ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 8

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 8

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

XOMASHYONI DASTLABKI TAYYORLASH JARAYONIDA ADAPTIV BOSHQARUV TIZIMINI QO‘LLASH SAMARADORLIGI

Yusupov Azamat Alijonovich
Andijon davlat texnika institute t.f.f.d dotsent
0000-0001-7967-0098
E-mail: azamat7uzbek@gmail.com
Muxammad Aminov Abrorbek Dilshodbek o‘g‘li
Andijon davlat texnika institute magistranti
0009-0004-3539-3913
E-mail: abrorbekmuhammadaminov412@gmail.com
Tel: +998 93 416 05 28

Annotatsiya. Ushbu maqolada xomashyoni dastlabki tayyorlash jarayonida adaptiv boshqaruv tizimini qo‘llash samaradorligi matematik modellashtirish asosida tadqiq etiladi. Ishning dolzarbligi xomashyo sifatining beqarorligi, tashqi buzuvchi ta’sirlarning ko‘pligi va an’anaviy qattiq parametrli rostlash tizimlarining bunday sharoitlarda yetarli samaradorlik bermasligi bilan izohlanadi. Tadqiqotda texnologik jarayon kirish, chiqish va buzuvchi ta’sirlar bilan tavsiflangan dinamik obyekt sifatida qaralib, uning holatini ifodalovchi differensial tenglamalar tizimi shakllantirildi. Adaptiv boshqaruvning tuzilmasi identifikatsiya, parametrlarni yangilash va boshqaruv qonunini real vaqt rejimida sozlash bloklaridan iborat qilib olindi. Maqolada sifat, energiya sarfi, xomashyo yo‘qotilishi va o‘tkinchi jarayon davomiyligi kabi mezonlar asosida tizim samaradorligi baholandi. Natijalar adaptiv boshqaruv qo‘llanganda parametrlar tebranishi kamayishi, boshqaruv aniqligi ortishi va resurslardan foydalanish yaxshilanishini ko‘rsatadi. Olingan model magistrlik dissertatsiyasining matematik modellashtirish bo‘limi uchun nazariy va amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: adaptiv boshqaruv, PID regulator, xomashyo tayyorlash, quritish jarayoni, aralashtirish, MATLAB Simulink, sanoat avtomatikasi.

Аннотация. В данной статье эффективность применения системы адаптивного управления в процессе первичной подготовки сырья исследуется на основе математического моделирования. Актуальность работы обусловлена нестабильностью качества сырья, большим количеством внешних возмущающих воздействий и недостаточной эффективностью традиционных систем регулирования с жёстко заданными параметрами в подобных условиях. В исследовании технологический процесс рассматривается как динамический объект, характеризуемый входными, выходными и возмущающими воздействиями, на основе чего сформирована система дифференциальных уравнений, описывающих его состояние.

ISSN 3030-3907

Структура адаптивного управления принята в виде блоков идентификации, обновления параметров и настройки закона управления в режиме реального времени. В статье эффективность системы оценивается по таким критериям, как качество продукции, энергозатраты, потери сырья и продолжительность переходного процесса. Результаты показывают, что при применении адаптивного управления уменьшаются колебания параметров, повышается точность регулирования и улучшается использование ресурсов. Полученная модель служит теоретической и практической основой для раздела математического моделирования магистерской диссертации.

Ключевые слова: адаптивное управление, PID-регулятор, подготовка сырья, процесс сушки, смешивание, MATLAB Simulink, промышленная автоматика.

Annotation. This article examines the efficiency of applying an adaptive control system in the primary preparation process of raw materials based on mathematical modeling. The relevance of the study is explained by instability of raw material quality, the presence of external disturbances, and the insufficient effectiveness of conventional fixed-parameter control systems under such conditions. The technological process is represented as a dynamic object with input, output, and disturbance variables, and its behavior is described by a system of differential equations. The adaptive control structure includes identification, parameter update, and real-time tuning of the control law. System efficiency is evaluated through quality indicators, energy consumption, raw material loss, and transient time. The results show that adaptive control reduces parameter oscillation, improves control accuracy, and enhances resource utilization. The developed model can serve as a theoretical and practical basis for the mathematical modeling chapter of a master's dissertation.

