



JOURNAL OF FUTURE

MILLIY SOHALARARO ILMIY-INNOVATSION JURNAL



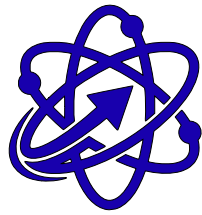
VOL. 2 | ISSUE 2 | 2026
ISSN 3093-8899



TECHNOLOGY & INNOVATION
SUSTAINABLE DEVELOPMENT
GREEN CHEMISTRY
BIOTECHNOLOGY

TEXNOLOGIYA & INNOVATSIYA
BARQAROR RIVOJLANISH
YASHIL KIMYO
BIOTEXNOLOGIYA





JOURNAL OF FUTURE

Journal of Future – ilmiy, elektron, fanlararo innovatsion jurnali O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro‘yxatida e’tirof etilgan 14-ResearchBib va 40-ResearchGate bazalarida indekslangan.

[Jurnal bir yilda o‘n ikki marta chop etiladi](#)

O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Davlat xizmatini rivojlantirish agentligida 2025-yil 25-martda 682701 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Maqolalarning ilmiy saviyasi va keltirilgan ma’lumotlar uchun mualliflar javobgar hisoblanadi.

To‘plam elektron shaklda (PDF formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritilgan maqolalarning mazmuni, undagi statistik ma’lumotlar hamda me’yoriy hujjatlarning aniqligi, shuningdek bildirilgan fikr-mulohazalarning haqqoniyligi uchun mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadi. Belgilangan talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga qabul qilinmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tahrir qilish hamda ularni tegishli bo‘limlarga taqsimlash huquqiga ega.

Muassis: [“Uranium Publishing” MChJ](#)

Elektron manzil: future.journal.official@gmail.com

© Journal of Future

© Authors



TAHRIRIYAT

Bosh muharrir:

Egamberdiyev Elmurod Abduqodirovich, Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti professori, texnika fanlari doktori

Tahririyat kengashi raisi:

Maxsumov Abduxamid Gafurovich, Toshkent kimyo-texnologiya instituti professori, kimyo fanlari doktori

Tahririyat kengashi a'zolari:

José R. Simões Moreira, Braziliyaning San-Paulu universiteti qoshidagi Politécnica universitetining professori

Parmanov Askar Basimovich, O'zbekiston Milliy universiteti, kimyo fanlari doktori, dotsent

Abdullayev Toxir Xasanbayevich, Tojikiston Milliy Fanlar akademiyasining V.I. Nikitin nomidagi Kimyo instituti, kimyo fanlari doktori, dotsent

Seydedeh Samira Mohammadi Nezamobadi, Eron davlatining Azad universiteti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Vorobyev Stepan Vladimirovich Rossiya Federatsiyasining Gubkin nomidagi Rossiya davlat neft va gaz universiteti (Milliy tadqiqot universiteti) kimyo fanlari nomzodi, dotsent

Abdirahimov Mirzohid Ibrohimjon o'g'li, Polsha Fanlar akademiyasi Kimyo muhandisligi instituti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Mengliyev Sherzod Shoimovich, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Ziyadullayev Anvar Egamberdiyevich, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, kimyo fanlari doktori, dotsent

Jumayev Shahobiddin Shamsidinovich, Tojikiston Konchilik va metallurgiya instituti, kimyo fanlari nomzodi, dotsent

Ismailov Boburbek Maxmudjanovich, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Ergashev Yorqinjon To'liq o'g'li, Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Mashayev Eldor Ergashvoy o'g'li, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori

Raximov Xusniddin Nurboboyevich, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Abdukarimova Saida Abdujalilovna, Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Xakimov Farrux Shokirjonovich, Farg'ona politexnika instituti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Obidov Shoyunus Botir o'g'li, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Mardonov Asror Hasanovich, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining akademik S.Yu.Yunusov nomidagi O'simlik moddalari kimyosi instituti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori

Meyliyeva Laziza Qahramonovna, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori



MUNDARIJA

DIFFERENCE BETWEEN ZEOLITE AND HYDROGEN-PERMUTITE WITH MAIN INDICATORS

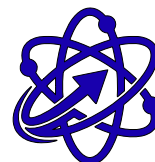
Berdiev Sh.I., Aripov M.M., Kayumov J.S., Erkabaev F.I..... 1

CHARACTERIZATION OF HYDROCARBON LIQUID BY-PRODUCT FROM POLYETHYLENE WAX PRODUCTION: GC-MS COMPOSITION AND FUEL PROPERTY EVALUATION

Mashaev E.E., Xudoyberdiev A.I., Talipova I.E., Lukasheva D.E., Mezentseva Y.Y., Urakov X.B., Pardaeva M.S..... 13

KREKING DISTILLYATLARINI GIDRIRLASH JARAYONIDA Co-Mo/Al₂O₃ VA Ni-Mo/Al₂O₃ KATALIZATORLARINING GIDRODESULFIRLASH SAMARADORLIGI VA SUYUQ FRAKSIYA UNUMIGA TA'SIRI

G'ulomov Sh.T., Yusupova G.X., Shonazarova Sh.I., Djulanova D.A., Sultonqulova R.S..... 27



KREKING DISTILLYATLARINI GIDRIRLASH JARAYONIDA Co–Mo/ Al₂O₃ va Ni–Mo/Al₂O₃ KATALIZATORLARINING GIDRODESULFIRLASH SAMARADORLIGI VA SUYUQ FRAKSIYA UNUMIGA TA’SIRI

**Shuxratqodir Toshmatovich
G’ulomov**

*PhD, dotsent, Toshkent kimyo-
texnologiya instituti, katta ilmiy xodim*
ORCID: 0000-0002-5793-3018
shuhratrigh@gmail.com

Sanalar

Qabul qilindi: 28.04.2026

Nashrga qabul qilindi: 02.05.2026

Nashr qilindi: 04.05.2026

Go’zal Xusan qizi Yusupova

PhD, dotsent, Olmaliq davlat texnika instituti,
ORCID: 0000-0003-2810-4592
gozalyusupova056@gmail.com

Shaxnoza Isakulovna Shonazarova

Olmaliq davlat texnika instituti, katta o’qituvchi

Diyora Akimboy qizi Djulanova

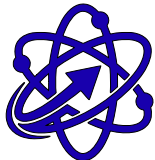
Olmaliq davlat texnika instituti, magistr talabasi

Ra’no Sirojiddin qizi Sultonqulova

Olmaliq davlat texnika instituti, bakalavr talabasi

Annotatsiya. Maqolada kreking distillyatlarini gidrirlash jarayonida Co-Mo/Al₂O₃ va Ni-Mo/Al₂O₃ tipidagi sanoat gidrotozalash katalizatorlarining gidrodesulfirlash samaradorligi, mahsulotning suyuq fraksiyasi unumi va optimal harorat oralig’iga ta’siri tahlil qilindi. Kreking distillyatlari, xususan suyuq katalitik kreking jarayonidan olingan yengil sikl moyi, yuqori aromatiklik hamda oltingugurtli va azotli geterosiklik birikmalar miqdori bilan tavsiflanadi. Bunday xomashyolarni chuqur gidrotozalashda katalizatorning faol sulfid fazasi, vodorod bosimi, harorat, xomashyoning hajmiy tezligi va H₂/xomashyo nisbati hal qiluvchi omillar hisoblanadi.

Tahlil natijalariga ko’ra, harorat 280 °C dan 400 °C gacha oshirilganda gidrodesulfirlash darajasi 45,2 % dan 99,5 % gacha ortadi. Shu bilan birga, mahsulotning suyuq fraksiyasi unumi 98,5 % dan 91,2 % gacha kamayadi. Jarayonni faqat gidrodesulfirlash darajasi bilan baholash yetarli emasligi sababli $K_{\text{eff}} = \eta_{\text{S}} \times Y_{\text{liq}}/100$ ko’rinishidagi texnologik samaradorlik koeffitsiyenti taklif qilindi.



Hisob-kitoblarga ko'ra, 360-370 °C oralig'i yuqori gidrodeshulfirlash darajasi, suyuq fraksiya unumining saqlanishi va gidrokreking reaksiyalarini cheklash nuqtayi nazaridan maqbul sanoat harorat sohasi sifatida asoslandi.

