

Analysis of Control Methods for the Production Process of Composite Granular Fertilizers and the Necessity of Transitioning to Adaptive Control

Mirzamahmudov Azamatjon Baxtiyor o'g'li

Lecturer, Namangan State Technical University

E-mail: mirzamahmudov9797@gmail.com, ORCID ID: 0009-0004-2796-275X

Abstract

This article analyzes the existing methods of process control used in the production of composite granulated fertilizers (NPK and other multi-component mineral fertilizers) and substantiates the necessity of transitioning to adaptive control systems. The granulation process exhibits highly nonlinear and multifactorial behavior due to the instability of raw material composition, moisture content, and particle size distribution, as well as the interdependence of heat and mass transfer phenomena. The purpose of the study is to analyze the applicability of traditional control methods — PID, cascade and ratio control, and fuzzy-logic-based systems — to this process, to identify the limits of their effectiveness, and to substantiate the technical and economic rationale for transitioning to neural-network-based adaptive control systems. The study employed methods of scientific and technical literature analysis, comparative evaluation of existing control approaches, and generalization of industrial process data. The results show that under conditions of high variability in raw material composition and technological regime, classical control methods fail to ensure the stability of granule quality indicators, whereas the implementation of adaptive control systems can significantly improve product quality and reduce energy and resource consumption. The conclusion provides practical recommendations for a phased transition of the granulation process to adaptive control.

Keywords: composite fertilizers, granulation process, process control, PID control, adaptive control, neural networks, nonlinear systems, chemical technology.

Kompozitsion Granulalangan O'g'itlar Ishlab Chiqarish Jarayonini Boshqarish Usullarining Tahlili Va Adaptiv Boshqarishga O'tish Zaruriyati

Mirzamahmudov Azamatjon Baxtiyor o'g'li

Namangan davlat texnika universiteti o'qituvchisi

E-mail: mirzamahmudov9797@gmail.com, ORCID ID: 0009-0004-2796-275X

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada kompozitsion granulalangan o'g'itlar (NPK va boshqa ko'p komponentli mineral o'g'itlar) ishlab chiqarish jarayonini boshqarishning mavjud

usullari tahlil qilingan hamda ularni adaptiv boshqarish tizimlariga almashtirish zaruriyati asoslangan. Granulalash jarayoni xomashyo tarkibi, namligi va donadorligining beqarorligi, shuningdek issiqlik va massa almashinuv jarayonlarining o'zaro bog'liqligi tufayli yuqori darajada nochiziqli va ko'p omilli xarakterga ega. Tadqiqotning maqsadi — an'anaviy boshqarish usullari (PID, kaskadli va nisbat bo'yicha boshqarish, loyiq mantiq asosidagi tizimlar)ning ushbu jarayonda qo'llanilishini tahlil qilish, ularning samaradorlik chegaralarini aniqlash hamda neyron tarmoqlarga asoslangan adaptiv boshqarish tizimlariga o'tishning texnik-iqtisodiy asoslarini ko'rsatishdan iborat. Tadqiqotda ilmiy-texnik adabiyotlarni tahlil qilish, mavjud boshqarish usullarini qiyosiy baholash hamda jarayon parametrlari bo'yicha sanoat ma'lumotlarini umumlashtirish metodlaridan foydalanilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, xomashyo tarkibi va texnologik rejim o'zgaruvchanligi yuqori bo'lgan sharoitlarda klassik boshqarish usullari granula sifati ko'rsatkichlarining barqarorligini ta'minlay olmaydi, adaptiv boshqarish tizimlarini joriy etish esa mahsulot sifati va energiya-resurs sarfini sezilarli darajada yaxshilash imkonini beradi. Xulosa qismida granulalash jarayonini adaptiv boshqarishga bosqichma-bosqich o'tkazish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: kompozitsion o'g'itlar, granulalash jarayoni, jarayonni boshqarish, PID-boshqarish, adaptiv boshqarish, neyron tarmoqlar, nochiziqli tizimlar, kimyo texnologiyasi.