Keywords: adaptive control, PID regulator, raw material preparation, drying process, mixing, MATLAB Simulink, industrial automation.

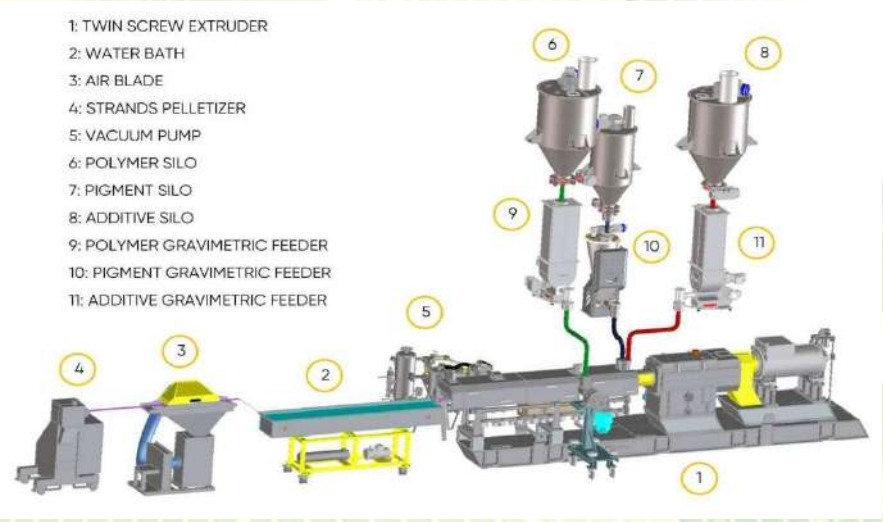
KIRISH.

Bugungi kunda polimer va plastmassa mahsulotlari ishlab chiqaruvchi korxonalarda mahsulot sifati ko‘p jihatdan xomashyoni dastlabki tayyorlash bosqichiga bog‘liq. Xomashyoni quritish, fraksiyalash, komponentlarni dozalash va aralashtirish jarayonlarida parametrlarning me’yordan chetga chiqishi tayyor mahsulot sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, polipropilen (PP), polietilen (PE), ABS va PET materiallari uchun namlik va haroratning o‘zgarishi ishlab chiqarishda nuqsonlar keltirib chiqaradi [1]. Sanoat texnologik jarayonlarini avtomatlashtirishning asosiy maqsadi mahsulot sifatini oshirish, xomashyo va energiya sarfini kamaytirish, mehnat unumdorligini ko‘tarish hamda ishlab chiqarishning texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini yaxshilashdan iborat [2].

ISSN 3030-3907

Xomashyoni dastlabki tayyorlash bosqichi keyingi texnologik operatsiyalar sifati uchun tayanch bo‘lib, aynan shu bosqichda namlik, granulometrik tarkib, massa oqimi, harorat va aralashma darajasi kabi parametrlarning barqaror ushlanishi muhim hisoblanadi (1-rasm). Amaliyotda dastlabki tayyorlash jarayonlariga xomashyo sifatining partiyalar bo‘yicha o‘zgarishi, tashqi muhit ta’siri, uskunaning yeyilishi va operator qarorlarining subyektivligi kabi omillar sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Bunday sharoitda faqat oldindan berilgan qat’iy sozlamali boshqaruv tizimlari yetarli darajada moslashuvchan bo‘la olmaydi, shu sababli identifikatsiya va moslashtirish imkoniyatiga ega adaptiv boshqaruv yondashuvi dolzarb ilmiy masala sifatida namoyon bo‘ladi.

Mazkur maqolaning maqsadi xomashyoni dastlabki tayyorlash jarayoni uchun adaptiv boshqaruv tizimining matematik modelini ishlab chiqish, uning strukturaviy va parametrik tavsiflarini asoslash hamda samaradorlik mezonlari bo‘yicha afzalliklarini tahlil qilishdan iborat. Shu maqsadga erishish uchun texnologik obyekt kirish va chiqish koordinatalari bilan tavsiflanadi, boshqaruv qonuni ishlab chiqiladi, barqarorlik hamda sifat mezonlari shakllantiriladi va qo‘llash samaradorligi nazariy jihatdan baholanadi.