Kalit so'zlar: *kreking distillyat, gidrirlash, gidrotozalash, gidrodeshulfirlash, Co-Mo/Al₂O₃, Ni-Mo/Al₂O₃, CoMoS, NiMoS, suyuq fraksiya unumi, gidrokreking, texnologik samaradorlik koeffitsiyenti.*

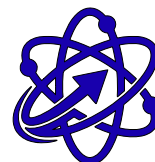
Аннотация. В статье проанализировано влияние промышленных гидроочистных катализаторов типа Co–Mo/Al₂O₃ и Ni–Mo/Al₂O₃ на эффективность гидродесульфуризации, выход жидкой фракции и оптимальный температурный диапазон в процессе гидрирования крекинг-дистиллятов. Крекинг-дистилляты, в частности лёгкий циклойл, получаемый в процессе каталитического крекинга, характеризуются высокой ароматичностью, а также повышенным содержанием серо- и азотсодержащих гетероциклических соединений. При глубокой гидроочистке такого сырья решающую роль играют активная сульфидная фаза катализатора, давление водорода, температура, объемная скорость подачи сырья и соотношение H₂/сырьё.

По результатам анализа установлено, что при повышении температуры от 280 °C до 400 °C степень гидродесульфуризации возрастает с 45,2 % до 99,5 %. Одновременно выход жидкой фракции снижается с 98,5 % до 91,2 %. Поскольку оценка процесса только по степени гидродесульфуризации является недостаточной, предложен коэффициент технологической эффективности в виде $K_{\text{eff}} = \eta_S \times Y_{\text{liq}} / 100$. Расчёты показали, что температурный диапазон 360–370 °C является оптимальным с точки зрения достижения высокой степени гидродесульфуризации, сохранения выхода жидкой фракции и ограничения реакций гидрокрекинга.

Ключевые слова: *крекинг-дистиллят, гидрирование, гидроочистка, гидродесульфуризация, Co–Mo/Al₂O₃, Ni–Mo/Al₂O₃, CoMoS, NiMoS, выход жидкой фракции, гидрокрекинг, коэффициент технологической эффективности.*

Abstract. The article analyzes the effect of industrial hydrotreating catalysts of Co–Mo/Al₂O₃ and Ni–Mo/Al₂O₃ types on hydrodesulfurization efficiency, liquid fraction yield, and the optimal temperature range during the hydrotreating of cracking distillates. Cracking distillates, particularly light cycle oil obtained from the fluid catalytic cracking process, are characterized by high aromaticity and elevated contents of sulfur- and nitrogen-containing heterocyclic compounds. In deep hydrotreating of such feedstocks, the catalyst active sulfide phase, hydrogen pressure, temperature, liquid hourly space velocity, and H₂/feed ratio play a decisive role.

The analysis shows that increasing the temperature from 280 °C to 400 °C raises the hydrodesulfurization level from 45.2 % to 99.5 %, while the liquid fraction yield decreases from 98.5 % to 91.2 %. Since evaluating the process solely based on hydrodesulfurization is insufficient, a technological efficiency coefficient expressed as $K_{\text{eff}} = \eta_S \times Y_{\text{liq}} / 100$ is proposed. The calculations indicate that the temperature range of 360–370 °C is optimal in terms of achieving high hydrodesulfurization,



maintaining liquid fraction yield, and limiting hydrocracking reactions.

Keywords: *cracking distillate, hydrotreating, hydrodesulfurization, Co–Mo/Al₂O₃, Ni–Mo/Al₂O₃, CoMoS, NiMoS, liquid fraction yield, gidrogenlashrocracking, technological efficiency coefficient.*

Kirish

Zamonaviy neftni qayta ishlash sanoatida ekologik toza motor yoqilg'ilari ishlab chiqarish talabi gidrogenizatsion jarayonlarning ilmiy va amaliy ahamiyatini keskin oshirmoqda. Dizel, gazoyl va kreking distillyatlari tarkibidagi oltingugurtli, azotli hamda to'yinmagan uglevodorodlarning kamaytirilishi yoqilg'i sifati, dvigatel ishlashi, chiqindi gazlarni neytrallash tizimlari barqarorligi hamda atmosfera chiqindilarini pasaytirish bilan bevosita bog'liq [1–3]. Ultra chuqur gidrodesulfirlash bo'yicha zamonaviy tadqiqotlar dizel yoqilg'ilarini ekologik standartlarga moslashtirishda murakkab aromatik oltingugurtli birikmalar, xususan dibenzotiofen va uning alkil hosilalarining reaktivligini chuqur hisobga olish zarurligini ko'rsatadi [3,11].

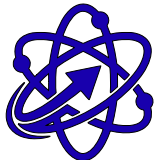
Kreking distillyatlari, xususan suyuq katalitik kreking jarayonidan olingan yengil sikl moyi (FCC-LCO), to'g'ri haydalgan o'rta distillyatlarga nisbatan murakkabroq tarkibga ega. Kim va Lee tomonidan FCC-LCO ni gidrotozalashga bag'ishlangan tadqiqotda ushbu xomashyo tarkibidagi oltingugurtli va azotli birikmalar reaktivligi kobalt–molibden sulfidi (CoMoS) hamda nikel–molibden sulfidi (NiMoS) katalizatorlari ishtirokida alohida guruhlariga ajratilib o'rganilgan [1]. Mualliflar NiMoS katalizatori gidrogenlash yo'nalishini kuchaytirgani sababli murakkab birikmalar konversiyasida yuqori samaradorlik ko'rsatishini aniqlagan.

LCO tipidagi xomashyolar yuqori aromatiklikka ega bo'lgani sababli ularni gidrirlash jarayonida vodorod sarfi va issiqlik effekti ortadi. Azizi va boshqalar tomonidan o'rganilgan tizimlarda yuqori aromatiklik va oltingugurt miqdori gidrodesulfirlash va gidrogenlash jarayonlarining o'zaro bog'liqligini kuchaytirishi ko'rsatilgan [5]. Shu sababli gidrotozalash jarayonini faqat oltingugurtli kamaytirish emas, balki xomashyo tarkibi, vodorod balansi va mahsulot sifatini kompleks boshqarish tizimi sifatida qarash zarur.

Co–Mo/Al₂O₃ va Ni–Mo/Al₂O₃ katalizatorlari sanoat gidrotozalashining asosiy katalitik sistemalari hisoblanadi. Ularning faol holati sulfidlangan CoMoS va NiMoS fazalari bilan bog'liq bo'lib, MoS₂ qatlamlarining chekka markazlari va promotor atomlari reaksiya yo'nalishini belgilaydi [4,6]. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, Ni promotori MoS₂ chekkalarida faol markazlar hosil bo'lishini kuchaytiradi va bu murakkab aromatik oltingugurtli birikmalarni gidrogenlash orqali konversiyalashda muhim rol o'ynaydi [4,11,12].

Gidrodesulfirlash jarayonida ikki asosiy reaksiya yo'nalish ajratiladi: to'g'ridan-to'g'ri desulfirlash (DDS) va gidrogenlash orqali desulfirlash (HYD). DDS yo'nalishida C–S bog'i bevosita uzilsa, HYD yo'nalishida avval aromatik halqa gidrogenlanadi, so'ngra oltingugurt H₂S shaklida ajraladi [1,3]. Co–Mo katalizatorlari DDS yo'nalishida samarali bo'lsa, Ni–Mo katalizatorlari HYD yo'nalishini kuchaytiradi. Bu farq ayniqsa 4,6-dimetildibenzotiofen kabi sterik to'silgan birikmalar uchun muhimdir [3,7].

So'nggi yillarda gidrotozalash katalizatorlarini takomillashtirish faqat faol metall miqdorini oshirish bilan cheklanmayapti. Tashuvchining pora tuzilishi, metall–tashuvchi o'zaro ta'siri, promotorlarning taqsimlanishi va yangi konstruktiv shakllar yaratish muhim yo'nalishlarga aylangan [6–9]. Xususan, Ni–Mo/Al₂O₃ asosidagi monolit va kompozit katalizatorlar yuqori barqarorlik va selektivlik ko'rsatgani qayd etilgan [9,13].



Gidrotozalash jarayonining sanoat samaradorligi harorat bilan chambarchas bog'liq. Haroratning oshishi reaksiyalar kinetikasini tezlashtiradi, biroq haddan tashqari yuqori harorat gidrokreking, gaz hosil bo'lishi va vodorod sarfining ortishiga olib keladi [2,3]. Aleksandrov va boshqalar tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlar turli oltingugurtli komponentlar reaktivligini hisobga olish zarurligini ko'rsatadi [2]. Shu bilan birga, zamonaviy tadqiqotlar gidrotozalash jarayonini optimallashtirishda ko'p parametrlilik yondashuv zarurligini tasdiqlaydi [11,14].

