

SANOAT MA'LUMOTLARINI SHAKLLANTIRISH VA DASTLABKI QAYTA ISHLASH

(Sement ishlab chiqarishning pishirish tizimi misolida)

To'raqulov Abror Safarovich

Qarshi davlat texnika universiteti Katta o'qituvchisi

G-mail: asturaqulov@gmail.com

Annotatsiya

Ushbu ishda sement ishlab chiqarishning pishirish tizimida shakllanadigan sanoat ma'lumotlarini yig'ish, tizimlashtirish va dastlabki qayta ishlash masalalari ko'rib chiqilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi turli manbalardan olinadigan ma'lumotlarni keyingi energetik tahlil va matematik modellashtirish uchun ishonchli holatga keltirishdan iborat. DCS, laboratoriya, yoqilg'i laboratoriyasi va ishlab chiqarish hisobi ma'lumotlarining diskretligi, kechikishi va aniqligi turlicha bo'lgani sababli xom ma'lumotlarni bevosita modelga kiritish maqsadga muvofiq emas. Shu asosda fizik nazorat, anomal qiymatlarni aniqlash, yetishmayotgan ma'lumotlarni qayta ishlash, vaqt sinxronizatsiyasi, ish rejimlarini ajratish va standartlashtirishni o'z ichiga olgan dastlabki qayta ishlash ketma-ketligi shakllantirilgan. Tadqiqotda 20 ta asosiy texnologik, energetik va sifat ko'rsatkichi ajratilgan.

Kalit so'zlar: *sement ishlab chiqarish, klinker, sanoat ma'lumotlari, DCS, anomaliya, 3-sigma, Hampel, vaqt sinxronizatsiyasi, energetik samaradorlik, matematik modellashtirish.*

1. Kirish

Sement ishlab chiqarish energiya talabchan sanoat tarmoqlaridan biri bo'lib, jarayonning barqarorligi va energiya sarfi ko'plab texnologik parametrlarning o'zaro bog'liqligiga bog'liq. Xomashyoni tayyorlash, siklonli issiqlik almashinuvi, kaltsinatsiya, aylanuvchi pechda klinker hosil bo'lishi va klinkerni sovitish bosqichlarida harorat, bosim, material va yoqilg'i sarfi, ventilyator yuklamasi hamda mahsulot sifati uzluksiz o'zgaradi. Pishirish tizimida DCS texnologik parametrlarni qayd etadi; laboratoriya klinker sifati va kimyoviy ko'rsatkichlarni; yoqilg'i laboratoriyasi yoqilg'ining namligi, kul miqdori va quyi yonish issiqligini; ishlab chiqarish hisobi esa klinker hajmi hamda elektr va yoqilg'i sarfini beradi. Ma'lumotlar turli chastota va kechikishlarda olinishi sababli ularni yagona sifatli to'plamga keltirish muhim.

2. Tadqiqot obyekti va asosiy ma'lumotlar

Tadqiqot xomashyo aralashmasining siklonli oldindan qizdirgichga kirishidan klinkerning sovitgichdan chiqishigacha bo'lgan jarayonlarni qamrab oladi. Tegirmon, qadoqlash va transport jarayonlari tadqiqot chegarasiga kiritilmagan. Ma'lumotlar bir daqiqalik diskretlikda shakllantirilgan va 20 ta asosiy o'zgaruvchi tanlangan. Ular ventilyator va pech toklar, xomashyo va ko'mir sarfi, siklon va pech harorat-bosimlari, ikkilamchi va uchlamchi havo haroratlari, solishtirma elektr energiya sarfi hamda klinkerdagi erkin CaO miqdorini qamrab oladi.

Ma'lumotlar to'plami quyidagi umumiy ko'rinishda ifodalanadi:

$$D = \{t, X, Y\}$$

bu yerda:

- t — vaqt vektori;
- X — texnologik va energetik kirish parametrlari;
- Y — jarayonning energetik va sifat natijalarini ifodalovchi chiqish ko'rsatkichlari.

Xom ma'lumotlar $x(k)$ ko'rinishida olinadi. Biroq o'lchangan qiymat fizik jihatdan noto'g'ri bo'lishi, vaqt bo'yicha siljishga ega bo'lishi yoki boshqa texnologik ish rejimiga tegishli bo'lishi mumkin. Shu sababli xom ma'lumotlarni modelga bevosita uzatishdan oldin ularni sifat nazoratidan o'tkazish zarur.

3. Anomal va yetishmayotgan ma'lumotlarni aniqlash

Sanoat tizimlarida sensorlarning nosozligi, aloqa uzilishi, o'lchashtdagi xatolik yoki boshqaruv tizimining qisqa muddatli buzilishi natijasida anomal qiymatlar hosil bo'lishi mumkin.

Tadqiqotda asosiy usul sifatida **3-sigma** mezonidan foydalanilgan:

$$|x_i - \mu| > 3\sigma$$

bu yerda:

- x_i — kuzatilayotgan qiymat;
- μ — o'rtacha qiymat;
- σ — standart og'ish.

Mazkur shart bajarilganda qiymat anomal kuzatuv sifatida belgilanadi.

Mahalliy keskin o'zgarishlarni aniqlash uchun **Hampel** usuli qo'shimcha mexanizm sifatida qaraladi. Bunda median va median absolyut og'ishdan foydalaniladi.

