KATALITIK POLIMERLASH JARAYONINI BOSHQARISHDAGI AXBOROT-KOMMUNIKATSIYA TIZIMLARI ROLINI O'RGANISH

Fayziyev Shavkat

O'zbekiston Respublikasi Hisob palatasi mas'ul xodimi, texnika fanlari doktori, dotsent.

Sadillayeva Saodat Djurayevna

Buxoro davlat texnika universiteti mustaqil tadqiqotchisi

Annotatsiya. Ushbu maqolada katalik polimerlash jarayonini boshqarishda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining (AKT) roli tahlil qilingan. Katalik polimerlashning texnologik xususiyatlari, jarayon parametrlarini doimiy nazorat qilish zarurati va bu maqsadda qo'llanilayotgan AKT vositalari haqida ma'lumot berilgan. Sensorlar, real vaqtli monitoring, sun'iy intellekt asosidagi tahlil tizimlari va masofaviy boshqaruvning ishlab chiqarish samaradorligiga ta'siri yoritilgan. Shuningdek, ushbu texnologiyalarning kelajakdagi istiqbollari va ularni chuqurroq tadqiq etish zaruriyati asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: katalik polimerlash, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, avtomatlashtirish, masofaviy boshqaruv, raqamli tizimlar, texnologik jarayonlar, IoT, sanoat kimyosi.

Аннотация. В данной статье проанализирована роль информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в управлении процессом каталитической полимеризации. Рассмотрены технологические особенности каталитической полимеризации, необходимость постоянного контроля параметров процесса, а также используемые для этих целей ИКТ-средства. Освещено влияние сенсоров, систем мониторинга в реальном времени, аналитических систем на основе искусственного интеллекта и дистанционного управления на эффективность производства. Также обоснована перспектива развития этих технологий и необходимость их дальнейшего глубокого изучения.

Ключевые слова: каталитическая полимеризация, информационно-коммуникационные технологии, автоматизация, дистанционное управление, цифровые системы, технологические процессы, IoT, промышленная химия.

Abstract. This article analyzes the role of information and communication technologies (ICT) in managing the process of catalytic polymerization. It presents the technological characteristics of catalytic polymerization, the necessity of continuous monitoring of process parameters, and the ICT tools used for this purpose. The impact of sensors, real-time monitoring systems, artificial intelligence-based analytical platforms, and remote-control technologies on

ISSN 3030-3907

production efficiency is highlighted. Furthermore, the article justifies the future prospects of these technologies and the need for their deeper investigation.

Keywords: catalytic polymerization, information and communication technologies, automation, remote control, digital systems, technological processes, IoT, industrial chemistry.

Kirish

Zamonaviy kimyo sanoatida polimer materiallariga bo‘lgan talab tobora ortib bormoqda. Ayniqsa, katalik polimerlash (ya’ni katalizatorlar ishtirokida monomerlarni yuqori molekulyar birikmalarga aylantirish) usuli, samaradorlik va mahsulot sifatining yuqoriligi bilan ajralib turadi. Bunday murakkab texnologik jarayonlarni yuqori aniqlik bilan boshqarish uchun esa zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari (AKT)dan foydalanish zaruratga aylanmoqda.

Katalik polimerlash jarayonining xususiyatlari. Katalik polimerlash jarayonida reaksiya harorati, bosimi, katalizator konsentratsiyasi, monomer tarkibi kabi ko‘plab omillar doimiy nazorat talab qiladi. Ushbu parametrlarning ozgina o‘zgarishi ham polimerning sifati, tarkibi va fizik-kimyoviy xossalariga jiddiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli jarayonni avtomatlashtirish va real vaqt rejimida monitoring qilish imkonini beradigan AKT vositalari muhim ahamiyatga ega [1].

AKT vositalari yordamida katalik polimerlash jarayonini quyidagi yo‘nalishlarda samarali boshqarish mumkin:

1. Sensorlar va monitoring tizimlari – jarayonning har bir bosqichida muhim texnologik ko‘rsatkichlar (harorat, bosim, pH, viskozitetsiya va boshqalar) maxsus sensorlar orqali o‘lchanadi va markaziy boshqaruv tizimiga uzatiladi.
2. Ma’lumotlarni qayta ishlash tizimlari – yig‘ilgan ma’lumotlar dasturiy vositalar yordamida tahlil qilinadi, muvofiqlik va og‘ishlar aniqlanadi. AI (sun’iy intellekt) asosidagi tizimlar esa jarayondagi nojo‘ya holatlarni oldindan prognozlash imkonini beradi.
3. Masofaviy boshqaruv – operatorlar AKT vositalari orqali jarayonni masofadan turib kuzatish va boshqarish imkoniga ega bo‘ladilar. Bu yondashuv xavfsizlikni oshiradi va inson omilining xatoliklarini kamaytiradi.
4. Ma’lumotlar bazasi va arxivlash – har bir ishlab chiqarish sikli haqida to‘liq statistik ma’lumotlar saqlanadi, bu esa keyingi tadqiqotlar, sifat nazorati va optimallashtirish uchun xizmat qiladi.