Mahalliy xomashyo asosida katalizatorlar olish ham dolzarb yo'nalish hisoblanadi. Yunusov va hammualliflar tomonidan ishlab chiqilgan texnologiyalar mineral xomashyolar asosida samarali katalizatorlar olish va energiya tejankor jarayonlar yaratish imkoniyatini ko'rsatadi [8,13,15]. Bu yondashuv resurs tejash va import o'rnini bosish nuqtayi nazaridan muhim ahamiyatga ega.

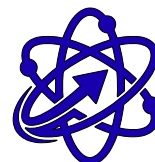
Shu bilan birga, gidrotozalash samaradorligini faqat desulfirlash darajasi bilan baholash yetarli emas. Mahsulot unumi, vodorod sarfi, katalizatorning xizmat muddati va issiqlik rejimi kabi omillar ham kompleks hisobga olinishi lozim [2,4,10]. Shu sababli ushbu ishda jarayon samaradorligi desulfirlash darajasi va suyuq fraksiya unumi bilan birgalikda tahlil qilindi.

Ushbu ishning maqsadi kreking distillyatlarini $\text{Co-Mo/Al}_2\text{O}_3$ va $\text{Ni-Mo/Al}_2\text{O}_3$ katalizatorlari ishtirokida gidrirlash jarayonida haroratning desulfirlash darajasi hamda mahsulotning suyuq fraksiyasi unumiga ta'sirini aniqlash, katalizatorlarning texnologik farqlarini asoslash va 360–370 °C oralig'ini sanoat uchun maqbul ishchi zona sifatida ilmiy jihatdan izohlashdan iborat.

Ushbu yondashuv kreking distillyatlarini gidrirlash jarayonida katalizator tanlovi, harorat rejimi va mahsulot unumini o'zaro bog'liq holda baholash imkonini beradi.

1-jadval. Kreking distillyati / FCC-LCO tipidagi xomashyoning adabiyotlarda keltirilgan muhim xossalari

Ko'rsatkich	Adabiyotlarda keltirilgan qiymat yoki tavsif	Texnologik ahamiyati	Manba
Xomashyo turi	Suyuq katalitik kreking jarayonidan olingan yengil sikl moyi (FCC-LCO) / kreking distillyati	Yuqori aromatiklik va geteroatomli birikmalar mavjudligi sababli gidrotozalash uchun murakkab xomashyo hisoblanadi	[1,5]
Aromatik birikmalar	50–80 massa %; ayrim FCC-LCO namunalarda 72,5 massa % va undan yuqor	Vodorod sarfini oshiradi, setan xossalarini pasaytiradi va gidrogenlash reaksiyalariga talabni kuchaytiradi	[1,5]
Oltingugurt miqdori	4700 mg/kg dan bir necha massa % gacha	Gidrodesulfirlash (HDS) jarayonining asosiy yuklamasini belgilaydi	[1,5]
Azotli birikmalar	Taxminan 600 mg/kg atrofida bo'lishi mumkin	Katalizatorning faol markazlarini inhibitsiyalashi va gidrotozalash samaradorligini pasaytirishi mumkin	[1]
Asosiy oltingugurtli birikmalar	Benzotiofen (BT), dibenzotiofen (DBT), alkil-dibenzotiofenlar va 4,6-dimetildibenzotiofen (4,6-DMDBT)	To'g'ridan-to'g'ri desulfirlash (DDS) va gidrogenlash (HYD) yo'nalishlari bo'yicha reaktivlik farqini belgilaydi	[1,3]
Qiyin konversiya-lanadigan guruh	Sterik to'silgan alkil-dibenzotiofenlar	Ni–Mo katalizatorlari va gidrogenlash (HYD) yo'nalishining ustunligini asoslaydi	[1,3,9]



Tadqiqot obyekti, manbalar va hisoblash usullari

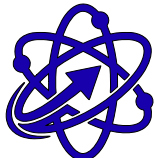
Tadqiqot obyekti sifatida kreking distillyatlarini gidrirlash jarayonida qo'llaniladigan Co–Mo/Al₂O₃ va Ni–Mo/Al₂O₃ tipidagi gidrotozalash katalizatorlari tanlandi. Maqolada ikki turdagi ma'lumotlar bloki birlashtirildi: birinchisi — dastlabki maqola variantida keltirilgan harorat, desulfirlash darajasi va mahsulotning suyuq fraksiyasi unumi bo'yicha qiymatlar; ikkinchisi — 2020–2026-yillarda chop etilgan zamonaviy ilmiy adabiyotlarda FCC-LCO, gazoyl hamda Ni–Mo/Co–Mo katalizatorlari bo'yicha berilgan ma'lumotlar. Dastlabki maqoladagi 280–400 °C harorat oralig'iga oid natijalar ushbu ishda qayta hisoblandi va texnologik samaradorlik koeffitsiyenti bilan boyitildi.

Oltinugurtdan tozalash darajasi quyidagi formula orqali baholandi: $\eta_S = ((S_0 - S_1)/S_0) \times 100$. Bu yerda η_S - oltinugurtdan tozalash darajasi, %; S_0 - xomashyodagi boshlang'ich oltinugurt miqdori, mg/kg yoki mass. %; S_1 - gidrotozalangan mahsulotdagi qoldiq oltinugurt miqdori. Mahsulotning suyuq fraksiya unumi $Y_{liq} = (m_{liq}/m_{feed}) \times 100$ formula orqali aniqlandi. Jarayonni kompleks baholash uchun $K_{eff} = \eta_S \times Y_{liq}/100$ koeffitsiyenti kiritildi. Ushbu koeffitsiyent yuqori desulfurizatsiya darajasi va suyuq mahsulot unumini bir vaqtning o'zida hisobga oladi.

1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, kreking distillyat oddiy dizel fraksiyasidan ancha murakkab xomashyo hisoblanadi. Yuqori aromatiklik vodorod sarfini oshiradi, azotli birikmalar esa katalizatorning kislota va metall-sulfid faol markazlarida raqobatli adsorbsiyalanib, HDS tezligini pasaytirishi mumkin. Shuning uchun bunday xomashyo uchun katalizator tanlashda Co-Mo va Ni-Mo sistemalarining mexanistik farqlarini hisobga olish zarur.

2-jadval. Co–Mo/Al₂O₃ va Ni–Mo/Al₂O₃ katalizatorlarining solishtirma tavsifi

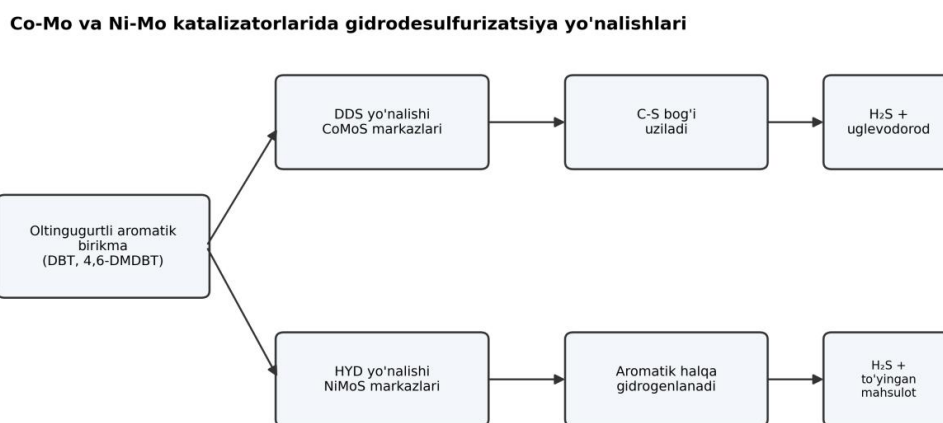
Mezon	Co–Mo/Al ₂ O ₃	Ni–Mo/Al ₂ O ₃	Izoh
Faol sulfid faza	CoMoS	NiMoS	MoS ₂ qatlamlarining chekka markazlari va promotor atomlari katalitik faollikda asosiy rol o'ynaydi.
Asosiy reaksiyon yo'nalish	To'g'ridan-to'g'ri desulfirlash (DDS): C–S bog'ining bevosita uzilishi	Gidrogenlash (HYD) + to'g'ridan-to'g'ri desulfirlash (DDS): avval aromatik halqa gidrogenlanadi, so'ng C–S bog'i uziladi	Murakkab va sterik to'silgan oltinugurtli birikmalarni qayta ishlashda muhim.
Aromatik birikmalarni gidrogenlash	O'rtacha	Yuqoriroq	Ni–Mo/Al ₂ O ₃ katalizatori LCO tipidagi aromatik xomashyo uchun afzalroq bo'lishi mumkin.
Vodorod sarfi	Nisbatan pastroq	Nisbatan yuqoriroq	Energiya sarfi va H ₂ balansi texnologik-iqtisodiy jihatdan baholanishi kerak.
4,6-DMDBT konversiyasi	Sterik to'siq sababli qiyinroq	Gidrogenlash yo'nalishi kuchliroq bo'lgani sababli qulayroq	Ultra chuqur gidrodesulfirlash talablarida muhim mezon hisoblanadi.
Amaliy qo'llanish sohasi	Oddiy oltinugurtli birikmalar ko'p bo'lgan xomashyolar uchun qulay	Aromatik, azotli va sterik to'silgan birikmalarga boy xomashyolar uchun qulay	Katalizator tanlovi xomashyo tarkibi va tozalash chuqurligi asosida belgilanadi.



