

**TOSHKENT SHAHRIDAGI TURIN POLITEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.22/01.02.2022.T.144.01 RAQAMLI ILMY KENGASH**

JIZZAX POLITEXNIKA INSTITUTI

ALISHEV SHERQO‘ZI ABDUMANNONOVICH

**KO‘P BOSQICHLI O‘ZGARUVCHAN PARAMETRLI OBYEKT LARNI
ADAPTIV BOSHQARISH ALGORITMLARI**

05.01.08 – Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishlarni avtomatlashtirish va boshqarish

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent – 2024

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Alishev Sherqo‘zi Abdumannonovich

Ko‘p bosqichli o‘zgaruvchan parametrli obyektlarni adaptiv boshqarish
algoritmlari3

Алишев Шерқўзи Абдуманнонович

Алгоритмы адаптивного управления многостадийными объектами с
переменными параметрами 21

Alishev Sherkuzi Abdumannonovich

Algorithms for adaptive control of multistage objects with variable
parameters.....39

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ
List of published works.....43

**TOSHKENT SHAHRIDAGI TURIN POLITEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.22/01.02.2022.T.144.01 RAQAMLI ILMY KENGASH**

JIZZAX POLITEXNIKA INSTITUTI

ALISHEV SHERQO‘ZI ABDUMANNONOVICH

**KO‘P BOSQICHLI O‘ZGARUVCHAN PARAMETRLI OBYEKT LARNI
ADAPTIV BOSHQARISH ALGORITMLARI**

**05.01.08 – Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishlarni avtomatlashtirish va
boshqarish**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent – 2024

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2021.3.PhD/T892 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Jizzax politexnika institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.polito.uz) va «Ziyonet» axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar

Yakubov Maqsadxon Sultaniyazovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar

Yusupov Jaloliddin Rasuljon o'g'li
texnika fanlari doktori

Yakubov Sobir Xalmuratovich
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot

Farg'ona politexnika instituti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent shahridagi Turin politexnika universiteti huzuridagi PhD.22/01.02.2022.T.144.01 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil «___» fevral soat ___⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. Manzil: 100095, Toshkent, Kichik xalqa yo'li ko'chasi, 17-uy. Tel./faks: (998-71)-246-50-92, e-mail: info@polito.uz.

Dissertatsiya bilan Toshkent shahridagi Turin politexnika universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (A-303 raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: Toshkent, Kichik xalqa yo'li ko'chasi, 17-uy. Tel./ факс: (998-71)-246-50-32, e-mail: irc@polito.uz.

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil «___» _____ kuni tarqatildi.
(2024 yil «___» _____ dagi _____ raqamli reyestr bayonnomasi).

J.Sh.Inoyatxodjayev
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

T.R.Pulatov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash Ilmiy kotibi, (PhD), dosent.

N.E.Maxamatov
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash qoshidagi Ilmiy seminar
raisi, t.f.d.

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda ko‘p bosqichli o‘zgaruvchan parametrli obyektlar, masalan portlandsement mahsulotlarni ishlab chiqarish zavodlari iqtisodiyotni dinamik rivojlanishining muhim sohalaridan biri hisoblanib, turli tarkibli xom ashyolardan turi va xususiyatlari bo‘yicha bir-biridan farq qiluvchi portlandsement mahsulotlar ishlab chiqish, shaxtali yoki barabanli aylanma pechlarda xom ashyo qorishma (shixta)larni quritish, qizdirish, dekarbonizatsiyalash, kuydirish va sovutish texnologik jarayonlarining boshqaruvini avtomatlashtirish, optimal harorat rejimini aniqlash usullari va pechda xom ashyo kukunlarining harakat jarayonlarini boshqarish tizimlarini takomillashtirishga alohida e‘tibor qaratilmoqda. «Jahon sanoatidagi sement assotsiatsiyasi ma‘lumotiga ko‘ra, dunyoda sement mahsulotiga bo‘lgan talab 2020 yilda 3,78 mlrd. tonnani tashkil etgan bo‘lsa, bu ko‘rsatkich 2021 yilga kelib 4,03 mlrd. tonnaga yetgan, ya‘ni 5,2 %ga oshgan».¹ Bu yo‘nalishda rivojlangan mamlakatlar, jumladan, Xitoy, Shimoliy Amerika, Hindiston, G‘arbiy Yevropa va boshqa davlatlarda talab ortib bormoqda. Shu boisdan ishlab chiqarish korxonalarini modernizatsiya qilish, avtomatlashtirish usullarini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Jahonda resurs tejamkor portlandsement mahsulotlari ishlab chiqarish texnologik jarayonlarni, xom ashyoning fizik xossalari va kimyoviy tarkibiga muvofiq ravishda texnologik rejimini va pech haroratini aniqlash, ko‘p bosqichli o‘zgaruvchan parametrli obyektlarda pechda shixtani quritish, qizdirish, dekarbonizatsiyalash, kuydirish va sovutish jarayonlar ketma-ketligi boshqaruvini optimal matematik modelini ishlab chiqish, texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishga yo‘naltirilgan ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada ko‘p bosqichli sement mahsulotlar ishlab chiqarish texnologik jarayonlarning o‘ziga xos xususiyatlari, talablari, tamoyillari va mezonlariga asoslanib qorishmani quritish, kuydirish va sovutish jarayonlarida pech haroratini aniqlash usullarini ishlab chiqish, xom ashyo har xilligi, chiqariladigan mahsulot turiga qarab pechlarning harorati va kukunlarning harakati tezligini boshqarish usulini ishlab chiqishni ilmiy asoslash zarur bo‘lib hisoblanmoqda.

Respublikamizda turli maqsadlarga mo‘ljallangan o‘zgaruvchan parametrli obyektlarda turli tarkibli va xossalarga ega portlandsement va silikat materiallarini qayta ishlashni texnologik jarayonlarini modernizatsiyalash, pechlar ichida xom ashyo kukunlarining harorat zonalari bo‘ylab harakati jarayonlari davomida tegishli optimal harorat ko‘rsatkichlarni aniqlash va ta‘minlanishini boshqarish, qorishmalarni quritish va kuydirish jarayonlarini boshqarish usullarini ishlab chiqish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda, jumladan, o‘zgaruvchan parametrli obyektlarda portlandsement va boshqa turdagi energiya talabgor qurilish materiallarini ishlab chiqish jarayonlarini avtomatlashtirilgan tuzilmasi, ko‘p bosqichli qorishmani kuydirish texnologik jarayonlarini modellarini, xom ashyo aralashmalarini (kukunlar) texnologik jarayonlar ketma-ket harakati davrida pech haroratini aniqlash usullarini ishlab chiqish, jarayonlarni boshqarish usullarini takomillashtirishga mo‘ljallangan ixtisoslashgan

¹<http://projectreporter.co.in/prcontentdetail.aspx?Id=5242>

matematik ta'minot va dasturlar majmuasini yaratish muhim masalalardan biri hisoblanadi.

Ushbu dissertatsiya tadqiqoti O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 20 fevraldagi PQ-4198-son «Qurilish materiallari sanoatini tubdan takomillashtirish va kompleks rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi, 2019 yil 23 maydagi PQ-4335-son «Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida»gi Qarorlarida hamda mazkur faoliyatga tegishli barcha me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti ma'lum darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining: IV. «Axborotlashtirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish» ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Dissertatsiya mavzusi bo'yicha xorijiy ilmiy tadqiqotlar sharhi. Ko'p bosqichli texnologik jarayon bo'lgan portlandsement mahsulotini ishlab chiqarish texnologik jarayonini avtomatlashtirish va maxsus turli sement mahsulotlarini ishlab chiqarish bo'yicha asosiy tadqiqot va innovatsiyalar asosan yirik tadqiqot markazlarida amalga oshirib kelinmoqda. Jumladan, Konchilik fanlari akademiyasi (Moskva), D. I. Mendeleev nomidagi Rossiya kimyoviy texnologiya universiteti (Moskva), Amerika beton instituti (AQSH), Xitoy konchilik universiteti (Xitoy), Markaziy qurilish universiteti (Janubiy Xitoy), Hindiston Texnologiya Instituti (Hindiston) va boshqa nufuzli oliy ta'lim muassasalarida keng qamrovli ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda.

XX asrning oxirlarida olimlar portlandsement ishlab chiqarish jarayonida resurstejamkor va energiya tejamkor mahsulotlarni ishlab chiqarish texnologik jarayonlarini qayd etdilar.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Ko'p bosqichli o'zgaruvchan parametrli obyektlarda tog'-kon, portlandsement va silikat materiallarini olishda xom ashyolarni qayta ishlash jarayonlarini boshqarish usullari va modellarini tadqiq etishga doir bir qator ilmiy va amaliy natijalar olingan. Jumladan xorijiy olimlardan Jennings H.M., Caijun Shi, Della Roy, Pavel K., Scrivener K.L., Nonat A., Vtyurin V.A., Chirkov A.S., Braun A.V., Porxalo V.A., Valerii V.Y., F.M.Li, Nasanov I.D., Puchkov L.A., Taymasov B.T., Kirillov A.H., Kirsanov P.V., Ignatyev V.B., Cherkasov D.V., Kuzmin N.G., Ilina L.V., Pirov F.S. va boshqalarning ishlarida ko'rib chiqilgan.

O'zbekistonda ko'p bosqichli o'zgaruvchan parametrli obyektlar texnologik jarayonlarini modellashtirish, adaptatsiyalash, bashoratlash, optimallashtirish va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimini ishlab chiqish va takomillashtirish masalalari bo'yicha Yusupbekov N.R., Igamberdiyev X.Z., G'ulomov Sh.M., Sidikov I.X., O'ljayev E., Kabulova L.B., Irismetov X.E., Atakuziyev T.A., Shipulin Y.G., Abdullayev M.M., Nazarov X.A., Sevinov J.U., Sharifov A., Iskandarova M., Talipov N.X., Tojiyev T.X., O'razov N., Toirov Z.K., Muxamedbayeva Z.A. va boshqa olimlar ko'p bosqichli ishlab chiqarish obyektlari texnologik jarayonlarini modellashtirish, optimallashtirish va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimini takomillashtirish usul va algoritmlarini ishlab chiqishga munosib hissa qo'shganlar.

Shu bilan birga, hozirgi kunda axborot kommunikatsiya texnologiyalari va kompyuter tizimlari yordamida portlandsement qurilish materiallarini ishlab chiqarish texnologik jarayonidagi xom ashyoning fizik va kimyoviy o'zgarishlari, pech haroratining turli tarkibli va tayyor sement mahsulotlari sifat ko'rsatkichiga ta'siri masalalari yetarli darajada o'rganilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent axborot texnologiyalari universitetining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining A5-025 - «Iqtisodiyotni modernizatsiya qilishda internet marketing tadqiqoti logistik boshqaruv tizimining tadbiqu» (2015-2017), I-2014-4-7 «Ishlanma va texnologiyalarni 3D formatda virtual namunalarini modellashtirishni tashkil etish va taqdimot maydonlari platformasini yaratish» (2014-2016) va I-2017-4-4-«Axborot tizimlarida ma'lumotlarga intellektual ishlov berish modellarini ishlab chiqish va joriy etish» (2017-2018) mavzularidagi loyihalari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi ko'p bosqichli o'zgaruvchan parametrlil obyektarni adaptiv boshqarish, bashoratlash modellari, algoritmlarni ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

ko'p bosqichli o'zgaruvchan parametrlil obyektarni an'anaviy boshqaruv tizimi, texnologik xususiyatlari, fizik va kimyoviy o'zgarishlarini tizimli tahlillash asosida portlandsement mahsulotini ishlab chiqarish texnologik jarayonini takomillashtirish;

ko'p bosqichli o'zgaruvchan parametrlil obyektarni boshqarish va dekompozitsiyalash tamoyillari, talablari va mahsulot ko'rsatkichlarini belgilovchi informativ faktorlari asosida adaptiv boshqarish algoritmini ishlab chiqish;

ko'p bosqichli o'zgaruvchan parametrlil obyektlarda portlandsement materiallarini ishlab chiqarish jarayonlarini modellashtirish, bashoratlash, optimallashtirishning adaptiv modellari va algoritmlarini ishlab chiqish;

portlandsement va silikat materiallarini qayta ishlashda boshqaruv dasturiy majmuasini yaratish asosida pech harorat rejimini avtomatlashtirilgan tizimini takomillashtirish.

Tadqiqotning obyekti sifatida ko'p bosqichli tog'-kon jinslaridan olinadigan portlandsement qurilish materiallarini ishlab chiqarish texnologik jarayonlarini avtomatlashtirilgan boshqarish tizimi olingan.

