ETILENNI GIDRATATSIYALAB ETANOL ISHLAB CHIQARISH TEXNOLOGIYASI MUAMMOLARI

Rayimov Zuhriddin Xayriddin o‘g‘li
Buxoro davlat texnika universiteti dotsenti, Buxoro, O‘zbekiston.
E-mail: zuhriddinrayimov0@gmail.com
Hamroyeva Orzigul Hamro qizi
Buxoro davlat texnika universiteti talabasi, Buxoro, O‘zbekiston.
E-mail: orzigul77@icloud.com

Annotation. This article analyzes the current state of ethanol production technology through ethylene hydration and examines the key factors affecting process efficiency. The study highlights major industrial challenges such as catalyst stability, thermodynamic and kinetic limitations of the reaction medium, high-temperature side reactions, formation of deposits, catalyst deactivation, and the decline in product selectivity. In addition, modern optimization approaches—including catalyst modification, improvement of heat-exchange systems, two-stage hydration schemes, and membrane-based separation technologies—are reviewed. The research presents practical recommendations aimed at enhancing process efficiency, reducing energy consumption, and expanding the possibilities for producing high-quality ethanol.

Keywords: Hydration, hydrator, sulfuric acid, phosphoric acid, polymerization processes, catalyst deactivation, energy consumption, exothermic reaction, solvent, azeotrope, biofuel, selectivity, coking.

Аннотация. В данной статье анализируется современное состояние технологии получения этанола путём гидратации этилена, а также рассматриваются основные факторы, влияющие на эффективность процесса. Освещаются ключевые промышленные проблемы, такие как стабильность катализаторов, термодинамические и кинетические ограничения реакции, возникновение побочных процессов при высоких температурах, образование отложений, дезактивация катализатора и снижение селективности целевого продукта. Кроме того, рассмотрены современные направления оптимизации — модификация катализаторов, улучшение теплообмена, двухстадийная гидратация и мембранные методы разделения. Исследование предлагает практические рекомендации, направленные на повышение эффективности процесса, снижение энергозатрат и расширение возможностей получения высококачественного этанола.

Ключевые слова: гидратация, гидратор, серная кислота, фосфорная кислота, процессы полимеризации, дезактивация катализатора, энергозатраты, экзотермическая реакция, растворитель, азеотроп, биотопливо, селективность, коксообразование.

ISSN 3030-3907

Annotatsiya. Ushbu maqolada etilenni gidratatsiyalash orqali etanol olish texnologiyasining hozirgi holati va jarayon samaradorligiga ta’sir etuvchi asosiy omillar tahlil qilinadi. Gidratatsiyada qo‘llaniladigan katalizatorlarning barqarorligi, jarayonning termodinamik va kinetik cheklovlari, yuqori haroratda yuzaga keladigan yon reaksiyalar, cho‘kmalar hosil bo‘lishi, katalizator deaktivatsiyasi va mahsulot selektivligining pasayishi kabi asosiy sanoat muammolari yoritilgan. Shuningdek, katalizator tarkibini modernizatsiya qilish, issiqlik almashinuvini yaxshilash, ikki bosqichli gidratatsiya va membranali ajratish kabi zamonaviy optimallashtirish yechimlari ko‘rib chiqiladi. Tadqiqot ushbu jarayon samaradorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va yuqori sifatli etanol olish imkoniyatlarini kengaytirishga qaratilgan amaliy takliflarni taqdim etadi.

Kalit so‘zlar: Gidratatsiya, gidratator, sulfat kislota, fosfat kislota, polimerizatsiya jarayonlari, katalizatorning deaktivatsiyasi, energiya sarfi, ekzotermik jarayon, erituvchi, azeotrop, bioyoqilg‘i, selektivlik, kokslanish.

Kirish

Etanol kimyo sanoatining strategik ahamiyatga ega bo‘lgan mahsulotlaridan biri bo‘lib, u organik sintez, tibbiyot, oziq-ovqat, yoqilg‘i va neft-kimyo sanoatlarida keng qo‘llaniladi(1-jadval).