Ayniqsa sterik to'silgan dibenzotiofen hosilalari mavjud bo'lganda gidrogenlash yo'nalishining kuchayishi gidrodesulfirlash samaradorligini oshiradi. Shu sababli Ni–Mo asosidagi katalizatorlar yuqori aromatik va murakkab oltingugurtli birikmalarga boy kreking distillyatlari uchun istiqbolli katalitik sistema sifatida baholanishi mumkin.

2-jadval katalizator tanlashning asosiy texnologik va mexanistik mantiqini ochib beradi. Co–Mo/Al₂O₃ katalizatori nisbatan oddiy oltingugurtli birikmalarni to'g'ridan-to'g'ri gidrodesulfirlash yo'nalishida samarali bo'lib, C–S bog'ining bevosita uzilishi orqali oltingugurtning H₂S shaklida ajralishini ta'minlaydi. Bunday katalitik sistema vodorod sarfi nisbatan past bo'lgan sharoitlarda ham yetarli samaradorlik ko'rsatishi mumkin.

Ni–Mo/Al₂O₃ katalizatori esa gidrogenlash yo'nalishini kuchaytiradi. Bu holat ayniqsa aromatik halqali, sterik to'silgan va azotli geterosiklik birikmalarga boy xomashyolarni qayta ishlashda muhim ahamiyatga ega. Ni–Mo katalizatori aromatik halqani qisman gidrogenlash orqali C–S bog'ining uzilishini osonlashtiradi va murakkab oltingugurtli birikmalarning chuqurroq konversiyasiga yordam beradi.



Izoh: DDS - to'g'ridan-to'g'ri desulfurizatsiya; HYD - gidrogenlash orqali desulfurizatsiya.

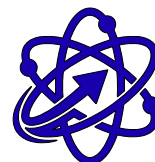
1-rasm. Co-Mo/Al₂O₃ va Ni-Mo/Al₂O₃ katalizatorlarida gidrodesulfirlashning DDS va GIDROGENLASH yo'nalishlari.

Shu sababli katalizator tanlashda faqat umumiy gidrodesulfirlash faolligini emas, balki xomashyo tarkibi, oltingugurtli birikmalarning molekulyar tuzilishi, aromatiklik darajasi, vodorod resursi va mahsulot sifatiga qo'yiladigan talablarni ham hisobga olish zarur. Ushbu mexanistik farq maqolaning keyingi qismidagi 1-rasmda sxematik tarzda ko'rsatilgan.

1-rasmda CoMoS faol markazlari orqali C-S bog'ining to'g'ridan-to'g'ri uzilishi va NiMoS faol markazlarida aromatik halqaning dastlab gidrogenlanishi, so'ng oltingugurtning H₂S shaklida ajralishi tasvirlangan. Ushbu sxema 2-jadvalda berilgan katalizatorlar farqini vizual tarzda tushuntiradi: Ni-Mo sistemasi chuqur gidrotozalashda ayniqsa murakkab aromatik oltingugurtli birikmalar uchun afzallik beradi.

Natijalar va muhokama

Haroratning desulfurizatsiya darajasi va suyuq fraksiya unumiga ta'siri. Harorat gidrodesulfirlash jarayonining eng muhim boshqariluvchi omillaridan biridir. Harorat oshishi bilan reaksiya tezligi ortadi, vodorodning katalizator yuzasida faollanishi kuchayadi va oltingugurtli birikmalardagi C-S bog'lari tezroq uziladi. Biroq yuqori haroratda gidrokreking reaksiyalari ham faollashadi; natijada yengil

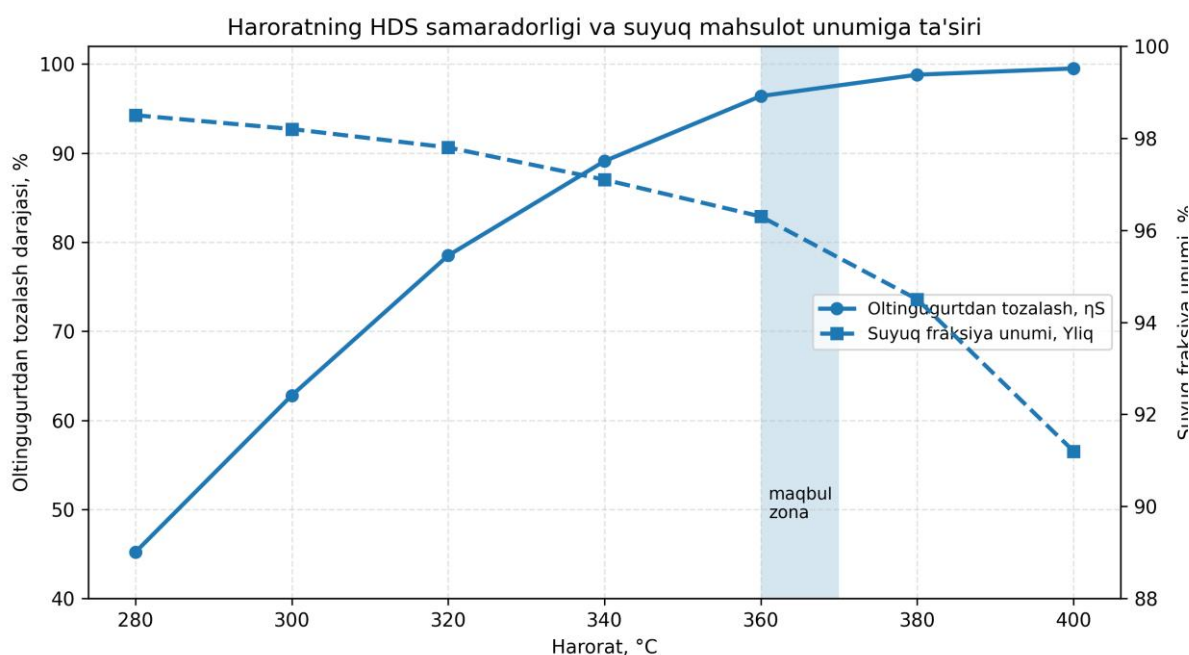


3-jadval. Haroratning desulfurizatsiya darajasi, suyuq fraksiya unumi va Keff qiymatiga ta'siri

Harorat, °C	η_S , %	Y_{liq} , %	K_{eff}	Texnologik baho
280	45.2	98.5	44.5	HDS past, suyuq unum yuqori
300	62.8	98.2	61.7	HDS kuchayadi, unum saqlanadi
320	78.5	97.8	76.8	O'rtacha samarali zona
340	89.1	97.1	86.5	Maqbul HDS boshlanishi
360	96.4	96.3	92.8	Eng maqbul sanoat zona
380	98.8	94.5	93.4	HDS yuqori, gidrokreking xavfi ortadi
400	99.5	91.2	90.7	HDS maksimal, suyuq unum sezilarli kamayadi

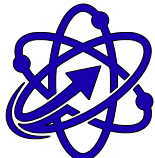
gazsimon mahsulotlar ulushi ortib, suyuq fraksiya unumi kamayadi. Shu sababli jarayonni faqat η_S bilan emas, balki Yliq va Keff ko'rsatkichlari bilan birgalikda baholash zarur.