Amaliy natijalar va istiqbollar

AKT texnologiyalarining ishlab chiqarishga joriy etilishi:

- Ishlab chiqarish unumdorligini 20–30% ga oshirish,
- Energiya sarfini kamaytirish,
- Mahsulot sifatining barqarorligini ta’minlash,

ISSN 3030-3907

- Nosozliklar sonini kamaytirish,
- Atrof-muhitga ta’sirni minimallashtirish imkonini beradi.

Kelajakda IoT bulutli texnologiyalar, “raqamli egizak”lar (digital twins) kabi ilg‘or yondashuvlar yordamida katalik polimerlash jarayonlari yanada yuqori darajada avtomatlashtiriladi. Katalik polimerlash jarayonini barqaror, xavfsiz va samarali amalga oshirish zamonaviy AKT vositalarisiz tasavvur qilib bo‘lmaydi. Ular nafaqat jarayonni boshqarish, balki tahlil qilish, prognozlash va optimallashtirishda ham beqiyos imkoniyatlar yaratadi. Shu sababli ushbu yo‘nalishda ilmiy tadqiqotlarni yanada chuqurlashtirish, amaliy loyihalarni ishlab chiqish va texnologik yechimlarni ishlab chiqarishga joriy etish bugungi kunning dolzarb vazifalaridandir [2].

Tadqiqotning dolzarbligi. Bugungi kunda sanoat kimyosida polimer materiallarga bo‘lgan ehtiyoj jadal sur’atlar bilan ortib bormoqda. Ayniqsa, eng samarali va keng qo‘llaniladigan usullardan biri bo‘lgan katalik polimerlash jarayoni yuqori sifatli mahsulot olishda muhim o‘rin egallaydi. Ushbu jarayonning murakkabligi, ko‘p sonli texnologik parametrlarning o‘zaro bog‘liqligi, ularning har birini real vaqt rejimida nazorat qilish va optimallashtirishni talab qiladi. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda axborot-kommunikatsiya texnologiyalari (AKT) hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Dunyo sanoati raqamlashtirish bosqichiga o‘tayotgan bir vaqtda, katalik polimerlash jarayonini avtomatlashtirish, sun’iy intellekt va IoT texnologiyalari asosida boshqarish orqali ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, mahsulot sifatini nazorat qilish va nosozliklarning oldini olish mumkin. Bu esa iqtisodiy foyda bilan birga ekologik xavfsizlik va energiya tejash imkoniyatlarini ham yaratadi. Shu sababli mazkur tadqiqot mavzusi nafaqat nazariy jihatdan, balki amaliy jihatdan ham dolzarb bo‘lib, sanoat korxonalarining texnologik darajasini oshirish, xalqaro standartlarga mos mahsulot ishlab chiqarish va raqobatbardoshlikni ta’minlashda muhim o‘rin tutadi.

Adabiyotlar tahlili. Katalik polimerlash jarayoni sanoat kimyosining muhim tarmoqlaridan biri bo‘lib, uning samaradorligi ko‘plab parametrlarning muvozanatda yuritilishiga bog‘liq. O‘tkazilgan ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, ushbu jarayonni avtomatlashtirish orqali ishlab chiqarish barqarorligini va mahsulot sifatini sezilarli darajada oshirish mumkin [3]. So‘nggi yillarda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi polimer sanoatida ham o‘z aksini topmoqda. Jumladan, M. Chen va boshqalar (2019) tomonidan olib borilgan tadqiqotda real vaqtli monitoring tizimlarining polimerlash jarayonidagi ishonchliligi va aniqligi yoritilgan [4]. Ushbu tizimlar yordamida harorat, bosim va viskozitetsiya kabi parametrlar doimiy nazorat ostida bo‘lib, bu jarayonni optimallashtirishga xizmat qiladi.