Etanol - oson uchuvchi, rangsiz, o‘ziga xos hidli, gidrofil xususiyatga ega suyuqlik bo‘lib, sanoat kimyosida keng qo‘llaniladigan asosiy organik erituvchilardan biridir. Uning fizik xossalari molekuladagi –OH guruhi mavjudligi sababli vodorod bog‘lari hosil qilish qobiliyati bilan belgilanadi, bu esa qaynash haroratining nisbatan yuqoriligiga va suv bilan yaxshi aralashishiga sabab bo‘ladi.

Etanol o‘zining qutbli tabiati va kuchli vodorod bog‘lari hisobiga ko‘plab organik va noorganik moddalarni eritish xususiyatiga ega bo‘lib, u sanoat jarayonlarida universal erituvchi sifatida qo‘llanadi. Uning qaynash harorati boshqa past molekulyar massali organik birikmalarga nisbatan yuqoriroq bo‘lib, bu jarayonlarda ajratish va tozalash bosqichlarining energetik xarakterini belgilaydi.

Shuningdek, etanolning fizik xossalari gidratatsiya jarayonining kinetikasi va termodinamikasiga bevosita ta’sir qiladi. Xususan, suv bilan ideal aralashuv qobiliyati gidratatsiya mahsulotini rektifikatsiya orqali ajratishda azeotrop hosil bo‘lishini yuzaga keltiradi, bu esa jarayonning texnologik murakkabligini oshiradi.

1-jadval

Etanolning ishlatilish sohalari

№	Sohalar	Qo‘llanish maqsadi	Izoh
1	Kimyo sanoati	Erituvchi, reagent, oraliq mahsulot	Etil asetat, dietil efir, etilen, sirka kislotasi sintezi

ISSN 3030-3907

2	Farmatsevtika va tibbiyot	Antiseptik, dezinfeksiya, dori erituvchisi	70–96% spirt, jarrohlik oldi ishlov
3	Oziq-ovqat sanoati (spirtli ichimliklar)	Fermentatsiya orqali ichimliklar ishlab chiqarish	Pivo, vino, konyak, aroq
4	Bioyoqilg‘i va energetika	Bioetanol yoqilg‘isi, benzin qo‘shimchasi	E10, E20, E85 yoqilg‘ilari
5	Kosmetika va parfyumeriya	Erituvchi, asosiy tashuvchi modda	Atir, dezodorant, losyon
6	Maishiy kimyo (dezinfeksiya va tozalash)	Tozalash vositali, dezinfektant	Sanitayzerlar, shisha tozalagichlar
7	Laboratoriya ishlari	Universial erituvchi, tayyorlov eritmalari	Ekstraksiya, kristallanish, sterilizatsiya
8	Avtomobil texnikasi	Muzlashga qarshi suyuqlik, oktan oshirish	Antifriz, yoqilg‘i tarkibi
9	Bo‘yoq, lak va poligrafiya sanoati	Erituvchi, suyuqlantiruvchi modda	Bo‘yoq erituvchilari, bosma bo‘yoqlar
10	Qishloq xo‘jaligi va texnik xizmat	Pestitsid eritmalarida erituvchi, yog‘ erituvchi	Gerbitsid eritmalari, texnik detalyar tozalash

Hozirgi kunda etanol ishlab chiqarishning ikki asosiy yo‘li — biospirt olish uchun xomashyoni fermentatsiya qilish hamda neft-kimyo sanoatida etilendan gidratatsiya yo‘li bilan sintez qilish jarayonlari mavjud. Fermentatsion usul xomashyo cheklanganligi, katta maydon talab qilishi va nisbatan unumdorligi pastroq bo‘lganligi sababli sanoat miqyosida har doim ham iqtisodiy jihatdan samarali usul hisoblanmaydi. Shu bois, yuqori konversiya va selektivlikka ega bo‘lgan etilenni gidratatsiyalash jarayoni ko‘plab zavodlar uchun asosiy texnologik yo‘l hisoblanadi.

Etilen gidratatsiyasi kuchli ekzotermik jarayon bo‘lib, o‘ziga xos termodinamik va kinetik cheklovlarga ega. Jarayon yuqori harorat va bosim sharoitida olib boriladi, bu esa katalizator yuzasida qo‘shimcha yon reaksiyalar faollashuviga, karbokatironlar hosil bo‘lishi tufayli polimerizatsiya jarayonlarining kuchayishiga, shuningdek, reaktor ichida cho‘kmalar hosil bo‘lib, qatlam zichlashuviga olib keladi. Natijada katalizatorning deaktivatsiyasi tezlashadi, jarayonning energiya samaradorligi pasayadi hamda yakuniy mahsulot — etanolning sifat ko‘rsatkichlari yomonlashadi.