3-jadval ma'lumotlari shuni ko'rsatadiki, 280-340 °C oraliqida oltingugurtdan tozalash darajasi 45,2 % dan 89,1 % gacha keskin ortadi. Bu bosqichda C-S bog'larining uzilishi va H₂S hosil bo'lishi jadallashadi, biroq suyuq fraksiya unumi hali yuqori darajada saqlanadi. 360 °C da $\eta_S = 96,4$ %, $Y_{liq} = 96,3$ % va $K_{eff} = 92,8$ bo'lib, gidrodesulfirlash va mahsulot unumi o'rtasida eng muvozanatli sanoat rejimi shakllanadi. 380 °C da K_{eff} 93,4 ga yetsada, gidrokreking xavfi ortadi. 400 °C da η_S 99,5 % bo'lishiga qaramay, suyuq fraksiya unumi 91,2 % gacha kamaygani sababli jarayon iqtisodiy jihatdan kamroq qulaylashadi.



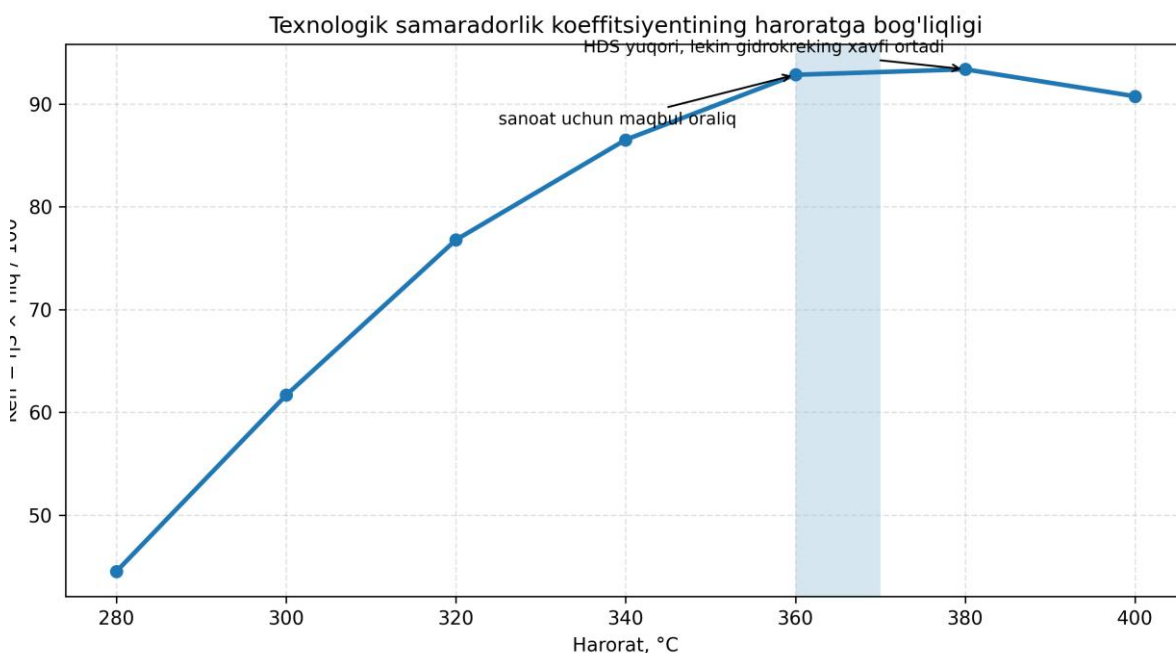
2-rasm. Haroratning oltingugurtdan tozalash darajasi va suyuq fraksiya unumiga kompleks ta'siri.

2-rasm 3-jadvaldagi sonlarni grafik ko'rinishda bog'laydi. Grafikda η_S chizig'i harorat oshishi bilan yuqoriga intiladi, Yliq chizig'i esa sekin pasayadi. 360-370 °C oraliq'i alohida belgilangan, chunki aynan shu diapazonda desulfurizatsiya yuqori darajaga yetadi, lekin suyuq mahsulot yo'qotilishi keskinlashib ketmaydi. 380-400 °C da esa gidrodesulfirlash (HDS) egri chizig'i deyarli to'yingan holatga yaqinlashadi, suyuq fraksiya unumi esa sezilarli kamayadi. Bu holat sanoatda haroratni haddan tashqari oshirish har doim ham foydali emasligini ko'rsatadi.



Texnologik samaradorlik koeffitsiyenti bo'yicha optimal haroratni baholash.

Gidrotozalash qurilmasida texnologik optimal nuqta maksimal gidrodesulfirlash nuqtasi bilan doim mos kelmaydi. Agar maqsad faqat oltingugurtni maksimal kamaytirish bo'lsa, yuqori harorat tanlanishi mumkin. Lekin real sanoat sharoitida suyuq mahsulot chiqimi, vodorod sarfi, reaktor issiqlik yuklamasi, katalizatorning kokslanishi va gidrokreking reaksiyalarining kuchayishi ham hisobga olinadi. Shu sababli ushbu maqolada Keff koeffitsiyenti jarayonning integrallashgan baholash mezoni sifatida qo'llandi. Gidrotozalash qurilmasida texnologik optimal nuqta maksimal gidrodesulfirlash nuqtasi bilan doim mos kelmaydi. Agar maqsad faqat oltingugurtni maksimal kamaytirish bo'lsa, yuqori harorat tanlanishi mumkin. Lekin real sanoat sharoitida suyuq mahsulot chiqimi, vodorod sarfi, reaktor issiqlik yuklamasi, katalizatorning kokslanishi va gidrokreking reaksiyalarining kuchayishi ham hisobga olinadi. Shu sababli ushbu maqolada Keff koeffitsiyenti jarayonning integrallashgan baholash mezoni sifatida qo'llandi.

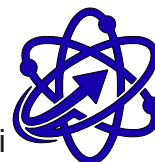


3-rasm. Haroratga bog'liq texnologik samaradorlik koeffitsiyenti - K_{eff} o'zgarishi.

3-rasmda K_{eff} ning harorat bo'yicha o'zgarishi keltirilgan. 280 °C da K_{eff} 44,5 bo'lib, bu gidrodesulfirlash darajasining pastligi bilan izohlanadi. Harorat 360 °C ga yetganda K_{eff} 92,8 gacha ortadi. 380 °C da K_{eff} 93,4 qiymatiga chiqadi, lekin bu nuqtada gidrokreking xavfi va suyuq fraksiya yo'qotilishi ortadi. 400 °C da esa K_{eff} 90,7 gacha pasayadi. Demak, faqat son jihatdan eng katta K_{eff} emas, balki jarayon barqarorligi ham hisobga olinsa, 360-370 °C oralig'i eng asoslangan ishchi zona hisoblanadi.

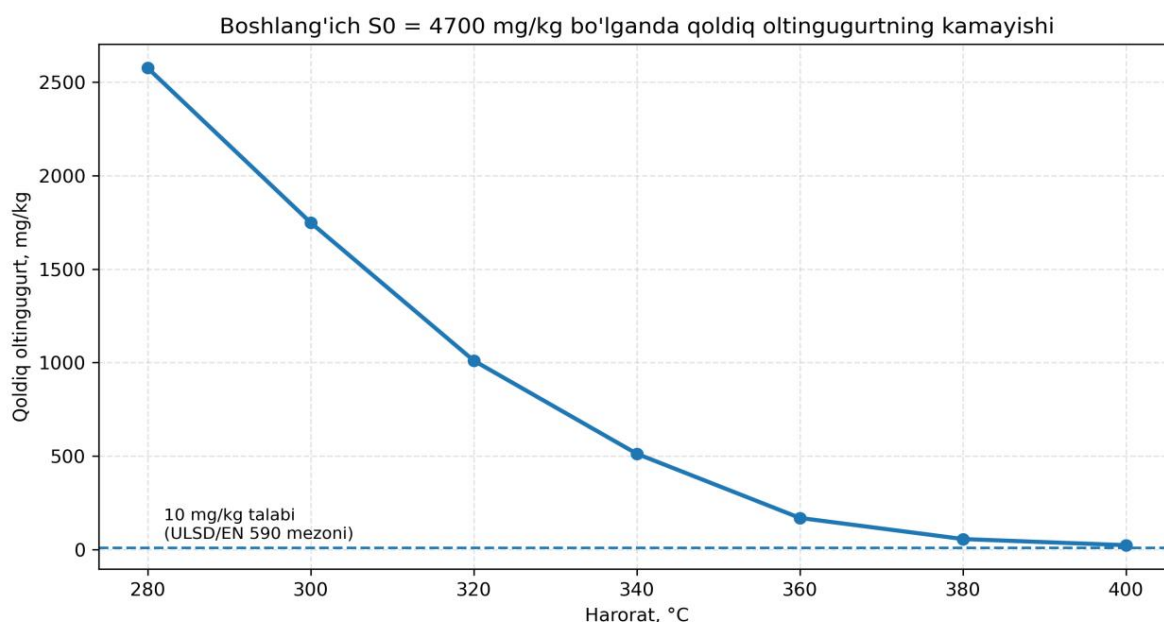
4-jadval. S₀ = 4700 mg/kg bo'lganda mahsulotdagi qoldiq oltingugurtning hisobiy kamayishi