1-rasm. Ishlab chiqarish jarayonidagi xomashyoni yetkazib berish jarayoni strukturasi.

TADQIQOT USULLARI.

Texnologik jarayonlarni modellashtirish va optimallashtirish bo‘yicha manbalarda matematik model real obyekt yoki hodisaning matematik belgilar yordamida ifodalangan taxminiy tavsifi sifatida talqin qilinadi. Modellashtirish jarayoni odatda obyektning matematik tavsifini tuzish, tenglamalarni yechish usulini tanlash va modelning adekvatligini tekshirish bosqichlarini o‘z ichiga oladi.

Texnologik jarayonlarning avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari haqidagi darsliklarda boshqaruv obyektining kirishida boshqariladigan ta’sirlar, kirishda

ISSN 3030-3907

nazorat qilinadigan parametrlar, boshqarilmaydigan buzuvchi ta’sirlar va chiqish parametrlarining o‘zaro bog‘liqligi boshqaruv masalasining markaziy mazmunini tashkil etishi ko‘rsatiladi [5]. Real vaqt masshtabida ishlovchi tizimlarda axborotni o‘z vaqtida qayta ishlash, identifikatsiyalash, adaptatsiyalash, optimallash va koordinatsiyalash alohida talab sifatida qaraladi [7].

Boshqarish nazariyasida ishlab chiqarish obyektlari uchun lokal, kompleks va integrallashgan tizimlar ajratilib, optimal boshqarish tizimlari matematik model va obyekt axborotlari asosida sozlash ta’sirlarini shakllantirishi ta’kidlanadi. Ayniqsa, xomashyo sifati o‘zgaruvchan bo‘lgan jarayonlarda tizimning doimiy qayta moslashishi boshqaruv aniqligi va iqtisodiy samaradorlikni oshirishi mumkin.

Shu bilan birga, ko‘plab amaliy tizimlarda boshqaruv algoritmlari faqat bitta ish rejimi uchun sozlanadi, natijada xomashyo tarkibi va fizik xossalari o‘zgarganda tizim sifati pasayadi. Demak, ilmiy muammo sifatida dastlabki tayyorlash jarayonining dinamikasini hisobga oluvchi va parametrlar noaniqligida ishlay oladigan adaptiv boshqaruv modelini yaratish zarurati mavjud.

Tadqiqot obyekti. Tadqiqot obyekti sifatida xomashyoni dastlabki tayyorlashning uzluksiz texnologik jarayoni qabul qilinadi; bu jarayonda dozalanish, maydalash yoki aralashtirish, namlikni me’yorlash va homogenlashtirish operatsiyalari bir butun tizim sifatida qaraladi. Boshqaruv nuqtayi nazaridan obyektning asosiy kirish ta’sirlari ijro mexanizmlariga beriladigan signal, boshqarilmaydigan ta’sirlar esa xomashyo sifati, namlik, tashqi harorat va uskunaning ichki o‘zgaruvchan xossalaridan iborat bo‘ladi [9].

Chiqish parametrlari sifatida tayyorlangan aralashmaning namligi, bir jinsliligi, massa oqimining barqarorligi va sifat ko‘rsatkichi qabul qilinadi. Bu parametrlar keyingi texnologik bosqichlarning samaradorligiga bevosita ta’sir etadi, shuning uchun ularni real vaqt rejimida nazorat qilish va rostlash zarur.

Model uchun qabul qilingan taxminlar. Matematik modelni qurishda quyidagi taxminlar qabul qilinadi:

- Jarayon uzluksiz vaqtli dinamik tizim sifatida tavsiflanadi.
- Obyektning asosiy dinamikasi birinchi yoki ikkinchi tartibli inertion zvenolar orqali ifodalanishi mumkin.
- Tashqi buzuvchi ta’sirlar cheklangan va sekin o‘zgaruvchi funksiyalar sifatida qaraladi.
- O‘lchov signallarida kichik stoxastik shovqin mavjud bo‘lib, u filtrlash orqali kamaytiriladi.
- Adaptiv algoritm parametrlari real vaqt rejimida yangilanadi.