Tadqiqotning predmeti ko'p bosqichli tog'-kon jinslaridan olinadigan portlandsement materiallarini ishlab chiqarish texnologik jarayonlarini, pechning harorat rejimini xom ashyoning xususiyatlariga muvofiq boshqaruv tizimini yaratish usul, model, algoritm va dasturiy majmuasi olingan.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida optimallashtirish, bashoratlash va faktorli tahlil usullari, axborot va matematik modellashtirish, ma'lumotlarga ishlov berish usullari, texnologik jarayonlar va klassifikatsiyalash usullari, matematik statistika, qaror qabul qilish va boshqaruv usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

ko'p bosqichli o'zgaruvchan parametrlil obyektarni an'anaviy boshqaruv tizimi, texnologik xususiyatlari, fizik va kimyoviy o'zgarishlarini tizimli tahlillash asosida

portlandsement mahsulotini ishlab chiqarish texnologik jarayoni adaptiv boshqaruv tizimini joriy etish hisobiga takomillashtirilgan;

ko'p bosqichli o'zgaruvchan parametrli obyektlarni boshqarish va dekompozitsiyalash tamoyillari, talablari va mahsulot ko'rsatkichlarini belgilovchi informativ faktorlari asosida adaptiv boshqarish algoritmi va matematik modelini adaptatsiyalashning tuzilmaviy sxemasi ishlab chiqilgan;

ko'p bosqichli o'zgaruvchan parametrli obyektlarda portlandsement materiallarini ishlab chiqarish texnologik jarayonlarini modellashtirish, bashoratlash, optimallashtirishning adaptiv modellari va haroratni maydon bo'yicha tarqalishi, yoqilg'i aralashmasi harorati va moddiy haroratni maydonlar bo'yicha hisoblash algoritmlari ishlab chiqilgan;

portlandsement va silikat materiallarini qayta ishlash jarayonlarini adaptiv boshqarish algoritmlari va dasturiy majmuasini yaratish asosida pech harorat rejimini nazorat qilish va boshqarishning avtomatlashtirilgan tizimi takomillashtirilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

ko'p bosqichli o'zgaruvchan parametrli obyektlarda kuydirilayotgan mahsulotlarning xususiyatlari va nuqsonlarini bashorat qilish va olingan natijalarni texnologik jarayonlar parametrlarini, avariya holatlarda iqtisodiy zarar ko'rish va jarayonni nooptimal yuritilayotganini o'z vaqtida bartaraf etish tizimi yaratilgan;

portlandsement va silikat mahsulotlarni olishda xom ashyoni qayta ishlash, kuydirish jarayoni eksperimental tadqiqoti natijasida sement mahsuloti optimal tarkiblari xossalarini xususiyatlari aniqlangan, ularning statistik tahlilidan keyin mahsulotlarning xossalarini modellashtirish uchun qisqartmalar shakllantirilgan, hamda nazorat qilinuvchi texnologik o'zgaruvchilarning statistik tahlilini o'tkazish, matematik modellarga kiritish uchun omillar aniqlangan;

mahsulotlarning xususiyatlarini bashorat qilish uchun olingan namunalarning rentgen tahlili va maxsus namlikda qotgan namunalarning mustahkamligining eng kichik qiymati va namlik yutishining o'rtacha qiymati modellari olingan va modellar yaroqsiz mahsulotlarni paydo bo'lishini bashoratlashda qo'llanilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchligi. Tadqiqot natijalarining ishonchligi uslubiy jihatdan asoslangan amaliy hisob-kitoblar, ko'p pog'onali tahliliy tizimlarni qurishning nazariy asoslangan konsepsiyalarining qo'llanilishi, avtomatik tahlil nazariyasining sinalgan usullari va algoritmlarning ishlatilishi, nazariy va amaliy tadqiqotlarning olingan natijalari va ularning o'zaro muvofiqlashtirilganligi hisoblash eksperimentlari natijalarini umumqabul qilingan mezonlar asosida aynan berilganlar bilan qiyosiy tahlili bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati ko'p bosqichli o'zgaruvchan parametrli obyektlarda portlandsement va silikat materiallarini ishlab chiqarish jarayonlarini bashoratlash va adaptiv modellarini ishlab chiqish, hamda sement mahsulotlarni olishda xom ashyolarni kuydirish jarayonida pechning harorat rejimini muvofiqlashtirish usullari va algoritmlarini ishlab chiqish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati adaptiv boshqaruv masalasini shakllantirilishi, optimallik mezoni tanlanishi, kuydirish maydonida harorat

cheklovlari, pechga xom ashyo kukunlarini kiritish tezligi, shuningdek, mahsulotni mustahkamligining eng kichik qiymati va namlik yutishi, qotish darajasining oʻrtacha qiymati shakllantirilishi, mahsulot maxsus namlik boʻyicha mustahkamlikni taqsimlash modelidan foydalanish, harorat maydoni va mahsulot xossasini muvofiqlashtirish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarini joriy qilinishi. Koʻp bosqichli oʻzgaruvchan parametrli obyektlarda portlandsement va silikat materiallarini olishda ishlab chiqarish texnologik jarayonlarini adaptiv boshqarish usul, matematik model, dasturiy majmua va algoritmlari boʻyicha olingan ilmiy natijalar asosida:

koʻp bosqichli oʻzgaruvchan parametrli obyektlarda portlandsement klinkerini ishlab chiqarishni boshqarish jarayonida adaptiv boshqarish usullarini takomillashtirish, adaptiv modellari va algoritmlari “Qizilqumsement” AJ korxonasida sement mahsulotlarini ishlab chiqarish texnologik jarayoniga joriy etilgan (“Qizilqumsement” AJ korxonasida 15 iyun 2021 yil dalolatnomasi). Natijada portlandsement mahsulotlarni ishlab chiqarish jarayonida texnik-iqtisodiy zararlar miqdori qisqarishiga, yaʼni yoqilgʻi va elektr energiya sarf harajatlarining iqtisodiy samaradorligi 147,8 mln.soʻm miqdorida tejamkorlikga erishish imkonini bergan;

xom ashyolardan portlandsement va silikat materiallarini olishda kuydirish va quritish texnologik jarayonlarini adaptiv boshqarish algoritmlari va dasturiy majmuasi “Turon eco cement group” AJ korxonasida sement mahsulotlarini ishlab chiqarish texnologik jarayoniga joriy etilgan 2021 yil 15 sentabr dalolatnomasi. Natijada portlandsement mahsulotlarni olishda qayta ishlash, axborot resurslari oqimi va boshqaruv tizimi faoliyatini muvofiqlashtirish ishlab chiqarishda yoqilgʻi va elektr energiya sarf harajatlarining 1,13 barobar tejamkorligiga, iqtisodiy samaradorligi 57,3 mln.soʻm miqdorida tejamkorlikga erishish imkonini bergan;

oʻzgaruvchan parametrli obyektlar xom ashyolarining fizik va kimyoviy oʻzgarishlarini tizimli tahlillash, portlandsement mahsulotini olishda kuydirish va quritish jarayonini adaptiv boshqarish usuli “Olmaliq KMK” AJ Sherobod sement zavodiga joriy etilgan. (“Olmaliq KMK” AJ Sherobod sement zavodining 2019 yil 26 dekabrda 01-son dalolatnomasi). Natijada sement mahsulotlarini ishlab chiqarish jarayonini samarali tashkil etish xom ashyoning tarkibiy qismiga muvofiq xom ashyo qorishmasini kuydirish uchun sarflanayotgan issiqlik energiyasi miqdorini qisqartirish hisobiga ishlab chiqarish sof foyda miqdorini 1,22 baravarga oshirish imkonini bergan.

portlandsement klinkerini ishlab chiqarish jarayonini adaptiv modellari, algoritmlari va boshqaruv tizimini takomillashtirish usullarini xom ashyolardan portlandsement va silikat materiallarini olishda kuydirish va sovutish texnologik jarayonlariga joriy etganligi toʻgʻrisidagi “Oʻzsanoatqurilishmateriallari” uyushmasining 2022 yil 16 martdagi 05/15-706-sonli maʼlumotnomasi.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 7 ta, jumladan, 5 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan oʻtkazilgan.

Tadqiqot natijalarining eʼlon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi boʻyicha jami 9 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan – 1 ta monografiya, Oʻzbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalarini asosiy ilmiy natijalarini

chop etishga tavsiya etgan ilmiy nashrlarda 8 ta maqola, 2 tasi xorijiy va 6 tasi respublika jurnallarida nashr qilingan hamda EHM lar uchun dasturiy mahsulotlarga O‘zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligidan ro‘yxatdan o‘tgan 3 ta guvohnoma olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 120 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurlik darajasi asoslab berilgan, maqsad va vazifalar shakllantirilgan, tadqiqot obyekti va predmeti aniqlangan, tadqiqotning O‘zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalarining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi belgilangan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari ko‘rsatib o‘tilgan, olingan natijalarning haqqoniyligi asoslab berilgan, olingan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga tatbiq etilishi ro‘yxati, ishni sinash natijalari, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilmasi to‘g‘risidagi ma‘lumotlar keltirilgan.

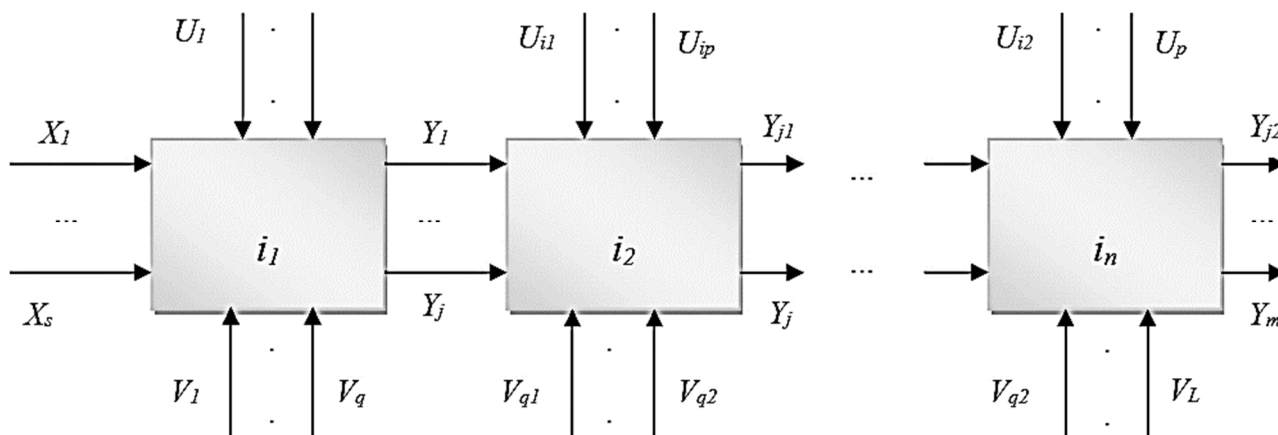
Dissertatsiyaning «**Ko‘p bosqichli o‘zgaruvchan parametrli obyektlarni boshqarishning zamonaviy holati**» deb nomlangan birinchi bobida ko‘p bosqichli o‘zgaruvchan parametrli obyektlar (KBO‘PO) mahsulotlari, hususan, qurilish materiallari hisoblangan sement ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarish tizimining hozirgi holati tahlili, ishlab chiqarishning texnologik xususiyatlari, ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarish tizimini takomillashtirish usullari va strategiyasini aniqlashga bag‘ishlangan.

KBO‘PO jarayonlari boshqaruv obyekti sifatida bir necha o‘zaro moddiy oqimlar bilan bog‘langan bo‘limlardan iborat bo‘lib, turli tarkib va miqdor jihatdan o‘zgaruvchan kiruvchi va chiquvchi boshqaruvchi parametrlari bilan xarakterlanadi. Ishlab chiqarish korxonasi o‘zgaruvchan tarkibli xom ashyo turli xossalari fizik-kimyoviy parametrlar bilan kiradi, chiqishda esa talab etilgan mahsulot olinadi. Jarayondagi parametrlar o‘zaro murakkab bog‘lanishga ega va har bir bosqichda ma‘lum bir sifat o‘zgarishlari sodir bo‘ladi. Masalan, portlandsement klinkerini ishlab chiqarish jarayoni: xom ashyoni tayyorlash, maydalash, tarkibiy me‘yorlash, qizdirish, kuydirish, sovutish, shuningdek, so‘nggi bosqich maydalash va kukunlash kabilarga bo‘linadi. Kiruvchi parametrlar jarayon holatini ifodalab tayyorlanayotgan mahsulot sifat va miqdor ko‘rsatkichlarini belgilaydi. Shuningdek, jarayon faoliyatiga ta‘sir etuvchi tashqi muhitni ifodalaydi.

Ichki parametrlar jarayonning qurilmaviy tuzilma va texnologik jihatlarini ifodalaydi. Tuzilmaviy parametrlar qurilmalarini geometrik xarakteristikalarini (texnologik agregat, qurilma, xom ashyoni aralashtiruvchi agregatning diametri va balandligi) belgilaydi. Texnologik parametrlar texnologik oqim parametrlari va jarayonlarning rejim parametrlariga bo‘linadi. Texnologik parametrlarga oqim holati xossalarini ifodalovchi parametrlari (xom ashyo miqdori, tarkibiy qismi, uskunalar (pech) ichki harorati, bosimi, aralashmalarining konsentratsiyasi, zichligi) kiradi. Ko‘p bosqichli o‘zgaruvchan parametrli obyekt sifatida 1-rasm kabi ifodalanadi.

Ko'p bosqichli o'zgaruvchan parametrlil obyektning kirish qismiga o'zgaruvchi vektor parametrlari $X(t)$ tashkil etuvchilari $X_1(t), X_2(t), \dots, X_k(t)$ ma'lum bir to'plamga $X, x(t) \in X$ kiradi.

Boshqaruvchi parametrlar $U(t)$ tashkil etuvchilari $U_1(t), U_2(t), \dots, U_i(t)$ komponentlar bilan belgilanib, tizimni kechish jarayonini boshqarishga xizmat qiladi. Ular tarkibiga xususan: xom ashyo sarfi, maydalanganlik darajasi, zichligi, namligi, qovushqoqligi, harorati, energiya sarfi kabi parametrlar kiradi.



1-rasm. KBO'PO jarayonining blok sxemasi

Jarayonga salbiy ta'sir ko'rsatuvchi tasodifiy parametrlar $V(t)$ xom ashyo xossalari, xom ashyo tarkibidagi metallar va minerallar, yopishqoqlik xususiyatlari (zarracha shakli va o'lchami), granularning yirikligi, maydalanish xususiyati, moddiy oqimning hajmi va zichligi, namlik tarkibi, boshqaruvchi parametrlarning sifati, turg'unligi, va harorati hisoblanadi. Bu parametrlar o'rnatilgan texnologik tartibni o'zgarishiga olib keladi.

KBO'PO holatini ifodalovchi vektor parametrlar $Y(t)$ quyidagi ko'rinishda ifodalanadi $Y_1(t), Y_2(t), \dots, Y_i(t)$. Bunga olingan mahsulot yoki yarim tayyor mahsulot kimyoviy tarkibi, o'lchami, miqdori va hakoza kiradi. Bu yerda t (diskret yoki uzluksiz vaqtni ifodalaydi) ma'lum bir T to'plamdagi vaqt.

KBO'PO jarayonlarni boshqaruv tizimini ishlab chiqish belgilangan sifat darajasidagi mahsulotni olish uchun lokal uchastkalarni tanlash, modellashtirish masalasini joriy etish, optimal boshqaruv algoritmini ishlab chiqishni taqozo etadi. Bu o'z navbatida ishlab chiqarish samaradorligini va ishonchliligini oshirish, mahsulot sifatini oshirish, korxonada quvvatidan samarali foydalanish, boshqaruv vosita va usullarini takomillashtirishni talab etadi.

Dissertatsiyaning ikkinchi «**Ko'p bosqichli texnologik jarayonlarni avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimini shakllantirish algoritmi**» nomli bobida ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarish tizimi tamoyillari shakllantirilgan, portlandsement mahsulotlar xarakteristikalarini va xossalari tarqalish xarakteri aniqlangan, texnologik jarayonlar parametrlari klassifikatsiyalangan.

Adaptiv boshqaruv tizimini shakllantirish muammosining muhim jihati shundaki, ob'ekt har doim ham doimiy parametrlarga ega model tomonidan tavsiflanmasligi mumkin. Ba'zi hollarda tizim parametrlari vaqt o'tishi bilan o'zgaradi.

