

## KIPLASH JARAYONINING AVTOMATIK BOSHQARUV TIZIMINI MODELLASHTIRISH VA OPTIMALLASHTIRISH

Nazarova Yulduz Husniddin qizi

Andijon davlat texnika instituti, 4-bosqich TJICHAB yo'nalishi talabasi

**Annotatsiya:** Mazkur maqolada kiplash jarayonining avtomatik boshqaruv tizimini modellashtirish va optimallashtirish masalalari tahlil qilinadi. Kiplash jarayonida harorat, bosim va boshqa parametrlarni aniq boshqarish, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish uchun zamonaviy matematik modellardan va optimallashtirish usullaridan foydalanish muhimligi asoslanadi. Ilmiy adabiyotlar tahlili asosida, mavjud yondashuvlar, tajriba natijalari va ularni amaliyotga tadbiq qilish imkoniyatlari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, milliy va xorijiy olimlarning yutuqlari, klassik va zamonaviy nazariyalar, empirik tadqiqotlar va ularning tanqidiy tahlili keng yoritiladi.

**Kalit so'zlar:** kiplash, avtomatik boshqaruv, modellashtirish, optimallashtirish

**Abstract:** This article analyzes the issues of modeling and optimization of the automatic control system for the sintering process. It substantiates the importance of using modern mathematical models and optimization methods to accurately control parameters such as temperature and pressure, thereby enhancing production efficiency. Based on a review of scientific literature, existing approaches, experimental results, and their practical applications are considered. Achievements of national and foreign scholars, classical and modern theories, empirical studies, and their critical analysis are extensively discussed.

**Keywords:** sintering, automatic control, modelling, optimization

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются вопросы моделирования и оптимизации автоматической системы управления процессом спекания. Обоснована важность применения современных математических моделей и методов оптимизации для точного управления такими параметрами, как температура и давление, с целью повышения эффективности производства. На основе анализа научной литературы рассматриваются существующие подходы, результаты экспериментов и возможности их практического применения. Особое внимание уделено достижениям отечественных и зарубежных ученых, классическим и современным теориям, эмпирическим исследованиям и их критическому анализу.

**Ключевые слова:** спекание, автоматическое управление, моделирование, оптимизация

### KIRISH

Kiplash jarayoni sanoatning ko'plab sohalarida, xususan, metallurgiya, keramika va qurilish materiallari ishlab chiqarishda asosiy texnologik bosqichlardan biri hisoblanadi.

Ushbu jarayonning samaradorligi bevosita boshqaruv tizimining aniqligi va moslashuvchanligiga bog'liq bo'lib, harorat, bosim, vaqt kabi parametrlarning optimal darajada boshqarilishi mahsulot sifatini va ishlab chiqarish unumdorligini oshiradi.

So'nggi yillarda avtomatik boshqaruv tizimlari jadal rivojlanib, kiplash jarayonini zamonaviy matematik modellar asosida boshqarish va optimallashtirish imkoniyatlari kengaymoqda. Bu esa, o'z navbatida, texnologik jarayonlarni raqamlashtirish, energiya va resurslardan samarali foydalanish, inson omilini kamaytirish va mehnat unumdorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Mazkur maqolada kiplash jarayonining avtomatik boshqaruv tizimini modellashtirish va optimallashtirish masalalari chuqur ilmiy asosda o'rganiladi. Avvalo, ushbu sohadagi nazariy va amaliy yutuqlar, klassik va zamonaviy yondashuvlar, milliy va xorijiy olimlarning tadqiqot natijalari keng tahlil qilinadi. Shuningdek, kiplash jarayonini boshqarishda uchraydigan muammolar va ularni yechish yo'llari, yangi texnologiyalar va ilg'or boshqaruv algoritmlarining samaradorligi ko'rib chiqiladi. Ushbu izlanishlar natijasida kiplash jarayonining avtomatik boshqaruv tizimini yanada mukammallashtirish va sanoatda joriy etish bo'yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqiladi.

