**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI**
**HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI**
**DSc.03/2025.27.12.T.42.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**
**UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI**

**ABDURAXMONOV ABROR BARATOVICH**

# NEFT QOLDIQLARIDAN FOYDALANIB KAM OLTINGUGURTLI KOKS OLISH TEXNALOGIYASI

**02.00.08 - Neft va gaz kimyosi va texnalogiyasi**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)**
**DISSERTATSIYA AVTOREFARATI**

**Toshkent - 2026**

**УДК: 665.753.4**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiya avtorefarati mundarijasi**
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**
**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

**Abdurahmonov Abror Baratovich**
Neft qoldiqlaridan kam oltingugurtli koks olish texnalogiyasi……..... 3

**Abdurahmonov Abror Baratovich**
Технология получения малосернистого кокса из нефтяных остатков..... 21

**Abdurahmonov Abror Baratovich**
Technology for producing low-sulfur coke from petroleum residues..... 39

E’lon qilingan ishlar ro‘yxati
Список опубликованных работ
List of published works ..... 42

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI**
**HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI**
**DSc.03/2025.27.12.T.42.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**
**UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI**

**ABDURAXMONOV ABROR BARATOVICH**

# NEFT QOLDIQLARIDAN FOYDALANIB KAM OLTINGUGURTLI KOKS OLISH TEXNALOGIYASI

**02.00.08 - Neft va gaz kimyosi va texnalogiyasi**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)**
**DISSERTATSIYA AVTOREFARATI**

**Toshkent - 2026**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyada B2024.4.PhD/T5022 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya O'zbekiston Respublikasi Umumiy va noorganik kimyo instituti institutida bajarilgan. Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus va ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasi www.tkti.uz va «ZiyoNet» axborot ta'lim tarmog'iga (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

| | |
|---|---|
| **Ilmiy rahbar:** | **Xamidov Bosit Nabiyevich**<br>texnika fanlari doktori, professor |
| **Rasmiy opponentlar:** | **Fozilov Sadriddin Fayzullayevich**<br>texnika fanlari doktori, professor |
| | **To'rayev Tolib Bozorovich**<br>texnika fanlari doktori, professor |
| **Yetakchi tashkilot:** | **Toshkent Davlat Texnika Universiteti** |

Dissertatsiya himoyasi Toshkent kimyo-texnologiya instituti huzuridagi DSc.03/2025.27.12.T.42.01 raqamli Ilmiy Kengashning «3» 09 2026 yil soat «11⁰⁰» dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100011, Toshkent sh., Shayxontoxur tumani, A.Navoiy ko'chasi, 32-uy. Tel.: (99871)244-79-20, faks: (99871) 244-79-17, ye-mail: tkti_info@edu.uz.). Toshkent kimyo-texnologiya instituti Ma'muriy binosi, 2-qavat, anjumanlar zali).

Dissertatsiya bilan Toshkent kimyo-texnologiya instituti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (434 raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: (100011, Toshkent sh., Shayxontoxur tumani, A.Navoiy ko'ch.32. Tel.: (99871) 244-79-20).

Dissertatsiya avtoreferati 2026 yil «28» 07 kuni tarqatildi.
(2026 yil «28» 07 dagi № 19 raqamli reyestr bayonnomasi).

**S.M. Turobjonov**
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor, akademik

**X.I.Kadirov**
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash kotibi, t.f.d., professor

**G.Raxmonberdiyev**
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, k.f.d., professor

## KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiya annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Hozirgi kunda neft koksi tarkibida oltingugurt miqdorining ko‘pligi sababli uni to‘g‘ridan to‘g‘ri sanoat ehtiyojlari uchun foydalanish atrof muhitga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Oltingugurt miqdorini kamaytirish asosan desulfinizatsiya usuli orqali amalga oshiriladi. Neft koksi mexanik mustahkamligi sababli elektrometallurgiyada elektrod, maydalangan koks sementga qo‘shilganda mustahkamligini oshirishda va namlikdan saqlanishida, issiqlik elektr stansiyalarida va metallurgiyada yonilg‘i sifatida qo‘llanilib kelinmoqda. Neft koksi tarkibidan oltingugurt miqdorini kamaytirish, fizik-mexanik xususiyatlarini aniqlash muhim ahamiyatga ega.

Jahonda neft qoldiqlaridan kam oltingugurtli koks olish texnologiyasini yaratish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada, neft qoldiqlaridan olingan koks tarkibida oltingugurt miqdorining koksning sifati, miqdoriy ko‘rsatkichlari, kimyoviy va fizik xossalariga ta’sirini aniqlash, kam oltingugurtli neft koksini elektrometallurgiya, qurilish, issiqlik elektr stansiyalarida va uglerod materialli adsorbent sifatida foydalanishni takomillashtirishga va sinovdan o‘tkazishga alohida e’tibor berilmoqda.

Respublikada neft kimyosi sanoatini jadal rivojlantirish, yangi turdagi ishlab chiqarish quvvatlarini yaratish, raqobatbardosh mahsulotlarning turlari va hajmi kengayishi, neft qoldig‘idan kam oltingugurtli neft koksi ishlab chiqarish texnologiyalarini rivojlantirishga alohida e’tibor qaratilib, muayyan ilmiy natijalarga erishilmoqda. O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan «neft-gaz sohasida transformatsiya jarayonlarini jadallashtirish orqali tabiiy gaz ta’minotida ijtimoiy himoya kafolatlari belgilangan holda bozor mexanizmlarini joriy etish»[1] kabi muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada, atmosfera va gidrosferaga zarar yetkazuvchi neft shlami chiqindilarni qayta ishlash, kam oltingugurtli neft koksi olish va sanoat ehtiyojlari uchun qo‘llashga alohida e’tibor qaratilgan.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-sonli «2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida»gi, 2019 yil 1 fevraldagi PF-5646-son «O‘zbekiston Respublikasining yoqilg‘i-energetika sanoati boshqaruv tizimini tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi farmoni, 2019 yil 3 apreldagi PQ-4265-son «Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi qarorlar, 2019 yil 3 apreldagi № PQ-4265-son «Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi farmon va qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli bo‘lgan boshqa me’yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni bajarishga ushbu diccertasiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishini ustuvor yo‘nalishlarga bog‘liqligi**. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar

[1] O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60 «2022-2026 yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida» farmoni

rivojlanishining VII. «Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar» ustuvor yo‘nalishiga muvofiq bajarilgan.

**Muammoni o‘rganilganlik darajasi.** Neftni qayta ishlash jarayonlarida hosil bo‘ladigan qoldiqlardan kam oltingugurtli koks olish texnologiyalarini ishlab chiqishni jadallashtirish bo‘yicha xorijiy va mahaliiy olimlardan M.E. Levinter, R.Z. Magaril, A.F. Krasyukov, A.N. Saxanova, M.D. Tilicheva, S.N. Obryadchikov, B.N. Xamidov, G.R. Normetova, Sh.M. Saydaxmedov va boshqa tadqiqotchilar ilmiy ishlar olib bordilar.

Ular tomonidan, neft va neft mahsulotlarini qayta ishlashning ilmyi asoslari yaratilgan, neft koksi olish, iqtisodiy va yuqori eksplutatsion xossali elektr sanoatining bir qancha sohalari uchun tayyor mahsulot ishlab chiqarish texnologiyalarini amaliyotga joriy etish bo‘yicha tavsiyalar bergan.

Shu bilan birga, koks mahsulotlarining fizik-kimyoviy va texnologik ko‘rsatkichlarini tahlil qilish, ishlatiladigan neft xom ashyosining mavjud imkoniyatlarini aniqlash, neft qoldiqlari asosida yuqori sifatli kam oltingugurtli koks olish ishlab chiqarish texnologiyalarini yaratish bo‘yicha tadqiqotlar bugungi kunga qadar bajarilmagan.

**Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasaning ilmiy tadqiqot ishlari bilan bog‘liqligi.** Dissertatsiya tadqiqotlari O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo institutining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq IPP-12 «Organik, noorganik va boshqa tabiiy materiallarni ishlab chiqarishning yangi texnologiyalari» (2017-2021 yy.) amaliy loyihasi doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** neft qoldiqlaridan kam oltingugurtli koks olishning samarali texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

«Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodi» MChJda chiqadigan neft koksini fizik-kimyoviy xossalari, tarkibi va tuzilishini aniqlash;

koks mahsulotlarining fizik-kimyoviy va texnologik ko‘rsatkichlarini tahlil qilish va ishlatiladigan neft xom ashyosining mavjud imkoniyatlarini aniqlash;

kam oltingugurtli neft koksining sifat va miqdoriy ko‘rsatkichlarini aniqlash;

kam oltingugurtli koksning texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini asoslash va tadqiqotlar natijalari asosida jarayonning ko‘rsatkichlarini tahlil qilish;

«Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodi» MChJ tomonidan metallurgiya sanoati uchun kam oltingugurtli koks olish texnologiyasini ishlab chiqish.

