KATALITIK KREKING BENZININI FRAKSIYALASH VA BOSQICHLI TOZALASH ORQALI YOQILG‘I KOMPONENTLARI OLISH

Bozorov Azamat Nazar o'g'li
Osiyo xalqaro universiteti

Annotatsiya. Katalitik kreking benzinini yengil va og‘ir oqimlarga ajratib, ularni tarkibiga mos ravishda qayta ishlash uchun konseptual texnologik yondashuv taklif etiladi. Maqsad oltingugurt va beqaror to‘yinmagan birikmalarni kamaytirishda ortiqcha gidrogenlanishni cheklashdir. Ajratish chegarasini tanlash, oltingugurtning oqimlar bo‘yicha balansini tuzish, yakuniy aralashma sifatini baholash va energiya sarfini solishtirish mezonlari ishlab chiqiladi. Shartli hisoblar texnologik mantiqni tushuntiradi. Ishda yangi tajriba yoki sanoat sinovi natijalari berilmaydi.

Kalit so‘zlar. katalitik kreking, fraksiyalash, selektiv gidrogenlash, oltingugurt balansi, aralashtirish, oktan soni, energiya samaradorligi.

Аннотация. Предложена концептуальная схема разделения бензина каталитического крекинга на лёгкий и тяжёлый потоки с последующей обработкой, соответствующей их составу. Рассматриваются выбор границы разделения, баланс серы, оценка качества смеси и сравнение энергозатрат. Целью является снижение содержания сернистых соединений и нестабильных ненасыщенных компонентов при ограничении избыточного гидрирования. Условные расчёты иллюстрируют логику схемы. Новые экспериментальные или промышленные результаты не приводятся.

Ключевые слова. каталитический крекинг, фракционирование, селективное гидрирование, баланс серы, смешение, октановое число.

Abstract. A conceptual process route is proposed for splitting FCC gasoline into light and heavy streams and treating each stream according to its composition. Cut-point selection, sulfur balances, final blend quality and energy use are addressed. The objective is to reduce sulfur compounds and unstable unsaturated species while limiting excessive hydrogenation. Illustrative calculations are explicitly hypothetical. No new experimental or industrial trial data are reported.

Keywords. FCC gasoline, fractionation, selective hydrogenation, sulfur balance, blending, research octane number, energy use.

KIRISH.

Katalitik kreking benzinining to‘liq oqimini bir xil sharoitda gidrotozalash tarkibi turlicha komponentlarga teng ishlov berishni anglatadi. Bunday yondashuv sodda ko‘rinsa ham, oltingugurtni chiqarish uchun zarur rejim bilan olefinlarni

ISSN 3030-3907

saqlash istagi o‘rtasida ziddiyat yuzaga kelishi mumkin. Mazkur maqolada muammo oqimlarni ajratish va ularga alohida ishlov berish orqali ko‘rib chiqiladi. Asosiy e’tibor yangi katalizator sinteziga emas, texnologik tuzilmani tanlashga qaratiladi.

Fraksiyalashning vazifasi oltingugurtni mustaqil yo‘qotish emas, qayta ishlash yukini tarkib bo‘yicha taqsimlashdir. Yengil fraksiyada oltingugurt mutlaqo yo‘q deb faraz qilinmaydi. Har bir ajratish chegarasida komponentlarning haqiqiy tarqalishi tahlil qilinadi. Agar yengil oqimdagi oltingugurt yakuniy aralashmaning sifatini cheklasa, uni ham tegishli tozalash bosqichiga yo‘naltirish zarur bo‘ladi. Ajratilgan oqimni tozalashdan chetlab o‘tkazish shartsiz qoida emas.

Axens texnik izohida selektiv gidrogenlash va ajratish orqali olefinlarga boy yengil oqimni saqlash imkoniyati bayon etilgan [3]. Bu amaliy misol oqim tarkibiga mos ishlov berishning mavjud texnologik asosini ko‘rsatadi. Ushbu maqolada muayyan litsenziyalangan jarayonning nusxasi yoki uning unumdorligi takrorlanganini bildirish maqsad qilinmagan. Taklif etilayotgan yondashuv mahalliy xomashyo tahliliga tayanuvchi konseptual baholashdir.

Tadqiqot maqsadi yengil va og‘ir oqimlarning massaviy ulushi, qoldiq oltingugurti va sifat ko‘rsatkichlarini hisobga olgan holda birlashtirilgan sxemani tanlash mezonlarini shakllantirishdir. Jarayonning natijasi past oltingugurtli komponent bilan cheklanmaydi: uning aralashtirishdagi ulushi, oktan hissasi, uchuvchanligi va saqlash xususiyatlari aniqlanishi kerak. Komponent sifati bilan tayyor avtomobil benzini sifati alohida darajalarda baholanadi.

