C_{Cu} - vk_2(pH)C_{Cu}$$

$$v \frac{dC_{Fe}}{dt} + gC^0_{Fe} = (g + g_c)C_{Fe} - vk_3(pH)C_{Fe}$$

bu erda g - eritmaning sarflanishi; g_c - kaustik kulni iste'mol qilish; v – reaktorlar hajmi; k^* – komponent uchun reaksiya tezligi konstantalari (pH ga qarab); pH - eritmaning kislotaligi; S_0 – dastlabki eritmadagi konsentratsiya (kobalt, mis, temir uchun); S^* – reaktor kaskadining chiqishidagi konsentratsiya (kobalt, mis, temir uchun);



$$v \frac{dC_c}{dt} = g_c C_c^0 - (2k_1(pH)C_{Co} + k_2(pH)C_{Cu} + k_3(pH)C_{Fe} + k_4(pH)C_c)$$



3-rasm. Reaktorlar kaskadidagi maqsadli mahsulot va aralashmalarning o'zgarishiga bog'liqlik.

4. Texnologik jarayonlarni optimallashtirish

Tozalash jarayonini optimal nazorat qilish muammosi aralashmalarning kontsentratsiyasiga nisbatan qat'iy cheklov bilan tuzilgan; uchinchi reaktor, asosan, xom ashyo va boshqa sub'ektiv omillar tarkibidagi o'zgarishlar bilan bog'liq bo'lgan muhim shovqin mavjudligida eritmaning kerakli darajada zararsizlantirilishini ta'minlashi mumkin.

Umuman olganda, uzluksiz reaktorlar kaskadida sodir bo'ladigan dinamik jarayonlarning tavsifi kimyoviy va texnologik tozalash tizimi uchun qabul qilingan oldingi nazorat strategiyasiga zid emas. Tanlangan tizimli yondashuvga muvofiq, nozik tozalash bosqichida reaktorlar kaskadining matematik modelini aniqlash usullari taklif qilindi va quyi tizimlarning xususiyatlarini aniqlash uchun ketma-ket yaqinlashish usuli qabul qilindi. Bunday modellar boshqaruv muammolarini hal qilishda ham, tizimlarning kelajakdagi holatini bashorat qilishda ham qo'llaniladi.

Statik va dinamik rejimlarni matematik modellashtirish asosida kobalt eritmasini nozik tozalash jarayonini optimal boshqarish muammolari, shuningdek, nazorat qilish muammosi parchalanish yondashuvi yordamida hal qilindi. Har bir reaktorni adekvat matematik modellashtirishga ham, har bir bosqichda boshqaruv vazifalarini hal qilishga katta e'tibor qaratildi, chunki yetarlicha o'rganilmaganda, alohida hodisa va jarayonlar ob'ektning to'liq matematik rasmiylashtirilgan tavsifiga ega bo'lishga imkon bermaydi; Bu ierarxiya darajalarini ajratib ko'rsatish va hodisalar o'rtasidagi munosabatlarni o'rnatish uchun ham amal qiladi. Tizimli yondashuvni amalga oshirishning muhim jihati analitik ma'lumotlar, eksperimental ma'lumotlar va kuzatishlardan foydalanish hisoblanadi.

5. Xulosa

Tizimli tahlil metodologiyasi yuqori texnologiyali tizimlarning ierarxik tuzilishi darajalarini tanlash imkonini berdi; biz ularning o'zaro aloqalarini ko'rib chiqdik,

ularning o'zaro ta'sir tomonlarini aniqladik, har bir qurilmadagi fizikaviy va kimyoviy hodisalarni yoritib berdik va asosiy holat o'zgaruvchilari va boshqaruvchi va bezovta qiluvchi ta'sirlarning xususiyatlarini hisobga oldik. Bosqichlarning matematik tavsifi bizga jarayonni boshqarishning yanada oqilona usullarini topishga va optimallashtirish muammolarini hal qilishga yordam berdi.

Ko'p bosqichli texnologik jarayonlarning modellari boshqaruv muammolarini hal qilish va murakkab yuqori texnologiyali tizimlarning kelajakdagi holatini bashorat qilish uchun qo'llaniladi. Quyi tizimlar jarayonning fizik-kimyoviy qonuniyatlarini o'rganish, har bir bosqichning matematik tavsifini olish imkoniyati yoki mavjudligi asosida ob'ektning murakkabligiga qarab ajratiladi. Bu sizga sinergik effekt olish imkonini beradi. Oqimlar va quyi tizimlarning potentsiali aniqlandi va yo'qotish manbalari va ularni minimallashtirish yo'llarini aniqlang. Ayrim qurilmalar va butun tizimning samaradorligini oshirish imkoniyatlari o'rganildi va bu texnologik sohalarda juda muhimdir.

Zamonaviy hisoblash vositalaridan foydalangan holda murakkab texnologik jarayonlarni miqdoriy va sifat tizimi tahlili va matematik modellashtirish yangi jarayonlarni ishlab chiqish va mavjudlarini faollashtirish uchun zarurdir.

Adabiyotlar:

1. Artamonov, A. G., Volodin, V. M. and Avdeev, V. G. (1989). *Mathematical Modelling and Optimization of Plasma-chemical Processes*. Moscow, Himia.
2. Lasdon, L. S. (2011). *Optimization Theory for Large Systems*. New York, Dover Publications.
3. Mesarovic, M. D. and Takahara, Y. (1975). *General Systems Theory: Mathematical Foundations*. Amsterdam, Elsevier Science.
4. Mokrova, N. V. and Volodin, V. M. (2006). Substantiation of the choice of methods for solving the problem of optimal control of complex processes. *Bulletin of TSTU*, 12, 22–28.
5. Mokrova, N. V. and Volodin, V. M. (2007). Modeling of decomposition control of multistage processes. *Chemical and Oil and Gas Engineering*, 2, 17–19.