**Tadqiqotning obekti** sifatida «Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodi» MChJda neft mahsulotlarini qayta ishlash jarayonida hosil bo‘ladigan ikkilamchi qoldiq mahsulotlardan olingan kam oltingugurtli koksi olingan.

**Tadqiqotning predmetini** neft qayta ishlashdan hosil bo‘ladigan qoldiqlardan kam oltingugurtli koks olish usullari va texnologiyasi tashkil etgan.

**Tadqiqotning usullari.** Dissertatsiya ishini bajarishda matematik statistika va modellashtirish, gaz-xromatografik va IQ-spektroskopik tahlil usullari va bulardan tashqari fizik-mexanik, texnologik va ekspluatatsion xususiyatlarini aniqlashda standartlashtirilgan sinov uslublaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

neftni qayta ishlash ikkilamchi qoldiq mahsulotlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari, uglevodorodlar tarkibi hamda geteroatomli birikmalarning tuzilishi aniqlanib, distillatli mahsulotlarning kam oltingugurtli koks sifati va miqdoriy ko‘rsatkichlariga ta’siri asoslangan;

kokslash jarayoni texnologik parametrlarining (harorat, bosim va kokslash vaqti) koksning oltingugurt miqdori va strukturaviy xossalariga ta’sir mexanizmi isbotlangan;

kam oltingugurtli koks olish maqbul sharoitlari kompleks asoslanib, adsorbent-strukturaviy xususiyatlariga bog‘liqligi aniqlangan;

ilk bor yuqori bosimda neft qoldiq mahsulotlaridan metallurgiya sanoati uchun oltingugurt miqdori 1,8 % gacha kamaytirilgan neft koksi olish texnologiyasi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:**

neft qoldiqlari asosida kam oltingugurtli neft koksi tarkibi aniqlangan;

«Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodi» MChJ neft qoldiqlaridan olinadigan koks tarkibidagi oltingugurt miqdorini kamaytirishning maqbul sharoitlari aniqlangan;

neft qoldiqlaridan kam oltingugurt neft koksi olish texnologiyasi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi** taxlilda zamonaviy fizik-kimyoviy tadqiqot uslublari, neft qoldiqlarini yuqori bosimlarda qayta ishlash tizimini takomillashtirilishi, kam oltingugurtli arzon neft koksi ishlab chiqarish texnologiyalarini sanoatga joriy etilganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati mahalliy neft-gazni qayta ishlash sanoati ikkilamchi xomashyolari asosida metallurgiya sanoati uchun kam oltingugurtli koks olish va ularni sanoat jarayonida qo‘llashning ilmiy asoslari yaratilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati neftni qayta ishlashda qoldiq mahsulotlaridan kam oltingugurtli koks olish texnologiyasini ishlab chiqish hamda kimyo va kimyoviy texnologiya, sanoatda oqava suvlarini, foydalanilgan dvigatel va transformator texnik moylarini tozalash ixtisosliklari bo‘yicha malakali kadrlar tayyorlashdagi o‘quv jarayonida foydalanish uchun xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Neftning qoldiq mahsulotlaridan kam oltingugurtli neft koksi olish texnologiyasini ishlab chiqish bo‘yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

neft qoldiq mahsulotlari gudron va asfalt asosida kam oltingugurtli koks olish texnologiyasi «Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodi» MChJ ning «2025-2027 yillar amaliyotga joriy etiladigan istiqbolli ishlanmalar» ro‘yxatiga kiritilgan («Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodi» MChJning 2023 yil 4 sentyabrdagi 01-02/2002-son ma’lumotnomasi). Natijada, oqava suvlarni neft mahsulotlaridan tozalashda qo‘llaniladigan import o‘rnini bosuvchi adsorbent ishlab chiqarish imkonini bergan;

olingan ko‘mir adsorbenti yordamida oqava suvlar tarkibidan neft mahsulotlarini tozalash texnologiyasi «Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodi» MChJ ning «2025-2027 yillar amaliyotga joriy etiladigan istiqbolli ishlanmalar»

ro‘yxatiga kiritilgan («Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodi» MChJning 2023 yil 4 sentyabrdagi 01-02/2002-son ma’lumotnomasi). Natijada oqava suvlarni neft mahsulotlaridan 88-93 % gacha tozalash imkonini beradi.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot natijalari 2 ta respublika va 6 ta xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyalarda muhokamadan o‘tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e’lon qilinishi.** Dissertatsiya mavzusi va materiallari bo‘yicha jami 14 ta ilmiy ish chop etilgan. Oliy Attestatsiya Komissiyasini dissertatsiyalarining asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 5 ta maqola, 3 tasi respublika va 2 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning hajmi va tuzilishi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxatidan va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 107 betni tashkil etdi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

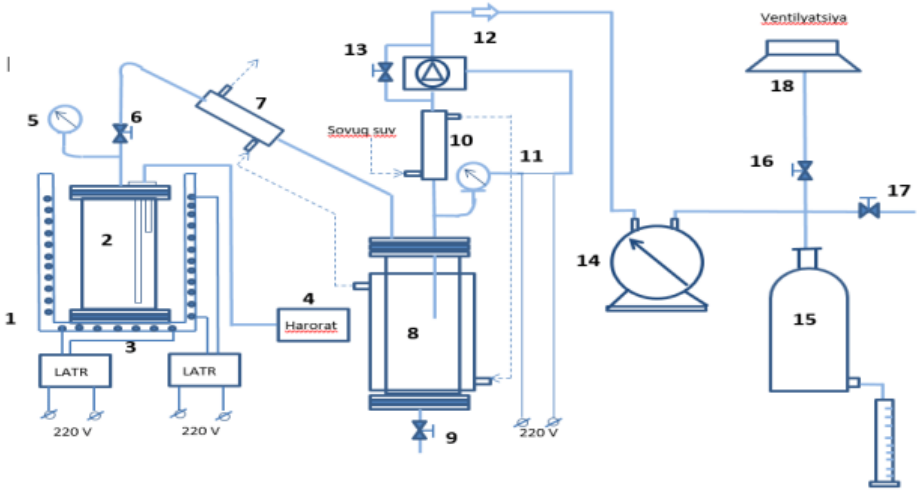
**Kirish** qismida o‘tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obekti va predmetlari tavsiflangan, Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan. Tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **«Kam oltingugurtli koks ishlab chiqarishning zamonaviy usullari va tahliliy ishlanmalari** (Adabiyotlar tahlili)**»** deb nomlangan birinchi bobida, kam miqdorli oltingugurtli kosks olishning zamonaviy usullari, neft koksi va uning turlari haqida umumiy tushunchalar, ularning sinflanishi haqida tushunchalar, neft koksi tarkibida oltingugurt miqdorini kamaytirish usullari va sifatini yaxshilash texnologiyasini ishlab chiqishga oid xorijiy ma’lumotlar batafsil yoritib berilgan. Adabiyotlardagi ma’lumotlarni tahlil qilish natijasida mazkur tadqiqotning maqsadi va vazifalari ifodalangan.

Dissertatsiyaning **«Kam oltingugurtli neft koksini olishda tadqiqot obyektlari va fizik kimyoviy xossalarini aniqlashning zamonaviy usullari»** deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot obyektini tanlash, oltingugurt miqdorini kamaytirish usuli, neft koksini sifatini baholash, Respublikamizda neftni qayti ishlashda chiqadigan qoldiq mahsulot, neft koksini tarkibida oltingugurt miqdori aniqlash va sifat ko‘rsatkichlari aniqlashning GOST talablari bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Laboratoriya sharoitida bosim ostida kokslashtirish bloki sxemasi 1-rasmda keltirilgan. Eksperimentlar davomida reaktorning zarur harorat rejimini barqaror ushlab turish maqsadida, 2-sonli kokslash reaktorining devorlari va tub qismini mustaqil ravishda isitish uchun 1-sonli pechdan foydalanildi. Ushbu pechning isitish jarayoni 3-raqamli laboratoriya avtotransformatorlari orqali kerakli kuchlanish bilan ta’minlanadi. Reaktorning kesimida harorat maydonining bir xil taqsimlanishini ta’minlash uchun uning diametri minimal 50 mm va balandligi 250