KIRISH

Qishloq xo'jaligi mahsuldorligini oshirishning muhim omillaridan biri sifat ko'rsatkichlari yuqori bo'lgan kompozitsion granulalangan mineral o'g'itlarni ishlab chiqarish hisoblanadi. Granulalangan o'g'itlarning asosiy sifat ko'rsatkichlari — granula o'lchami va uning bir jinsliliigi, mustahkamligi, namligi va oziq moddalar tarkibining barqarorligi — texnologik jarayonning barcha bosqichlarida aniq boshqarishni talab qiladi. Granulalash jarayoni, odatda, aylanma barabanli yoki taram (pan) granulyatorlarda, murakkab issiqlik va massa almashinuv hamda kristallanish jarayonlari fonida amalga oshiriladi, bu esa jarayonni matematik tavsiflashda va boshqarishda yuqori darajadagi nochiziqlilik va o'zaro bog'liqlikni keltirib chiqaradi.

Hozirgi kunda sanoat korxonalarining aksariyatida granulalash jarayonini boshqarish uchun asosan klassik PID-regulyatorlar, kaskadli va nisbat bo'yicha boshqarish sxemalaridan foydalaniladi. Ushbu usullar barqaror texnologik rejim va bir xil xomashyo tarkibi sharoitida qoniqarli natija bersa-da, xomashyo tarkibi (masalan, fosfat xomashyosi yoki azotli komponentlar ulushi), namligi va tashqi muhit haroratining o'zgarishi natijasida jarayon dinamikasi sezilarli darajada o'zgaradi, bu esa mavjud boshqarish tizimlarining samaradorligini pasaytiradi va mahsulot sifatining beqarorligiga olib keladi.

Ushbu maqolaning maqsadi — kompozitsion granulalangan o'g'itlar ishlab chiqarish jarayonida qo'llanilayotgan boshqarish usullarini tahlil qilish, ularning texnologik jarayon xususiyatlariga mosligini baholash hamda adaptiv boshqarish tizimlariga, xususan neyron tarmoqlarga asoslangan yondashuvlarga o'tishning zaruriyati va texnik-iqtisodiy asoslarini ko'rsatishdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) granulalash jarayonining texnologik va dinamik xususiyatlarini tavsiflash; 2) mavjud boshqarish usullarining samaradorlik chegaralarini aniqlash; 3) adaptiv boshqarish tizimlarining ushbu jarayonga tatbiq etilishi bo'yicha ilmiy-texnik tajribani

umumlashtirish; 4) adaptiv boshqarishga o'tishning amaliy tavsiyalarini ishlab chiqish.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

Granulalash jarayonining fizik-kimyoviy mexanizmlari — yadrolanish, o'sish va parchalanish hodisalari — Ivson va hammualliflarining (Ivson, Litster, Hapgood, & Ennis, 2001) keng qamrovli sharhida batafsil tahlil qilingan bo'lib, unda jarayon parametrlarining (namlovchi suyuqlik miqdori, aralashtirish intensivligi, zarralar o'lchami) granula sifatiga ta'siri ko'rsatib berilgan. Kameron va hammualliflari (Cameron, Wang, Immanuel, & Stepanek, 2005) granulalash jarayonlarini modellash va boshqarishga oid tadqiqotlarni umumlashtirar ekan, ko'pchilik sanoat qurilmalarida qo'llaniladigan boshqarish tizimlarining process nochiziqliligini to'liq hisobga olmasligini asosiy muammo sifatida ko'rsatadi.

Adaptiv boshqarish nazariyasining klassik asoslari Astrom va Vittenmarkning (Åström & Wittenmark, 1995) ishida, robust adaptiv boshqarish usullari esa Ioannu va Sunning (Ioannou & Sun, 1996) tadqiqotida keng yoritilgan. Neyron tarmoqlarni nochiziqli dinamik ob'ektlarni identifikatsiya qilish va boshqarishda qo'llashning fundamental yondashuvi Narendra va Partasarati (Narendra & Parthasarathy, 1990) tomonidan asoslab berilgan bo'lib, ushbu yondashuv kimyoviy texnologik jarayonlar, jumladan granulalash jarayoni uchun ham dolzarb hisoblanadi, chunki bunday jarayonlarda ob'ektning aniq matematik modelini olish murakkab yoki iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emas.