Harorat, °C	η _S , %	Qoldiq S ₁ , mg/kg	Texnologik baho
280	45.2	2575.6	Juda yuqori qoldiq S
300	62.8	1748.4	Qoldiq S yuqori
320	78.5	1010.5	Qoldiq S hali yuqori
340	89.1	512.3	Sezilarli kamayish
360	96.4	169.2	Chuqur HDS zonasi
380	98.8	56.4	Juda chuqur HDS, lekin 10 mg/kgdan yuqori
400	99.5	23.5	Qoldiq S past, lekin Y _{liq} pasayadi



Qoldiq oltingugurt miqdorini hisobiy baholash. Kreking distillatlari tarkibidagi boshlang'ich oltingugurt miqdori xomashyo manbasiga bog'liq. LCO bo'yicha adabiyotlarda 4700 ppm S va 72,5 mass. % aromatik birikmalar keltirilgan [5]. Shu qiymat shartli asos sifatida qabul qilinib, turli haroratlarda qoldiq oltingugurt miqdori hisoblandi. Ushbu hisob real xomashyo pasportini almashtirmaydi, lekin gidrodesulfirlash darajasining amaliy mazmunini ochib beradi.

4-jadvaldan ko'rinadiki, boshlang'ich oltingugurt miqdori yuqori bo'lgan xomashyoda 96-99 % gidrodesulfirlash ham har doim ultra past oltingugurtli mahsulot olish uchun yetarli bo'lmasligi mumkin. Masalan, $S_0 = 4700$ mg/kg bo'lganda 360 °C da qoldiq S 169,2 mg/kg, 380 °C da esa 56,4 mg/kg, 400 °C da esa 23,5 mg/kg bo'ladi. Bu ko'rsatkichlar chuqur HDS uchun nafaqat harorat, balki bosim, suyuq fazaning soatlik hajmiy tezligi, H_2 /xomashyo nisbati, katalizatorning sulfidlanish darajasi va reaktor konfiguratsiyasi ham kuchaytirilishi kerakligini ko'rsatadi.

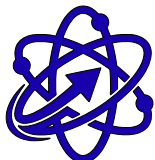


4-rasm. Boshlang'ich $S_0 = 4700$ mg/kg bo'lganda qoldiq oltingugurt miqdorining haroratga bog'liq kamayishi.

4-rasmda 4-jadvalda keltirilgan hisobiy qiymatlarning grafik ifodasi berilgan. Bundan ko'rinib turibdiki, 280-340 °C oralig'ida qoldiq oltingugurt miqdori keskin kamayadi, 360-400 °C da esa kamayish davom etadi, biroq bu bosqichda suyuq mahsulot unumi pasayishi hisobiga iqtisodiy muvozanat murakkablashadi. Shunday qilib, yuqori gidrodesulfirlash darajasini mahsulot unumi va energetik xarajatlar bilan bog'lab tahlil qilish zarur.

Co-Mo/ Al_2O_3 va Ni-Mo/ Al_2O_3 katalizatorlarini tanlash mezonlari. Katalizator tanlash xomashyo tarkibidagi oltingugurtli va azotli birikmalarning molekulyar tuzilishiga bog'liq. Agar xomashyoda nisbatan oddiy benzotiofen va dibenzotiofen hosilalari ustun bo'lsa, Co-Mo/Al O katalizatori iqtisodiy va texnologik jihatdan yetarli bo'lishi mumkin. Agar xomashyo tarkibida 4,6- dimetildibenzotiofen, alkildibenzotiofenlar, karbazol hosilalari va poliaromatik birikmalar yuqori bo'lsa, Ni-Mo/ Al_2O_3 katalizatori gidrogenlash yo'nalishi kuchliroq bo'lgani sababli afzal bo'ladi [1,3,4].

5-jadval katalizatorni xomashyo tarkibi va ishlab chiqarish maqsadiga qarab tanlash zarurligini ko'rsatadi. Og'ir aromatik xomashyoda Ni-Mo katalizatori chuqurroq tozalash imkonini bersa-da, vodorod sarfi va gidrogenlash darajasi ortishi mumkin. Co-Mo katalizatori esa nisbatan yumshoqroq xomashyoda iqtisodiy jihatdan



5-jadval. Co-Mo/Al₂O₃ va Ni-Mo/Al₂O₃ katalizatorlarini sanoat sharoitida tanlash mezonlari

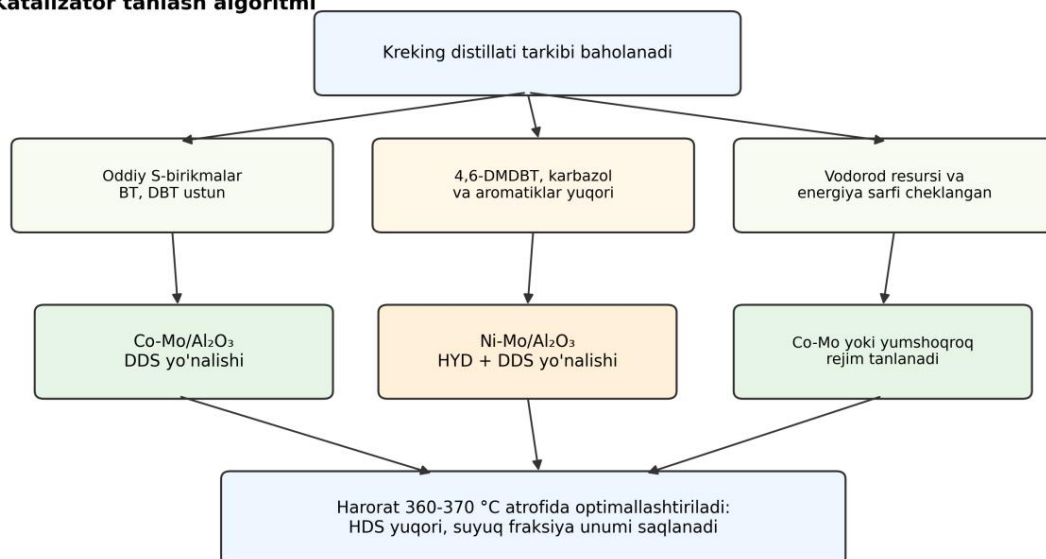
Tanlash mezonlari	Co-Mo/Al ₂ O ₃	Ni-Mo/Al ₂ O ₃	Amaliy xulosa
Oddiy oltingugurtli birikmalar	Yuqori samarali	Yuqori samarali	Har ikkisi qo'llanishi mumkin
Sterik to'silgan dibenzotiofen hosilalari	Nisbatan pastroq	Yuqoriroq	Ni-Mo afzal
Azotli geterosikllar	Inhibitsiyaga sezgir	gidrodenitrogenlash yo'nalishida faolroq	Ni-Mo afzalroq
Aromatiklar miqdori yuqori bo'lsa	O'rtacha gidrogenlash	Kuchliroq gidrogenlash	Yengil kreking gazoyli uchun Ni-Mo maqsadga muvofiq
Vodorod sarfi cheklangan bo'lsa	Nisbatan qulay	Ko'proq H ₂ talab qilishi mumkin	Co-Mo iqtisodiyroq bo'lishi mumkin
Chuqur gidrodesulfirlash talabi	Yetarli, lekin cheklangan	Yuqoriroq imkoniyat	Ni-Mo chuqurroq tozalashga mos
Suyuq mahsulot unumini saqlash	Yaxshi	Sharoitga bog'liq	Harorat va suyuq fazaning soatlik hajmiy tezligi optimallashtiriladi

qulayroq bo'lishi mumkin. Shuning uchun katalizator tanlashda xomashyo pasporti, maqsadli oltingugurt normasi va vodorod resursi birgalikda baholanishi lozim.