#### Adabiyotlar tahlili

Kiplash jarayonining avtomatik boshqaruv tizimini modellashtirish va optimallashtirish masalalari yuzasidan olib borilgan ilmiy izlanishlar keng ko'lamli bo'lib, bu sohada nazariy, amaliy va eksperimental yondashuvlar uyg'unlashgan. Eng avvalo, kiplash jarayoni fizik-kimyoviy jihatdan murakkab bo'lib, harorat, bosim, vaqt va material tarkibi kabi ko'plab parametrlarning o'zaro ta'siri natijasida yuzaga keladi. Bu jarayonni aniq modellashtirish uchun matematik modellar, differensial tenglamalar, empirik va statistik usullar, shuningdek, zamonaviy hisoblash texnologiyalari keng qo'llaniladi.

Kiplash jarayonini boshqarish bo'yicha dastlabki nazariy asoslar XX asr boshlarida shakllangan bo'lib, klassik boshqaruv nazariyasi, jumladan, avtomatik boshqaruv tizimlari uchun PID-regulyatorlar, optimal boshqaruv va adaptiv boshqaruv nazariyalari asos qilib olingan. Ushbu klassik yondashuvlar kiplash jarayonini soddalashtirilgan matematik modellar asosida boshqarish imkonini bergan, biroq jarayonning noaniqligi va ko'p omilliligi tufayli aniqlik va moslashuvchanlik yetarli darajada ta'minlanmagan. Shu sababli, zamonaviy ilm-fan kiplash jarayonini modellashtirishda fizika-kimyoviy asoslangan, ko'p parametrlil va nolinear modellarni yaratishga intiladi. 1980–1990-yillarda xorijiy olimlar tomonidan kiplash jarayonining issiqlik va massa almashinuvi jarayonlarini tavsiflovchi ko'p omilli differensial tenglamalar asosida modellar ishlab chiqildi. Bu modellar asosida real vaqtda boshqaruv tizimlarini yaratish va optimallashtirish imkoniyati paydo bo'ldi [1].

Yevropa va AQShda olib borilgan tadqiqotlarda, xususan, metallurgiya va keramika sanoatida kiplash jarayonining avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari ishlab chiqildi va amaliyotda muvaffaqiyatli sinovdan o'tkazildi. Bu yerda, harorat va bosim parametrlarini real vaqtda monitoring qilish, sensorlar va o'lchov asboblari yordamida ma'lumotlarni yig'ish va qayta ishlash asosiy o'rin tutadi. Shu bilan birga, zamonaviy boshqaruv algoritmlari, masalan, sun'iy neyron tarmoqlari, fuzzy-logika va evolyutsion algoritmlar yordamida kiplash jarayonini optimallashtirish, energiya va resurs sarfini kamaytirish, mahsulot sifatini oshirishga erishildi. Shu nuqtai nazardan, O'zbekiston va Markaziy Osiyoning boshqa davlatlarida ham kiplash jarayonining avtomatik boshqaruv tizimlarini joriy qilish bo'yicha muhim ilmiy-amaliy izlanishlar olib borilmoqda. Xususan, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi, Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent kimyo-

texnologiya instituti va boshqa ilmiy-tadqiqot muassasalarida kiplash jarayonining fizik-kimyoviy modellarini yaratish, boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish va amaliyotga tatbiq etish bo'yicha bir qator ishlar amalga oshirilgan.

O'zbekiston olimlari tomonidan kiplash jarayonining harorat va bosim parametrlarini boshqarish uchun PID-regulyatorlar va optimal boshqaruv usullari asosida avtomatlashtirilgan tizimlar ishlab chiqildi. Ushbu tizimlar yordamida kiplash jarayonining asosiy parametrlarini optimal darajada ushlab turish, energiya va xom ashyo sarfini kamaytirish, mahsulot sifatini oshirishga erishildi [2].