Ushbu tadqiqotda quyidagi metodlardan foydalanildi: granulalash jarayonining texnologik va dinamik xususiyatlariga oid ilmiy-texnik adabiyotlarni tahlil qilish; mavjud boshqarish usullarini (PID, kaskadli, nisbat bo'yicha, loyiq mantiq asosidagi) belgilangan mezonlar (aniqlik, bezovtalovchi ta'sirlarga bardoshlilik, amalga oshirish murakkabligi, tannarx) bo'yicha qiyosiy tahlil qilish; sanoat korxonalarida to'plangan texnologik parametrlar bo'yicha umumlashtirilgan ma'lumotlarni tahlil qilish. Tadqiqot tavsifiy-tahliliy xarakterga ega bo'lib, mavjud ilmiy-texnik manbalar va sanoat tajribasi asosida adaptiv boshqarishga o'tishning asoslangan zaruriyatini ko'rsatishga qaratilgan.

NATIJALAR

O'tkazilgan tahlil natijasida kompozitsion granulalangan o'g'itlar ishlab chiqarish jarayonida qo'llaniladigan to'rtta asosiy boshqarish usuli aniqlangan va ularning afzallik hamda cheklovlari 1-jadvalda umumlashtirilgan.

1-jadval

Granulalash jarayonini boshqarish usullarining qiyosiy tahlili

Boshqarish usuli	Asosiy afzalliklari	Cheklovlari (granulalash jarayoniga nisbatan)
Klassik PID-boshqarish	Sodda tuzilishi, sozlash va amalga oshirishning yengilligi, past tannarx	Xomashyo tarkibi va namligi o'zgarganda parametrlarni qayta sozlash zarurati, nochiziqlilikni hisobga olmasligi

Kaskadli va nisbat bo'yicha boshqarish	Asosiy va yordamchi konturlar orqali bezovtalovchi ta'sirlarni qisman kompensatsiya qilish	Murakkab, ko'p o'zaro bog'liq parametrlar jarayonlarda samaradorligi pasayishi
Loyiq mantiq (fuzzy) asosidagi boshqarish	Operator tajribasini formallashtirish, aniq matematik model talab qilmasligi	Qoidalar bazasini shakllantirish murakkabligi, moslashuvchanlikning cheklanganligi
Neyron tarmoq asosidagi adaptiv boshqarish	Nochiziqli bog'liqliklarni o'rganish, parametrlar o'zgarishiga real vaqtda moslashish qobiliyati	O'qitish uchun sifatli ma'lumotlar bazasi, hisoblash resurslari va malakali xizmat ko'rsatish zarurati

Tahlil natijalariga ko'ra, klassik PID va kaskadli boshqarish tizimlari barqaror texnologik rejim sharoitida qoniqarli natija bersa-da, xomashyo tarkibi va namligi 10–15% doirasida o'zgarganda granula o'lchami bo'yicha dispersiyaning sezilarli darajada ortishi kuzatiladi, bu esa tayyor mahsulotning belgilangan standart talablariga mos kelmaydigan qismini ko'paytiradi. Loyiq mantiq asosidagi tizimlar operator tajribasini qisman formallashtirish orqali natijani yaxshilasa-da, ular yangi, oldindan bashorat qilinmagan rejimlarga moslashish qobiliyatiga ega emas.

Neyron tarmoq asosidagi adaptiv boshqarish tizimlarini qo'llash bo'yicha umumlashtirilgan ilmiy-texnik ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, bunday tizimlar jarayon parametrlarining real vaqtdagi o'zgarishlarini o'rganish va boshqarish ta'sirini avtomatik moslashtirish hisobiga granula o'lchami bo'yicha dispersiyani kamaytirish, energiya va xomashyo sarfini optimallashtirish hamda standart talablariga mos kelmaydigan mahsulot ulushini qisqartirish imkonini beradi. Bunda asosiy shart — jarayonni real vaqt rejimida kuzatib boruvchi sifatli o'lchov vositalari (granulometrik tahlil qiluvchi datchiklar, namlik va harorat sensorlari)ning mavjudligidir.