5-rasm 5-jadvaldagi tanlash mezonlarini amaliy algoritm ko'rinishida umumlashtiradi. Agar xomashyoda oddiy oltingugurtli birikmalar ustun bo'lsa va vodorod resursi cheklangan bo'lsa, Co-Mo/Al₂O₃ tanlanadi. Agar xomashyo aromatikligi yuqori, azotli birikmalar ko'p va chuqur HDS talab qilinsa, Ni-Mo/Al₂O₃ maqsadga muvofiq bo'ladi. Har ikkala holatda ham 360-370 °C atrofidagi rejim desulfurizatsiya va suyuq fraksiya unumi o'rtasidagi muvozanat nuqtasi sifatida ko'rib chiqiladi.

6-jadvaldan ko'rinadiki, maqolada taklif etilgan 360-370 °C optimal oraliq faqat ichki hisob-kitob natijasi emas, balki zamonaviy adabiyotlarda keltirilgan sanoatga yaqin

Katalizator tanlash algoritmi



5-rasm. Kreking distillyat tarkibiga qarab Co-Mo/Al₂O₃ yoki Ni-Mo/Al₂O₃ katalizatorini tanlash algoritmi.



6-jadval. Olingan tahliliy natijalarni zamonaviy adabiyot ma'lumotlari bilan solishtirish

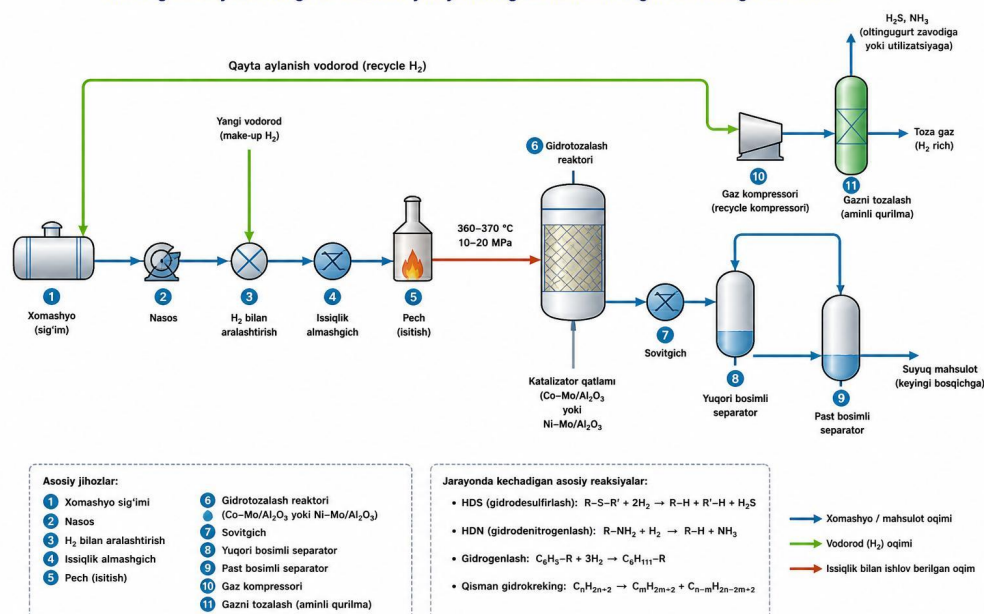
Manba	Xomashyo/ katalizator	Asosiy sharoit yoki natija	Ushbu maqola bilan bog'liqligi
Kim, Lee, 2023 [1]	FCC-LCO; CoMoS va NiMoS	613 K va 8,6 MPa H ₂ ; S va N birikmalari reaktivligi guruhlangan	Ni-Mo ning gidrogenlash yo'nalishidagi ustunligini asoslaydi
Aleksandrov va boshq., 2022 [2]	Yuqori S gazoyl; CoMo/Al ₂ O ₃	335-365 °C, 3,5-5,1 MPa, H ₂ /xomashyo = 300 Nm ³ /m ³	360-370 °C optimal oraliqni sanoat rejimlari bilan bog'laydi
Weng va boshq., 2020 [3]	Dizel gidrodesulfirlash sharhi	desulfurizatsiya va gidrogenlash mexanizmlari va katalizator dizayni	Mexanizm va katalizator tanlashni ilmiy asoslaydi
Aryee va boshq., 2022 [4]	NiMo/Al ₂ O ₃	MoS ₂ chekka markazlari va Ni promotori roli	NiMoS faol markazlarining mohiyatini tushuntiradi
Liu va boshq., 2020 [6]	NiMo/Al ₂ O ₃	Ni-Al ₂ O ₃ o'zaro ta'sirini boshqarish HDS faolligiga ta'sir qiladi	Tashuvchi-faol faza bog'lanishining ahamiyatini ko'rsatadi
Yunusov va boshq., 2024 [8]	Al saqlovchi chiqindilar asosidagi HDS katalizatori	Mahalliy/ikkilamchi xomashyo asosida katalizator olish	Resurs tejash va import o'rnini bosish yondashuvini kuchaytiradi

gidrotozalash rejimlari bilan ham mos keladi. Shuningdek, Co-Mo va Ni-Mo katalizatorlarining farqi adabiyotlarda berilgan DDS/gidrogenlash mexanizmlari bilan izohlanadi. Bu esa maqolaning xulosalarini kuchaytiradi va natijalarni umumiy ilmiy kontekstga bog'laydi.

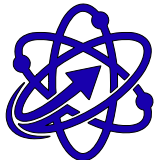
Jarayonning texnologik sxemasi va amaliy ahamiyati

Kreking distillyatlarini gidrotozalash (gidrodesulfirlash) jarayoni odatda xomashyoni vodorod bilan aralashtirish, issiqlik almashgich va pech orqali ishchi haroratgacha

Kreking distillyatlarini gidrotozalash jarayonining soddalashtirilgan texnologik sxemasi



6-rasm. Kreking distillyatlarini gidrotozalash jarayonining soddalashtirilgan texnologik sxemasi.



qizdirish, katalitik reaktorda qayta ishlash, reaktor chiqishidagi mahsulotni sovutish, gaz–suyuqlik ajratish hamda suyuq mahsulotni keyingi stabilizatsiya yoki fraksiyalash bosqichiga yuborishdan iborat. Reaktor chiqishidagi gaz fazasida H₂S, NH₃, ortiqcha vodorod va yengil uglevodorodlar mavjud bo‘ladi. Suyuq faza esa past oltingugurtli yoqilg‘i komponenti sifatida baholanadi.

6-rasmda keltirilgan sxema maqoladagi kinetik va texnologik muhokamalarni real sanoat qurilmasi ishlash mantiqi bilan bog‘laydi. Jarayon harorati issiqlik almashgich va pech orqali boshqariladi, reaktor ichida esa Co–Mo/Al₂O₃ yoki Ni–Mo/Al₂O₃ katalizatorlari ishtirokida gidrodesulfirlash (HDS), gidrodenitrogenlash (HDN), gidrogenlash hamda qisman gidrokreking reaksiyalari kechadi. Reaksiya mahsulotlari sovitgichdan o‘tkazilgach, yuqori va past bosimli separatorlarda gaz va suyuq fazalarga ajratiladi. Gaz fazasida H₂S, NH₃ hamda ortiqcha vodorod mavjud bo‘lib, u gazni tozalash va vodorodni qayta aylantirish tizimiga yuboriladi. Mahsulotning suyuq fraksiyasi esa keyingi texnologik bosqichga uzatiladi.

Shu sababli 360–370 °C harorat oralig‘ini tanlash faqat laboratoriya natijalari bilan emas, balki qurilmaning issiqlik rejimi, mahsulot unumi, vodorod balansi va gaz–suyuqlik muvozanati bilan ham bevosita bog‘liq.

Xulosa

Kreking distillyatlarini Co–Mo/Al₂O₃ va Ni–Mo/Al₂O₃ katalizatorlari ishtirokida gidrotozalash (gidrodesulfirlash) jarayoni oltingugurtli, azotli va to‘yinmagan birikmalarni kamaytirish hamda ekologik talablarga mos yoqilg‘i komponentlarini olishda muhim texnologik bosqich hisoblanadi. Harorat 280 °C dan 400 °C gacha oshirilganda desulfirlash darajasi 45,2 % dan 99,5 % gacha ortadi. Biroq ayni vaqtda mahsulotning suyuq fraksiyasi unumi 98,5 % dan 91,2 % gacha kamayadi, bu yuqori haroratlarda gidrokreking reaksiyalarining kuchayishi bilan izohlanadi.