Bu ichki va tashqi omillarga bog'liq bo'lishi mumkin. Bunday omillar orasida, masalan, tizim elementlarining qarishi tufayli parametrlarning o'zgarishi, haddan tashqari harorat ta'siri, ish paytida massa-gabrit parametrlarining o'zgarishi. Shu munosabat bilan murakkab dinamik tizimlarning xatti-harakatlarini statsionar bo'lmagan parametrlarni o'z ichiga olgan matematik modellar yordamida aniqroq tavsiflash mumkin. Bitta kirish va bitta chiqish turiga ega bo'lgan chiziqli bo'lmagan statsionar tizimni ko'rib chiqamiz:

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + kC^T(t)x(t) + bu(t) + w(y,t), x(0) = x_0 \in R^n, t \geq 0, y(t) = C^T(t)x(t). \quad (1)$$

Bu yerda $x(t) \in R$ – noma'lum holat vektori, $u(t) \in R$ – ma'lum kirish signali, $y(t) \in R$ – o'lchanadigan chiqish signali, matrisalar $A(t) \in R^{n \times n}$, $C^T \in R^n$ ular statsionar bo'lmagan parametrlarga ega bo'lgan ma'lum va cheklangan matritsalaridir, $k \in R^n$ va $b \in R^n$ – doimiy va noma'lum, $w(y,t)$ – qisman noma'lum chiziqli bo'lmagan vektor funktsiyasi.

Ko'rib chiqilayotgan tizimga nisbatan vazifani hal qilishda quyidagi taxminlar qabul qilindi. Chiziqli bo'lmagan vektor funktsiyasi $w(y,t)$ quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$w(y,t) = mf(y(t))$$

Bu yerda $f(y(t))$ – ma'lum chiziqli bo'lmagan funktsiya, $m \in R^n$ – noma'lum doimiy parametrlar vektori.

Tizim uchun (1) turning adaptiv kuzatuvchisini sintez qilish vazifasi qo'yiladi:

$$\dot{x}(t) = F(x(t), u(t), y(t)), \quad \begin{bmatrix} \hat{x} \\ \hat{k} \\ \hat{b} \\ \hat{m} \end{bmatrix} = S(x(t), u(t), y(t)),$$

Bu yerda $x(t) \in R^n$ shunday qilib, barcha signallar cheklangan buladi. Adaptiv kuzatuvchi holat o'zgaruvchilarini baholash va doimiy noma'lum parametrlarni baholashning haqiqiy qiymatlarga yaqinlashishini ta'minlashi kerak:

$$\hat{x}(t) = x, \hat{k}(t) = k, \hat{b}(t) = \hat{b}, \hat{m}(t) = m.$$

Demak barcha holatlar uchun $x_0 \in R^n$, $x(t) \in R^n$.

Ushbu ishning birinchi bosqichida asl parametrlash amalga oshiriladi statik chiziqli regressiya modelini olish uchun tizimlar asosiy vazifa chiziqli statik regressiya modelining noma'lum doimiy parametrlarini aniqlashdir. Kelajakda olingan parametrlar asosida holat vektorining tarkibiy qismlarini tiklash mumkin bo'ladi. Ishning ikkinchi bosqichida chiziqli regressiya modelining noma'lum doimiy parametrlari baholanadi. Ushbu muammoni hal qilish uchun turli xil usullar mavjud. Usulni tanlash regressorga qo'llaniladigan qo'zg'alish sharoitlariga bog'liq.

Shaklning dinamik tizimini ko'rib chiqamiz:

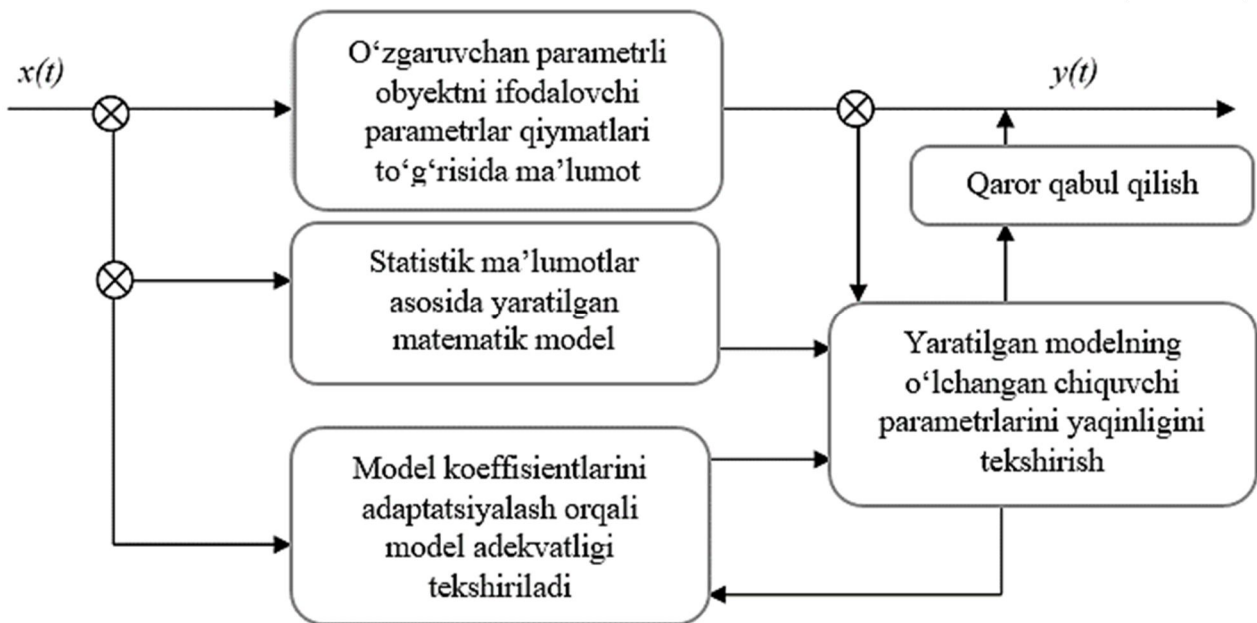
$$\begin{aligned}\dot{\xi}(t) &= A_0(t)\xi(t) + L(t)y(t), \xi(0) = 0_{n \times 1} \\ \dot{\eta}(t) &= A_0(t)\eta(t) + Iy(t), \eta(0) = 0_{n \times n} \\ \dot{\zeta}(t) &= A_0(t)\zeta(t) + Iu(t), \zeta(0) = 0_{n \times n} \\ \dot{\rho}(t) &= A_0(t)\rho(t) + I f(y), \rho(0) = 0_{n \times n} \\ \dot{\Phi}(t) &= A_0(t)\Phi(t), \Phi(0) = 0_{n \times n}\end{aligned}$$

Shunday qilib, asl dinamik tizim (1) ga aylantirilishi mumkin shaklning yangi o'zgaruvchilaridagi chiziqli regressiya modeli:

$$z(t) = \Psi(t)\Theta, \text{ Bu yerda } z(t) = y(t) - C^T(t)\xi(t)$$

$\Psi(t) = [C^T(t)\Phi(t)C^T(t)\eta(t)C^T(t)\zeta(t)C^T(t)\rho(t)]$ – funksiyaning vektori, $\Theta = [\theta_1 \theta_2 \theta_3 \theta_4 \theta_5 \theta_6 \theta_7 \theta_8]^T$ – nomalum o'zgarmas parametrlarning vektori.

Adaptatsiya algoritmidagi har vaqt jarayondan chiquvchi va modelda hisoblangan chiquvchi parametrlar solishtirib boriladi, bunda model operatori mos parametrlarini tanlash hisobiga chiquvchilarning kvadratik chetlanishi minimallashtiriladi (2-rasm.).



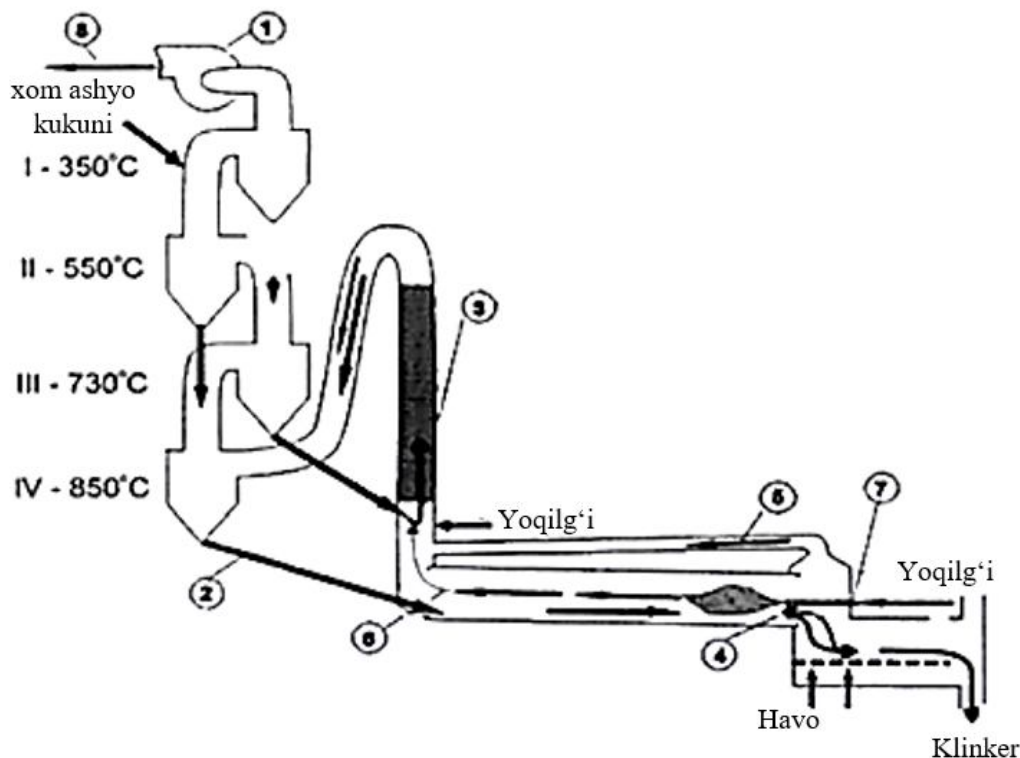
2-rasm. KBO'PO matematik modelini adaptatsiyalash sxemasi.

Adaptiv funksiyalarni boshqaruvchi obyekt xarakteristikalarini yoki joriy parametr qiymatlarini identifikatsiyalashga asoslangan boshqaruv tizimlarini yaratish orqali tizim parametrlarini o'zgartirishga erishiladi. Adaptiv identifikatsiyalash algoritmining asosiy qismi bo'lib, sifat funksiyasini hisoblash jarayoni hisoblanadi. Boshqa hisoblash jarayonlari boshqaruvga bog'liq bo'lib, hisoblashlar natijasida boshqaruv tizimi parametrlari o'zgaradi yoki adaptiv identifikatsiyalashdan olingan ma'lumot asosida tizim chiqishidagi qo'shimcha adaptivlash signallari shakllanadi. Shunday qilib, identifikatsiyalangan adaptiv tizimlarda ikkita identifikatsiya va boshqaruv bo'yicha adaptatsiya jarayoni mavjud. Moslashtirilayotgan model blok kabi identifikatsiyalangan obyekt bilan turlicha moslashishi mumkin. Xususan, parallel,

ketma-ket va aralash. Bundan tashqari model obyektning ma'lum bir qismiga tegishli bo'lishi mumkin.

Dissertatsiyaning uchinchi «Portlandsement ishlab chiqarish texnologik jarayonlarini modellashtirish va optimallashtirish algoritmlari» nomli bobida sement klinkerlarini kuydirish va quritish jarayonlarini modellashtirish usullari tadqiq etilgan. Jarayonlarni ifodalovchi parametrlar majmuasi tahlil etilib, ularning tarkibidan ustuvorlari tanlab olingan hamda sement klinkerlarini kuydirish va quritish jarayonlari modellari ishlab chiqilgan.

Pechning ichida ro'y beradigan birgina issiqlik jarayoni bo'yicha quyidagilarni kuzatish mumkin (3-rasm).



3-rasm. Klinkerga quruq usulda ishlov berishning funksional sxemasi.

1-tutun chiqindisi, 2-dekarbonizator, 3-dekarbonizator darajasi, 4-ikkilamchi havo, 5-uchinchi havo, 6-xom ashyo harorati, 7-yoqilg'i quyish moslamasi, 8-gazning chiqish harorati

- Yoqilg'i (gaz, suyuq, qattiq) ning yonishi natijasida harorat ko'tarilib pech ichining turli uchastkalari bo'ylab gazlarning harakati va bosimini yuzaga kelishi;
- Pech ichidagi issiqlik haroratini pech sirt qobig'i tomonidan yutilishi va tashqi atmosferaga uzatilib yo'qotilishi;
- Qayta ishlanayotgan xom ashyo massasi tomonidan issiqlikni yutilishi va qaytarilish jarayonlari;
- Kimyoviy reaksiya va boshqa ta'sirlar natijasida issiqlikni paydo bo'lishi yoki yutilishi.

Suvdan foydalanishga qarab, ishlab chiqarish usullari quruq, ho'l, kombinirlangan (yarim quruq) usullarga bo'linadi.

Pechning *i*-chi maydoni uchun gaz tarkibiy qismining harorat o'zgarishi qo'yidagi issiqlik balansi tenglamasi bilan ifodalanishi mumkin:

$$c_p G_i^* T_i^g = c_p (G_i^* - G_{i+1}^*) \cdot T_{i+1}^z - P_i^G - Q_i^0 - Q_i^m, \quad (2)$$

bu yerda, c_p - gaz issiqligining solishtirma issiqligi, $T_i^g, i = \overline{1, N}$ - gaz aralashmasining i -chi maydondagi harorati,

$$G_i^* = G_0 + G_i^G,$$

G_0 - o'choq ichidagi havo sarfi, G_i^* - berilayotgan havo oqimi sarfi, G_i^G - tutun gazlarining sarfi, N - maydonlar soni.

R^G - maydondagi o'choqlar.

$$G_i^G = \frac{P_i^G}{Q_G \chi},$$

Q_G - gazning yonish issiqligi, χ - gaz va havoning stexiometrik nisbati.

Tenglamaning (2) chap qismi i - va $(i+1)$ -maydonlarining chegarasi orqali o'tkaziladigan issiqlik oqimini taqdim etadi, o'ng qismi esa quyidagi shartlar bilan taqdim etiladi:

Birinchi qism i - va $(i+1)$ -maydonlari orasidagi issiq gazlar orqali uzatiladigan issiqlik oqimini anglatadi.

Ikkinchi qism – bu maydondagi gaz o'chog'ining issiqlik kuchi (tabiiyki, $P_i^G = 0$ maydonida o'choqlar bo'lmasa).

O'ng tarafdagi uchinchi qism atrof-muhitga issiqlik yo'qotishidir:

$$Q_i^0 = K_i^0 S_i \cdot (T_i^z - T_0),$$

bu yerda, T_0 - tashqi havo harorati, T_i^z – issiq gazlarning harorati, S_i – o'rab turgan yuzaning umumiy maydoni, K_i^0 – issiqlik uzatish koeffitsienti.