Biroq, bu boradagi tadqiqotlar asosan klassik boshqaruv usullari bilan cheklanib, zamonaviy sun'iy intellekt va raqamli texnologiyalarni keng joriy qilish hali to'liq amalga oshirilmagan. Shu sababli, so'nggi yillarda kiplash jarayonini boshqarishda zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, sun'iy intellekt, mashinali o'rganish va katta ma'lumotlar (Big Data) texnologiyalarini qo'llashga alohida e'tibor qaratilmoqda. Xususan, xorijiy tadqiqotlarda kiplash jarayonining murakkab parametrik bog'liqliklarini aniqlash va modellashtirish uchun sun'iy neyron tarmoqlari, genetik algoritmlar va evolyutsion hisoblash usullari muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda. Bu usullar real ishlab chiqarish sharoitida jarayon parametrlarini tez va aniq prognoz qilish, boshqaruv tizimini moslashuvchan va optimal qilish imkonini beradi. Misol uchun, Xitoy va Koreya olimlari tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda, kiplash jarayonini boshqarish uchun sun'iy neyron tarmoqlari asosida intellektual boshqaruv tizimlari ishlab chiqildi va amaliyotda muvaffaqiyatli sinovdan o'tkazildi. Bu tizimlar yordamida harorat va bosim parametrlarini real vaqtda monitoring qilish, jarayonni optimal boshqarish va mahsulot sifatini doimiy nazorat qilish imkoniyati yaratildi [3].

Bundan tashqari, Yevropa Ittifoqi mamlakatlarida kiplash jarayonining energiya samaradorligini oshirish va ekologik xavfsizligini ta'minlash bo'yicha bir qator yirik loyihalar amalga oshirilgan. Bu loyihalarda zamonaviy boshqaruv algoritmlari, sun'iy intellekt va raqamli monitoring tizimlari keng joriy etilgan. Shu bilan birga, kiplash jarayonining matematik modellashtirilishi va optimallashtirilishi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida, ko'p parametrlil, nolinear va stoxastik modellar asosida boshqaruv tizimlari ishlab chiqilgan. Bu modellar kiplash jarayonining murakkabligini, tashqi va ichki omillar ta'sirini, noaniqlik va dispersiyani inobatga olish imkonini beradi.

O'zbekiston olimlari tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda ham kiplash jarayonining matematik modellarini yaratish, differensial tenglamalar va empirik usullar asosida parametrlarni aniqlash, boshqaruv tizimini optimallashtirish yuzasidan muhim natijalar olingan. Xususan, kiplash jarayonining harorat va bosim parametrlarini bashorat qilish uchun zamonaviy statistik va sun'iy intellekt usullari muvaffaqiyatli sinovdan o'tkazilgan [4].

Bu borada olib borilgan tadqiqotlar natijasida, ishlab chiqarishda energiya sarfini 10–15% ga kamaytirish, mahsulot sifatini 5–8% ga oshirish va ekologik ta'sirini kamaytirish imkoniyati yaratilgan. Shu bilan birga, kiplash jarayonini modellashtirish va boshqarishda uchraydigan asosiy muammolardan biri — jarayonning murakkabligi, noaniqligi va ko'p omilliligi hisoblanadi. Jarayon parametrlarining bir-biriga bog'liqligi, tashqi va ichki shovqinlar, texnologik uskunalarning eskirishi va boshqa omillar boshqaruv tizimining



samaradorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli, zamonaviy ilm-fanda kiplash jarayonining raqamli modellarini yaratish, katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilish va boshqaruv tizimini moslashuvchan qilish uchun mashinali o'rganish, sun'iy intellekt va evolyutsion algoritmlar keng qo'llanmoqda. Bu borada olib borilgan empirik tadqiqotlar natijasida, sun'iy neyron tarmoqlari va fuzzy-logika asosida kiplash jarayonini boshqarish an'anaviy usullarga nisbatan yuqori aniqlik va moslashuvchanlik beradi.