Tekshiriladigan gipoteza shundan iboratki, oqimning faqat tarkibiy jihatdan zarur qismini chuqur gidrotozalashga yuborish umumiy gidrogenlash yukini kamaytirishi mumkin. Biroq ajratish uchun sarflanadigan issiqlik va qo‘shimcha uskunalar bu foydani kamaytirishi ehtimoli mavjud. Shuning uchun sxema faqat oltingugurt konversiyasi bilan emas, vodorod, energiya, suyuq mahsulot chiqishi va yakuniy sifat orqali taqqoslanadi. Har qanday iqtisodiy ustunlik keyingi hisob va pilot sinov orqali isbotlanishi lozim.

Fraksiyalash chegarasini tanlash metodikasi.

Ajratish chegarasi dastlabki distillatsiya va tarkibiy tahlil asosida tanlanadi. Bir nechta qo‘shni chegaralarda fraksiyalar olinib, har birining massasi, oltingugurti, monoolefin va diolefin ulushi hamda RON ko‘rsatkichi tekshiriladi. Fraksiyalar soni analitik imkoniyat bilan texnologik foyda o‘rtasidagi muvozanatga ko‘ra belgilanadi. Universal qaynatish haroratini barcha kreking benzinlari uchun optimal deb qabul qilishdan voz kechiladi.

Har bir ajratish tajribasida moddiy balans yopilishi talab etiladi. Xomashyo massasi yengil va og‘ir fraksiyalar, uskunada qolgan qoldiq hamda qayd etilgan yo‘qotishlarning yig‘indisi bilan solishtiriladi. Faqat yig‘ilgan suyuqliklarni yuz

ISSN 3030-3907

foizga normallashtirish bug‘lanish yo‘qotilishini yashirishi mumkin. Ayniqsa yengil komponentlarni saqlash maqsadida ajratish uskunasining kondensatsiya sharoitlari va namunani uzatish tartibi standartlashtiriladi.

Ajratish nuqtasi pastroq tanlanganda yengil oqim kamayadi va chuqur tozalashga yuboriladigan ulush ortishi mumkin. Yuqoriroq chegara esa yengil oqimni ko‘paytiradi, ammo unga o‘tgan oltingugurtli komponentlar yakuniy aralashmani cheklashi ehtimoli bor. Bu holatlar haqiqiy fraksiya tahlili bilan aniqlanadi. Ajratish natijasini faqat fraksiyaning nomi yoki distillatsiya haroratidan kelib chiqib talqin qilish yetarli emas.

Tanlash algoritmi uch bosqichdan iborat. Avval har bir chegarada oqimlar tarkibi baholanadi. Keyin ular uchun tozalash talabi va hisoblangan aralashtirish cheklovlari aniqlanadi. Oxirida o‘sha sifatga erishish uchun zarur energiya hamda vodorod sarfi bazaviy sxema bilan solishtiriladi. Shu tartibda fraksiyalash qarori keyingi reaktor va aralashtirish bosqichlari bilan bog‘lanadi.

Ajratishning foydasini ifodalash uchun og‘ir oqimga o‘tgan oltingugurt ulushi f_S,H = mH·CH/(m_f·C_f) orqali hisoblanadi. Bunda barcha konsentratsiyalar bir xil massaviy birlikda olinadi. f_S,H ning yuqori bo‘lishi foydali belgi bo‘lishi mumkin, ammo u og‘ir oqim massasining ortishi bilan birga kuzatilsa, gidrotozalash hajmi kamaymagan bo‘lishi mumkin. Shu sababli f_S,H va og‘ir oqimning umumiy massaviy ulushi birgalikda taqdim etiladi.

Laboratoriya distillatsiyasining natijasi sanoat kolonnasining aniq ish rejimini to‘g‘ridan-to‘g‘ri belgilamaydi. Kolonna samaradorligi, qaytarma oqim va kesishmalar mahsulot tarkibiga ta’sir qiladi. Pilot tekshiruvda aynan oqimlar orasidagi tarkibiy kesishishlar baholanadi. Qabul qilinadigan chegara eng qulay bitta nuqta bilan cheklanmasdan, xomashyo o‘zgaruvchanligida sifat cheklovlarini bajara oladigan ish sohasi sifatida ko‘riladi.

Bosqichli tozalash sxemasi.