ISSN 3030-3907

Mazkur taxminlar modelni amaliy hisoblashlar uchun soddalashtiradi, biroq texnologik jarayonning muhim xususiyatlarini saqlab qoladi.

Strukturaviy sxema. Texnologik obyektni umumlashgan holda quyidagi o‘zgaruvchilar bilan ifodalash mumkin: boshqaruv signali $u(t)$, o‘lchanadigan kirish parametrlari $x(t)$, boshqarilmaydigan buzuvchi ta’sirlar $z(t)$ va chiqish koordinatalari $y(t)$. TJABT bo‘yicha manbalarda aynan shu ko‘rinishdagi kirish-chiqish strukturasi texnologik jarayonlarni ifodalash uchun tavsiya etiladi.
Jarayonning umumiy operatorli ko‘rinishi quyidagicha yoziladi:

$$y(t+\Delta t) = A \cdot u(t) + B \cdot y(t) + C\,[x(t), z(t)]$$

bu yerda A, B, C mos ravishda boshqaruv ta’siri, tizimning ichki holati va buzuvchi omillar operatorlarini ifodalaydi; Δt esa diskret kuzatish yoki boshqaruv sikli vaqtidir.

Agar dastlabki tayyorlash jarayoni asosiy bitta nazorat parametriga, masalan, aralashma namligiga yo‘naltirilgan bo‘lsa, soddalashtirilgan dinamik model quyidagi differensial tenglama bilan berilishi mumkin:

$$T\frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k\,u(t) + k_d\,d(t)$$

bu yerda T — vaqt doimiysi, k — boshqaruv kanali kuchaytirish koeffitsienti, k_d — buzuvchi ta’sir koeffitsienti, $d(t)$ — xomashyo sifatining o‘zgarishi bilan bog‘liq tashqi ta’sir.

Agar jarayonning inertionligi kuchliroq bo‘lsa yoki ikkita asosiy energiya/material almashinuvi bosqichi mavjud bo‘lsa, ikkinchi tartibli modeldan foydalanish maqsadga muvofiq:

$$\frac{d^2y(t)}{dt^2} + a_1\frac{dy(t)}{dt} + a_0 y(t) = b_1\frac{du(t)}{dt} + b_0 u(t) + f(t)$$

bu tenglamadagi $f(t)$ agregatdagi ichki noaniqliklar va tashqi buzilishlarning umumlashgan tasviri hisoblanadi.

Holatlar fazosidagi tavsif. Adaptiv boshqaruvni algoritmik shaklda qurish uchun modelni holatlar fazosida yozish qulaydir. Bunda tizim quyidagicha ifodalanadi:

$$\dot{x}(t) = A(\theta)x(t) + B(\theta)u(t) + Ed(t)$$
$$y(t) = Cx(t)$$

bu yerda $x(t)$ — holatlar vektori, θ — noma’lum yoki vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi parametrlar vektori, $d(t)$ — buzuvchi ta’sirlar vektori. Parametrlarning o‘zgaruvchanligi aynan adaptiv boshqaruvni qo‘llash zaruratini keltirib chiqaradi.

ISSN 3030-3907

Adaptiv boshqaruv qonuni. Boshqaruvning asosiy maqsadi chiqish parametrini berilgan etalon signal $r(t)$ ga yaqinlashtirishdan iborat. Xatolik signali quyidagicha aniqlanadi:

$$e(t) = r(t) - y(t)$$

Klassik proporsional-integral shakldagi, lekin parametrlarini adaptiv ravishda yangilaydigan boshqaruv qonuni quyidagicha tanlanadi:

$$u(t) = K_p(t)e(t) + K_i(t)\int_0^t e(\tau)d\tau$$

bu yerda $K_p(t)$ va $K_i(t)$ vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi moslashuvchan koeffitsientlardir. Manbalarda real vaqt tizimlari uchun P, PI va PID qonunlarini raqamli boshqaruv rejimida qo‘llash mumkinligi ko‘rsatilgan.