Tadqiqot manbasida 9000 ta bir daqiqalik simulyatsiya nuqtalaridan foydalanilgan bo'lib, ularga 0,8 % miqdorida sun'iy anomaliyalar kiritilgan. Anomaliyalar 5–9 standart og'ish oralig'idagi keskin sakrashlar va 2–5 daqiqalik uzilishlar ko'rinishida modellashirilgan. Natijalarga ko'ra, 3-sigma usulining aniqligi 1,000, qaytaruvchanligi 0,997 va F1 ko'rsatkichi 0,999 ni tashkil qilgan. Hampel usulida esa mos ravishda 0,676; 1,000 va 0,807 qiymatlar olingan.

Bu natijalar mazkur simulyatsiya sharoitida 3-sigma usulining asosiy anomal qiymatlarni aniqlash uchun samarali ekanligini ko'rsatadi. Biroq ushbu ko'rsatkichlar **real ishlab chiqarishdagi tajriba natijasi emas, balki simulyatsiya natijasi** ekanligini alohida ta'kidlash lozim

4. Vaqt sinxronizatsiyasi va texnologik rejimlar

Sement ishlab chiqarish tizimida ma'lumotlar turli vaqt oralig'ida olinadi. DCS ma'lumotlari odatda yuqori chastotada qayd etiladi, laboratoriya ma'lumotlari esa davriy ravishda shakllantiriladi.

Shu sababli barcha ma'lumotlarni yagona vaqt shkalasiga keltirish talab qilinadi. Tadqiqotda asosiy diskretlik:

$$\Delta t = 1 \text{ min}$$

qilib qabul qilingan.

Yuqori chastotali signallar bir daqiqalik interval bo'yicha agregatsiya qilinadi. Laboratoriya ma'lumotlarini esa faqat oldingi qiymatni avtomatik tarzda takrorlash orqali to'ldirish ehtiyotkorlik bilan bajarilishi kerak, chunki laboratoriya namunasini olish va natijani tizimga kiritish vaqti bir-biridan farq qilishi mumkin.

5. Natijalar va amaliy ahamiyati

Taklif etilgan yondashuv sement pishirish tizimining energetik holatini baholash uchun yagona, sinxronlashtirilgan va sifat nazoratidan o'tgan ma'lumotlar to'plamini shakllantirish imkonini beradi. Natijada fizik jihatdan noto'g'ri va anomal qiymatlar ajratiladi, qisqa muddatli uzilishlar qayta ishlanadi, turli texnologik rejimlar farqlanadi va parametrlar yagona statistik masshtabga keltiriladi. Bunday tayyorlangan ma'lumotlar keyingi matematik va mashinali o'qitish modellarining aniqligini oshirish hamda energiya sarfini prognozlash va optimallashtirish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

6. Xulosa

Sement ishlab chiqarishning pishirish tizimida shakllanadigan sanoat ma'lumotlari texnologik jarayonning energetik va sifat holatini baholash uchun muhim axborot manbai hisoblanadi. Biroq DCS, laboratoriya, yoqilg'i laboratoriyasi va ishlab chiqarish hisobidan olinadigan ma'lumotlarning vaqt oraliq'i, aniqligi va ishonchliligi turlicha bo'lgani sababli ularni dastlabki qayta ishlashsiz matematik modellashtirishga kiritish maqsadga muvofiq emas.

Tadqiqotda ma'lumotlarni dastlabki qayta ishlashning olti bosqichli algoritmi shakllantirildi. Unda fizik nazorat, anomal qiymatlarni aniqlash, yetishmayotgan ma'lumotlarni qayta ishlash, vaqt sinxronizatsiyasi, ish rejimlarini ajratish va standartlashtirish bosqichlari birlashtirildi.

20 ta asosiy texnologik, energetik va sifat ko'rsatkichlari asosida shakllantirilgan ma'lumotlar to'plami keyingi bosqichda sement pishirish jarayonining energiya sarfini prognozlash, energetik holatini baholash va optimallashtirish modellarini qurish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Shunday qilib, taklif etilgan dastlabki qayta ishlash algoritmi **“xom sanoat ma'lumotlari → sifat nazoratidan o'tgan ma'lumotlar → sinxronlashtirilgan ma'lumotlar → matematik model”** ketma-ketligini ta'minlaydi

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Montgomery D.C. Introduction to Statistical Quality Control. Wiley.
2. Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C., Ljung G.M. Time Series Analysis: Forecasting and Control. Wiley.
3. Hampel F.R. et al. Robust Statistics: The Approach Based on Influence Functions. Wiley.
4. Turakulov Z., Kamolov A., Turakulov A., Norkobilov A., Fallanza M. Assessment of the Decarbonization Pathways of the Cement Industry in Uzbekistan. Engineering Proceedings, 2023, 37(1), 2. DOI: 10.3390/ECP2023-14639.

5. Norkobilov A., Turakulov A., Safarov Q., Ergashev S., Turakulov Z., Kamolov A., Maksudova A., Eshbobaev J. Advanced Control of MEA-Based CO₂ Capture Systems. Engineering Proceedings, 2026, 124(1), 31. DOI: 10.3390/engproc2026124031.

6. Norkobilov A., Muradov R., Turakulov A., Ergashev S., Turakulov Z. The Separation of a CO₂ and H₂S Mixture. Engineering Proceedings, 2025, 117(1), 46. DOI: 10.3390/engproc2025117046.