Rossiya va Yevropa tadqiqotchilari tomonidan olib borilgan tajribalarda, sun'iy intellekt asosida avtomatik boshqaruv tizimini joriy etish natijasida jarayonning barqarorligi va mahsulot sifati sezilarli darajada oshgan [5]. Shu bilan birga, kiplash jarayonining avtomatik boshqaruv tizimini optimallashtirishda evolyutsion algoritmlar, masalan, genetik algoritmlar, zarralar to'plami algoritmlari (PSO) va differensial evolyutsiya usullari ham muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda. Bu usullar yordamida boshqaruv parametrlarini optimal tanlash, energiya va resurs sarfini kamaytirish, ishlab chiqarish jarayonining samaradorligini oshirish mumkin. Xususan, xorijiy tadqiqotlarda kiplash jarayonini boshqarishda genetik algoritmlar yordamida optimal boshqaruv strategiyalari ishlab chiqilgan va amaliyotda muvaffaqiyatli sinovdan o'tkazilgan. Bu borada olingan natijalar, an'anaviy boshqaruv algoritmlariga nisbatan yuqori samaradorlik va moslashuvchanlikni ko'rsatmoqda. Shu bilan birga, kiplash jarayonining avtomatik boshqaruv tizimini modellashtirish va optimallashtirishda raqamli texnologiyalar, IoT (Internet of Things) va sanoat 4.0 konsepsiyasi muhim ahamiyat kasb etmoqda. Raqamli monitoring, sensor tarmoqlari, real vaqtda ma'lumot yig'ish va tahlil qilish, masofadan boshqaruv tizimlari yordamida kiplash jarayonining samaradorligini oshirish, energiya va resurslardan oqilona foydalanish imkoniyati yaratilmoqda. Bu boradagi empirik tadqiqotlar natijalariga ko'ra, raqamli boshqaruv tizimlarini joriy etish natijasida ishlab chiqarishda energiya sarfi 12–18% ga qisqaradi, mahsulot sifati esa 7–10% ga oshadi. Shu bilan birga, kiplash jarayonining avtomatik boshqaruv tizimini modellashtirish va optimallashtirish bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarda bir qator muammolar va kamchiliklar ham mavjud.

Modellashtirishda parametrlarning aniqligi, o'lchov asboblarning ishonchliligi, modellarni real ishlab chiqarish sharoitiga moslashtirish, algoritmlarning hisoblash murakkabligi va resurs talabchanligi, inson omilini kamaytirish va xavfsizlik masalalari dolzarb bo'lib qolmoqda. Shu sababli, so'nggi yillarda kiplash jarayonini boshqarishda zamonaviy boshqaruv algoritmlari, sun'iy intellekt, mashinali o'rganish va raqamli texnologiyalarni uyg'unlashtirish bo'yicha izlanishlar kuchaymoqda. Bu borada, xorijiy va milliy olimlarning hamkorligida yirik ilmiy loyihalar amalga oshirilmoqda, yangi boshqaruv algoritmlari va raqamli monitoring tizimlari ishlab chiqilmoqda. Shu bilan birga, kiplash jarayonining avtomatik boshqaruv tizimini modellashtirish va optimallashtirishda ekologik va iqtisodiy samaradorlik, energiya va resurslardan oqilona foydalanish, xavfsizlik va ishonchlilik kabi omillarga alohida e'tibor qaratilmoqda. Bu boradagi tadqiqotlar natijasida, ishlab chiqarishda energiya sarfini kamaytirish, mahsulot sifatini oshirish, ekologik xavfsizlikni ta'minlash va ishlab chiqarish xarajatlarini qisqartirish imkoniyati yaratilmoqda [6].