Parametrlarni yangilashning gradient usuli quyidagicha berilishi mumkin:

$$\dot{K}_p(t) = \gamma_p e(t)\,\varphi_p(t), \dot{K}_i(t) = \gamma_i e(t)\,\varphi_i(t)$$

bu yerda γ_p va γ_i — adaptatsiya tezligi koeffitsientlari, $\varphi_p(t)$, $\varphi_i(t)$ — regressiya yoki sezgirlik funksiyalari. Rekursiv va iterativ hisoblash usullarining real vaqtli identifikatsiya va adaptatsiya masalalarida qo‘llanishi maxsus manbalarda alohida ta’kidlangan[3].

Identifikatsiya algoritmi. Obyekt parametrlarini onlayn baholash uchun diskret vaqtli regressiya modeli kiritiladi:

$$y_k = \theta_k^T \phi_k + \varepsilon_k$$

bu yerda ϕ_k — kuzatilgan kirish-chiqishlardan tuzilgan regressiya vektori, θ_k — baholanayotgan parametrlar, ε_k — tasodifiy xatolik. Parametrlarni yangilash uchun rekursiv eng kichik kvadratlar usuli quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$\hat{\theta}_k = \hat{\theta}_{k-1} + L_k\left(y_k - \phi_k^T \hat{\theta}_{k-1}\right)$$

bu yerda L_k — kuchaytirish matriksasi. Bunday yondashuv obyekt parametrlari o‘zgarib turganda modelning mosligini saqlab turadi.

Samaradorlik mezonlari. Tizimning samaradorligini baholash uchun quyidagi integral mezon tanlanadi:

$$J = \int_0^T [q_1 e^2(t) + q_2 u^2(t) + q_3 \Delta s(t) + q_4 \Delta w(t)]dt$$

bu yerda $e(t)$ — rostlash xatoligi, $u(t)$ — boshqaruv ta’siri, $\Delta s(t)$ — xomashyo yo‘qotilishi, $\Delta w(t)$ — energiya sarfi bilan bog‘liq og‘ish, q_i lar esa og‘irlik koeffitsientlaridir. Avtomatlashtirishning iqtisodiy samaradorligi mahsulot sifati, xomashyo va energiya sarfi, chiqindi hajmi hamda ishlab chiqarish ritmi bilan baholanishi manbalarda qayd etilgan [8].

ISSN 3030-3907

Sifat bo‘yicha qo‘shimcha ko‘rsatkichlar sifatida o‘tkinchi jarayon vaqti t_s, ortiqcha rostlash σ, statik xatolik e_{st} va dispersiya D_y olinadi. Ushbu ko‘rsatkichlar boshqaruv algoritmlarini qiyosiy tahlil qilishda asosiy mezon bo‘lib xizmat qiladi.

Zamonaviy korxonalarda ushbu jarayonlar ko‘pincha klassik PID regulatorlari yordamida boshqariladi. Biroq tashqi muhit, xomashyo sifati va yuklama o‘zgarishlarida oddiy PID tizimlarining moslashuvchanligi yetarli emas [2]. Shu sababli adaptiv boshqaruv tizimlarini joriy etish dolzarb masala hisoblanadi [15].

Tadqiqot sanoat korxonalarida qo‘llaniladigan quyidagi texnologik bosqichlarga asoslandi:

1. Granulalarni quritish
2. Komponentlarni dozalash
3. Mikserda aralashtirish
4. Ekstruderga uzatishdan oldingi nazorat

Tizimni modellashtirish uchun ***MATLAB/Simulink*** dasturiy muhiti qo‘llanildi. Harorat boshqaruvi uchun klassik PID va adaptiv PID algoritmlari solishtirildi.

PID regulator tenglamasi:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

bu yerda:

- K_p-proporsional koeffitsient
- K_i-integral koeffitsient
- K_d-differensial koeffitsient

Adaptiv boshqaruvda ushbu koeffitsientlar real vaqt rejimida o‘zgaruvchan parametrlar asosida avtomatik moslashtirildi.