Bugungi kunda etilenni gidratatsiya qilish bo‘yicha mavjud texnologiyalarni optimallashtirish, katalizator tarkibini takomillashtirish, issiqlik almashinuvini

ISSN 3030-3907

yaxshilash, mahsulot-selektivlik nisbatini oshirish hamda energiya sarfini kamaytirish masalalari dolzarb ilmiy-texnik muammo sifatida qaralmoqda. Xususan, fosfat kislotasiga asoslangan katalizatorlarning uzoq muddatli barqarorligi, reaktor ichidagi mahalliy qizish zonalarini boshqarish, gidratatsiyadan so‘ng mahsulot tarkibini tozalashda samarali ajratish texnologiyalarini qo‘llash bo‘yicha yangi yondashuvlar joriy etilmoqda.

Ushbu maqolada etilenni gidratatsiyalash orqali etanol olish jarayonining sanoatdagi asosiy muammolari, ularning ilmiy asoslari hamda ularni bartaraf etish bo‘yicha ilg‘or yechimlar tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari jarayon samaradorligini oshirish va yuqori sifatli etanol ishlab chiqarishni ta’minlashga qaratilgan ilmiy-amaliy takliflar ishlab chiqishga asos bo‘lib xizmat qiladi.

Etilenning suv bilan birikib etanol hosil qilishi kuchli ekzotermik jarayon bo‘lib, quyidagi asosiy reaksiya orqali kechadi:

$$C_2H_4+H_2O\rightarrow C_2H_5OH$$

Reaksiyaning borishi uchun yuqori bosim, harorat va katalizator ishtiroki talab etiladi. Termodinamik jihatdan jarayonning past haroratda borishi qulay bo‘lsada, kinetik cheklovlar bo‘lganligi sababli sanoatda jarayon 250–300 °C harorat va 6-8 MPa bosim ostida olib boriladi. Bu esa jarayon samaradorligini pasaytiruvchi yon reaksiyalarni faollashtiradi.

Katalizatorlarning faolligi va barqarorligi bilan bog‘liq muammolar:

Sanoatda gidratatsiya jarayoni uchun ko‘p hollarda fosfat kislotasi singdirilgan kremniy oksidi (H_3PO_4/SiO_2) katalizatorlari qo‘llaniladi. Ushbu katalizatorlarning asosiy muammolari quyidagilar:

1.Katalizatorning deaktivatsiyasi

Yuzaga adsorbsiyalanib qolgan og‘ir organik mahsulotlar, polimerizatsiya maxsulotlari va kationik oraliq mahsulotlar katalizator faol markazlarini yo‘q qiladi.

Fosfat kislotali katalizator tarkibi vaqt o‘tishi bilan parchalanib ketadi va namlikning ortishi esa katalizator strukturasining yemirilishiga olib keladi.

2. Polimerizatsiya jarayonlari

Etilenning mahalliy yuqori harorat zonalarida polimerlanishi natijasida parafinlar, oligomerlar va smolalar hosil bo‘ladi. Ular katalizator teshikchalarini yopib qo‘yadi, bosimning oshishiga hamda issiqlik almashinuvining yomonlashishiga olib keladi.

Etilenni gidratatsiyalash jarayonida fosfat kislotasi asosidagi katalizatorlardan tashqari, ayrim ilmiy ishlarda alyuminiy oksidga shimdirilgan sulfat kislota (H_2SO_4/Al_2O_3) ham faol katalizator sifatida taklif qilingan. Sulfatlangan alyuminiy oksid kuchli kislota markazlariga ega bo‘lib, etilenning protonlanishini tezlashtiradi va reaksiyaning boshlanish bosqichini faollashtiradi.

ISSN 3030-3907

Shu sababli, laboratoriya va yarim sanoat miqyosidagi tajribalar jarayon intensivligini oshirish maqsadida ushbu katalizatorni sinovdan o‘tkazgan.