Konseptual sxema xomashyoni pasportlash, beqaror birikmalarni selektiv o‘zgartirish, fraksiyalash, zarur oqimlarni gidrotozalash, gazlarni ajratish va komponentlarni aralashtirishdan iborat. Bosqichlarning aniq tartibi xomashyo tahlili bilan tanlanadi. Oldindan selektiv gidrogenlash qo‘llansa, uning diolefin konversiyasi va monoolefin saqlanishi alohida o‘lchanadi. Bu bosqich uchun oltingugurt chuqur chiqarildi degan xulosa avtomatik berilmaydi.

Og‘ir fraksiya uchun HDS rejimi qoldiq oltingugurt va oktan yo‘qotilishi bo‘yicha tanlanadi. Yengil fraksiyaning tozalashdan chetlab o‘tishi faqat yakuniy balans ruxsat bergan sharoitda ko‘rib chiqiladi. Aks holda yengil oqimga ham mos yumshoq ishlov yoki boshqa asoslangan tozalash bosqichi talab qilinadi. Qaror har bir yangi partiyada qayta tekshirilishi kerak, chunki xomashyo tarkibi o‘zgarsa oqimlar bo‘yicha cheklovlar ham o‘zgaradi.

ISSN 3030-3907

HDS dan chiqqan mahsulotdagi erigan gazlar ajratiladi va yakuniy namuna olish nuqtasi aniq belgilanadi. Agar namuna stabilizatsiyadan oldin olinsa, keyingi tayyor komponent bilan uning tarkibi bir xil bo‘lmasligi mumkin. Gazdagi oltingugurt va suyuqlikdagi oltingugurt bir xil nazorat chegarasi ichida hisobga olinadi. Gaz ajratishning yetarliligi faqat umumiy oltingugurt tahlili bilan emas, oqim holati va tegishli sifat ko‘rsatkichlari bilan baholanadi.

Adsorbsion yakuniy tozalash bu ishda majburiy bosqich sifatida emas, tekshiriladigan variant sifatida ko‘riladi. Adsorbent tanlansa, ish sig‘imi, chiqishdagi oltingugurt profilining vaqtga bog‘liqligi, suyuqlik yo‘qotilishi va regeneratsiya xarajati aniqlanadi. Muvozanat sig‘imi real oqimdagi ish sig‘imiga teng deb olinmaydi. Olefinli matritsadagi raqobat va adsorbentdan modda ko‘chishi ham nazorat qilinadi.

Sxema variantlari quyidagicha farqlanadi: to‘liq oqimni gidrotozalash bazaviy holat, ajratilgan oqimlarni alohida tozalash taqqoslash holati, yakuniy adsorbsiyali kombinatsiya esa qo‘shimcha variantdir. Har bir holat bir xil yakuniy sifatda taqqoslanadi. Turli oltingugurt darajasida ishlagan sxemalarning vodorod sarfini bevosita solishtirish texnologik samaradorlikni noto‘g‘ri aks ettirishi mumkin.

Texnologik o‘zgarishdan oldin mavjud apparatlar va oqimlar xaritasi tuziladi. Qayta ishlatilishi mumkin bo‘lgan issiqlik almashgichlar, ajratish uskunalari va gaz tozalash tizimlari ko‘rsatiladi. Ushbu baholashsiz qo‘shimcha bosqichning arzon yoki resurs tejamkorligi haqida xulosa chiqarilmaydi. Maqola sxemaning tahlil tamoyilini beradi; apparat o‘lchamlari, katalizator hajmi va sanoat ish parametrlarini loyiha sifatida belgilamaydi.

Oltingugurt balansi va aralashtirish cheklovlari.

Ikki suyuq komponent aralashtirilganda umumiy oltingugurt konsentratsiyasi $C_{blend} = w_L \cdot C_L + w_H \cdot C_H$ orqali hisoblanadi. Bu yerda $w_L + w_H = 1$, ulushlar massaviy, konsentratsiyalar esa mg/kg birlikda ifodalanadi. Hajmiy ulush bilan massaviy konsentratsiyani bevosita ko‘paytirish mumkin emas; avval zichlik asosida moslashtirish talab qilinadi. Uch yoki undan ko‘p komponent uchun xuddi shu massa bo‘yicha yig‘indi qo‘llanadi.

Hisoblashni tushuntirish uchun faqat shartli holat olinadi. Yengil oqim ulushi 0,40 va oltingugurti 5 mg/kg, og‘ir oqim ulushi 0,60 va oltingugurti 12 mg/kg bo‘lsin. Shunda $C_{blend} = 9{,}2$ mg/kg chiqadi. Bu raqamlar tajriba natijasi yoki real zavod xomashyosi tavsifi emas. Ular aralashtirish cheklovi oqimlar sifati bilan qanday bog‘lanishini ko‘rsatadi.