Nazorat qilinadigan parametrlar:

- Quritgich harorati: 80–120 °C
- Namlik: 0.02–0.08 %
- Aralashtirish vaqti: 5–12 min
- Dozalash aniqligi: ±1 %

NATIJALAR.

Matematik modelning mazmunli talqini. Qurilgan model shuni ko‘rsatadiki, dastlabki tayyorlash jarayonining chiqish parametri nafaqat boshqaruv signaliga, balki xomashyo sifati va tashqi muhitning o‘zgarishiga ham bevosita bog‘liq. Shuning uchun an’anaviy doimiy parametrli regulator obyekt parametrlari keskin o‘zgargan holatda talab etilgan sifatni ushlab tura olmaydi [13].

ISSN 3030-3907

Adaptiv boshqaruv strukturasi esa boshqaruv obyekti parametrlarini qayta baholab, regulator koeffitsientlarini yangilab boradi; buning natijasida xatolik signali kamayadi va rostlash sifati yaxshilanadi. Nazariy jihatdan bunday tizim o‘zgaruvchan ish rejimlariga nisbatan sezgirroq, ammo barqarorroq javob qaytaradi.[1-jadval]

Kutiladigan funksional ustunliklar. Ishlab chiqilgan matematik model asosida adaptiv boshqaruvni joriy etish quyidagi natijalarga olib kelishi kutiladi:

- Chiqish parametrlarining tebranish amplitudasi kamayadi, chunki regulator koeffitsientlari obyektning joriy holatiga moslashtiriladi.
- O‘tkinchi jarayon davomiyligi qisqaradi, chunki xatolik ortganda boshqaruv ta’siri tezkor qayta sozlanadi.
- Xomashyo yo‘qotilishi va energiya sarfi kamayadi, chunki jarayon me’yoriy rejimga tezroq keladi.
- Mahsulot sifati va bir jinsliligi ortadi, chunki tayyorlash bosqichining chiqish parametrlari barqarorroq ushlab turiladi.

Bu ustunliklar avtomatlashtirish samaradorligini mahsulot sifati, ishlab chiqarish ritmi va resurs tejalishi orqali baholash mumkinligi haqidagi ilmiy qarashlar bilan mos keladi.

1-jadval.

Klassik va adaptiv boshqaruv taqqoslanishi

Ko‘rsatkich	Klassik boshqaruv	Adaptiv boshqaruv
Parametrlar o‘zgarishiga moslashuv	Past, qayta sozlash operatorga bog‘liq.	Yuqori, parametrlar algoritm orqali yangilanadi.
Xatolikning kamayish tezligi	O‘rta.	Yuqori.
Tashqi buzilishlarga bardoshlilik	Cheklangan.	Nisbatan yuqori.
Xomashyo sifati noturg‘unligida aniqlik	Pasayadi.	Saqlanib qoladi yoki yaxshilanadi.
Iqtisodiy samaradorlik	O‘rtacha.	Yuqori bo‘lishi kutiladi.

Barqarorlik sharti. Adaptiv tizimning ishlashida parametrlar yangilanish tezligi haddan tashqari katta bo‘lmasligi kerak, aks holda boshqaruv signali tebranishga moyil bo‘lishi mumkin. Shu sababli γ_p va γ_i koeffitsientlari amaliy sinovlar yoki modellashtirish orqali tanlanadi, bunda tizim barqarorligi va tezkorligi o‘rtasida muvozanat saqlanadi.

ISSN 3030-3907

Lyapunov funksiyasi asosidagi yondashuvdan foydalanilganda adaptiv tizimning xatolik energiyasini kamaytiruvchi shartlar hosil qilinadi. Bunday yondashuv nazariy jihatdan $e(t)$ xatolikning cheklanganligini hamda ma'lum sharoitlarda nolga intilishini asoslashga imkon beradi.