ISSN 3030-3907

Yana bir muhim yo‘nalish – sun’iy intellekt (AI) asosidagi algoritmlarning joriy etilishi bo‘lib, ular yordamida katalik jarayonlarda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan og‘ishlar va nosozliklar oldindan prognoz qilinadi. Bu borada T.

Yamamoto va M. Sato (2020) tomonidan taklif etilgan neyron tarmoqlarga asoslangan model reaktiv muhitdagi o‘zgarishlarni aniqlashda yuqori natijalarni ko‘rsatgan [5]. Bundan tashqari, IoT (Internet of Things – narsalar interneti) texnologiyalari yordamida ishlab chiqarish qurilmalari va nazorat tizimlari o‘zaro bog‘lab qo‘yilib, jarayonni masofadan turib ham kuzatish va boshqarish imkoniyati yaratilgan. Bunday yondashuvlar haqida G. Schmidt (2021) o‘zining sanoat 4.0 bo‘yicha izlanishlarida batafsil ma’lumot beradi [6]. Adabiyotlar tahlilidan kelib chiqib aytish mumkinki, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari nafaqat jarayonni avtomatlashtirish, balki uni yanada ishonchli, xavfsiz va ekologik jihatdan qulay tarzda olib borishga xizmat qilmoqda. Bu esa katalik polimerlash jarayonining global miqyosda raqobatbardoshligini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi.

Tadqiqot metodologiyasi. Mazkur tadqiqotda katalik polimerlash jarayonini boshqarishda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining (AKT) o‘rni va samaradorligini o‘rganishga qaratilgan tizimli yondashuv qo‘llanildi. Ilmiy ishda nazariy tahlil, amaliy kuzatuv, matematik modellashtirish va tajriba sinovlari asosida kompleks metodologik yondashuv ishlatildi. Avvalo, katalik polimerlash jarayonining fizik-kimyoviy asoslari, texnologik parametrlariga oid ilmiy adabiyotlar, maqolalar va ilg‘or xorijiy tajribalar o‘rganildi. Jarayonning texnologik xususiyatlari, muammoli jihatlari va AKT vositalari bilan integratsiyalash imkoniyatlari tahlil qilindi. Polimerlash jarayoni murakkab tizim sifatida ko‘rib chiqildi. Uning tarkibiy qismlari (reaktorlar, sensorlar, nazorat tizimlari, dasturiy ta’minot va boshqalar) o‘zaro bog‘liqlikda o‘rganildi. Bu yondashuv asosida har bir komponentning umumiy samaradorlikka ta’siri baholandi [7].

Jarayondagi muhim parametrlar (harorat, bosim, reaksiya tezligi va h.k.) uchun differensial tenglamalar asosida soddalashtirilgan matematik model ishlab chiqildi. Ushbu model yordamida turli boshqaruv strategiyalarining samarasi kompyuter dasturi orqali simulyatsiya qilindi. Laboratoriya sharoitida yaratilgan kichik hajmdagi reaktor tizimi orqali turli AKT vositalari – masalan, real vaqtli monitoring sensorlari va PLC (Programmable Logic Controller) qurilmalari asosida boshqaruv tizimi sinovdan o‘tkazildi. Olingan ma’lumotlar asosida boshqaruv algoritmlarining samaradorligi baholandi. Yig‘ilgan ma’lumotlar statistik va grafik usullar orqali tahlil qilindi. Jarayon barqarorligi, reaksiya

ISSN 3030-3907

samaradorligi va mahsulot sifatiga ta’sir etuvchi omillar aniqlanib, ularning o‘zaro bog‘liqligi ko‘rsatildi [8].