Jarayonni kompleks baholash maqsadida $K_{\text{eff}} = \eta_S \times Y_{\text{liq}}/100$ ko‘rinishidagi texnologik samaradorlik koeffitsiyenti taklif etildi. Hisob-kitoblarga ko‘ra, K_{eff} 360–380 °C oralig‘ida yuqori qiymatlarga erishadi, biroq 380 °C dan yuqori haroratlarda suyuq mahsulot yo‘qotilishining ortishi sababli 360–370 °C oralig‘i sanoat sharoitlari uchun eng maqbul va muvozanatli ishchi rejim sifatida baholandi.

Co–Mo/Al₂O₃ katalizatori nisbatan oddiy oltingugurtli birikmalar uchun to‘g‘ridan-to‘g‘ri desulfirlash (DDS) yo‘nalishida samarali bo‘lsa, Ni–Mo/Al₂O₃ katalizatori gidrogenlash (HYD) yo‘nalishini kuchaytirib, aromatik va sterik to‘silgan oltingugurtli birikmalarni chuqurroq konversiyalash imkonini beradi. Shu sababli katalizator tanlash xomashyo tarkibi, vodorod resurslari va maqsadli mahsulot talablari asosida amalga oshirilishi lozim.

Boshlang‘ich oltingugurt miqdori $S_0 = 4700$ mg/kg bo‘lgan shartli xomashyo uchun hisob-kitoblar 400 °C da ham qoldiq oltingugurt miqdori taxminan 23,5 mg/kg atrofida qolishi mumkinligini ko‘rsatdi. Bu esa chuqur gidrotozalash jarayonida haroratdan tashqari bosim, suyuqlikning hajmiy tezligi (LHSV), H₂/xomashyo nisbati, katalizatorning sulfidlanish darajasi va reaktor konfiguratsiyasi kabi omillar ham muhim ahamiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi.

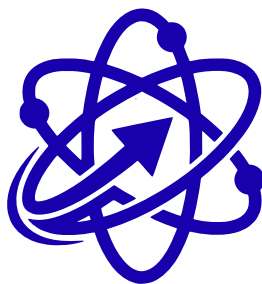
Keltirilgan natijalar gidrotozalash jarayonini faqat kimyoviy reaksiyalar majmuasi sifatida emas, balki desulfirlash darajasi, mahsulot unumi, katalizator tanlovi va sanoat ishchi rejimlari o‘rtasidagi muvozanat sifatida baholash zarurligini ko‘rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Kim J., Lee Y.-K. Reactivity of Sulfur and Nitrogen Compounds of FCC Light Cycle Oil in Hidrogenlashrotreating over CoMoS and NiMoS Catalysts // Catalysts. - 2023. - Vol. 13, No. 2. - Article 277. DOI: 10.3390/catal13020277.



2. Aleksandrov P.V., Reshetnikov S.I., Bukhtiyarova G.A., Noskov A.S. Deep gidrogenlashrodesulfurization of gas oils with high sulfur content: Experiment and kinetic modeling // *Chemical Engineering Journal*. - 2022. - Vol. 446. - Article 137059. DOI: 10.1016/j.cej.2022.137059.
3. Weng X., Cao L., Zhang G., Chen F., Zhao L., Zhang Y., Gao J., Xu C. Ultradeep Gidrogenlashrodesulfurization of Diesel: Mechanisms, Catalyst Design Strategies, and Challenges // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. - 2020. - Vol. 59, No. 49. - P. 21261-21274. DOI: 10.1021/acs.iecr.0c04049.
4. Aryee E., Han R., Qu L. et al. Effects of Metal Loadings in Catalyst Formulation on the Gidrogenlashrodesulfurization Performance of NiMo/Al₂O₃ Catalysts // *Frontiers in Chemical Engineering*. - 2022. - Vol. 3. - Article 764931. DOI: 10.3389/fceng.2021.764931.
5. Azizi N., Khodadadi A.A., Mortazavi Y. Gidrogenlashrotreating of light cycle oil over NiMo and CoMo catalysts with different supports // *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. - 2013. - Vol. 19. - P. 1825-1830. DOI: 10.1016/j.jiec.2013.02.019.
6. Liu Z., Gao X., Yao Y. et al. Effects of Ni-Al₂O₃ interaction on NiMo/Al₂O₃ gidrogenlashrodesulfurization catalysts // *Journal of Catalysis*. - 2020. - Vol. 387. - P. 62-72. DOI: 10.1016/j.jcat.2020.04.008.
7. Tuktin B., Saidilda G., Nurzhanova S., Ongarbayev Y. Gidrogenlashroprocessing of Gasoline on Modified Alumina Catalysts // *Catalysts*. - 2024. - Vol. 14, No. 7. - Article 404. DOI: 10.3390/catal14070404.
8. Yunusov M.P., Gulomov Sh., Nasullayev K.A., Turdiyeva D.P.K., Isayeva N.F., Abdurakhmanova I.S.K., Murzin D.Y. Gidrogenlashrodesulfurization Catalysts from Aluminium-Containing Waste // *Catalysis Letters*. - 2024. - Vol. 154. - P. 4409-4421. DOI: 10.1007/s10562-024-04685-z.
9. Zhu J. et al. 3D Printing Technique Fortifies the Ultradeep Gidrogenlashrodesulfurization Process of Diesel: A Journey of NiMo/Al₂O₃-MMT // *Inorganic Chemistry*. - 2023. - Vol. 62, No. 49. - P. 20050-20061. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.3c02839.
10. Sun H., Chen C., Zhang R., Li Y., Ge S., Cui P. Advances in Gasoline Gidrogenlashrodesulfurization Catalysts: The Role of Structure-Activity Relationships and Machine Learning Approaches // *ACS Omega*. - 2025. - Vol. 10, No. 29. - P. 31262-31273. DOI: 10.1021/acsomega.5c02980.
11. Stanislaus A., Marafi A., Rana M.S. Recent advances in the science and technology of ultra low sulfur diesel production // *Catalysis Today*. - 2010. - Vol. 153. - P. 1-68. DOI: 10.1016/j.cattod.2010.05.011.
12. Topsøe H., Clausen B.S., Massoth F.E. *Gidrogenlashrotreating Catalysis: Science and Technology*. - Berlin: Springer, 1996. - 310 p.
13. Guzal Yusupova, Shuxratqodir Gulomov, Dilorom Mirkhamitova, Sherzod Omonov, Jasurbek Ergashev, Bakhodir Abdullayev. Technology for obtaining effective catalysts for natural gas demercaptanization based on mineral raw materials to save energy // *AIP Conferense Proceedings*. - 2026. Vol. P. 020044-2 <https://doi.org/10.1063/5.0317838>
14. Sh T G'ulomov, GX Yusupova, M Sh Jumayev. The mechanism of the process of gidrogenlashrotuzation of diesel fuel // *Молодёжный вестник Новороссийского филиала Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова* 3 (3), 62-65, 2023
15. Sh. T. G'ulomov, G. X. Yusupova, M. Sh. Jumayev. Activation and Restoration of Gidrogenlashration Catalysts – Volume 2 Issue 4, Year 2023. ISSN: 2835-3048. 37 p.



JOURNAL OF FUTURE

Volume 2, Issue 2, 2026

Musahhih: Eldor Mashayev
Sahifalovchi va dizayner: O'tkirbek Azamatov

© Materiallardan foydalanish yoki ularni qayta chop etishda “Journal of Future” jurnali manba sifatida majburiy tarzda ko'rsatilishi lozim. Jurnalda e'lon qilingan maqolalar hamda reklama materiallarida keltirilgan dalil va ma'lumotlarning ishonchliligi uchun mualliflar shaxsan mas'uldirlar. Tahririyatning nuqtayi nazari har doim ham mualliflar fikri bilan mos kelmasligi mumkin. Tahririyatga taqdim etilgan materiallar qaytarilmaydi.

Muassis: “Uranium Publishing” MChJ
Tahririyat manzili: 100058, Tashkent shahri, Yunusobod tumani, Adolat MFY, 4-mavze, №28/1-uy

Tel: +998997299997
Web sayt: www.future-journal.uz
Elektron manzil: future.journal.official@gmail.com

© Journal of Future

© Authors