Agar yengil oqimning oltingugurti shu ulushda 20 mg/kg ga ko‘tarilsa, 10 mg/kg shartli nishon uchun og‘ir oqimda $C_H \le (10 - 0{,}40 \cdot 20)/0{,}60 = 3{,}33$ mg/kg bo‘lishi kerak. Demak, yengil oqimni umuman tozalamaslik og‘ir oqim uchun juda

ISSN 3030-3907

chuqur ishlovni talab qilishi mumkin. Bu arifmetik misol fraksiyalashning foydasi tarkibga bog‘liqligini ko‘rsatadi va nishon bajarilganini sanoat uchun tasdiqlamaydi.

Aralashmaning RON qiymati uchun oltingugurt kabi oddiy massaviy o‘rtacha formula yakuniy dalil sifatida ishlatilmaydi. Dastlabki baholashda tekshirilgan aralashtirish modeli mavjud bo‘lsa undan foydalanish mumkin, lekin tayyor aralashma bevosita oktan sinovidan o‘tkaziladi [5]. Xuddi shu prinsip uchuvchanlik va distillatsiya ko‘rsatkichlariga ham qo‘llanadi. Tarkibiy balans sifati bilan funksional yoqilg‘i xossalari bir xil hisob turi emas.

O‘lchash noaniqligi nishonga yaqin holatlarda qarorga sezilarli ta’sir qiladi. Masalan, hisoblangan oltingugurt 9,8 mg/kg bo‘lsa, uni avtomatik ravishda 10 mg/kg mezoniga muvofiq deb e’lon qilish o‘rniga tahlil noaniqligi va mahsulot spetsifikatsiyasidagi qaror qoidasi tekshiriladi. Fraksiyalar konsentratsiyasi bilan ulushlar noaniqligi aralashma natijasiga tarqaladi. Nazorat uchun haqiqiy aralashma namunasi ham o‘lchanadi.

Yakuniy yoqilg‘idagi boshqa komponentlar ham balansga kiritiladi. Kreking komponentiga past oltingugurtli izomerizat yoki boshqa oqim qo‘shilishi mumkin bo‘lsa-da, ularning haqiqiy sifat pasporti olinadi. Aralashtirish orqali talabni bajarish tozalash texnologiyasi selektivligi oshganini bildirmaydi. Texnologiyaning o‘z samarasi bilan tayyor benzin retsepturasining ta’siri hisobotda alohida ko‘rsatiladi.

Energiya va texnologik samaradorlikni baholash.

Fraksiyalash gidrotozalashga yuboriladigan oqimni kamaytirishi mumkin, ammo kolonnadagi qaynatish va kondensatsiya uchun energiya talab etadi. Shu sababli umumiy energiya hisobida reaktor isitilishi, qaynatgich, sovitish, nasos va gaz siqish sarflari bir xil chegarada olinadi. Sxemalar uchun bir xil tonna tayyor komponent yoki bir xil tonna yakuniy benzin funksional birlik sifatida tanlanadi. Bu birliklar o‘zaro aralashtirilmaydi.

Vodorodning aylanma sarfi bilan uning sof kimyoviy iste’moli farqlanadi. Reaktorga uzatilgan gaz hajmini vodorod sarfi deb qabul qilish xato bo‘lishi mumkin, chunki gazning bir qismi qayta aylanadi. Sof iste’mol kirish-chiqish oqimlari, tarkib va chiqarilgan gaz hisobidan aniqlanadi. Sarf normal sharoitdagi hajm yoki massa birligida aniq belgilanishi, keyin esa qayta ishlangan mahsulot massasiga normallashtirilishi kerak.

Solishtirish uchun o‘zgaruvchan xarajat $Cvar = cH_2 \cdot qH_2 + cQ \cdot qQ + ce \cdot qe + Ckat + Cads + Cw$ ko‘rinishida tuziladi. Bu yerda q sarflar, c ularning narxlari, Ckat va Cads davrga taqsimlangan katalizator hamda adsorbent xarajatlari, Cw chiqindilarni qayta ishlash xarajatidir. Ushbu modelga kapital xarajat va

ISSN 3030-3907

amortizatsiya alohida qo‘shiladi. Maqolada haqiqiy narxlar berilmagani sababli iqtisodiy foyda raqamlarda hisoblanmaydi.