Biroq, H_2SO_4/Al_2O_3 katalizatorining amaliy qo‘llanishi bir qator texnologik cheklovlar bilan chegaralanadi. Birinchidan, sulfat guruhlari yuqori haroratda (250–300 °C) barqaror bo‘lmay, parchalanishi kuzatiladi. Bu katalizatorning tez deaktivatsiyalanishiga, faol markazlarning yo‘qolishiga va jarayon samaradorligining pasayishiga olib keladi.

Ikkinchidan, sulfatlangan sirtning yuqori kislotali xususiyati etilenning polimerlanishiga moyillikni oshiradi. Natijada smolalar, oligomerlar va koks mahsulotlari hosil bo‘lib, ular katalizator g‘ovaklarini to‘sib qo‘yadi, reaktor ichidagi bosimning oshishiga va issiqlik almashinuvining yomonlashishiga sabab bo‘ladi.

Uchinchidan, suv ishtirokidagi gidratatsiya jarayonida sulfat ionlarining Al_2O_3 sirtidan yuvilib ketishi kuzatiladi. Bu nafaqat katalizatorning umrini qisqartiradi, balki jarayon selektivligining pasayishiga, yon mahsulotlar ulushining ortishiga va mahsulotni tozalash bosqichining murakkablashishiga olib keladi. Shu sababli, H_2SO_4/Al_2O_3 katalizatori etanol ishlab chiqarishning sanoat miqyosida deyarli qo‘llanilmaydi. Etilenni gidratatsiyalab etanol ishlab chiqarish katalizatorlarining taqqoslash natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Etilenni gidratatsiyalab etanol ishlab chiqarish katalizatorlari xususiyatlari

Ko‘rsatkichlar	H_2SO_4/Al_2O_3	H_3PO_4/SiO_2
Barqarorlik	past	yuqori
Kokslanish	yuqori	past
Issiqlikka chidamlilik	past	yaxshi
Selektivlik	o‘rtacha	yuqori
Sanoat qo‘llanilishi	cheklangan, laboratoriya tajribalari	keng tarqalgan (standart)

Zamonaviy ishlab chiqarishlarda yuqori barqarorlik, issiqlik chidamliligi va selektivlik ko‘rsatkichlari tufayli fosfat kislotasiga singdirilgan kremniy oksidi (H_3PO_4/SiO_2) asosiy katalizator bo‘lib qolmoqda. U nafaqat yuqori konversiyani ta’minlaydi, balki jarayon davomida strukturaviy barqarorlikni saqlab, tozalash bosqichlarida qo‘shimcha murakkabliklar keltirib chiqarmaydi.

Gidratator reaktoridagi texnologik cheklovlar:

1.Lokal qizish zonalarining paydo bo‘lishi. Ekzotermik jarayon sabab reaktor bo‘ylab harorat bir tekis tarqalmaydi. Mahalliy qizib ketish yon reaksiyalar tezlashuviga, katalizatorning erta ishdan chiqishiga hamda jarayon selektivligining pasayishiga olib keladi.

ISSN 3030-3907

2. Cho‘kmalar hosil bo‘lishi. Oligomerlar va smolalar reaktordagi katalizator qatlamini zichlashtiradi, bosimning oshishiga sabab bo‘ladi va gaz-suyuqlik o‘tkazuvchanligini pasaytiradi.

Bu holatlar jarayonni tez-tez to‘xtatib, mexanik yoki kimyoviy tozalashni talab qiladi, bu esa ishlab chiqarish quvvatining pasayishiga sabab bo‘ladi.

Gidratatsiya jarayonining energiya sarfi va iqtisodiy cheklovlari:

1. Yuqori bosim va harorat talabi. Jarayonning barqaror ishlashi uchun katta energiya sarfi talab qilinadi. Bu esa ishlab chiqarish tannarxini oshiradi, energetik samaradorlikni pasaytiradi.

2. Ajratish jarayonlari murakkabligi. Hosil bo‘lgan reaksion aralashma suv, etanol, di- va tri -etil efirlari, og‘ir organik qo‘shimchalarni o‘z ichiga oladi. Fraksiyalash va rektifikatsiya jarayonlari yuqori energiya sarf etadi.

Yuqorida keltirilgan muammolarni bartaraf etish quyidagi bosqichlarda amalga oshirilishi mumkin (3-jadval).