MUHOKAMA

Olingan natijalar kompozitsion granulalangan o'g'itlar ishlab chiqarish jarayonida adaptiv boshqarish tizimlariga o'tishning ob'yektiv zaruriyatini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, bunday o'tishni amalga oshirish bir qator texnik va tashkiliy muammolar bilan bog'liq. Birinchidan, neyron tarmoqni sifatli o'qitish uchun jarayonning turli rejimlarini qamrab oluvchi katta hajmdagi va ishonchli texnologik ma'lumotlar bazasi zarur, bu esa amaldagi korxonalarda ma'lumotlarni yig'ish va saqlash tizimlarini modernizatsiya qilishni taqozo etadi.

Ikkinchidan, real vaqt rejimida granula o'lchami va namligini o'lchovchi zamonaviy datchiklarni o'rnatish qo'shimcha kapital xarajatlarni talab qiladi, biroq bu xarajatlar mahsulot sifatining barqarorlashishi va xomashyo hamda energiya resurslarining tejallishi hisobiga o'zini oqlashi mumkin. Uchinchidan, adaptiv boshqarish tizimlarini joriy etish va ularga texnik xizmat ko'rsatish uchun malakali muhandis-kadrlar zarurligi, bu esa o'z navbatida muhandislik ta'limi tizimida tegishli ko'nikmalarni shakllantirish masalasini dolzarb qilib qo'yadi.

Xalqaro tajriba (Cameron, Wang, Immanuel, & Stepanek, 2005; Iveson, Litster, Hapgood, & Ennis, 2001) shuni ko'rsatadiki, granulalash jarayonlarini boshqarishda

to'liq avtomatik adaptiv tizimlarga bir martada o'tish o'rniga, mavjud PID-tizimlar ustiga qo'shimcha adaptiv moslashuv konturini bosqichma-bosqich integratsiya qilish (gibrid yondashuv) amaliy jihatdan ko'proq maqsadga muvofiq hisoblanadi, chunki bu usul ishlab chiqarish jarayonining uzluksizligini ta'minlagan holda tizimni sinovdan o'tkazish imkonini beradi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqot kompozitsion granulalangan o'g'itlar ishlab chiqarish jarayonida mavjud klassik boshqarish usullarining xomashyo tarkibi va texnologik rejim o'zgaruvchanligi yuqori bo'lgan sharoitlarda yetarli samara bermasligini asoslab berdi. Neyron tarmoqlarga asoslangan adaptiv boshqarish tizimlariga o'tish granula sifati ko'rsatkichlarining barqarorligini ta'minlash, xomashyo va energiya resurslarini tejash hamda ishlab chiqarish samaradorligini oshirishning istiqbolli yo'nalishi hisoblanadi.

Amaliyotga quyidagi tavsiyalar berilishi mumkin: 1) granulalash jarayonini real vaqt rejimida kuzatish uchun zamonaviy o'lchov-datchik tizimlarini bosqichma-bosqich joriy etish; 2) mavjud PID-tizimlar asosida gibrid (klassik + adaptiv) boshqarish sxemalarini sinovdan o'tkazish; 3) neyron tarmoqni o'qitish uchun korxonada texnologik ma'lumotlar bazasini yaratish va yuritish tizimini tashkil etish; 4) muhandis-kadrlarni adaptiv boshqarish tizimlari bo'yicha qayta tayyorlash va malaka oshirish dasturlarini yo'lga qo'yish. Ushbu chora-tadbirlar kompozitsion o'g'itlar ishlab chiqarish sohasida raqobatbardosh, sifat ko'rsatkichlari barqaror mahsulot yetkazib berishni ta'minlaydi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI (REFERENCES)

1. Åström, K. J., & Wittenmark, B. (1995). Adaptive control (2nd ed.). Addison-Wesley.
2. Cameron, I. T., Wang, F. Y., Immanuel, C. D., & Stepanek, F. (2005). Process systems modelling and applications in granulation: A review. Chemical Engineering Science, 60(14), 3723–3750.
3. Ioannou, P. A., & Sun, J. (1996). Robust adaptive control. Prentice Hall.
4. Iveson, S. M., Litster, J. D., Hapgood, K., & Ennis, B. J. (2001). Nucleation, growth and breakage phenomena in agitated wet granulation processes: A review. Powder Technology, 117(1–2), 3–39.
5. Narendra, K. S., & Parthasarathy, K. (1990). Identification and control of dynamical systems using neural networks. IEEE Transactions on Neural Networks, 1(1), 4–27.