mm bo‘lgan holda belgilangan. Ko‘proq xom ashyo ishlatish uchun ichki diametri 100 mm va balandligi 250 mm bo‘lgan reaktordan foydalaniladi. Reaktorlar zanglamas po‘latdan (12X18H1 OT) ishlab chiqariladi, bu esa kokslash jarayonida harorat diapazonini sezilarli darajada kengaytirishga imkoniyat yaratadi. 6-klapn joylashgan nuqtadan oldin, reaktorda koksni kokslash, tushirish, tozalash va yig‘ish jarayonlarini amalga oshirish, shuningdek, xom ashyoni yuklagandan so‘ng reaktorni demontaj qilish imkonini beruvchi tishli ajraluvchi ulanish o‘rnatilgan. Ushbu mexanizm, laboratoriya qurilmasini reaktordan mustaqil tarzda ajratishga sharoit yaratadi. Bosim ostida olib boriladigan kokslash jarayonida reaktorning yuqori qismlaridan gazning chiqib ketishini kamaytirish maqsadida, zich yopiqlikni ta'minlaydigan maxsus muhrlovchi elementlar qo‘llaniladi. Bunga elastik muhrlar, quvur uchlarida joylashgan biriktiruvchi halqalar, shuningdek, tashqi tomondan alyuminiy folga bilan o‘ralgan germetik materiallar kiradi. Reaktorning yuqori va pastki qismlaridagi harorat o‘lchovi TXA rusumidagi xrom-nikel (xromel-alumel) tipdagi termoparalar yordamida amalga oshiriladi. Termojuftlar reaktorning qopqog‘iga o‘rnatilgan maxsus himoya naychalariga (termovellarga) joylashtirilgan bo‘lib, ular reaktorning yuqori va quyi qismlaridan 50 mm masofada joylashgan. Harorat o‘zgarishi natijasida hosil bo‘ladigan termoelektr kuch A 565-002-02 markali ko‘p nuqtali, statsionar, 4-toifa potansiyometr yordamida aniqlanadi. Eksperimental sharoitda haroratni o‘lchash aniqligi ±1,0 °C ni tashkil etadi. Kokslash jarayonida hosil bo‘ladigan bug‘larni sovutish reaktordan chiquvchi gaz va suyuqlik oqimini "quvur ichida joylashgan quvur" tipidagi 7- issiqlik almashinuv uskunasi yordamida amalga oshiriladi. Sovutgichda parafinli fraksiyalarni sovitish vaqtida ichki quvurning erta tiqilib qolishining oldini olish uchun issiq bug‘, aromatik qoldiqlar uchun esa sovuq bug‘ ishlatiladi.




**2-rasm – Laboratoriya bosimli kokslashtirish bloki sxemasi.**

*1 – pech; 2 – reaktor; 3 – laboratoriya avtotransformatorlari; 4 – potensiyometr; 5 – manometr; 6, 9, 13, 16, 17 – klapnlar; 7, 10 – muzlatgichlar; 8 – separator-muzlatgich; 11, 12 – elektromexanik diagrammalar; 14 – gaz soati; 15 – gazometr; 18 – ventilyatsiya.*

Kokslash distillatini yig‘ish ichki diametri 50 mm va balandligi 380 mm bo‘lgan 8-separatorda amalga oshiriladi. Kokslashdan keyin distillatni tushirish uchun ajratgichda 9-drenaj klapni o‘rnatilgan. Agar separator 8 va drenaj klapni 9

koks kukuni va distillat aralashmasidan hosil bo‘lgan kolloid cho‘kindi bilan tiqilib qolsa, tozalash jarayoni yuqori va pastki gardish ulanishlarini ochish orqali amalga oshiriladi. Suyuq kokslangan mahsulotlar gazlar orqali yo‘qotilishini kamaytirish uchun sovutgichdan 8-separatorga 150 mm masofada o‘rnatilgan quvur orqali bug‘ va suyuqliklar reaktordan separatorga yetkaziladi. Agar xushbo‘y komponentlari ko‘proq bo‘lgan kokslanuvchi xom ashyo qo‘llanilsa, 8-separator to‘liq sovutishni ta’minlash uchun " quvur ichida joylashgan quvur " shaklidagi sovutgich bilan jihozlanadi. 8-separatorning chiqishida suyuq $C_5$ fraksiyalarining yo‘qolishini kamaytirish uchun " quvur ichida joylashgan quvur " sovutgich 10 o‘rnatilgan. Bu sovutgich, kokslangan distillatning harorati 50 °C dan yuqori bo‘lganda, kokslangan gazlardan ajralib, suyuqliklarni alohida to‘xtatishga imkon beradi. Kokslash jarayonida ajralib chiqadigan gazlar miqdorini aniqlash uchun 14 turdagi GSB-400 gaz hisoblagichi ishlatilgan. Tajriba natijalariga asoslanib, yo‘qotishlar va kokslangan gazlarning tarkibini aniqlash maqsadida namunalarni tanlash hamda o‘rtacha miqdorlarini hisoblash uchun, natriy xloridning konsentratsiyalangan suvli eritmasi bilan to‘ldirilgan, xlorid kislotasi bilan kislotalangan va indikator sifatida fenolftalein qo‘shilgan standart shisha gaz kollektori (15) qo‘llaniladi. Laboratoriyada 2-reaktorda isitiladigan qaldiqlardan chiqadigan bug‘lar va gazlarning hisobini asosan bosimni avtomatik tarzda nazorat qilish tizimi orqali belgilash mumkin. Bosimning belgilanishi va nazorati 6-raqamli avtomatik boshqariluvchi valf yordamida amalga oshiriladi, bu qurilma tizimdagi belgilangan bosimni elektromexanik boshqaruv sxemasi orqali avtomatik ravishda ushlab turadi. Tizim tarkibiga EKM-1U rusumli elektr kontaktli manometr (11-tur) hamda reaktor va gaz ajratgich (separator) orasidagi bosimni barqarorlashtiruvchi impulsli pnevmatik boshqaruv valfi (INK) kiritilgan. Avtomatik boshqaruv moduli tizim bosimi belgilangan chegaraviy qiymatdan oshgan holatni aniqlaydi va ortiqcha gazlarni xavfsiz chiqarib yuborishni ta'minlaydi.Bosimni nazorat qilish separatorsiz reaktorda pnevmatik impuls klapanining past ishlash harorati (200°C) bilan cheklangan. Elektromexanik sxema belgilangan bosim me’yoridan oshganida reaktor-separator tizimidagi bosimni avtomatik ravishda pasaytirishni ta’minlaydi. Bosimni barqaror ravishda kamaytirish impulsli pnevmatik klapn (IPK) va o‘zgaruvchan o‘tish teshigiga ega gaz klapani orqali amalga oshiriladi. Bu qurilmalar elektr kontaktli bosim o‘lchagichi yordamida kiruvchi ortiqcha bosim impulsini yo‘qotadi.

1-jadval

Harorat o‘zgarishi bilan og‘ir neft qoldiqlari kokslashning moddiy balanslari

| Nomi | Smala | | OKKGM | | OPQ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 500 °C | 470 °C | 500 °C | 470 °C | 500 °C | 470 °C |
| Gaz chiqishi | 12,2 | 16,0 | 17,4 | 15,4 | 7,4 | 17,0 |
| Distillatlar miqdori | 60,8 | 55,1 | 58,5 | 52,8 | 65,0 | 52,7 |
| Koks | 27,0 | 28,9 | 24,1 | 31,8 | 27,6 | 30,2 |

Kokslash haroratining yakuniy mahsulot miqdoriga ta’sirini aniqlash maqsadida 470 °C dan 500 °C gacha bo‘lgan harorat oralig‘ida eksperimental

tadqiqotlar o‘tkazildi. Tajriba natijalari va material balanslari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval ma'lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, kokslash haroratining oshishi barcha eksperimental sharoitlarda distillat mahsulotlarining hosildorligini sezilarli darajada oshiradi. Shu bilan birga, hosil bo‘layotgan qattiq qoldiq – ya’ni koks miqdori, harorat ortishi bilan kamayib boradi. Bu esa tajriba davomida aniqlangan tendensiyalarni hamda harorat parametrining jarayon mahsuldorligiga bo‘lgan ijobiy ta’sirini yaqqol tasdiqlaydi.

Mazkur tadqiqotda qayta ishlanadigan turli xil xom ashyo turlari uchun kokslash jarayonining maksimal iqtisodiy samaradorligini ta’minlash maqsadida tavsiya etilgan optimal bosim diapazonlari quyidagicha aniqlangan: deasfaltizatlanuvchi qoldiqlar (dkO) uchun 0,6–0,7 MPa; asfaltlanadigan fraksiyalar uchun 0,25-0,35 MPa; smola uchun 0,35-0,45 MPa. Bosim parametrlarining jarayon samaradorligiga ta’sirini o‘rganish maqsadida, 2-jadvalda smola va og‘ir katalitik kreking fraksiyasi aralashmasi misolida kokslash bosimining o‘zgarishi moddiy balansga qanday ta’sir ko‘rsatishi natijalari keltirilgan.

**2-jadval**

**Kokslash bosimi o‘zgarganda og‘ir neft qoldiqlarining moddiy balanslari**

| Nomi | Smola | | OKKGM | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,2 MPa | 0,4 MPa | 0,3 MPa | 0,4 MPa | 0,5 MPa | 0,6 MPa |
| Gaz chiqishi | 12,5 | 12,2' | 16,5 | 17,4 | 19,0. | 19,9 |
| Distillatlar miqdori | 66,0 | 60,8 | 62,5 | 58,5 | 53,2 | 50,2 |
| Koks | 21,5- | 27,0 | 21,0 | 24,1 | 27,8-’ | 29,9 |

2-jadval ma’lumotlariga ko‘ra, distillash kokslash fraksiyalarining sonini oshirish uchun smola kokslash bosimini pasaytirishning samaradorligi, kam oltingugurtli neft qoldig‘i sifatida, ta’riflangan. Neft smolasini kokslash texnologiyasi bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, past qoldiq bosimi sharoitida koks va gaz mahsulotlarining hosildorligi kamayadi, buning evaziga distillash yo‘li bilan olinadigan suyuq fraksiyalarning chiqishi oshadi. Ushbu holat past bosimli kokslash jarayoni yordamida yuqori oltingugurtli neft qoldiqlarini samarali qayta ishlash imkonini beradi. Natijada, gidrokreking va gidrogenlash kabi zamonaviy qayta ishlash texnologiyalari uchun zarur bo‘lgan distillatli xom ashyoni ajratib olish imkoniyati ortadi.