O'ng tarafdagi to'rtinchi qism – bu materialga o'tkazilgan issiqlik miqdori:

$$Q_i^* = \frac{c_p M_i \cdot (T_i^m - T_{i-1}^m)}{\Delta t},$$

bu yerda T_i^m - i - maydondagi materialning harorati, c_p – materialning solishtirma issiqlik sig'imi, M_i - i - maydondagi materialning massasi, Δt – i - maydonning o'tish vaqti.

Materialning harorat maydoni ichki issiqlik manbalari bo'lmagan tizim uchun barqaror bo'lmagan issiqlik o'tkazuvchanligining klassik tenglamasi bilan aniqlanadi:

$$c_p \rho_q \frac{\partial T_i^q}{\partial t} = \lambda_q \left(\frac{\partial^2 T_i^q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_i^q}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T_i^q}{\partial z^2} \right), \quad (3)$$

bu yerda, c_p, ρ_q, λ_q – ma'lum bir materialning issiqlik sig'imi, zichlik, issiqlik o'tkazuvchanligi ko'rsatkichlari.

Dastlabki shartlar sifatida, materialning harorati $i-1$ -maydondan chiqishda olishimiz mumkin:

$$T_i^q(0) = T_{i-1}^q(\Delta t), \quad (4)$$

Chegara shartlari:

$$\begin{aligned} \alpha_i(T_i^q - T_i^g \Big|_{x=0, x=hx}) &= \lambda_q \frac{\partial T_i^g}{\partial x} \Big|_{x=0, x=hx}, \\ \alpha_i(T_i^q - T_i^g \Big|_{y=0, y=hy}) &= \lambda_q \frac{\partial T_i^g}{\partial y} \Big|_{y=0, y=hy}, \\ \alpha_i(T_i^q - T_i^g \Big|_{z=0, z=hz}) &= \lambda_q \frac{\partial T_i^g}{\partial z} \Big|_{z=0, z=hz}, \end{aligned} \quad (5)$$

bu yerda hx, hy, hz — mos keladigan yo‘nalishda x, y, z koordinatalar bo‘yicha qizdirilgan materialning qalinligi.

Asosan, $i+1$ - maydondagi harorat orqali i – chi maydondagi termodinamik holatni aks ettiruvchi (2) tenglama aslida N differensial tenglamalar tizimidir. Tenglama (2) va (3) larni chegara shartlari (5) va berilgan boshlang‘ich shartlardan (4) foydalanib, ketma-ket yaqinlashish usuli bilan yechish tavsiya etiladi.

Jarayonlarni optimallashtirish odatda avvaldan tanlab olingan optimallik mezoni bo‘yicha amalga oshiriladi. Bunday mezonlar sifatida texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlar (mahsulot tannarxi, sof foyda, ish unumdorligi va b.) yoki texnologik ko‘rsatkichlar (mahsulotni chiqish foizi, uning sifat ko‘rsatkichlari va nosozliklar) tanlanishi mumkin.

Qurilmalarni belgilangan ish unumdorligi va tayyor maxsulot sifatiga ko‘rsatilgan chegaraviy talablarni hisobga olib optimallik mezoni umumiy holda, quyidagi funksiya ko‘rinishida ifodalanadi.

$$R = f(G, K_x, E_x, K_s), \quad (6)$$

bu yerda G -qurilmaning ish unumdorligi yoki vaqt birligi ichida qurilma yordamida ishlab chiqarilayotgan mahsulot xajmi; K_x -ishlab chiqarishga yo‘naltirilgan moliyaviy harajatlar; E_x -jarayonni amalga oshirish vaqtidagi ekspluatatsiya harajatlari; K_s - tayyor maxsulotni sifat ko‘rsatkichlari, ishlab chiqarishning iqtisodiy ko‘rsatkichlari ko‘p jihatdan K_s qiymatlari bilan bog‘liq bo‘ladi.

Ko‘p hollarda optimallik mezoni sifatida ishlab chiqarilayotgan mahsulot tannarxi S tanlanadi, uning qiymati ishlab chiqarish kalkulyatsiyasi bandlarida keltirilgan xarajatlar yig‘indisidan iborat bo‘ladi. Jarayonlarni optimallashtirish bo‘yicha tadqiqotlar odatda ularning matematik modellari asosida amalga oshiriladi. Model bazasida optimallik mezonining maqsad funksiyasi shakllantiriladi va optimallashtirish uslublaridan biri bo‘yicha jarayonning asosiy parametrlarini eng maqbul qiymatlari yoki ular orasidagi bog‘liqliklar aniqlanadi. Texnologik jarayonlar amalga oshiriladigan optimal sharoitlar kompromiss (qarama-qarshi toifadagi) masalalarni yechish tufayli aniqlanadi. Ushbu masalalar mohiyatiga ko‘ra, optimallashtirilayotgan

kattalikni o'zgarishi bilan optimallik k mezonining ayrim tarkibiy parametrlari yaxshilanadi, boshqa ko'rsatkichlar esa - aksincha.

Texnologik jarayonni optimallashtirish protsedurasi uning matematik modelidan foydalanib amalga oshiriladi. Bunda optimal shart-sharoitlar dastlab jarayonning matematik modelida aniqlanadi, so'ngra ishlab chiqarish uskunalarda tekshiriladi. Maqsad funksiyasini (R) asosiy texnik-iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlari orqali shakllantirilgan umumiy ko'rinishi (6) ifoda yordamida tavsiflanadi. Bu ifoda optimallik mezonining umumiy ko'rinishidir. Konkret holatda, maqsad funksiyasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$R = f(x_1, x_2, \dots, x_j),$$

bu yerda x_1, x_2, \dots, x_j – jarayonning asosiy parametrlari; $j = 1, 2, \dots, n$. Alohida texnologik parametrlarga x_j , umumiy holda, quyidagi tenglik

$$U_j(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$$

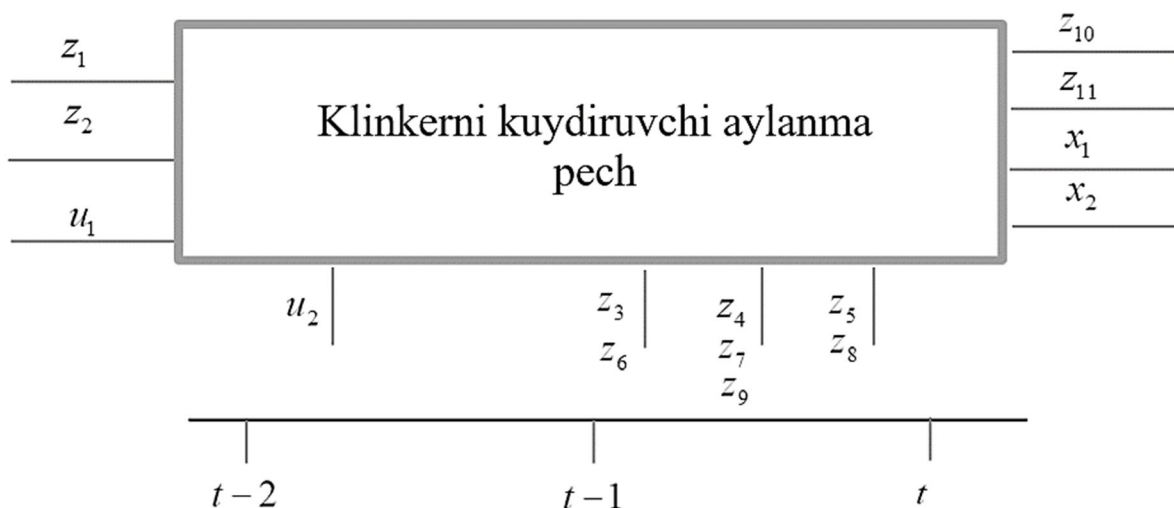
va tengsizlik

$$U_j(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq 0$$

ko'rinishidagi cheklamalar belgilangan bo'lishi mumkin. Agar maqsad funksiyasining analitik ifodasi ma'lum va aytarlik darajada murakkab va noma'lum o'zgaruvchilar soni (m) ko'p bo'lmasa, bu vaqtda optimallashtirish masalasini yechish uchun analitik usullar (funksiyani klassik tahlil qilish usuli yoki Lagranj ko'paytmalari usuli) ni qo'llash mumkin. Agar jarayonning matematik modeli chiziqli tenglamalar orqali ifodalangan bo'lsa, u holda chiziqli dasturlash usuli qo'llaniladi. Maqsad funksiyasi aniq bir ko'rinishda ifodalanmagan bo'lsa, unda ba'zi bir qiyinchiliklar vujudga keladi. Parametrlarga ko'rsatilgan cheklamalar alohida o'zgaruvchilarni (x_j) murakkab funksiyasi ko'rinishida berilgan bo'lsa, unda optimal qiymatlarni hisoblab topish ancha qiyinlashadi va maxsus hisoblash usullarini qo'llashga to'g'ri keladi.

Dissertatsiyaning to'rtinchi «**Portlandsement va silikat materiallarini ishlab chiqarish texnologik jarayonlarini adaptiv boshqarish**» nomli bobi aylanma pechda klinker kuydirish jarayonlarini adaptiv boshqarish algoritmi boshqaruvning har bir qadamida model parametrlarini joriy ma'lumotlar asosida kechikishlarni inobatga olib model parametrlarini o'zgartirishga so'ngra optimallashtirishning lokal mezonlari asosida boshqaruv ta'sirlarini ko'rsatishga asoslangan.

Aylanma pech jarayonlar xususiyati turli maydonlarda kuydirilayotgan materialning oqimi xususiyatlariga ko'ra quyidagi maydonlarga bo'linadi: quritish, qizdirish, kalsiylashtirish, ekzotermik reaksiya, pishirish va sovutish. Aylanma pechning umumiy boshqaruv masalasi pech kesimi bo'yicha optimal issiqlik rejimini ta'minlash, nishablik burchagini moslashtirish va ish jarayonining barcha burchaklarida silindr aylanish tezligini muvofiqlashtirishdan iborat. Aylanma pechda klinkerni kuydirish jarayoniga ta'sir ko'rsatuvchi asosiy nazorat qilinuvchi kiruvchi parametrlar:



4-rasm. Klinkerni kuydiruvchi aylanma pechning asosiy parametrlari

Bu yerda $z_1(t)$ – qorishmaning namligi, $z_2(t)$ – qorishmaning to‘yinganlik koeffitsienti, $z_3(t)$ – harorat; $z_4(t)$ – bosh uzatuvchini yuklanganligi; $z_5(t)$ – yonilg‘ini namlanganligi; $z_5(t)$ –zarrachalarning maydalanganligi; $z_7(t)$ – uchuvchi yonilg‘i; $z_8(t)$ – Fe_2O_3 aralashmasi; $z_9(t)$ – R_2O aralashmasi; $z_{10}(t)$ – pech aylanma havosining harorati; $z_{11}(t)$ – mahsulot harorati; $u_1(t)$ – pechdagi qorishmani sarfi; $u_2(t)$ –pechning sovuq boshida kesilishi. Nazorat qilinuvchi kiruvchi parametrlar: $x_1(t)$ – CaO bo‘yicha klinkerning sifati; $x_2(t)$ – FeO bo‘yicha klinkerning sifati. Klinker sifati har soatda bir marta aylanma pech kesimidan olinayotgan materialning laboratoriya tahliliga ko‘ra aniqlanadi. Bu oraliq kelgusida kechikishlarni inobatga olgan holda diskret modellarni yaratishda inobatga olinadi. Klinker sifati ko‘rsatkichini CaO va FeO ($x_1(t), x_2(t)$) belgilaydi.

Olingan barcha modellar bo‘yicha sement yoki klinkerni 28 kunlik aktivligini bashoratlash mumkin. Lekin

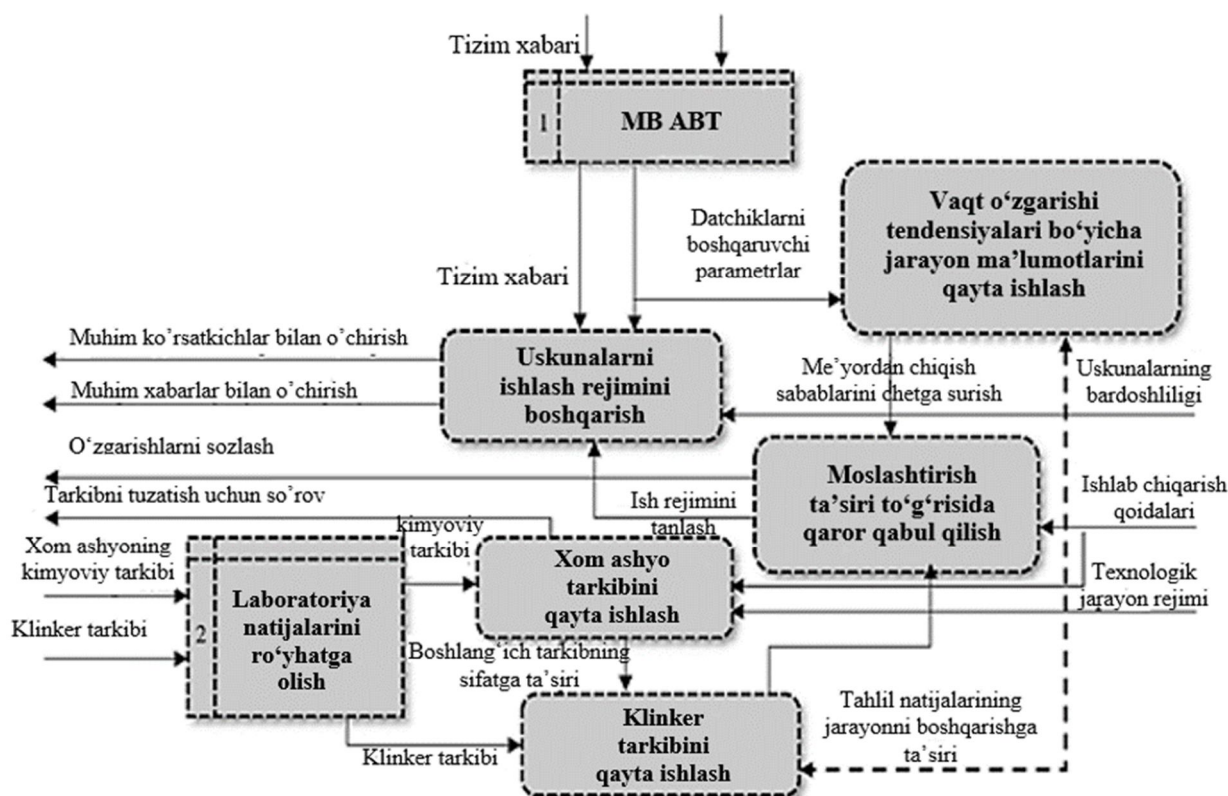
$$V = 676,63 - 0,07x_5^p + 1,32x_7^p + 0,62x_8^p - 6,04x_7 - 3,92x_8; \quad (7),$$

$$V = 696,85 - 0,01x_3^p - 0,09x_4^p + 1,72x_7^p - 6,27x_7 - 4,66x_8; \quad (8),$$

$$V = 705,30 + 1,71x_7^p + 0,09x_8^p - 0,81x_{12}^p - 6,47x_7 - 4,72x_8; \quad (9)$$

modellarda chetlanish yuqori. Shunday qilib, bashoratlash uchun ekspress tahlil yordamida oson o‘lchash mumkin bo‘lgan ma‘lumotlardan foydalanish mumkin. Tashqi ko‘rinish bo‘yicha bir xil tipdagi (7),(8),(9) modellarda koeffitsientlarning farqi sezilarli bo‘lmaydi.