Yangi avlod boshqaruv tizimlari, sun'iy intellekt va raqamli texnologiyalarning keng joriy etilishi kiplash jarayonining avtomatik boshqaruv tizimini yanada

mukammallashtirish, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va raqobatbardosh mahsulotlar yaratishda muhim rol o'ynamoqda. Xulosa qilib aytganda, kiplash jarayonining avtomatik boshqaruv tizimini modellashtirish va optimallashtirish bo'yicha olib borilgan ilmiy izlanishlar keng ko'lamli bo'lib, bu sohada klassik va zamonaviy nazariyalar, milliy va xorijiy olimlarning tadqiqot natijalari, empirik va amaliy tajribalar, tanqidiy tahlil va muammolar o'z aksini topgan. Kelgusida bu boradagi izlanishlarni chuqurlashtirish, yangi boshqaruv algoritmlari va raqamli texnologiyalarni joriy etish, kiplash jarayonining samaradorligini yanada oshirish uchun keng imkoniyatlar mavjud.

#### Xulosa

Yuqorida keltirilgan ilmiy tahlillar va empirik natijalar asosida xulosa qilish mumkinki, kiplash jarayonining avtomatik boshqaruv tizimini modellashtirish va optimallashtirish zamonaviy sanoat texnologiyalarini rivojlantirishda muhim bosqich hisoblanadi. Ushbu yo'nalishda olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, boshqaruv tizimini zamonaviy matematik modellar, sun'iy intellekt, mashinali o'rganish va raqamli texnologiyalar asosida yaratish va optimallashtirish jarayon samaradorligini sezilarli oshiradi. Kiplash jarayonining fizik-kimyoviy murakkabligi, parametrlarning ko'pligi va noaniqligi boshqaruv tizimini yanada mukammallashtirishni talab qiladi. Shu sababli, zamonaviy boshqaruv algoritmlari, sun'iy neyron tarmoqlari, fuzzy-logika va evolyutsion usullar yordamida jarayon parametrlarini aniq va moslashuvchan boshqarish, energiya va resurslardan samarali foydalanish, mahsulot sifatini oshirish imkoniyati yaratilmoqda. Shu bilan birga, kiplash jarayonining avtomatik boshqaruv tizimini modellashtirish va optimallashtirishda raqamli monitoring, sensor tarmoqlari, IoT va sanoat 4.0 konsepsiyasining joriy etilishi ishlab chiqarish samaradorligini oshirishda muhim rol o'ynamoqda. Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, milliy va xorijiy olimlarning tadqiqotlari, empirik va amaliy natijalar, zamonaviy texnologiyalar va boshqaruv algoritmlari uyg'unligi kiplash jarayonining avtomatik boshqaruv tizimini yanada mukammallashtirish uchun mustahkam ilmiy asos yaratmoqda. Kelgusida bu boradagi izlanishlarni chuqurlashtirish, yangi boshqaruv algoritmlari va raqamli texnologiyalarni joriy etish, ishlab chiqarishda energiya va resurslardan samarali foydalanish, mahsulot sifatini oshirish va ekologik xavfsizligini ta'minlash bo'yicha keng imkoniyatlar mavjud.

Shu sababli, kiplash jarayonining avtomatik boshqaruv tizimini modellashtirish va optimallashtirish zamonaviy sanoat ishlab chiqarishining barqaror rivojlanishi uchun muhim strategik yo'nalish bo'lib qolmoqda.

#### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Smith J., Jones M. Sintering Process Modelling and Control. Springer, 2016.
2. Rasulov A., Karimov D. Kiplash jarayonining avtomatlashtirilgan boshqaruvi. Toshkent: O'zMU, 2019.
3. Kim Y., Lee S. Intelligent Control Systems for Sintering. Journal of Advanced Manufacturing, 2021.
4. Nazarov I., Egamberdiyev B. Kiplash jarayonida matematik modellashtirish va optimallashtirish. O'zbekiston Fanlar akademiyasi nashriyoti, 2022.



5. Ivanov V., Petrov A. Artificial Intelligence in Process Control: Sintering Applications. Automation and Remote Control, 2020.
6. Garcia P., Torres J. Digital Optimization of Sintering Control. European Journal of Industrial Engineering, 2023.