«Kokslanish jarayonlarida xosil bo‘ladigan mahsulotlarini eksperimental tahlili va sifat va miqdoriy ko‘rsatkichlari» deb nomlangan uchinchi bobida og‘ir fraksiyalardan kam oltingugurtli neft koksini olishning sharoitlari to‘g‘risida ma‘lumotlar keltirilgan.

Kokslash jarayonining holatini chuqur o‘rganish maqsadida dastlab alohida xom ashyo turlari-ya’ni smola, asfaltli smolalar va og‘ir katalitik kreking fraksiyalari-bo‘yicha tadqiqotlar olib borildi. Ushbu boshlang‘ich tadqiqotlar xom ashyo tarkibiy xususiyatlari va texnologik parametrlarning koks hosil bo‘lishidagi sifat va miqdoriy ko‘rsatkichlarga qanday ta’sir ko‘rsatishini aniqlashga qaratildi. Keyinchalik tajribalar ushbu xom ashyolar aralashmalarini ham qamrab olib, ularning o‘zaro sinergik yoki antagonistik ta’sirini aniqlashga yo‘naltirildi. 3-

jadvalda ishlatilgan xom ashyolar tarkibi va kokslash jarayonida qo‘llanilgan asosiy texnologik sharoitlar bayon etilgan.

3-jadval

Xom ashyoning tarkibi, kokslashning ish parametrlarining qiymatlari.

| № | Gudron, % | OKKF, % | Asfalten % | Temperatura, °C | Bosim, MPa |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | - | - | 495-500 | 0,2 |
| 2 | 100 | - | - | 495-500 | 0,4 |
| 3 | - | 100 | - | 495-500 | 0,3 |
| 4 | - | 100 | - | 495-500 | 0,4 |
| 5 | - | 100 | - | 495-500 | 0,5 |
| 6 | - | 100' | - | 495-500 | 0,6 |
| 7 | 96 | 4 | - | 495-500 | 0,4 |
| 8 | 80 | 20 | - | 495-500 | 0,4 |
| 9 | 60 | 40 | - | 495-500 | 0,4 |
| 10 | 40 | 60 | - | 495-500 | 0,4 |
| 11 | 20 | 80 | - | 495-500 | 0,4 |
| 12 | - | - | 100 | 495-500 | 0,4 |
| 13 | 94 | - | 6 | 495-500 | 0,4 |
| 14 | 90 | 4 | 6 | 495-500 | 0,4 |
| 15 | 70 | - | 30 | 495-500 | 0,4 |
| 16 | 40 | 20 | 40 | 495-500 | 0,4 |
| 17 | 40 | 40 | 20 | 495-500 | 0,4 |
| 18 | 20 | 40 | 40 | 495-500 | 0,4 |
| 19 | 30 | - | 70 | 495-500 | 0,4 |
| 20 | - | 70 | 30 | 495-500 | 0,4 |
| 21 | - | 40 | 60 | 495-500 | 0,4 |

3-jadvalda Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodida bosim ostida ishlaydigan kokslash qurilmasida, og‘ir neft qoldiqlaridan tarkib topgan aralash xomashyo asosida laboratoriya sharoitida o‘tkazilgan kokslash jarayonining moddiy balans ko‘rsatkichlari keltirilgan.

3-jadval

Og‘ir neft qoldiqlarini kokslashning moddiy balanslari.

| Tajriba raqami | Kokslash mahsulotlarining unumi, %. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Gaz | Benzin n. k 200°C | Yengil neft mahsuloti 200-350 $^0$C (LKD) | Og'ir neft mahsuloti 350 $^0$C (TKD) | Koks |
| 1 | 12,5 | 15,7 | 30,8 | 19,5 | 21,5 |
| 2 | 12,2: | 15,4 | 30,9 | 14,5 | 27,0 |
| 3 | 16,5 | 9,1 | 23,3 | 30,1 | 21,0 |
| 4 | 17,4 | 9,1 | 23;5 | 25,9 | 24,1 |
| 5 | 19,0 | 8,5 | 23,6 | 21,1 | 27,8 |
| 6 | 19,9 | 8,1 | 23,8 | 18,3 | 29,9 |
| 7 | 13,9 | 14,3 | 32,0 | 13,3 | 26,5 |
| 8 | 14,0 | 15,3 | 29,1 | 15,4 | 26,2 |
| 9 | 15,2 | 13,4 | 27,8 | 18,0 | *25,6* |
| 10 | 16,1 | 11,6 | 27,0 | 20,2 | 25,1 |
| 11 | 16,9 | 9,8 | 25,1 | 23,7 | 24,5 |
| 12 | 7,4 | 10,9 | 51,0 | 3,1 | 27,6 |
| 13 | 13,0: | 14,5 | 32,0 | 13,4 | 27,1 |
| 14 | 13,4 | 14,0 | 32,1 | 13,6 | 26,9 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 10,9 | 14,1 | 36,9 | 11,0 | 27,1 |
| 16 | 11,0 | 12,6 . | 38,1 | 11,6 | 26,7 |
| 17 | 12,1 | 13;0- | 32,7 | 16,3 | 25,9 |
| 18 | 11,5 | 11,8 | 36,9 | 13,7 | 26,1 |
| 19 | 8,8 | 10,7 | 46,7 | 6,5 | 27,3 |
| 20 | 13,7 | 8,8. | 36,1 | 16,1 | 25,3 |
| 21 | 11,4 | 8,9 | 41,8 | 11,4 | 26,5 |

Kokslash jarayoni davomida hosil bo‘ladigan gazsimon yon mahsulotlar (odatda gaz kondensatlari deb ataladi) tarkibi smola (smola) xomashyosi asosida o‘rganildi. Tahlil natijalariga ko‘ra, hosil bo‘lgan gaz aralashmasining komponentlari quyidagicha taqsimlangan: vodorod-0,15%, vodorod sulfide-5,05%, metan-24,87%, etan-19,84%, etilen-2,16%, propan-18,45%, propilen-5,54%, izobutan-1,76%, n-butan-6,59%, butil-6,58%, izopentan-6,12%, n-pentan-2,34%, amilenlar-3,53%, va $C_6$ va undan yuqori uglevodorodlar-2,02%. Ushbu gaz aralashmasining umumiy zichligi 1,29 g/l ni tashkil qilgan.

Yuqori molekulali uglevodorodlarning mavjudligi tufayli ushbu gazsimon fraksiya yuqori issiqlik qiymatiga ega bo‘lib, uni energiya tashuvchisi sifatida yoki turli kimyoviy qayta ishlash jarayonlari uchun xomashyo sifatida foydalanish imkoniyatini beradi. Biroq, uning tarkibida vodorod sulfidi hamda to‘yinmagan uglevodorodlar mavjudligi sababli amaliy qo‘llanilishidan oldin chuqur tozalash va komponentlarga ajratish jarayonlarini o‘tkazish zarur bo‘ladi. Og‘ir katalitik kreking fraksiyalaridan olingan kokslash mahsulotlarining hosildorligiga 0,3 dan 0,6 MPa gacha bo‘lgan bosim ta’sirini o‘rganish natijasida aniqlanishicha, bosim ortishi mahsulotlarning taqsimoti va tarkibida izchil, aniq yo‘nalishli o‘zgarishlarga olib keladi.

Benzin fraksiyasida oltingugurt miqdori, zichlik va yod sonining kamayishi kuzatiladi, bu esa parafinli uglevodorodlar ulushining ortganligini ko‘rsatadi. Eksperimental tadqiqotlar bilan mos keladi. Xuddi shunday holat yengil kokslanilgan gazoyl fraksiyasida ham kuzatilib, unda ham zichlik va yod soni kamayadi, biroq oltingugurt miqdori oshadi. Shuni ta'kidlash lozimki, ushbu fraksiyaning chiqish miqdori bosimdagi o‘zgarishlarga sezilarli darajada bog‘liq emas.

Aksincha, og‘ir kokslanilgan gazoyl fraksiyasining hosildorligi sezilarli darajada kamayadi-30,1% dan 18,3% gacha, shu bilan birga zichligi pasayadi va oltingugurt miqdori ortadi.

Koks ishlab chiqarish miqdori taxminan 42% ga oshadi, natijada uning umumiy massadagi ulushi 21,0% dan 29,9% gacha yetadi. Koksning oltingugurt va kul miqdori bosim o‘zgarishiga deyarli ta’sir qilmaydi, biroq bosimning oshirilishi natijasida koksning ichki tuzilishi yaxshilanadi va uning haqiqiy zichligi 2,09 g/sm³ dan 2,12 g/sm³ gacha ko‘tariladi.