Klinker kuydirish jarayonini adaptiv boshqarish algoritmi 5-rasmda keltirilgan.



5-rasm. Klinker kuydirish jarayonini adaptiv boshqarish tizimi

Chiziqli model nisbatan tugallangan, chunki seleksiyaning ikkinchi qadamidayoq aniqlikka erishiladi va modelga boshqa hadlarni kiritish talab etilmaydi. Sementning 28 kunlik aktivligini bashoratlash uchun uch-to'rtta parametr yetarli. Bu shundan dalolat beradiki, modellashtirish uchun zarur bo'lgan o'lchovlar ro'yxati 5-6 marta qisqartirilishi mumkin.

Sement markasini bashoratlashda barcha modellar qoniqarli natijalarni beradi. Eng yaxshi 9-10 birligidagi aniqlikni ± 19 birlik farqda ta'minlovchi model:

$$V = 536,37 + 2,45x_1 - 0,04x_7 - 4,13x_8 + 40,05x_9; \quad (10)$$

$$V = 544,65 + 2,11x_1 - 0,04x_7 - 4,14x_8 + 39,64x_9; \quad (11)$$

$$V = 542,86 + 2,47x_1 - 0,04x_7 - 4,23x_8 + 38,82x_9; \quad (12)$$

hisoblandi. Kuzatuvlarning 20 dan oshishida model xususiyatlari sezilarsiz o'zgaradi. Bu holat (10)-(12)-modellarda turli statistik kattaliklarda yaqqol ifodalangan. Ularning barcha koeffitsientlari va ozod hadi bir biridan kam farq qiladi, bunda parametrlar soni bir xil bo'ladi. O'z navbatida model yaratish uchun 20-25 ta statistik ma'lumot yetarli hisoblanadi.

Boshqaruv jarayonida laboratoriya va boshqaruv tizimini o'zaro bog'liq holda kechadi. Boshqaruv tizimida o'lchov qurilmalaridan kelayotgan barcha ma'lumotlar uzluksiz qayd etilib boriladi va ma'lumotlar bazasida saqlanadi. Barcha ma'lumotlar asosida ko'rsatkichlarning vaqt bo'yicha o'zgarish grafigini qurish mumkin.

XULOSA

«Ko‘p bosqichli o‘zgaruvchan parametrli obektlarni adaptiv boshqarish algoritmlari» mavzusidagi dissertatsiya bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Ko‘p bosqichli o‘zgaruvchan parametrli obektlarni an’anaviy boshqaruv tizimi, texnologik xususiyatlari, fizik va kimyoviy o‘zgarishlarini tizimli tahlillash asosida portlandsement va silikat materiallarini kuydirish jarayonini adaptiv boshqaruv tizimini takomillashtirish usuli yoqilg‘i miqdorini tejash va pechdagi harorat rejimini muvofiqlashtirish imkonini berdi.

2. Ko‘p bosqichli o‘zgaruvchan parametrli obektlarni boshqarish va dekompozitsiyalash tamoyillari, talablarini shakllantirish va mahsulot ko‘rsatkichlarini belgilovchi faktorlarni tasniflash asosida ishlab chiqilgan boshqarish tuzilmasi xom ashyoning fizik va kimyoviy tarkibiga muvofiq yoqilg‘i sarfini rejalashtirish va boshqarish imkonini berdi.

3. Ko‘p bosqichli o‘zgaruvchan parametrli obektlarda portlandsement materiallarini kuydirish jarayonini informativ parametrlarini tanlash asosida ishlab chiqilgan optimallashtirishning adaptiv modellari va algoritmlari texnologik jarayonlarning optimal rejimini (pech harorati, issiqlik uzatish rejimi, kukunlar harakati tezligi, yoqilg‘i sarfi) aniqlash imkonini berdi.

4. Ko‘p bosqichli o‘zgaruvchan parametrli obektlarda portlandsement va silikat materiallarini kuydirish jarayonida pech harorati rejimini adaptiv boshqarish algoritmlari va dasturiy majmuasi pechning harorat rejimini hisoblash algoritmlari ishlab chiqarilayotgan mahsulotning sifat ko‘rsatkichlarini oshirish va sifatsiz yaroqsiz mahsulotlar miqdorini kamaytirish imkonini berdi.

5. Ko‘p bosqichli o‘zgaruvchan parametrli obektlarda portlandsement klinkerini ishlab chiqarishni boshqarish jarayonida adaptiv boshqarish usullarini takomillashtirish, adaptiv modellari va algoritmlari “QIZILQUMSEMENT” AJ korxonasida sement mahsulotlarini ishlab chiqarish texnologik jarayoniga joriy etilgan. Natijada portlandsement mahsulotlarni ishlab chiqarish jarayonida texnik-iqtisodiy zararlar miqdori qisqarishiga, ya’ni yoqilg‘i va elektr energiya sarf-harajatlarining iqtisodiy samaradorligi 147,8 mln.so‘m miqdorida tejamkorlikga erishish imkonini beradi.

6. Xom ashyolardan portlandsement va silikat materiallarini olishda kuydirish va quritish texnologik jarayonlarini adaptiv boshqarish algoritmlari va dasturiy majmuasi “Turon eco cement group” AJ korxonasida sement mahsulotlarini ishlab chiqarish texnologik jarayoniga joriy etilgan 2021 yil 15 sentabr dalolatnomasi. Natijada portlandsement mahsulotlarni olishda qayta ishlash, axborot resurslari oqimi va boshqaruv tizimi faoliyatini muvofiqlashtirish ishlab chiqarishda yoqilg‘i va elektr energiya sarf harajatlarining 1,13 barobar tejamkorligiga, iqtisodiy samaradorligi 57,3 mln.so‘m miqdoridagi tejamkorligiga erishish imkonini beradi.

7. Portlandsement klinkerini ishlab chiqarish jarayonini adaptiv modellari, algoritmlari va boshqaruv tizimini takomillashtirish usullarini xom ashyolardan portlandsement va silikat materiallarini olishda kuydirish va sovutish texnologik jarayonlariga joriy etganligi to‘g‘risidagi “O‘zsanoatqurilishmateriallari” uyushmasining 2022 yil 16 martdagi ma’lumotnomasi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.22/01.02.2022.Т.144.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТУРИНСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ В ГОРОДЕ ТАШКЕНТЕ**

ДЖИЗАКСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

АЛИШЕВ ШЕРКУЗИ АБДУМАННОНОВИЧ

**АЛГОРИТМЫ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ
МНОГОСТАДИЙНЫМИ ОБЪЕКТАМИ С ПЕРЕМЕННЫМИ
ПАРАМЕТРАМИ**

**05.01.08–Автоматизация и управление технологическими процессами и
производствами**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент-2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2021.3.PhD/Т892.

Диссертация выполнена в Джизакском политехническом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице (www.tayl.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель

Якубов Мақсадхон Султаниязович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты

Юсупов Жалолиддин Расулжон угли
доктор технических наук

Якубов Сабир Халмуратович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация

Ферганский политехнический институт

Защита диссертации состоится «___» февраль 2024 года в ___⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.22/01.02.2022.Т.144.01 при Туринском политехническом университете в г.Ташкенте (Адрес: 100095, г. Ташкент, улица Кичик халка йули, 17. Тел./факс: (998-71)-246-50-92, e-mail: info@polito.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Туринском политехническом университете в г. Ташкенте (Адрес: 100095, г. Ташкент, улица Кичик халка йули, 17. Тел./факс: (998-71)-246-50-32, e-mail: irc@polito.uz).

Автореферат диссертации разослан _____ 2024 года.
(реестр протокола рассылки № _____ от _____ 2024 года).

Ж.Ш.Иноятходжаев

Председатель научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Т.Р.Пулатов

Ученый секретарь научного совета по
присуждению ученых степеней, к.т.н., доцент

Н.Э.Махаматов

Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению ученых степеней,
д.т.н.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Производство стройматериалов является одним из важных направлений динамичного развития мировой экономики, последнее время особое внимание уделяется автоматизации технологических процессов и производств, разработке математических моделей, алгоритмов и систем управления многостадийными процессами с переменными параметрами, к которым относится, разработка продуктов из портландцемента различаются по типу и свойствам сырья разного состава, посредством перемешивания сырья в шахтах или барабанных вращающихся печах, особое внимание уделяется автоматизации управления технологическими процессами: сушки, нагрева, декорбанизации, обжига и охлаждения, методам определения оптимального температурного режима и совершенствованию систем управления движением сырого порошка в печи. «По данным Всемирной ассоциации цементной промышленности, мировой спрос на цементную продукцию в 2020 году составил 3,78 миллиарда тонн, к 2021 году этот показатель достиг 4,03 миллиарда тонн, т.е. вырос на 5,2%»¹. Спрос в этой сфере растет в развитых странах, включая Китай, Северную Америку, Индию, Западную Европу и др. Поэтому модернизация производственных предприятий, разработка методов автоматизации являются актуальными.

В мире ведется разработка оптимальных алгоритмов управления технологической последовательностью и температурой печи в соответствии с физическими свойствами и химическим составом сырья при производстве ресурсосберегающих портландцементных изделий, проводятся научные исследования, направленные на автоматизацию технологических процессов. В связи с этим очень важным является научное обоснование разработки методов определения температуры печи в процессах сушки, обжига и охлаждения смеси с учетом особенностей, требований, принципов и критериев технологических процессов производства многостадийных цементных изделий при разнообразии сырья, а также модернизация технологических процессов, переработки портландцемента и силикатных материалов различного состава и свойств, контроль изменяемых параметров объектов, определение соответствующих оптимальных температурных режимов при перемещении сырья из одной температурной зоны печи в другую при сушке и обжиге смесей.

В нашей Республике проводятся широкомасштабные мероприятия по разработке методов управления процессами сушки и сжигания смесей, модернизации технологических процессов переработки портландцемента и силикатных материалов различного состава и свойств на объектах с переменными параметрами, предназначенных для различных целей, управлению определением и обеспечению соответствующих оптимальных температурных показателей в процессах перемещения сырья по печи. При выполнении этих задач, в том числе разработка автоматизированных конструкций для производства портландцемента и других энергоемких строительных материалов

¹<http://projectreporter.co.in/prcontentdetail.aspx?Id=5242>

на объектах с переменными параметрами, моделей многоступенчатых процессов сушки и обжига, методов определения температуры печи в процессе эксплуатации. последовательное перемещение сырья; Одним из важных вопросов является создание комплекса специальных математических и программных средств, направленных на совершенствование методов производства, управления процессами.

Данное диссертационное исследование в определенной степени послужит реализации задач, поставленных Президентом Республики Узбекистан в постановлениях «О мерах по коренному совершенствованию и комплексному развитию отрасли строительных материалов» и ПП №-4335 от 23 мая 2019 г. «О дополнительных мерах по ускоренному развитию отрасли строительных материалов» и всех нормативно-правовых актах, связанных с этой деятельностью.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий» приоритетных направлений развития науки и технологий в республике.

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации. Основные исследования и разработки по автоматизации технологического процесса производства портландцементных изделий, представляющего собой многостадийный технологический процесс, и производства различных специальных цементных изделий осуществляются в основном в крупных научно-исследовательских центрах. В том числе Академия горных наук (Москва), Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева (Москва), Американский институт бетона (США), Китайский горный университет (Китай), Центральный строительный университет (Южный Китай), Индийский технологический институт (Индия) и др. В престижных вузах ведутся обширные научные исследования.

В конце 20 века ученые отметили технологические процессы получения ресурсосберегающих и энергосберегающих продуктов в процессе производства портландцемента.

Степень изученности проблемы. Анализ публикаций по исследованию методов и моделей управления процессами переработки сырья при производстве горных, портландцементных и силикатных материалов на многостадийных объектах с переменными параметрами показал, что зарубежными учеными такими как, Jennings H.M., Caijun Shi, Della Roy, Pavel K., Scrivener K.L., Nonat A., Втюрин В.А., Чирков А.С., Браун А.В., Порхало В.А., Валерии В.Я., Ф.М.Ли, Насанов И.Д., Пучков Л.А., Таймасов Б.Т., Кирилов А.Н., Кирсанов П.В., Игнатъев В.Б., Черкасов Д.В., Кузьмин Н.Г., Ильина Л.В., Пиров Ф.С. и других получен ряд интересных научных практических результатов. В Узбекистане по вопросам моделирования, адаптации, оптимизации и совершенствования технологических процессов многостадийных объектов с переменными параметрами Юсупбеков Н.Р., Игамбердиев Х.З., Гулямов Ш.М., Сидиков И.Х.,

Юльяев Е., Кабулова Л.Б., Ирисметов Х.Е., Атакузиев Т.А., Шипулин Ю. Г., Абдуллаев М.М., Назаров Х.А., Севинов Ж.У., Шарифов А., Искандарова М., Талипов Н.Х., Тоджиев Т. Х., Оразов Н., Тоиров З.К., Мухамедбаева З.А. и другие ученые внесли достойный вклад в разработку методов и алгоритмов моделирования, оптимизации и совершенствования автоматизированной системы управления технологическими процессами многостадийных производственных объектов.

В то же время физико-химические изменения сырья при производстве портландцементных строительных материалов с использованием информационных и коммуникационных технологий и компьютерных систем, вопросы влияния температуры печи на качество готовой цементной продукции достаточно не изучены.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов на темы: А5-025 - «Применение системы управления логистикой интернет-маркетинговых исследований в модернизации экономики» (2015-2017), И-2012-26 - «Создание современного систематизированного программного обеспечения для бухгалтерского и финансового учёта коммерческих и государственных предприятий» (2012-2013), И-2015-4-8- «Внедрение в системе информационно-коммуникационных технологий высокотехнологических виртуальных операционных систем ОС GNU» (2015-2017), И-2014-4-7 - «Создание платформы демонстрационной площадки и организация моделирования виртуальных образцов разработок и технологий в 3D формате» (2014-2016) и И-2017-4-4 - «Разработка и внедрение моделей интеллектуальной обработки данных в информационных системах» (2017-2018).

Цель исследования адаптивное управление многостадийными технологическими процессами объектов с переменными параметрами, разработка моделей, алгоритмов прогнозирования и программных комплексов.