Suyuqlik chiqishidagi o‘zgarish iqtisodiy tahlilda muhimdir. Tozalashdan keyin gazlar ajralishi yoki yengil fraksiya yo‘qotilishi mahsulot massasini kamaytirsa, faqat past vodorod sarfi bilan samaradorlik yuqori deb xulosa chiqarilmaydi. Har bir variantning sotiladigan komponent chiqishi hisobga olinadi. Oktan yo‘qotilishini qoplash uchun qo‘shimcha aralashtirish oqimiga ehtiyoj bo‘lsa, uning hajmi va xarajati ham ko‘rsatiladi.

Ekologik baholashda yoqilg‘i tarkibi va ishlab chiqarishdagi resurs sarfi ajratib ko‘rsatiladi. Past oltingugurt mahsulot sifatidagi muhim ko‘rsatkich, biroq vodorod va issiqlik manbalariga bog‘liq ishlab chiqarish emissiyalari alohida hisoblanadi. Emissiya koeffitsiyentlari va tizim chegarasi ko‘rsatilmagan holatda umumiy uglerod izi kamayganini da’vo qilish mumkin emas. Tanlangan ko‘rsatkichlar muayyan sxemaga tegishli tekshiriladigan hisob bilan qo‘llab-quvvatlanadi.

Sezgirlik tahlili vodorod narxi, energiya narxi, xomashyo oltingugurti va fraksiyalar ulushi o‘zgarganda variantlar reytingini tekshiradi. Birgina qulay ssenariyga tayangan tanlov yetarli emas. Pareto tahlili orqali sifatga muvofiq variantlar orasida xarajat, oktan saqlanishi va energiya sarfi bo‘yicha muvozanatli yechim aniqlanadi. Pilot ma’lumotlar bo‘lmaganda bu yechim tavsiya darajasida qoladi va ishlab chiqarishga tayyor loyiha deb baholanmaydi.

XULOSA.

Fraksiyalash va bosqichli tozalashning foydasi oltingugurt hamda olefinlarning real oqimlar bo‘yicha taqsimlanishiga bog‘liq. Yengil oqimni chetlab o‘tkazish qarori yakuniy aralashma balansi asosida qabul qilinadi. Ajratish chegarasini tanlashda oltingugurtning og‘ir oqimga o‘tishi bilan birga chuqur tozalashga yuboriladigan massa ham baholanadi. Shartli hisob yengil oqim sifati og‘ir oqim uchun zarur tozalash chuqurligini belgilashini ko‘rsatdi.

Tavsiya etilgan baholash dasturi fraksiyalarni pasportlash, teng yakuniy sifatda sxemalarni solishtirish va aralashmani bevosita sinashdan iborat. Keyingi tadqiqotda pilot ishlov, barqarorlik nazorati va iqtisodiy sezgirlik tahlili bajarilishi kerak. Tajriba natijalari mavjud bo‘lmagani uchun mazkur ish aniq resurs tejamkorligi yoki ekologik muvofiqlik erishilganini tasdiqlamaydi; u tekshiriladigan texnologik konsepsiyani taqdim etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Pelardy F., Philippe M., Richard F., Daudin A., Devers E., Hudebine D., Brunet S. Deep hydrodesulfurization of FCC gasoline and gas oil cuts: Comparison of CO effect, a by-product from biomass. Comptes Rendus Chimie. 2016. Vol. 19. P. 1266–1275. DOI: 10.1016/j.crci.2015.12.006.

2. Axens. FCC Gasoline Selective Desulfurization Catalysts. Rasmiy texnik ma'lumot. https://www.axens.net/solutions/catalysts-adsorbents-grading-supply/fcc-gasoline-selective-desulfurization-catalysts (murojaat sanasi 14.10.2026).
3. Axens. Is there a route for post-treating gasoline with minimal octane loss? Rasmiy texnologik izoh. https://www.axens.net/resources-events/faq/faq-there-route-post-treating-gasoline-minimal-octane-loss (14.10.2026).
4. ASTM International. Petroleum Standards. ASTM D5453, D5623 va D6730 sinov usullarining rasmiy katalogi. https://store.astm.org/products-services/standards-and-publications/standards/petroleum-standards.html (14.10.2026).
5. ASTM International. ASTM D2699-25. Standard Test Method for Research Octane Number of Spark-Ignition Engine Fuel. https://store.astm.org/d2699-25.html (14.10.2026).
6. U.S. Environmental Protection Agency. Sulfur Averaging, Banking, and Trading Credit Data. https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard/sulfur-averaging-banking-and-trading-abt-credit-data (14.10.2026).

ISSN 3030-3907