4 va 5-jadvallarda benzin fraksiyasining sifat parametrlariga, kokslash natijasida hosil bo‘ladigan yengil va og‘ir fraksiyalarga, shuningdek, yakuniy mahsulot sifatida ajralib chiqadigan koks miqdoriga doir ma’lumotlar keltirilgan.

4-jadval

Kokslash jarayonida hosil bo‘lgan benzin fraksiyasi va yengil kokslanilgan gazoylning fizik-kimyoviy xossalari

| Tajriba raqami | Benzin n.k. - 200 °C | | | Yengil neft mahsuloti 200 - 350 °C | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Oltingugurt miqdori, % | Iod soni, rJ2/100r | Zichlik, g/sm$^3$ | Oltingugurt miqdori, % | Iod soni, rJ2/100r | Zichlik, g/sm$^3$ |
| 1 | 0,43 | 92,0 | 0,751 | 1,39 | 68,0 | 0,856 |
| 2 | 0,45 | 91,0 | 0,784 | 1,44 | 67,0 | 0,861 |
| 3 | 0,14 | 89,4 | 0,796 | 0,59 | 65,0 | 0,875 |
| 4 | 0,13 | 87,1 | 0,794 | 0,61 | 63,0 | 0,869 |
| 5 | 0,13 | 85,0 | 0,792 | 0,73 | 61,0 | 0,863 |
| 6 | 0,12 | 83,4 | 0,789 | 0,75 | 59,0 | 0,857 |
| 7 | 0,48 | 87,1 | 0,756 | 1,35 | 63,8 | 0,861 |
| 8 | 0,39 | 89,7 | 0,786 | 1,36 | 67,0 | 0,863 |
| 9 | 0,33 | 89,1 | 0,788 | 1,00 | 66,2 | 0,864 |
| 10 | 0,27 | 88,4 | 0,790 | 0,93 | 65,3 | 0,866 |
| 11 | 0,20 | 87,8 | 0,792 | 0,75 | 64,5 | 0,867 |
| 12 | 0,08 | 79,5 | 0,928 | 0,16 | 45,0 | 0,996 |
| 13 | 0,44 | 90,3 | 0,760 | 1,30 | 65,7 | 0,869 |
| 14 | 0,42 | 90,2 | 0,757 | 1,22 | 65,5 | 0,875 |
| 15 | 0,34 | 87,6 | 0,820 | 1,04 | 60,4 | 0,902 |
| 16 | 0,24 | 85,6 | 0,833 | 0,72 | 57,4 | 0,917 |
| 17 | 0,25 | 87,1 | 0,811 | 0,87 | 61,1 | 0,891 |
| 18 | 0,18 | 84,8 | 0,834 | 0,50 | 56,6 | 0,918 |
| 19 | 0,19 | 82,9 | 0,868 | 0,60 | 51,6 | 0,956 |
| 20 | 0,14 | 85,9 | 0,797 | 0,54 | 48,1 | 0,902 |
| 21 | 0,13 | 83,1 | 0,842 | 0,38 | 47,4 | 0,945 |

5-jadval

Og'ir kokslanadigan gaz nefti va koksning fizik-kimyoviy sifat ko'rsatkichlari.

| Tajriba raqami | Og'ir neft mahsuloti 350 °C — к.к. | | Koks | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Oltingugurt miqdori, % | Zichlik, g/sm$^3$ | Oltingugurt miqdori, % | Uchuvchan moddalar miqdori.% | Kul miqdori, % massa. |
| 1 | 1,56 | 0,926 | 2,22 | 3,2 | 0,306 |
| 2 | 1,67 | 0,934 | 2,33 | 3,0 | 0,320 |
| 3 | 1,44 | 0,952 | 1,41 | 4,4 | 0,082 |
| 4 | 1,47 | 0,945 | 1,43 | 4,5 | 0,080 |
| 5 | 1,49 | 0,938 | 1,45 | 4,6 | 0,084 |
| 6 | 1,51 | 0,932 | 1,47 | 4,7 | 0,087 |
| 7 | 1,54 | 0,936 | 2,20 | 3,0 | 0,297 |
| 8 | 1,62 | 0,936 | 2,17 | 3,3 | 0,270 |
| 9 | 1,59 | 0,938 | 2,01 | 3,5 | 0,230 |
| 10 | 1,55 | 0,940 | 1,82 | 3,8 | 0,180 |
| 11 | 1,52 | 0,943 | 1,63 | 4,1 | 0,140 |
| 12 | 0,30 | 1,060 | 0,16 | 2,4 | 0,045 |
| 13 | 1,48 | 0,937 | 2,11 | 2,9 | 0,293 |
| 14 | 1,46 | 0,938 | 2,07 | 3,0 | 0,283 |

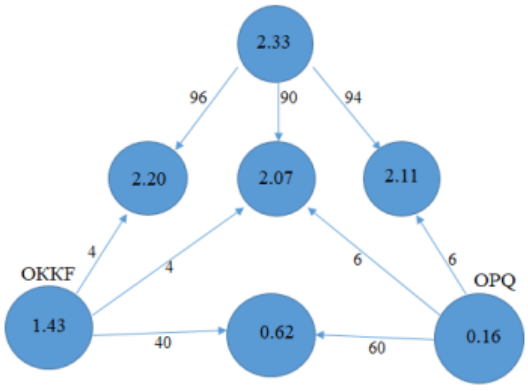
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 1,12 | 0,971 | 1,69 | 2,8 | 0,230 |
| 16 | 1,06 | 0,986 | 1,28 | 3,0 | 0,182 |
| 17 | 1,21 | 0,963 | 1,54 | 3,4 | 0,193 |
| 18 | 0,94 | 0,988 | 1,09 | 3,3 | 0,127 |
| 19 | 0,65 | 1,021 | 0,80 | 2,5 | 0,139 |
| 20 | 1,02 | 0,966 | 0,98 | 3,8 | 0,090 |
| 21 | 0,75 | 1,010 | 0,62 | 3,2 | 0,075 |

Turli komponentlarni aralashtirish jarayonida kokslanadigan xom ashyolarning tarkibiy o‘zgarishlari ma’lum aralashma qonuniyatlariga muvofiq sodir bo‘ladi. Bunday aralashmalar asosida hosil bo‘ladigan mahsulotlar, odatda, aralashma tarkibida massa ulushi eng yuqori bo‘lgan komponentning fizik-kimyoviy xususiyatlarini namoyon etadi. Shu sababli, aralashmada ustunlik qiluvchi komponent yakuniy mahsulotlarning, xususan, koks sifat va tuzilishining shakllanishida hal qiluvchi rol o‘ynaydi.

Masalan, smola va og‘ir katalitik kreking gazoyli aralashmalarini birgalikda kokslash jarayonida og‘ir gazoyl ulushining ortishi natijasida hosil bo‘lgan koksda anizotropik (yo‘nalgan tuzilishga ega) struktura elementlari ustunlik qiladi. Bunday xususiyatlar, odatda, faqat og‘ir katalitik kreking gazoylidan mustaqil tarzda olingan koksga xosdir. Bu holat, kokslash jarayonida xom ashyo aralashmasining tarkibi va texnologik sharoitlari koksning mikrostrukturasi shakllanishiga qanday ta’sir ko‘rsatishini yaqqol ifodalaydi.

2-rasm esa alohida xomashyo komponentlari hamda ularning turli aralashmalaridan olingan koks namunalari tarkibidagi oltingugurt miqdorini ko‘rsatadi. Bu qiymatlar “Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodi” MCHJ tomonidan o‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlar asosida aniqlangan bo‘lib, tajribada ishlatilgan og‘ir neft qoldiqlarining haqiqiy tarkibiy nisbati hisobga olingan.

Gudron




Rasmda doira ichida keltirilgan raqamlar hosil bo‘lgan koks tarkibidagi oltingugurtning massa ulushini bildiradi, chiziqlar bo‘ylab ko‘rsatilgan qiymatlar esa xom ashyo tarkibidagi alohida komponentlarning massa miqdorini ifodalaydi. 2-rasmda keltirilgan ma’lumotlardan ko‘rinib turibdiki, koks namunalari tarkibida oltingugurt miqdori sezilarli darajada farq qiladi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, kam oltingugurtli koks asosan gidrokraking qoldiqlari, termik kreking kondensatlari yoki ularning aralashmalarini kokslash orqali olinadi.

Koks tarkibidagi oltingugurtni kamaytirishning ma’lum usullaridan biri — bu termik tozalash bo‘lib, unda oltingugurt yuqori haroratda termik desulfurizatsiya orqali chiqarib yuboriladi. Oltingugurt miqdori 2,5% dan yuqori bo‘lgan kokslar uchun yuqori samaradorlikka ega. Biroq, oltingugurt miqdori 2,5% dan past bo‘lgan kokslar uchun bu usul amaliy jihatdan kam samarali hisoblanadi. Bunday kokslarni chuqurroq tozalash uchun haroratni keskin oshirish yoki kalkinatsiya (issiqlikda ishlov berish) vaqtini ikki baravarga uzaytirish talab etiladi. Ammo haroratning oshirilishi koksning ekspluatatsion xususiyatlariga – masalan, mexanik mustahkamlik va elektr o‘tkazuvchanlikka salbiy ta’sir ko‘rsatadi, uzoq vaqt ishlov berish esa texnologik samaradorlikni pasaytiradi va energiya sarfini sezilarli darajada oshiradi.