Задачи исследования:

совершенствование технологических процессов производства портландцементной продукции на основе системного анализа традиционных систем управления многостадийных объектов переменными параметрами; технологических особенностей, физико-химических изменений;

разработка алгоритма адаптивного управления на основе информативных факторов, определяющих качественных показателей продукции, требований, принципов декомпозиции и управления многостадийных объектов переменными параметрами;

разработка адаптивных моделей и алгоритмов моделирования, прогнозирования, оптимизации процессов портландцементных материалов многостадийных объектов переменными параметрами;

совершенствование автоматизированных систем режима температуры печи на основе создание программного комплекса системы управления процессами переработке портландцемента и силикатных материалов.

Объектом исследования является автоматизированная система управления технологическими процессами сушки и обжига портландцементных строительных материалов, получаемых из многостадийных горных пород.

Предмет исследования методы, модели, алгоритмы и программные комплексы создания системы управления температурным режимом печи многостадийного технологического процесса сушки и обжига портландцементных материалов, получаемых из горных пород, согласно характеристикам сырья.

Методы исследования. В процессе исследования использовались методы оптимизации, прогнозирования и факторного анализа, информационно-математическое моделирование, методы обработки данных, методы классификации технологических процессов и математической статистики, методы принятия решений и управления.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

на основе системного анализа технологических особенностей, физико-химических изменений, традиционных форм управление многостадийными объектами переменными параметрами технологический процесс производства портландцементной продукции совершенствован за счет внедрение системы адаптивного управления;

разработана структурная схема адаптации математической модели и алгоритм адаптивного управления на основе информативных факторов, определяющих качественных показателей продукции и требований, принципов декомпозиции и управления многостадийными объектами переменными параметрами;

разработаны алгоритмы вычисления распространение горючей смеси и материальной температуры, скорости распространение по объему, адаптивных моделей оптимизации, прогнозирование технологических процессов производства портландцементных материалов многостадийных объектов переменными параметрами;

совершенствована автоматизированная система управления и контроля температурного режима печи на основе создание программного комплекса и алгоритмов адаптивного управления процессами переработки портландцемента и силикатных материалов.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

создана система прогнозирования параметров полученной продукции, дефектов и характеристик обжигаемых продуктов в технологических процессах, своевременное устранение экономического ущерба в аварийных ситуациях и неоптимальных режимов процесса многостадийных объектов с переменными параметрами;

в результате проведенного экспериментального исследования обработки сырья и процесса обжига при производстве портландцемента и силикатных изделий определены свойства оптимального состава цементных изделий, их статистический анализ сопровождался сокращениями для моделирования свойств изделий, а также осуществлен статистический анализ контролируемых технологических переменных для ввода в математическую модель;

проведен рентгеноструктурный анализ образцов, отобранных для прогнозирования свойств продуктов, а также минимального значения прочности образцов, замороженных при специальной влажности и среднем значении влагопоглощения, а модели были использованы при прогнозировании бракованной продукции.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследований обеспечивается выполнением методологически обоснованных практических расчетов, применением теоретически обоснованных концепций построения многоуровневых аналитических систем, использованием апробированных методов и алгоритмов теории автоматического анализа, сравнительным анализом результатов теоретических и прикладных исследований и их взаимного согласования результатов вычислительных экспериментальных данных с заданными на основе общепринятой критерии.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследований заключается в разработке прогнозных и адаптивных моделей процессов производства портландцемента и силикатных материалов в многостадийных объектах с переменными параметрами, а также разработке методов и алгоритмов согласования температурного режима печи технологического процесса обжига и сушки сырья.

Практическое значение результатов исследования заключается в формировании задачи адаптивного управления, выборе критериев оптимальности, температурных пределов в зоне обжига, скорости подачи сырьевого порошка в печь, а также минимальном значении прочности и влагопоглощения изделия, в формировании среднего значения степени затвердывания, использования модели распределения удельной влажности изделия, температуры согласования площади и свойств продукта.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов, полученных методом адаптивного управления процессами обжига и сушки при производстве портландцемента и силикатных материалов в многостадийных переменных параметрических объектах, математических моделях, программных комплексах и алгоритмах:

алгоритмы, адаптивные модели и методы адаптивного управления процессами производства клинкера портландцемента в многостадийных объектах переменными параметрами внедрены в процесс производства цементной продукции в ООО «QIZILQUMSEMENT» (Акт от 15 июня 2021 года ООО «QIZILQUMSEMENT»). В результате координирования информационных потоков в системе управления переработки портландцементной продукции снизились экономические потери при производстве в 1,2 раза, затраты на топливо и электроэнергию уменьшились на 147,8 млн. сумов;

алгоритмы и программный комплекс адаптивного управления процессами обжига и сушки при переработке глиняного цемента и силикатных материалов из сырья внедрены в производство цементной продукции на ООО «Turon eco cement group» (Акт от 15 сентября 2021 года ООО «Turon eco cement group» Ферганской области). В результате координирования информационных потоков

в системе управления переработка портландцементной продукции снизились экономические потери при производстве в 1,13 раза, затраты на топливо и электроэнергию уменьшились на 57,3 млн. сумов;

систематический анализ физико-химических превращений сырья объектов с переменными параметрами, адаптивное управление процессом обжига и сушки при получении портландцементного продукта. метод ариша был внедрен в АО «Алмалыкский ГМК» Шерабадский цементный завод. (Акт АО «Алмалыкский ГМК» Шерабадский цементный завод от 26 декабря 2019 года № 01). В результате получается производство цементных изделий. эффективная организация рабочего процесса позволила увеличить объем производственной чистой прибыли в 1,22 раза за счет сокращения количества тепловой энергии, затрачиваемой на сжигание смеси сырья в соответствии с компонентом сырья.

справка № 05/15-706- от 16 марта 2022 года объединении “Ўзсаноатқурилиш материаллари” о внедрении методов совершенствовании системы управления, алгоритмов и адаптивных моделей процесса производства портландцементных клинкеров технологическим процессам обжига и охлаждения при получении из сырья портландцемента и силикатных материалов.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждена на 7, в частности 5 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 9 научных работ, в том числе 1 монография, 8 статей в журнальных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан к публикациям основных научных результатов докторских диссертаций (в 2 зарубежных и 6 республиканских журналах), также получены 3 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованы темы диссертации, сформулированы цели и задачи, объект и предмет исследования, наложены соответствие исследованиям приоритетам науки и технологий Республики Узбекистан, научная новизна и практические результаты исследования, обоснованность результатов, раскрывается теоретическая и практическая значимость исследования, приводятся перечень результатов исследования и внедрения в практику, результаты тестирования, сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

Первая глава диссертации «**Современное состояние управления переменными параметрическими объектами**» посвящена определению стратегий и методов совершенствования управления технологическими процессами производства строительных материалов, в частности цемента;

анализу текущего состояния системы управления изделиями многостадийных объектов с переменными параметрами (МОПП) и технологических особенностей производства.

Процессы МОПП, как объекты управления состоят из секций, связанных материальными потоками, характеризуются входящими и исходящими параметрами управления, которые различаются по содержанию и количеству. Сырье с переменным составом поступает на производство с различными физико-химическими параметрами, а на выходе получается требуемый продукт. Параметры в процессе имеют сложную взаимосвязь друг с другом, и на каждом этапе происходят определенные качественные изменения. Например, процесс производства портландцементного клинкера делится на: подготовку сырья, измельчение, структурную нормализацию, нагрев, обжиг, охлаждение, а также заключительную стадию дробления и измельчения. Входящие параметры определяют качество и количество готовой продукции, отражая состояние процесса. Он также представляет внешнюю среду, которая влияет на деятельность процесса.

Внутренние параметры представляют собой структурные и технологические аспекты процесса. Конструктивные параметры определяют геометрические характеристики устройств (технологический агрегат, устройство, диаметр и высота узла смешения сырья). Технологические параметры делятся на параметры технологического потока и параметры режима процесса. К технологическим параметрам относятся параметры, отражающие свойства состояния потока (количество сырья, состав, внутренняя температура оборудования (печи), давление, концентрация смесей, вязкость, плотность).

Процессы обжига цементного клинкера на основе тепловой энергии являются очень сложными. Сжигание топлива, движение материальных и газовых потоков, теплообмен и физико-химические изменения в сырье взаимосвязаны, и каждое из них важно. Поэтому при управлении процессом обжига клинкера необходимо поддерживать оптимальные параметры рабочего режима.

Многоступенчатая переменная представлена в виде параметрического объекта, как показано на рисунке 1.

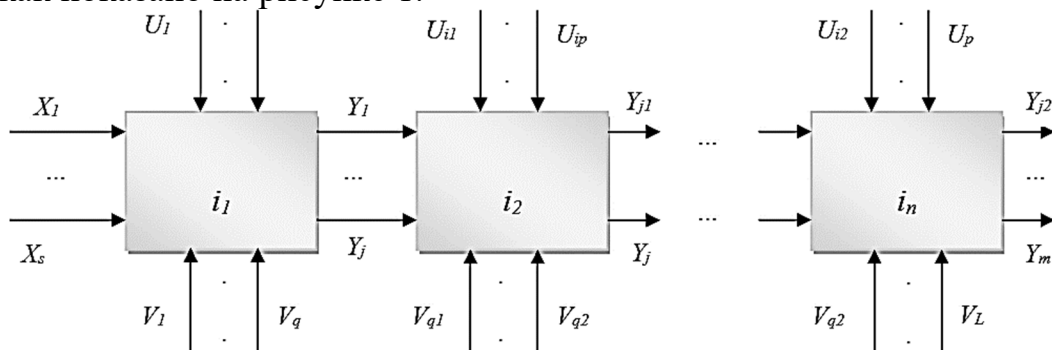


Рис. 1. Структурная схема процесса МОПП

Входная часть многостадийного объекта с переменными параметрами включает переменные векторные параметры $X(t)$, составляющие $X_1(t), X_2(t), \dots, X_k(t)$, в конкретном наборе $x(t) \in X$.

Параметры контроля $U(t)$, определяемые компонентами, составляющие которых являются $U_1(t), U_2(t), \dots, U_i(t)$, служат для управления процессом перехода системы. К ним относятся, в частности, такие параметры, как расход сырья, степень помола, плотность, влажность, вязкость, температура, расход энергии.

Случайные параметры, негативно влияющие на процесс $V(t)$ свойства сырья, металлы и минералы в сырье, вязкостные свойства (форма и размер частиц), размер гранул, характеристики измельчения, объем и плотность потока материала, содержание влаги, качество параметров контроля, стабильность и температура. Эти параметры приводят к изменению установленного технологического процесса.

Векторные параметры $Y(t)$, представляющие состояние МОПП, представлены в следующем виде $Y_1(t), Y_2(t), \dots, Y_i(t)$. Это включает химический состав, размер, количество и т. д. получаемого продукта или полуфабриката. t (представляет дискретное или непрерывное время) конкретное время в множестве T .

Разработка системы управления процессами МОПП требует разработку оптимального алгоритма управления, выбора локальных зон для получения продукта определенного уровня качества, внедрения моделирования. Это, в свою очередь, требует повышения эффективности и надежности производства, улучшения качества продукции, эффективного использования производственных мощностей предприятия, совершенствования инструментов и методов управления.

Во второй главе диссертации под названием «**Алгоритм формирования системы автоматизированного управления многостадийными технологическими процессами**» сформированы принципы системы управления производственными процессами, определены характеристики и свойства распределения фракционных цементных продуктов, классифицированы параметры технологических процессов.

Важным аспектом проблемы формирования адаптивной системы управления является то, что объект не всегда может быть описан моделью с постоянными параметрами. В некоторых случаях параметры системы со временем изменяются. Это может зависеть от внутренних и внешних факторов. Среди таких факторов, например, изменение параметров из-за старения элементов системы, воздействия экстремальных температур, изменения параметров датчика массы в процессе эксплуатации. В связи с этим поведение сложных динамических систем можно более точно описать с помощью математических моделей, включающих нестационарные параметры. Рассмотрим нелинейную стационарную систему с одним входом и одним типом выхода:

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + kC^T(t)x(t) + bu(t) + w(y, t), x(0) = x_0 R^n, t \geq 0, y(t) = C^T(t)x(t). \quad (1)$$

Здесь $x(t) \in R$ — неизвестный вектор состояния, $u(t) \in R$ — известный входной сигнал, $y(t) \in R$ — измеренный выходной сигнал, матрицы $A(t) \in R^{n \times n}$, $C^T \in R^n$ — известные и конечные матрицы с нестационарными

параметрами, $k \in R^n$ и $b \in R^n$ — постоянные и неизвестные, $w(y, t)$ — частично неизвестные нелинейные. векторная функция.

При решении задачи применительно к рассматриваемой системе были сделаны следующие предположения. Нелинейную вектор-функцию $w(y, t)$ можно записать в следующем виде:

$$w(y, t) = mf(y(t))$$

Здесь $f(y(t))$ — известная нелинейная функция, а $m \in R^n$ — вектор неизвестных постоянных параметров.

Ставится задача синтеза адаптивного наблюдателя типа (1) для системы:

$$\dot{x}(t) = F(x(t), u(t), y(t)), \quad \begin{bmatrix} \hat{x} \\ \hat{k} \\ \hat{b} \\ \hat{m} \end{bmatrix} = S(x(t), u(t), y(t)),$$

Здесь $x(t) \in R^n$ таково, что все сигналы ограничены. Адаптивный наблюдатель должен гарантировать, что оценка переменных состояния и оценка постоянных неизвестных параметров приближаются к истинным значениям:

Итак, для всех случаев $x_0 \in R^n$, $x(t) \in R^n$.

На первом этапе данной работы проводится исходная параметризация для получения статической модели линейной регрессии. Основной задачей является определение неизвестных постоянных параметров модели линейной статической регрессии. В дальнейшем по полученным параметрам можно будет восстановить компоненты вектора состояния. На втором этапе работы оцениваются неизвестные постоянные параметры модели линейной регрессии. Существуют разные способы решения этой проблемы. Выбор метода зависит от условий возбуждения регрессора.

Рассмотрим динамическую систему вида:

$$\begin{aligned} \dot{\xi}(t) &= A_0(t)\xi(t) + L(t)y(t), \xi(0) = 0_{n \times 1} \\ \dot{\eta}(t) &= A_0(t)\eta(t) + Iy(t), \eta(0) = 0_{n \times n} \\ \dot{\zeta}(t) &= A_0(t)\zeta(t) + Iu(t), \zeta(0) = 0_{n \times n} \\ \dot{\rho}(t) &= A_0(t)\rho(t) + If(y), \rho(0) = 0_{n \times n} \\ \dot{\Phi}(t) &= A_0(t)\Phi(t), \Phi(0) = 0_{n \times n} \end{aligned}$$

Таким образом, исходную динамическую систему (1) можно преобразовать в модель линейной регрессии с новыми переменными вида:

$$z(t) = \Psi(t)\Theta, \text{ здесь } z(t) = y(t) - C^T(t)\xi(t)$$

$\Psi(t) = [C^T(t)\Phi(t)C^T(t)\eta(t)C^T(t)\zeta(t)C^T(t)\rho(t)]$ - вектор функции,
 $\Theta = [\theta k b m]^T = [\Theta_1 \Theta_2 \Theta_3 \Theta_4 \Theta_5 \Theta_6 \Theta_7 \Theta_8]^T$ - вектор неизвестных инвариантных параметров.