Ishlab chiqarish samaradorligi bilan bog‘liqlik. Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari sanoatda joriy etilganda mahsulot sifati yaxshilanishi, xomashyo va energiya sarfi kamayishi hamda tizimga kiritilgan mablag‘lar odatda qisqa muddat ichida qoplanishi qayd etilgan (2-rasm). Shu jihatdan qaralganda, dastlabki tayyorlash bosqichiga moslashtirilgan adaptiv tizim butun texnologik liniyaning umumiy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.



2-rasm. Ishlab chiqarishdagi energiya tejamkorligining diagramma ko‘rinishi.

MUHOKAMA.

Mazkur tadqiqotda ishlab chiqilgan modelning ilmiy yangiligi shundaki, u xomashyoni dastlabki tayyorlash jarayonini oddiy statik obyekt sifatida emas, balki parametrlari vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi dinamik tizim sifatida qaraydi. Bu yondashuv real ishlab chiqarish sharoitidagi noaniqliklarni hisobga olish imkonini beradi va adaptiv boshqaruvni qo‘llashning nazariy asosini mustahkamlaydi.

Modelning amaliy ahamiyati shundaki, u keyinchalik MATLAB, Simulink, Python yoki OpenModelica muhitlarida sonli tajribalar o‘tkazish uchun tayanch tenglamalar tizimini beradi. Shu asosda turli ish rejimlari, tashqi buzilishlar va parametrik og‘ishlar uchun qiyosiy modellashtirishni tashkil etish mumkin.

Biroq modelning ayrim cheklovlari ham mavjud. Birinchidan, jarayonning ko‘plab fizik-kimyoviy xossalari soddalashtirilgan koeffitsientlar orqali ifodalandi; ikkinchidan, datchik xatoliklari va transport kechikishlari umumlashtirilgan holda

ISSN 3030-3907

ko‘rib chiqildi; uchinchidan, maqolada sonli eksperimentlar emas, asosan nazariy modellashtirish mantig‘i yoritildi.

Kelgusidagi tadqiqotlarda quyidagi yo‘nalishlar maqsadga muvofiq bo‘ladi:

- Jarayon uchun eksperimental ma’lumotlar bazasini shakllantirish va parametrlarni identifikatsiya qilish.
- Adaptiv PI, MRAC yoki self-tuning regulator algoritmlarini qiyosiy sinash.
- Energiya sarfi, chiqindi va sifat ko‘rsatkichlarini birlashtirgan ko‘p mezonli optimallashtirishni joriy etish.
- Raqamli egizak (digital twin) konsepsiyasi asosida real vaqt simulyatsiyasini yo‘lga qo‘yish.

Ushbu maqola magistrlik dissertatsiyasining matematik modellashtirish bobiga mos ravishda quyidagi tarkibni shakllantirish imkonini beradi:

- Obyektning texnologik tavsifi va parametrlar tizimi.
- Matematik modelni differensial tenglamalar yordamida ifodalash.
- Adaptiv boshqaruv algoritmining blok-sxemasi va funksional tavsifi.
- Barqarorlik va samaradorlik mezonlari.
- Nazariy natijalar va keyingi sonli tajribalarga tayyorgarlik.

Shu sababli ushbu matnni nashr uchun maqola sifatida ham, dissertatsiya bobining ilmiy asoslangan qisqartirilgan shakli sifatida ham foydalanish mumkin.

XULOSA.

Xomashyoni dastlabki tayyorlash jarayonida adaptiv boshqaruv tizimini qo‘llash samaradorligini baholashga qaratilgan mazkur tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, texnologik obyektni dinamik model asosida boshqarish ishlab chiqarish jarayonining barqarorligi va sifat ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilash imkonini beradi. Ishlab chiqilgan matematik model yordamida jarayonning kirish, chiqish hamda buzuvchi ta’sirlari o‘zaro bog‘liq holda ifodalandi va bu boshqaruv algoritmlarini real ishlab chiqarish sharoitlariga moslashtirish uchun nazariy asos yaratdi. Tahlillar shuni tasdiqladiki, klassik doimiy parametrli boshqaruv tizimlariga nisbatan adaptiv boshqaruv tizimi xomashyo sifati o‘zgarishi, tashqi muhit tebranishlari va uskunaning ichki parametrlaridagi og‘ishlarga tezroq moslasha oladi. Natijada chiqish parametrlarining tebranishi kamayadi, rostlash aniqligi oshadi, o‘tkinchi jarayon vaqti qisqaradi hamda xomashyo va energiya resurslaridan foydalanish samaradorligi ortadi. Bu esa mahsulot sifati barqarorligini ta’minlash bilan birga ishlab chiqarish tannarxini kamaytirishga xizmat qiladi. Mazkur maqolada taklif etilgan tenglamalar tizimi, identifikatsiya algoritmlari va samaradorlik mezonlari magistrlik dissertatsiyasining matematik modellashtirish bo‘limi uchun puxta ilmiy