Dissertatsiyaning «Neftning qoldiq mahsulotlaridan koks olishning texnologik sxemasi va iqtisodiy ko‘rsatkichlari» deb nomlangan to‘rtinchi bobi kam oltingugurtli koks olish texnalogik sxemasi hamda iqtisodiy samaradorligini hisoblashga bag‘ishlangan.

Xomashyo — smola, kreking qoldiqlari yoki ularning aralashmasi — 1-nasos orqali ikki parallel oqimga ajratilib, 2- va 3-sonli pechlarning pastki hamda yuqori ekranli quvurlariga yuboriladi. Bu pechlarda moddalar 350–380 °C gacha qizdirilgach, oldindan isitilgan xomashyo 9-ustunning pastki qismiga, aynan yuqori kaskad plastinkasiga tushiriladi. Bir vaqtda, ikki parallel ish kamerasida (5 yoki 5) hosil bo‘lgan yuqori haroratli gaz va bug‘lar ham shu plastinka ostiga kiritiladi. Ustun ichida yuqoriga ko‘tarilgan gaz-bug‘ oqimi pastga qarab tushayotgan xomashyo bilan qarama-qarshi o‘zaro ta’sirga kirishadi: bug‘larning og‘ir fraksiyalari kondensatsiyalanib xomashyoga singadi, natijada ustunning pastki qismida kondensatsiyalangan mahsulotlar bilan aralashgan ikkilamchi xomashyo hosil bo‘ladi. Agar xomashyo tarkibida engil fraksiyalar mavjud bo‘lsa, ular yuqori haroratli bug‘ bilan bog‘lanib bug‘lanadi va 9-ustunning yuqori qismiga ko‘tariladi.

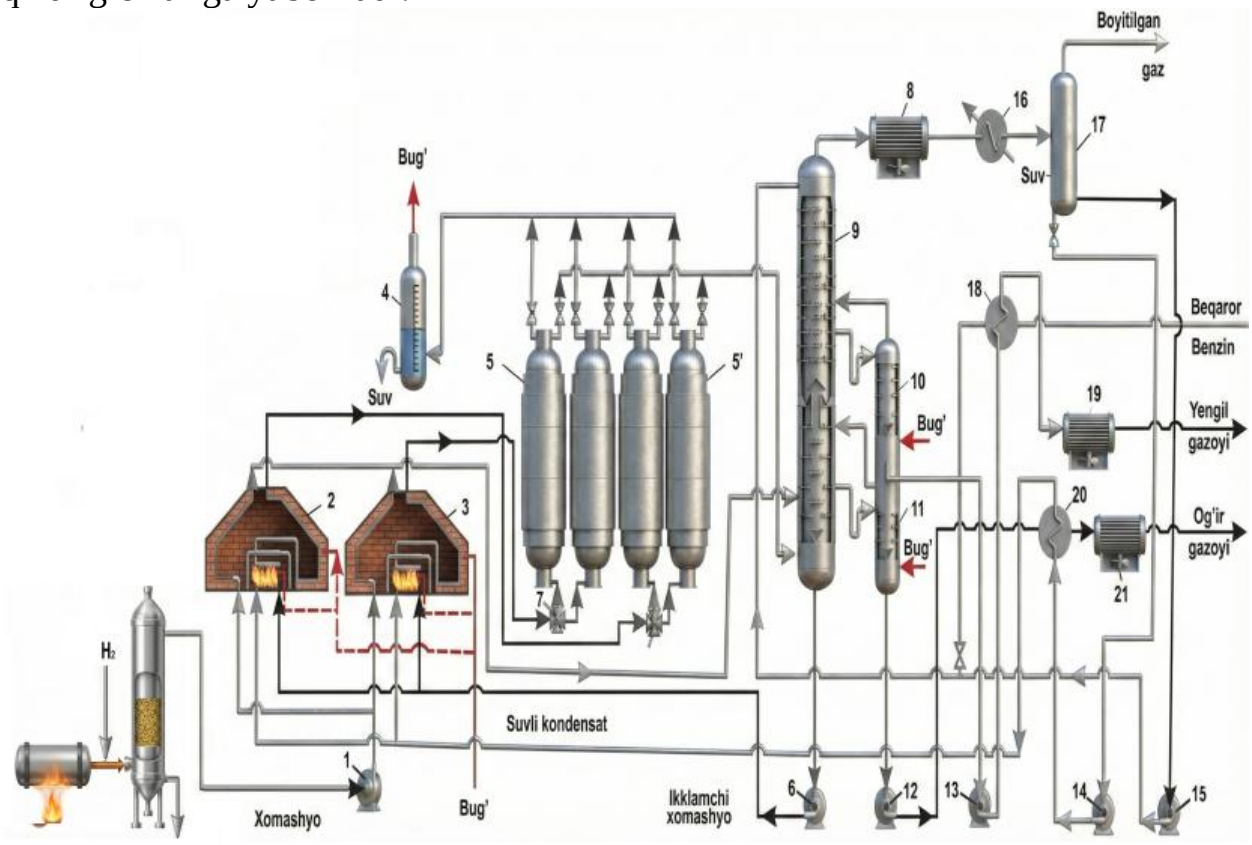
9-ustunning pastki qismidan ajratib olingan ikkilamchi xom ashyo 6-nasos yordamida rulonli 2 va 3-o‘choqlarga, konveksiya zonasining yuqori qismidagi quvurlarga, shuningdek, o‘ng tomon o‘choqlari va shift ekranlariga qayta yo‘naltiriladi. Ushbu quvurlar tizimi "reaksiya lasani" deb nomlanadi va u yerda ikkilamchi xom ashyo 490–510 °C haroratgacha qizdiriladi. Koks hosil bo‘lishining oldini olish maqsadida, bu quvurlarga ikkilamchi xom ashyo massasining taxminan 3 foizini tashkil qiluvchi, yuqori darajada qizigan suv bug‘i – turbulator sifatida yuboriladi. Turbulatorning kiritilishi oqibatida reaksiya lasanida oqim tezligi ortadi. Zaruratga qarab, bu bug‘ oqimi 10 va 11-chiziqli ustunlarga ham uzatilishi mumkin.

2 va 3-sonli pechlardan hosil bo‘lgan bug‘-suyuqlik aralashmasi 7-raqamli to‘rt yo‘nalishli kranlar orqali ikkita faol ishlayotgan 5-kameraga parallel ravishda yuboriladi. Shu paytda qolgan ikkita kamera (5') texnologik tsiklning navbatdagi ish bosqichiga tayyorlanmoqda. Issiq xom ashyo kameralar ichiga pastga qarab oqadi va ularni bosqichma-bosqich to‘ldiradi. Ushbu kameralar katta hajmga ega bo‘lib, ularning ichki diametri taxminan 4,6–5,5 metr, balandligi esa 27–28 metrni tashkil etadi. Xom ashyoning kameralarda uzoqroq vaqt davomida qolishi sababli

u yerda chuqur parchalanish jarayoni sodir bo‘ladi. Parchalanish natijasida hosil bo‘lgan bug‘lar doimiy ravishda kameraning yuqori qismidan chiqariladi va keyinchalik 9-raqamli ustunga yo‘naltiriladi, bu jarayonda esa og‘ir qoldiq modda pastki qismda to‘planadi. Suyuq qoldiq esa asta-sekin karbonlashadi va natijada koksga aylanadi.

9-ustunda kokslangan mahsulotlarning fraksiyalanishi amalga oshiriladi. Uning yuqori qismidan benzin bug‘lari, suv bug‘lari va kokslangan gaz ajralib chiqadi. Bu gazsimon mahsulotlar dastlab 8-sonli havo sovutkichda, so‘ngra 16-sonli suv sovutkich orqali qo‘shimcha sovutiladi. Sovutish jarayonidan so‘ng hosil bo‘lgan aralashma 17-sonli suv va gaz ajratgichga yo‘naltirilib, u yerda suv kondensati, beqaror benzin va ho‘l gaz komponentlariga ajratiladi.

Stabilizatsiyalanmagan benzinning bir qismi 15-sonli nasos orqali 9-ustunning yuqori likopchasiga purkash (yuvish) maqsadida yo‘naltiriladi. Benzinning qolgan muvozanatli miqdori esa 18-sonli issiqlik almashinuvchidan o‘tadi va u yerda yengil gazoylning issiqlik energiyasi yordamida qizdirilib, stabilizatsiya bo‘limiga uzatiladi. Shu bilan birga, 17-sonli suv-gaz ajratgichidan ajralgan suvli kondensat 14-nasos orqali 20-issiqlik almashinuvchidan o‘tkaziladi hamda 2 va 3-sonli pechlarning konveksiya bo‘limlariga o‘rnatilgan bug‘ qizdirgichlariga yuboriladi.