Адаптивное управление функциями может быть достигнуто путем изменения параметров системы, путем создания систем управления на основе идентификации характеристик объекта или текущих значений параметров. Основная задача здесь - как можно быстрее и максимально приблизить идентификацию к реальному процессу. В простых системах управления это достигается путем управления параметрами и характеристиками системы.



Рис. 2. Схема адаптации математической модели МОП

Обычно в адаптивных системах идентификация ограничивается контролем одного или двух параметров и основана на практике прямого измерения или вычисления требуемых переменных. Использование гибких моделей в адаптивных системах увеличивается в связи с тем, что текущие параметры и переменные не могут быть измерены. В качестве показателя качества идентификации можно оценить достижение границ некоторых оценочных функций. Процесс минимизации показателей качества предполагает изменение параметров модели или введение дополнительных сигналов адаптации от любого адаптивного блока. Ключевой частью алгоритма адаптивной идентификации является процесс вычисления функции качества. Остальные вычислительные процессы зависят от управления, в результате которого изменяются параметры системы управления или на выходе системы формируются дополнительные сигналы адаптации на основе информации, полученной в результате адаптивной идентификации. Таким образом, в идентифицированных адаптивных системах есть два процесса адаптации: идентификация и управление. Настраиваемая модель как блок может по-разному адаптироваться к идентифицированному объекту. В частности, параллельные, последовательно и смешанные. Кроме того, модель может принадлежать определенной части объекта.

В третьей главе диссертации «Алгоритмы моделирования и оптимизации многостадийных объектов» исследуются методы моделирования процессов обжига и сушки цементного клинкера. Был проанализирован набор параметров, представляющих процессы, выбраны приоритеты из их состава, а также разработаны модели процессов обжига и сушки цементного клинкера.

Только на основе тепловых процессы протекающих внутри печи, можно

наблюдать следующее: (Рис. 3):

- в результате сгорания топлива (газа, жидкости, твердого вещества) повышается температура и возникают движение и давление газов на разных участках топки;

- температура тепла внутри печи поглощается поверхностной оболочкой печи и передается во внешнюю атмосферу;

- процессы поглощения и рекуперации тепла массой обрабатываемого сырья;

- возникновение или поглощение тепла в результате химических реакций и других воздействий.

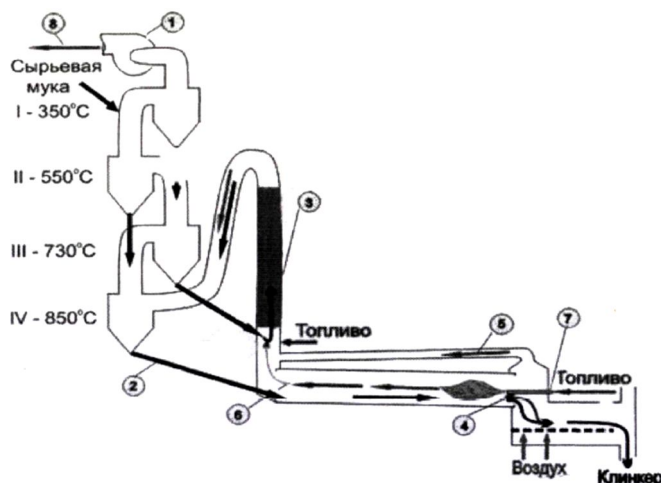


Рис. 3. Функциональная схема сухой переработки клинкера

1-выход дыма, 2-декарбонизатор, 3-уровень декарбонизатора, 4-вторичный воздух, 5-третий воздух, 6-температура сырья, 7-устройство впрыска топлива, 8-температура газа на выходе

В зависимости от использования воды способы производства делятся на сухой, мокрый, комбинированный (полусухой).

Для печи i го зоны изменение температуры газовой составляющей можно представить следующим уравнением теплового баланса:

$$c_p G_i^* T_i^g = c_p (G_i^* - G_{i+1}^*) \cdot T_{i+1}^z - P_i^G - Q_i^0 - Q_i^m, \quad (2)$$

здесь, c_p - сравнительная теплота теплоемкости газа, $T_i^g, i = \overline{1, N}$ - газ

Температура смеси на i -зоне,

$$G_i^* = G_0 + G_i^G,$$

G_0 – расход воздуха внутри топки, G_i^* – расход приточного воздуха, G_i^G – расход дымовых газов, N – количество зон, R^G печи на зоне.

$$G_i^G = \frac{P_i^G}{Q_G \chi},$$

Q_G – теплота сгорания газа, χ – стехиометрическое соотношение газа и воздуха.

Левая часть уравнения (2) i -а также $(i+1)$ - представляет собой тепловой поток, передаваемый через границы площади. Правая часть обеспечивается следующими условиями:

Первая часть i - а также $(i+1)$ - площадь представляет собой тепловой поток,

передаваемый горячими газами между зона.

Вторая часть это тепловая мощность газовой печи (естественно, если на зоне нет печей $P_i^g=0$).

Третья часть справа - потери тепла в окружающую среду:

$$Q_i^0 = K_i^0 S_i \cdot (T_i^z - T_0),$$

здесь T_0 – температура наружного воздуха, T_i^z – температура горячих газов, S_i – общая площадь окружающей поверхности, K_i^0 – коэффициент теплоотдачи.

Четвертая часть справа - количество тепла, переданное материалу:

$$Q_i^* = \frac{c_p M_i \cdot (T_i^m - T_{i-1}^m)}{\Delta t},$$

здесь T_i^m - температура материала на поле, c_p - удельная теплоемкость материала, M_i - масса материала в поле, Δt - время перехода поля.

Температурное поле материала определяется классическим уравнением неустойчивой теплопроводности для системы без внутренних источников тепла:

$$c_p \rho_q \frac{\partial T_i^q}{\partial t} = \lambda_q \left(\frac{\partial^2 T_i^q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_i^q}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T_i^q}{\partial z^2} \right), \quad (3)$$

здесь, c_p, ρ_p, λ_p - теплоемкость, плотность, теплопроводность конкретного материала, соответственно.

В качестве начальных условий можем взять температуры материала на выходе $i-1$ - зоны:

$$T_i^q(0) = T_{i-1}^q(\Delta t), \quad (4)$$

Граничные условия:

$$\begin{aligned} \alpha_i (T_i^q - T_i^g|_{x=0, x=hx}) &= \lambda_q \frac{\partial T_i^g}{\partial x} \Big|_{x=0, x=hx}, \\ \alpha_i (T_i^q - T_i^g|_{y=0, y=hy}) &= \lambda_q \frac{\partial T_i^g}{\partial y} \Big|_{y=0, y=hy}, \\ \alpha_i (T_i^q - T_i^g|_{z=0, z=hz}) &= \lambda_q \frac{\partial T_i^g}{\partial z} \Big|_{z=0, z=hz}, \end{aligned} \quad (5)$$

здесь h_x, h_y, h_z – толщины нагреваемого материала в x, y, z координатах в соответствующем направлении.

В принципе, уравнение (2), отражающее термодинамическое состояние i – ой зоны через температуру $i+1$ – ой зоны, на самом деле является N системой дифференциальных уравнений. Уравнения (2) и (3) рекомендуется решать методом последовательного приближения с использованием граничных условий (5) и заданных начальных условий (4).

Оптимизация процесса обычно выполняется в соответствии с заранее выбранным критерием оптимальности. Такие критерии могут быть выбраны в

качестве технико-экономических показателей (себестоимость продукции, чистая прибыль, производительность и т.д.) или технологических показателей (процент выпуска продукции, ее качественные показатели и дефекты).

Критерий оптимальности с учетом заданных требований к характеристикам устройств и заданных предельных требований к качеству готовой продукции обычно выражается в виде следующей функции:

$$R = f(G, K_x, \mathcal{E}_x, K_c) \quad (6)$$

где G – работоспособность устройства или объем продукции, производимой устройством в единицу времени; K_x – финансовые затраты, направленные на производство; \mathcal{E}_x – операционные расходы при внедрении; K_c – показатели качества готовой продукции, экономические показатели производства во многом связаны со значениями K_c .

В большинстве случаев в качестве критерия оптимальности выбирается стоимость продукта C , значение которого складывается из суммы затрат, перечисленных в статьях производственного расчета. Исследования по оптимизации процессов обычно основываются на их математических моделях. На основе модели формируется целевая функция критерия оптимальности и определяются одним из методом оптимизации, и определяются наиболее оптимальные значения основных параметров процесса или взаимосвязей между ними. Оптимальные условия проведения технологических процессов определяются решением компромиссных вопросов. По характеру этих проблем одни структурные параметры критерия оптимальности k улучшаются с изменением оптимизированного размера, а другие показатели - наоборот.

Процедура оптимизации процесса выполняется с использованием его математической модели. В этом случае оптимальные условия сначала определяются в математической модели процесса, а затем проверяются на производственном оборудовании. Объективный взгляд (R) описывается выражением (6), которое формируется из основных показателей технико-экономической эффективности. Это выражение представляет собой обзор критерия оптимальности. В частном случае целевая функция может быть выражена следующим образом:

$$R = f(x_1, x_2, \dots, x_j),$$

где x_1, x_2, \dots, x_j – основные параметры процесса; $j = 1, 2, \dots, n$. Для отдельных технологических параметров x_j , в общем случае, справедлива следующее уравнения

$$U_j(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0,$$

и могут быть определены ограничения неравенства

$$U_j(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq 0,$$

в таком виде. Если аналитическое выражение целевой функции известно и достаточно сложно, а количество неизвестных переменных (m) невелико, то для решения задачи оптимизации можно использовать аналитические методы (классический метод анализа функций или метод умножения Лагранжа). Если

математическая модель процесса выражается линейными уравнениями, то используется метод линейного программирования. Если целевая функция не выражена четко, то возникают определенные трудности. Если ограничения на параметры заданы в виде сложной функции отдельных переменных (x_j), то вычислить оптимальные значения значительно сложнее и придется использовать специальные методы расчета.

В четвертой главе диссертации «Адаптивное управление технологическими процессами при производстве портландцемента». Преведен алгоритм адаптивного управления процессами обжига клинкера во вращающейся печи основан на каждого шаговом отображении эффектов управления по локальным критериям оптимизации после изменения параметров модели с учетом задержек текущих данных.

Характеристики процессов вращающейся печи разделены на следующие зоны в соответствии с характеристиками потока материала, сжигаемого в различных областях: сушка, нагрев, прокаливание, экзотермическая реакция, обжиг и охлаждение.

Общая задача управления рабочим процессом вращающейся печи заключается в обеспечении оптимального теплового режима в секции печи, в регулировке угла наклона и соответственно, в скорости вращения цилиндра на всех углах. Основными контролируруемыми входными параметрами, влияющими на процесс обжига клинкера во вращающейся печи, являются:

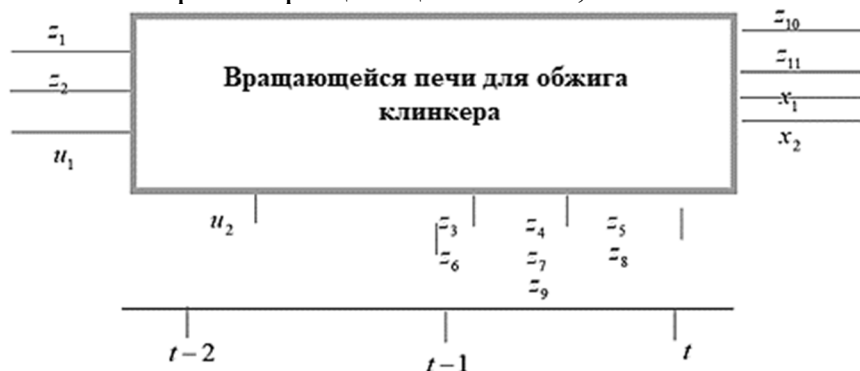


Рис. 4. Основные параметры вращающейся печи для обжига клинкера

здесь $z_1(t)$ – влажность смеси, $z_2(t)$ – коэффициент насыщения смеси, $z_3(t)$ – температура; $z_4(t)$ – загрузка основного передатчика; $z_5(t)$ – сырость топлива; $z_6(t)$ – размер частицы; $z_7(t)$ – летучее топливо; $z_8(t)$ – смесь Fe_2O_3 ; $z_9(t)$ – смесь R_2O ; $z_{10}(t)$ – температура циркулирующего воздуха в топке; $z_{11}(t)$ – температура продукта; $u_1(t)$ – расход смеси в топке; $u_2(t)$ – резка при холодном запуске духовки. Контролируемые нежелательные параметры: $x_1(t)$ – качество клинкера на CaO ; $x_2(t)$ – качество клинкера на FeO . Качество клинкера определяется лабораторным анализом материала, полученного из секции вращающейся печи один раз в час. Этот интервал учитывается при создании дискретных моделей с учетом будущих задержек. Показатель качества клинкера определяет CaO и FeO ($x_1(t), x_2(t)$).

28-дневную активность цемента или клинкера можно прогнозировать для всех полученных моделей. Однако отклонение в моделях велико:

$$V = 676,63 - 0,07x_5^p + 1,32x_7^p + 0,62x_8^p - 6,04x_7 - 3,92x_8; \quad (7)$$

$$V = 696,85 - 0,01x_3^p - 0,09x_4^p + 1,72x_7^p - 6,27x_7 - 4,66x_8; \quad (8)$$

$$V = 705,30 + 1,71x_7^p + 0,09x_8^p - 0,81x_{12}^p - 6,47x_7 - 4,72x_8. \quad (9)$$

Таким образом, для прогнозирования можно использовать данные, которые можно легко измерить с помощью экспресс анализа. Этот вывод объясняется адекватностью модели, точностью прогноза, в однотипных внешнем виде моделях (7), (8), (9) разница коэффициентов не существенна.

Алгоритм адаптивного управления процессом обжига клинкера показан на рисунке 5.

Линейная модель является относительно полной, поскольку точность достигается на втором этапе выбора, и никаких других ограничений добавлять к модели не требуется. Для прогнозирования активности цемента в течение 28 дней достаточно трех-четырех параметров. Это говорит о том, что перечень необходимых для моделирования измерений можно сократить в 5-6 раз. Все модели дают удовлетворительные результаты при прогнозировании.