3-jadval

Texnologiyani optimallashtirish bo‘yicha zamonaviy yechimlar

Yechim turi	Mazmuni	Texnologik afzalliklari	Muammolarni bartaraf etish darajasi
Katalizator tarkibini modernizatsiya qilish	Fosfat kislotasini modifikatsiya qilish, alyumosilikatlar, seolitlar va nano-tashuvchilar asosidagi yangi katalizatorlar	Selektivlik oshadi, deaktivatsiya sekinlashadi, polimerizatsiya kamayadi	Katalizator ishdan chiqishi, cho‘kmalar hosil bo‘lishi va issiqlik balansi muammolarini sezilarli kamaytiradi
Ikki bosqichli gidratatsiya tizimi	Past haroratda boshlang‘ich gidratatsiya, keyin yuqori haroratda yakuniy konversiya	Yon reaksiyalar kamayadi, energiya sarfi pasayadi, reaksiya nazorati yaxshilanadi	Selektivlikni oshiradi, mahalliy qizish zonalarini kamaytiradi
Membranali ajratish texnologiyalari	Suv va etanol aralashmasini energiya tejamkor membranalar orqali ajratish	Rektifikatsiya energiyasini kamaytiradi, azeotropik aralashmalarni samarali ajratadi	Ajratish va tozalashdagi murakkabliklarni bartaraf etadi

ISSN 3030-3907

Issiqlik almashinuvini takomillashtirish	Qayta ishlatiladigan issiqlik manbalari, yuqori samarali issiqlik almashinirgichlar	MahalliyLokal qizishlarning oldi olinadi, reaktor qizib ketishi kamayadi	Reaktor ichidagi issiqlik anomaliyalarini kamaytiradi, barqaror ish rejimini ta’minlaydi
Katalizator regeneratsiyasining yangi usullari	Yumshoq gaz fazali regeneratsiya, past haroratli oksidlovchi qayta tiklash	Katalizator umrini uzaytiradi, ortiqcha to‘xtashlarni kamaytiradi	Katalizator deaktivatsiyasi va cho‘kmalar bilan bog‘liq muammolarni yengillashtiradi
Reaktor ichki konstruktsiyasini modernizatsiya qilish	Cho‘kmaga chidamli qoplamalar, yaxshilangan oqim taqsimlagichlar	Oqimning bir tekis taqsimlanishi, bosim ortishi kamayadi, uzoq muddatli barqarorlik	Cho‘kma to‘planishi va reaktor notekis oqim bilan bog‘liq muammolarni hal qiladi

Etilenni gidratatsiyalash orqali etanol olish jarayoni sanoat miqyosida samarali bo‘lsa-da, katalizatorning deaktivatsiyasi, polimerizatsiya natijasidagi cho‘kmalar, issiqlik almashinuvining buzilishi va energiya sarfining yuqoriligi kabi texnologik muammolar uning barqarorligini cheklaydi. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, jarayonni optimallashtirish katalizator tarkibini modernizatsiya qilish, reaktor ichida issiqlik va oqimlarni barqaror boshqarish hamda reaksiya maxsulotlarini tozalashda energiya tejamkor ajratish texnologiyalaridan foydalanish orqali samarali amalga oshiriladi. Taklif etilgan yechimlar jarayon selektivligini oshirish, xarajatlarni kamaytirish va yuqori sifatli etanol ishlab chiqarishni ta’minlashga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

1. Zhang X. (2019). Advances in hydration of ethylene over solid acid catalysts. Journal of Industrial & Engineering Chemistry, P 150–162.

2. Мисюров А. И., & Фадеев, К. А. Гидратация олефинов: механизм, кинетика и промышленные процессы. Химическая промышленность, 2018, Ст 22–30.

3. Долгов А. С., & Черняев, И. П. Повышение селективности процессов гидратации при получении этанола. Вестник химической технологии, 2020, Ст 44–52.

ISSN 3030-3907

4. Akhmedov Vohid, Rayimov Zukhriddin, & Kurbanov Farkhod (2024). CHLORINATION OF PHTHALIC ANHYDRIDE. Universum: технические науки, 8 (10 (127)), P 19-23. doi: 10.32743/UniTech.2024.127.10.18421
5. Сидоров, В. П., & Греков, Д. Ю. Тепломассообмен в реакторах гидратации этилена. Химическое и нефтегазовое машиностроение, 2019, №3, Ст 18–25.

ISSN 3030-3907