**Qizdirilmaydigan kameralarda sekinlik bilan boruvchi kokslash qurilmasi texnologik sxemasi:**

*1, 6, 12-15 –nasoslar; 2,3-quvurli pechlar; 4-yig’gich; 5, 5-sekinlik bilan koks hosil qiluvchi kameralar; 7- to`rt yo`lli jo‘mrak(kran); 8, 19, 21-havoli sovitish jihozlari; 9-rektifikatsion kolonna; 10, 11-bug’latuchi kolonna; 16-sovitkich; 17-ajratkich; 18, 20-issiqlik almashtirgichlar.*

Yengil va og‘ir gazoyillar tegishlicha 10 va 11-raqamli ajratuvchi kolonnalardan ajratilgach, mos ravishda 13 va 12-raqamli nasoslar orqali quyidagi texnologik yo‘nalish bo‘ylab harakatlantiriladi: avvalo, ular 18-raqamli issiqlik almashinuvchi-dan o‘tib, beqaror benzinni qizdirish jarayonini ta’minlaydi. So‘ngra oqim 20-raqamli issiqlik almashinuvchiga yo‘naltirilib, bu yerda suvli kondensatning isitilishi amalga oshiriladi. Keyinchalik, mahsulot 19 va 21-raqamli havo bilan sovitish apparatlarida sovitilib, maxsus mo‘ljallangan saqlash rezervuarlariga uzatiladi.

Kokslash jarayonida koks bilan to‘lgan kameralar texnologik tizimdan ajratiladi. Kameralarda qolgan suyuq mahsulotlar va neft bug‘larini to‘liq chiqarib yuborish maqsadida ularning ichki qismiga suv bug‘i yuboriladi va bu orqali puflash (produvka) amalga oshiriladi. Ajratilgan mahsulotlar dastlab 9-raqamli kolonnaga yo‘naltiriladi. Koks harorati 400 - 405 °C gacha pasaygach, hosil bo‘lgan bug‘lar oqimi 4-raqamli qabul qilgichga uzatiladi. Suv bug‘i yuborish jarayoni koks harorati 200 °C gacha pasayguncha davom ettiriladi. Keyingi bosqichda kameraga sovitish uchun suv yuboriladi. Bu bosqich yuborilgan suv bug‘lari atmosferaga chiqishi to‘xtab, 4-raqamli qabul qilgichga ulangan oqava quvurda suyuq suv paydo bo‘lguncha olib boriladi.

Qozog‘iston, Rassiya, O‘zbekistonda biz olgan korxonada kam oltingugurtli koks narxining ko‘rsatkichlari 6-jadvalda keltirilgan.

**6-jadval**

**Qozog‘iston, Rassiya, O‘zbekistonda biz olgan korxonada kam oltingugurtli koks narxi**

| Ishlab chiqarish hududi | O‘lchov birligi | Neft koksi narxi, сўм |
|---|---|---|
| **Kam oltingugurtli koks** | | |
| Qozog‘iston | 1 tonna | 3 859 500 |
| Rossiya | 1 tonna | 4 108 500 |
| O‘zbekistonda “Farg‘ona NQIZ” | 1 tonna | 3 486 000 |

2024 yildagi narxlar bo‘yicha materiallarning hisob-kitob kalkulyatsiyasi 4.2-jadvalda keltirilgan.

**7-jadval**

**Narxlar bo‘yicha materiallarning hisob-kitob kalkulyatsiyasi**

| Materiallar nomi | O‘lchov birligi | Miqdori | Bitta o‘lchov birligi bo‘yicha narxi, so‘m | Narxi (NDS ni hisobga olgan holda), so‘m |
|---|---|---|---|---|
| **1 tonna kam oltingugurtli koks olish uchun** | | | | |
| Ekstrakt | t | 0,250 | 1 400 000 | 350000 |
| Gudron | t | 0,500 | 2 500 000 | 1250000 |
| Gach | t | 0,150 | 2 250 000 | 337500 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Asfalten | t | 0,100 | 3800000 | 380000 |
| | | | Jami:<br>Ish haqqi:<br>Boshqa xarajatlar<br>Hammasi: | 2290000<br>48 500<br>700 000<br>3066000 |

7.8.9 RH 39.0-137:2017 bandiga ko‘ra: import igna koksini o‘rnini bosa oladigan neft qoldiqlaridan olingan kam oltingugurtli koksning iqtisodiy samaradorligi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$Э = \left( \frac{B_u \times K_в}{K_{в3}} - З_{их} \right) \times A_{но}$$

Metallurgiya va elektrod ishlab chiqarish uchun zarur bo‘lgan kam oltingugurtli neft koksilaridan foydalanishda yillik kutilayotgan iqtisodiy samaradorlik:

$$Э = (\frac{330 \times 12450}{1} - 3066000) \times 1000 = 1\,042\,500\,000 \text{ so‘m}$$

ni tashkil etadi.

## XULOSALAR

Dissertatsiyasi ishini bajarishda olingan asosiy ilmiy va amaliy natijalari quyidagilar hisoblanadi:

1 "Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodi" MCHJ tomonidan og‘ir neft qoldiqlarini qayta ishlash muammosini ikki bosqichli kokslashtirish sxemasi yordamida hal qilish taklif etilmoqda. Ushbu texnologik yondashuv quyidagi asosiy iqtisodiy va texnik natijalarga erishishni ta’minlaydi:

- Yiliga 600 ming tonnagacha vakum seryo (qatron) to‘liq qayta ishlash va natijada 465 ming tonna/yil hajmida distillangan fraksiyalarni olish;
- Kam oltingugurtli qoldiqlardan samarali foydalanish orqali alyuminiy sanoati uchun yiliga 76,5 ming tonnagacha kam oltingugurtli kokslashtirishni ishlab chiqarish va qo‘shimcha ravishda yiliga 145 ming tonnagacha bo‘lgan qo‘shimcha mahsulotlar olish;
- Investitsiyalarni qoplash muddatini 2,8 yilga qisqartirish;
- Kompaniyaning sof foydasini yiliga 750 million so‘mga oshirish.

Mazkur yondashuv nafaqat mavjud resurslardan maksimal samarali foydalanishni ta’minlab, balki iqtisodiy samaradorlikni oshirishga ham imkon yaratadi.

2. Bir o'zgaruvchan chiziqli regressiya modeli xom ashyoning kimyoviy tarkibi va kokslash bosimi asosida koks mahsulotlarining asosiy parametrlarini, shu jumladan sifat va miqdorni tahlil qilish uchun tuzilgan. Ushbu modellarning haqiqiyligi va samaradorligi ikki bosqichli pishirish jarayonidan foydalangan holda laboratoriya sharoitida olingan eksperimental ma'lumotlar orqali tekshiriladi. Xom ashyoning xossalarini o'zida mujassam etgan natijada olingan regressiya

tenglamalari koks ishlab chiqarish jarayonida mahsulot sifatini baholashda va kokslash qurilmalari uchun hisob-kitoblarida qo'llaniladi.

3. Laboratoriya shartlarida qayta ishlash jarayoni asosida kokslash usuli ishlab chiqilgan. Tadqiqotlar natijasida, kokslash jarayonining uchinchi bosqichini amalga oshirish muvozanatli qayta ishlashni ta’minlash uchun samarali va yetarli darajada ekanligi aniqlandi.

4. Koks tarkibidagi oltingugurt miqdoriga qayta ishlash sifatining ta’siri laboratoriya tadqiqotlari natijalari bilan tasdiqlandi. Tadqiqotlar shundan dalolat beradiki, yuqori aromatik xom ashyolardan foydalanishda oltingugurt miqdorini kamaytirish uchun past retsirkulyatsiya koeffitsiyentlari yoki aylanmasiz kokslash sxemalaridan foydalanish samarali natijalar beradi.

5. "Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodi" MCHJ sharoitida, faqat past oltingugurtli qoldiqlardan foydalanish orqali, oltingugurt miqdori 0,52–0,98% bo‘lgan va anizotropik tuzilmalarning yuqori nisbatiga ega past oltingugurtli koks ishlab chiqarish imkoniyati aniqlangan. Ushbu usul elektrodlarga mo‘ljallangan mahsulotlarni yillik 36 ming tonnagacha ishlab chiqarishga imkon beradi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ДСс. 03/2025.27.12.Т.42.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ**

**ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**АБДУРАХМОНОВ АБРОР БАРАТОВИЧ**

# ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАЛОСЕРНИСТОГО КОКСА ИЗ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ

**02.00.08 – Нефтегазовая химия и технология**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2026**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии Республики Узбекистан под номером B2024.4.PhD/T5022**

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице научного совета по адресу www.tkti.uz и информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

**Научный руководитель:** **Хамидов Басит Набиевич**
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Фозилов Садриддин Файзуллаевич**
доктор технических наук, профессор

**Тураев Толиб Бозорович**
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:** **Ташкентский Государственный Технический университет им. И. Каримова**

Защита диссертации состоится «3» 09 2026 г. в 11⁰⁰ часов на заседании научного совета DSc.03/2025.27.12.T.42.01 при Ташкентском химико-технологическом институте по адресу:(100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871) 244-79-21, факс: (99871) 244-79-17, e-mail: tkti_info@edu.uz.)