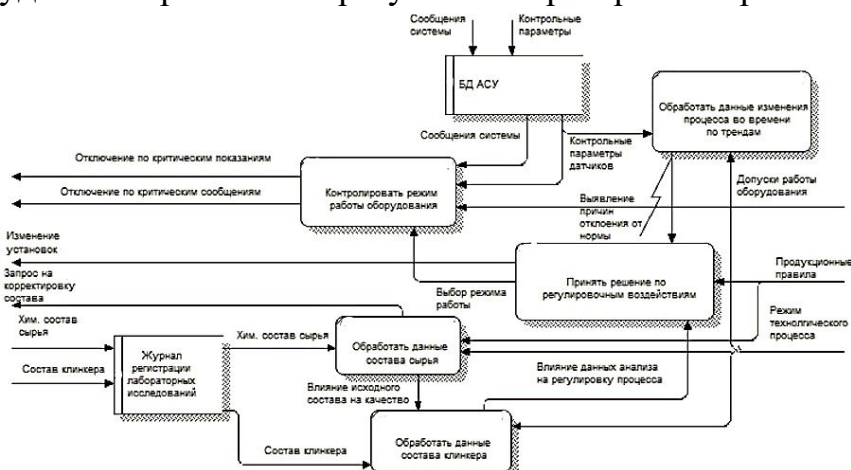


Рис. 5. Адаптивная система управления процессом обжига клинкера.

Модель, обеспечивающая точность ± 19 единиц разницы в лучших 9-10 единицах:

$$V = 536,37 + 2,45x_1 - 0,04x_7 - 4,13x_8 + 40,05x_9; \quad (10)$$

$$V = 544,65 + 2,11x_1 - 0,04x_7 - 4,14x_8 + 39,64x_9; \quad (11)$$

$$V = 542,86 + 2,47x_1 - 0,04x_7 - 4,23x_8 + 38,82x_9. \quad (12)$$

При количестве наблюдений более 20, характеристики модели изменяются незначительно. Эта ситуация четко выражается в статистических величинах в моделях (10)-(12). Все их коэффициенты и свободный члены выпуска отличаются незначительно, при одинаковом количестве параметров. Откуда вытекает достаточность 20-25 статистических данных для создания модели.

В процессе управления лаборатория и АСУТП взаимосвязаны. В системе управления все данные, поступающие от измерительных устройств, постоянно записываются и хранятся в базе данных. На основе всех данных можно построить график изменения показателей во времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований по теме диссертации «Алгоритмы адаптивного управления многостадийными объектами с переменными параметрами» были представлены следующие выводы:

1. На основе системного анализа традиционных систем управления, технологических характеристик, исследования физико-химических изменений многостадийных объектов с переменными параметрами совершенствована система адаптивного управления процессом обжига и сушки портландцемента позволило сэкономить топливо и отрегулировать температурный режим печи.

2. Структура управления, разработанная на основе принципов управления и декомпозиции многостадийных объектов с переменными параметрами, формулировки требований и классификации факторов, определяющих характеристики продукта, позволила рационально управлять расходом топлива в соответствии с физическо-химическим составом сырья.

3. Адаптивные модели и алгоритмы, основанные на выборе информативных параметров процессов обжига и сушки портландцементных материалов, позволили определить оптимальный режим технологических процессов (температура печи, режим теплопередачи, скорость движения порошка, расход топлива).

4. Алгоритмы адаптивного управления температурным режимом печи и алгоритмы программного комплекса расчета температурного режима печи в процессах обжига и сушки портландцемента и силикатных материалов в многостадийных объектах с переменными параметрами позволили повысить качество продукции и снизить количество нестандартной продукции.

5. Алгоритмы, адаптивные модели и методы адаптивного управления процессами производства клинкера портландцемента в многостадийных объектах переменными параметрами внедрены в процессе производства цементной продукции в ООО «QIZILQUMSEMENT», в результате производство цемента на заводе позволило снизить объем экономического ущерба в 1,2 раза, добиться экономии затрат на топливо и электроэнергию, скоординировать деятельность по переработке портландцементной продукции, поток информационных ресурсов и систему управления.

6. Внедрение алгоритма и программного комплекса адаптивного управления процессами обжига и сушки при переработке глиняного цемента и силикатных материалов из сырья в производство цементной продукции на ООО «Turon eso cement group» в процесс производства цемента на заводе позволило снизить объем экономического ущерба при производстве в 1,13 раза, добиться экономии затрат на топливо и электроэнергию, скоординировать деятельность по переработке портландцементной продукции, поток информационных ресурсов и систему управления.

7. Справка 16 марта 2022 года объединения “Ўзсаноатқурилишматериаллари” о внедрении методов совершенствовании системы управления, алгоритмов и адаптивных моделей процесса производства портландцементных клинкеров технологическим процессам обжига и охлаждения при получении из сырья портландцемента и силикатных материалов.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
PhD.22/01.02.2022.T.144.01 AT TURIN POLYTECHNIC UNIVERSITY IN
TASHKENT**

JIZZAKH POLYTECHNIC INSTITUTE

ALISHEV SHERKUZI ABDUMANNONOVICH

**ALGORITHMS FOR ADAPTIVE CONTROL OF MULTISTAGE OBJECTS
WITH VARIABLE PARAMETERS**

05.01.08 – Automation and control of technological processes and manufactures

**DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent-2024

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2021.3.PhD/T892.

The dissertation has been prepared at Jizzakh Polytechnic Institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website www.tayi.uz and on the website of "ZiyoNet" Information and educational portal www.ziyo.net.

Scientific adviser:

Yakubov Maqsadxon Sultaniyozovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Yusupov Jaloliddin
doctor of technical sciences

Yakubov Sabir Xalmuratovich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

Fergana Polytechnic Institute

The defense will take place "____" february, 2024 at _____ at the meeting of scientific council PhD.22/01.02.2022. T.144.01 at Turin Polytechnic University in Tashkent (Address: 100095, Tashkent, Kichik khalka yuli 17, tel. /fax: (998-71) -246-50-92, e-mail: info@polito.uz)

The doctoral dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Turin Polytechnic University in Tashkent (Address: 100095, Tashkent, Kichik khalka yuli 17, tel. /fax: (998-71) -246-50-32, e-mail: irc@polito.uz)

Abstract of the dissertation distributed « _____ » _____ 2024 year.
(mailing report № _____ on « _____ » _____ 2024 year).

J.Sh. Inoyatkhodjaev

Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

T.R. Pulatov

Scientific secretary of scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of philosophy

N.E. Makhamatov

Chairman of the academic seminar under
the scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences.

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research to develop models, forecasting algorithms, and software systems for adaptive control of multi-stage technological processes of objects with variable parameters.

The object of the research is an automated process control system for the production of Portland cement building materials obtained from multi-stage quarry rocks.

The scientific novelty of the research is as follows:

improvement of technological processes for the production of Portland cement products based on a system analysis of traditional control systems for multi-stage objects with variable parameters; technological features, physical and chemical changes;

development of an adaptive control algorithm based on informative factors that determine the quality indicators of products, requirements, principles of decomposition, and control of multi-stage objects with variable parameters;

development of adaptive models and algorithms for modeling, forecasting, and optimizing the processes of Portland cement materials of multi-stage objects with variable parameters;

the automated system for controlling and monitoring the temperature regime of the furnace has been improved based on the creation of a software package and algorithms for adaptive control of the processing of Portland cement and silicate materials.

Implementation of the research results. Based on the scientific results obtained by the method of adaptive control of the firing and drying processes in the production of Portland cement and silicate materials in multi-stage variable parametric objects, mathematical models, software systems, and algorithms:

algorithms, adaptive models, and methods for adaptive control of Portland cement clinker production processes in multi-stage objects with variable parameters are implemented in the cement production process at QIZILQUMSEMENT LLC (Act dated June 15, 2021, QIZILQUMSEMENT LLC). As a result of coordinating information flows in the management system for the processing of Portland cement products, economic losses in production decreased by 1.2 times, fuel and electricity costs decreased by 147.8 million sums;

algorithms and a software package for adaptive control of the firing and drying processes during the processing of clay cement and silicate materials from raw materials were introduced into the production of cement products at Turon eco cement group LLC (Act dated September 15, 2021, Turon eco cement group LLC, Fergana region). As a result of coordinating information flows in the management system for the processing of Portland cement products, economic losses in production decreased by 1.13 times, fuel and electricity costs decreased by 57.3 million sums;

a systematic analysis of the physical and chemical transformations of raw materials of objects with variable parameters, and adaptive control of the firing and drying process when obtaining a Portland cement product. The Arish method was

introduced at Almalyk MMC JSC, Sherabad Cement Plant. (Act of JSC "Almalyk MMC" Sherabad cement plant dated December 26, 2019 No. 01). The result is the production of cement products. The efficient organization of the workflow allowed to increase in the volume of production net profit by 1.22 times by reducing the amount of thermal energy spent on burning the mixture of raw materials by the raw material component.

reference No. 05/15-706 dated March 16, 2022, of the "Uzsanoatqurilishmateriallari" association on the introduction of adaptive models, algorithms, and methods to improve the management system of the Portland cement clinker production process to the burning and cooling technological processes of obtaining Portland cement and silicate materials from raw materials.

The structure and volume of the research work. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography, and annexes. The volume of the thesis is 120 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED SCIENTIFIC WORKS

I bo'lim (Част I; Part I)

1. Садуллаева Ш.А., Ташпулотов М.А., Халикназаров Р.Х., Алишев Ш.А. Численные методы / Монография. Т.: “Фан ва технологиялар” нашриёти. Тошкент 2015 й. 236 стр.
2. Alishev Sh. Sement klinkerini yoqishning termodinamik jarayoni modellari / Samarqand davlat arxitektura-qurilish instituti. “Me'morchilik va qurilish muammolari” ilmiy jurnal. Samarqand 2017-№4 -S.55-57. (05.00.00; № 14).
3. Алишев Ш. Адаптивные модели прогнозирования качества цемента / Информационные технологии моделирования и управления научно-технический журнал. Москва 2018-№2(110). -С.111-117. (05.00.00; № 43).
4. Алишев Ш., Ортиков З.У., Мадолимов Ф.Э. Принципы создания системы управления многостадийными технологическими процессами / Наманган мухандислик-технология институти илмий-техника журнали. Наманган 2019-№3 - С.54-64. (05.00.00; № 33).
5. Алишев Ш., Ортиков З.У., Мадолимов Ф.Э. Формирования задачи оптимизации системы управления многостадийными процессами / Наманган мухандислик-технология институти илмий-техника журнали. Наманган 2019-№3- С.76-84. (05.00.00; № 33).
6. Алишев Ш., Холикова М. Концепции построения макромодели многостадийной системы. Бухоро Давлат университети илмий ахборотномаси. Бухоро 2020-№4-С.36-48. (01.00.00; № 3).
7. Алишев Ш., Ортиков З.У. Алгоритм идентификации качественного состава смесей / Самарқанд давлат архитектура-қурилиш институти. “Меъморчилик ва қурилиш муаммолари” илмий журнал. Самарқанд 2020-№1 -С.114-117. (05.00.00; № 14).
8. Якубов М.С. Алишев Ш., Ортиков З.У. Формализация задачи оптимизации многостадийных процессов методом декомпозиции / Самарқанд давлат архитектура-қурилиш институти. “Меъморчилик ва қурилиш муаммолари” илмий журнал. Самарқанд 2020-№1 -С.150-155. (05.00.00; № 14).
9. Alishev Sh., Ortikov Z. The causal relationships in the management process of cement production / International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. India. ISSN: 2350-0328. Vol. 6, Issue 9, September 2019.-P-10639-10649.www.ijarset.com. (05.00.00; № 8).

II bo'lim (част II; part II)

10. Алишев Ш. Технологии производства цемента / «Перспективные информационные технологии-2017» Самара:14 – 16 марта 2017.- С.843-846.

11. Alishev Sh. Portlandsement hom-ashyosini tayyorlashning texnologik usullari / Modern modification in the National education: theoretical and practical sciences (collection international scientific articles) Volume I. Yanvar-2018. -S.145-149.

12. Алишев Ш. Управления процессом мокрого помола сырья / «Компьютерный анализ проблем науки и технологи» XI-международной научно-теоретической конференции. Душанбе, 27-28-декабря 2018. -С.45-47.

13. Алишев Ш. Идентификация фазового состава смеси с помощью рентгеноструктурного анализа и ПК / Ахборот-коммуникация технологиялари ва телекоммуникацияларнинг замонавий муаммолари ва ечимлари республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами. II-қисм. Фарғона. 2019 йил 30-31 май.- С.523-525.

14. Алишев Ш. Математические методы прогнозирования качества технологической продукции / Республиканская научно-техническая конференция «Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении». Самарканд, 5-6 сентября 2019. -С.26-31.

15. Алишев Ш. Ортиқов З. Системы управления многостадийными технологическими процессами / XVII Международной научно практической конференции «European Scientific Conference». Пенза, 7 ноября 2019. -С.81-85.

16. Alishev Sh.A. Ko‘p bosqichli jarayonlarda adaptiv boshqaruvning sintezi/ “Raqamli texnologiyalarni o‘quv jarayoniga joriy etishning zamonaviy holati va istiqbollari” Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallari to‘plami (Jizzax, 2023-yil 14-noyabr, O‘zbekiston). - Jizzax. 2023. – 1110-1114 b.

17. Alishev Sh.A., Ortiqov Z.U., Abdullayev E.Z., Madolimov F.E. Axborot tizimlarida ma’lumotlarga intellektual ishlov berish modellari / O‘zbekiston Respublikasi intellektual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ruyhatdan o‘tkazilgan to‘g‘risidagi guvohnoma. №DGU 07469, 27.12.2019 y.

18. Alishev Sh.A. Ko‘p bosqichli o‘zgaruvchan parametrlil obektlarni boshqarishning dasturiy majmuasi / O‘zbekiston Respublikasi intellektual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ruyhatdan o‘tkazilgan to‘g‘risidagi guvohnoma. №DGU 14616. 17.02.2022 y.

19. Jamalova G.B., Alishev Sh.A., Elmurodova B.E., Toshiev A.E., Qo‘ldoshev L.S., Tangibergenov M.,J. Ishlab chiqarish mahsuloti sifatini boshqarish va bashoratlash / O‘zbekiston Respublikasi intellektual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ruyhatdan o‘tkazilgan to‘g‘risidagi guvohnoma. №DGU 10189. 09.02.2021 y.

Avtoreferat «ACTA TTPU» jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazilib, o'zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o'zaro muvofiqlashtirildi.

Bosmaxona litsenziyasi:



9338

Bichimi: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» garniturası.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog'i: 2,75. Adadi 100 dona. Buyurtma № 8/23.

Guvohnoma № 851684.
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko'chasi, 83-uy.