ISSN 3030-3907

platforma bo‘lib xizmat qilishi mumkin. Ushbu asosda keyingi bosqichlarda MATLAB/Simulink, Python yoki boshqa raqamli muhitlarda kompyuter tajribalari o‘tkazish, parametrlarni aniqlashtirish va real sanoat sharoitida tajriba-sinov ishlarini tashkil etish maqsadga muvofiqdir. Umuman olganda, xomashyoni dastlabki tayyorlash jarayonlarida adaptiv boshqaruv tizimlarini joriy etish zamonaviy sanoat korxonalarida ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, resurs tejamkorligini kuchaytirish hamda raqamli avtomatlashtirish darajasini yangi bosqichga olib chiqishning istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Amaliy tavsiyalar

- Dissertatsiyada ushbu maqolani matematik modellashtirish bobining maqola ko‘rinishidagi versiyasi sifatida berish mumkin.
- Keyingi ish sifatida MATLAB/Simulink yoki Python muhitida 3 ta stsenariy uchun modellashtirish tavsiya etiladi: nominal rejim, buzuvchi ta’sir ortgan rejim va xomashyo sifati keskin o‘zgargan rejim.
- Agar ilmiy rahbar talab qilsa, ushbu maqolaga strukturaviy blok-sxema, algoritm blok-diagrammasi va natijalar grafigi qo‘shilib yanada kuchaytirilishi mumkin.
- Nashrga topshirishdan oldin jurnal talabiga ko‘ra UO‘K, muallif afiliatsiyasi, ORCID va foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxatini alohida formatga moslab qo‘shish zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Åström, K. J., & Wittenmark, B. (2013). Adaptive control (2nd ed.). Dover Publications.
2. Bequette, B. W. (2003). Process control: Modeling, design, and simulation. Prentice Hall.
3. Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2017). Modern control systems (13th ed.). Pearson.
4. Goodwin, G. C., Graebe, S. F., & Salgado, M. E. (2001). Control system design. Prentice Hall.
5. Hangos, K. M., & Cameron, I. T. (2001). Process modelling and model analysis. Academic Press.
6. Ioannou, P. A., & Sun, J. (2012). Robust adaptive control. Dover Publications.
7. Ljung, L. (1999). System identification: Theory for the user (2nd ed.). Prentice Hall.
8. Ogunnaike, B. A., & Ray, W. H. (1994). Process dynamics, modeling, and control. Oxford University Press.
9. Seborg, D. E., Edgar, T. F., Mellichamp, D. A., & Doyle, F. J. (2011). Process dynamics and control (3rd ed.). John Wiley & Sons.

ISSN 3030-3907

10. Shinskey, F. G. (1996). Process control systems: Application, design, and tuning (4th ed.). McGraw-Hill.
11. Smith, C. A., & Corripio, A. B. (2006). Principles and practice of automatic process control (3rd ed.). John Wiley & Sons.
12. Tavakoli, M., & Fleming, P. J. (2003). Optimal tuning of PID controllers for industrial processes. Control Engineering Practice, 11(6), 689–699.
13. Visioli, A. (2006). Practical PID control. Springer.
14. Montgomery, D. C. (2020). Introduction to statistical quality control (8th ed.). Wiley.
15. Rao, S. S. (2009). Engineering optimization: Theory and practice (4th ed.). John Wiley & Sons.

ISSN 3030-3907