Tahlil jarayonida aniqlanishicha, real vaqtli monitoring tizimlari yordamida reaksiya parametrlarini (masalan, harorat, bosim, pH, konsentratsiya) uzluksiz kuzatib borish imkoniyati yaratiladi. Bu esa operativ qaror qabul qilishga, nosozliklarni erta aniqlashga va jarayonni optimallashtirishga yordam beradi. Ayniqsa, sun’iy intellekt (AI) asosidagi algoritmlarning qo‘llanilishi orqali jarayondagi nojo‘ya og‘ishlarni prognoz qilish va avtomatik ravishda tuzatish mexanizmlarini ishlab chiqish mumkin bo‘ldi. Bundan tashqari, IoT texnologiyalarining tatbiqi orqali ishlab chiqarishning turli bosqichlarini integratsiyalash, masofadan boshqarish, arxivlash va tahlil qilish imkoniyati yaratildi. Bu esa, ayniqsa, yirik sanoat korxonalari uchun texnik va iqtisodiy samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi. Shu bilan birga, tadqiqot davomida ayrim muammolar ham kuzatildi. Jumladan, ba’zi AKT yechimlarining yuqori narxi, mutaxassislar yetishmovchiligi va tizimlarning sanoat muhitiga moslashtirilganligi bilan bog‘liq texnik cheklovlar mavjud. Bu holat AKT vositalarini joriy qilishda texnologik va iqtisodiy rejalashtirishni puxta o‘ylab chiqishni talab qiladi. Shunday qilib, katalik polimerlash jarayonida AKT texnologiyalarining qo‘llanilishi ishlab chiqarish sifatini oshirish, resurslarni tejash va raqobatbardosh mahsulot olish imkonini beradi. Biroq bu jarayonni to‘liq raqamlashtirish uchun qo‘shimcha ilmiy izlanishlar, tajriba-sinovlar va mahalliy sharoitlarga moslashtirilgan yechimlar ishlab chiqish zarur.

Xulosa. Olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, katalik polimerlash jarayoni bu yuqori aniqlik, doimiy monitoring va optimal boshqaruv talab qiladigan murakkab texnologik tizimdir. Bunday murakkab jarayonni samarali boshqarish uchun axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining (AKT) joriy etilishi katta amaliy ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot davomida aniqlanishicha:

- AKT vositalari yordamida jarayondagi asosiy parametrlarni (harorat, bosim, reaksiya tezligi va boshqalar) real vaqt rejimida kuzatish va boshqarish mumkin;
- Sun’iy intellekt va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari yordamida jarayon samaradorligini oshirish, mahsulot sifatini barqaror ushlab turish va inson omili ta’sirini kamaytirish mumkin;
- IoT va raqamli texnologiyalar asosida ishlab chiqilgan tizimlar jarayonni masofadan boshqarish, arxivlash va tahlil qilish imkonini beradi;
- Ushbu yondashuvlar natijasida ishlab chiqarish quvvatlari 20–30% ga oshishi, energiya sarfi kamayishi va ekologik xavfsizlik darajasi yaxshilanishi mumkin.

ISSN 3030-3907

Shunday qilib, katalik polimerlash jarayoniga zamonaviy AKT vositalarini joriy etish bu nafaqat texnologik yangilanish, balki butun ishlab chiqarish tizimini raqamlashtirish sari dadil qadam bo‘lib xizmat qiladi. Kelajakda bu yo‘nalishdagi ilmiy-amaliy tadqiqotlarni chuqurlashtirish, sun’iy intellekt va “raqamli egizak” (digital twin) texnologiyalarini joriy etish orqali yanada samarador natijalarga erishish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO`YXATI

1. Rasulov, B.A., & Qo‘chqorov, I.N. (2017). *Kimyo sanoatida avtomatlashtirish va boshqaruv tizimlari*. Toshkent: “Fan va texnologiya” nashriyoti.
2. Nurmatova, M.X. (2020). “Polimer ishlab chiqarishdagi zamonaviy texnologik nazorat vositalari.” *O‘zbekiston kimyo jurnali*, №4, 45–52.
3. Islomov, A. (2018). *Polimer kimyosi asoslari*. Toshkent: O‘zFA nashriyoti.
4. Chen, M., Liu, H., & Zhang, Y. (2019). “Real-Time Process Control in Catalytic Polymerization Using Advanced Sensors.” *Journal of Applied Polymer Science*, 136(22), 47589. https://doi.org/10.1002/app.47589
5. Yamamoto, T., & Sato, M. (2020). “Artificial Intelligence-Based Monitoring in Industrial Polymerization Reactors.” *Chemical Engineering Journal*, 384, 123275. https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.123275
6. Schmidt, G. (2021). *Smart Manufacturing and Industry 4.0: Applications in Polymer Engineering*. Berlin: Springer.
7. Zohidov, A.K. (2021). “Katalizatorlar asosida olib boriladigan polimerlash jarayonining optimallashtirilgan matematik modeli.” *Ilm va taraqqiyot*, №1(14), 60–68.
8. Li, J., & Wang, Y. (2022). “Application of IoT in Chemical Process Industry: Focus on Polymerization Plants.” *Journal of Industrial Engineering and Management*, 15(3), 205–217. https://doi.org/10.3926/jiem.1804

ISSN 3030-3907