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за №434, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32.Тел.: (99871) 244-79-21).

Автореферат диссертации разослан «28» 07 2026 года.
(протокол рассылки № 19 от «28» 07 2026 г.).

**С.М.Туробжонов**
Председатель Научного совета по присуждению учёной степени доктора наук, д.т.н., профессор

**Х.И.Кадиров**
Учёный секретарь Научного совета по присуждению учёной степени доктора наук, д.т.н., профессор

**Г.Рахмонбердиев**
Председатель Научного семинара при Научном совете по присуждению учёной степени доктора наук, д.т.н., профессор

**ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В настоящее время получение кокса в результате переработки нефтяных остатков и его использование в необходимых отраслях является одной из важных задач. Поскольку содержание серы в получаемом нефтяном коксе достаточно высоко, его прямое использование для промышленных нужд оказывает сильное негативное влияние на окружающую среду. Снижение содержания серы в основном осуществляется методом десульфурации. Благодаря своей механической прочности нефтяной кокс в основном используется в электрометаллургии в качестве электрода, при добавлении измельчённого кокса в цемент — для повышения прочности и защиты от влаги, а также в теплоэлектростанциях и металлургии в качестве топлива. Определение методов снижения содержания серы в составе нефтяного кокса, изучение их физико-механических свойств и получение на основе этих данных научных и практических новшеств имеют большое значение.

В современном мире ведутся научные исследования по получению низкосернистого нефтяного кокса из остаточных нефтепродуктов и разработке соответствующих технологий. В этом направлении необходимо обосновать следующие научные решения: определить содержание серы в коксе, полученном из нефтяных остатков; изучить качественные и количественные показатели, химические и физические свойства полученного нефтяного кокса; усовершенствовать использование низкосернистого нефтяного кокса в электрометаллургии, строительстве, на тепловых электростанциях, а также в качестве углеродсодержащего адсорбента; разработать технологию получения качественного низкосернистого нефтяного кокса на основе местных остаточных нефтепродуктов.

В Республике быстро развивается нефтехимическая промышленность, создаются новые производственные мощности, расширяются ассортимент и объемы конкурентоспособной продукции, что, в свою очередь, приводит к достижению научных и практических результатов в развитии технологий производства низкосернистого нефтяного кокса из остаточных нефтепродуктов. В Стратегии развития «Новый Узбекистан» на 2022–2026 годы, направленной на дальнейшее развитие Республики Узбекистан, определены задачи «ускорения процессов трансформации в нефтегазовой сфере с внедрением рыночных механизмов при обеспечении социальных гарантий в сфере газоснабжения». В этом контексте особое внимание уделено получению низкосернистого нефтяного кокса и его использованию для промышленных нужд.

Данное диссертационное исследование в определённой мере способствует реализации задач, предусмотренных указом Президента Республики Узбекистан от 1 февраля 2019 года № ПП-5646 «О мерах по коренному совершенствованию системы управления топливно-энергетической промышленностью Республики Узбекистан», постановлением от 3 апреля 2019 года № ПП-4265 «О дальнейшем реформировании химической промышленности и повышении её

инвестиционной привлекательности», указом от 28 января 2022 года № УП-60 «О стратегии развития «Новый Узбекистан» на 2022–2026 годы», а также другими нормативно-правовыми актами, относящимися к данной сфере деятельности.

Связь исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий в Республике. Данное исследование выполнено в соответствии с VII приоритетным направлением развития науки и технологий Республики — «Химические технологии и нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** В области интенсификации разработки технологий получения низкосернистого кокса с использованием остатков, образующихся в процессах переработки нефти, научные исследования проводили зарубежные и отечественные ученые, такие как А.Н. Саханова, М.Д. Тиличеева, С.Н. Обрядчиков, М.Е. Левинтер, Р.З. Магарил, А.Ф. Красюков, Б.Н. Хамидов, Г.Р. Норметова, Ш.М. Сайдахмедов и другие исследователи.

В их научных трудах были изучены вопросы исследования компонентов, связанных с получением нефтяного кокса на основе нефтяных остатков, а также разработаны технологии получения различных видов композиционных материалов нового состава. В частности, ими были даны рекомендации по внедрению в практику технологий получения готовой продукции с экономичными и высокими эксплуатационными свойствами для ряда отраслей электротехнической промышленности.

Результаты исследований показывают, что получение высококачественного низкосернистого кокса на основе местного сырья и нефтяных остатков является необходимым с точки зрения экологических и экономических показателей для металлургической промышленности. Кроме того, при организации производства низкосернистого кокса для металлургии на основе нефтяных остатков в Республике учитывается наличие объемов сырьевых ресурсов, способных заменить основные виды традиционного сырья.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательской работой учреждения.** Настоящее исследование выполнено в соответствии с VII приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан «Химические технологии и нанотехнологии».

**Цель исследования.** Целью исследования является разработка эффективного метода и технологической схемы производства низкосернистого кокса в процессе переработки нефтяных остатков.

**Задачи исследования:**

- Определение физико-химических свойств, состава и структуры нефтяного кокса, образующегося на Ферганском нефтеперерабатывающем заводе;
- Анализ физико-химических и технологических показателей коксовой продукции и разработка научно-методического подхода, направленного на выявление потенциала используемого нефтяного сырья;

- Разработка технологической схемы производства низкосернистого кокса для металлургической промышленности совместно с ООО «Ферганский нефтеперерабатывающий завод»;
- Определение качественных и количественных показателей низкосернистого нефтяного кокса;
- Разработка технологии получения низкосернистого нефтяного кокса из остаточных нефтяных продуктов;
- Обоснование технико-экономических показателей разработанной технологии производства низкосернистого кокса и анализ показателей процесса на основе результатов исследований.

**Объектом исследования является** кокс с низким содержанием серы, полученный из вторичных остатков, образующихся в процессе переработки нефтепродуктов на Ферганском нефтеперерабатывающем заводе.

**Предметом исследования** является изучение методов и технологий получения кокса с низким содержанием серы из остатков, образующихся при переработке нефти.

**Методы исследования.** В ходе выполнения диссертационной работы использовались основные физико-химические методы анализа, такие как аналитические методы, ИК-спектрофотометрия, электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ и термогравиметрия.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

с использованием вторичных продуктов, образующихся в процессе переработки нефтепродуктов, получен низкосерный кокс для металлургической промышленности;

научно установлено влияние физико-химических свойств сырья, состава углеводородов и структуры гетероатомных соединений на качество и количественные показатели кокса и дистиллятных продуктов в процессе получения низкосерного кокса из нефтяных остатков;

механизм влияния основных технологических параметров коксования (температура, давление и время коксования) на содержание серы и структурные свойства кокса раскрыт;

впервые комплексно обоснованы оптимальный состав сырья и условия коксования, обеспечивающие получение низкосерного кокса;

описан химический состав, физические свойства и адсорбентно-структурные характеристики низкосерного кокса, полученного из нефтяных остатков на нефтеперерабатывающем заводе;

при переработке нефтяных остатков для металлургической промышленности содержание серы в получаемом коксе снижено до 1,8% за счет увеличения давления;

определены оптимальные условия и параметры нефтяных остатков, используемых для получения кокса, соответствующего стандартам ГОСТ.

**Практические результаты исследования заключаются в следующем:**

Разработано эффективное технологическое решение, обеспечивающее снижение содержания серы в коксе, получаемом из нефтяных остатков Ферганского нефтеперерабатывающего завода;

Созданы возможности использования полученного низкосерного нефтяного кокса в металлургической промышленности.

**Достоверность результатов исследования.** Результаты химического (элементного) и физико-химического анализа (кальориметрия, сканирующая электронная микроскопия) подтверждаются испытаниями на опытно-промышленных установках.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в создании научных основ получения низкосернистого кокса для металлургической промышленности на основе вторичного сырья нефтегазоперерабатывающей промышленности и его применения в промышленных процессах.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке технологии получения низкосернистого кокса из остаточных продуктов нефтепереработки, а также в возможности использования результатов исследования в образовательном процессе при подготовке квалифицированных кадров по направлениям химии и химической технологии, в том числе в области очистки промышленных сточных вод, а также очистки отработанных моторных и трансформаторных масел.

**Внедрение результатов исследования.**

На основе полученных научных результатов по получению низкосерного нефтяного кокса из остаточных нефтепродуктов технология производства низкосерного кокса из местных нефтяных остатков, таких как гудрон и асфальт, включена в перечень «Перспективные разработки, внедряемые в практику на 2022–2023 годы» АО «Узбекнефтегаз» (справка АО «Узбекнефтегаз» № 03-17-5/136 от 13 сентября 2023 года). В результате это позволяет получать адсорбент, заменяющий импортный, для очистки сточных вод от нефтепродуктов.

Технология очистки сточных вод от нефтепродуктов с использованием полученного углеродного адсорбента также включена в перечень «Перспективные разработки, внедряемые в практику на 2022–2023 годы» АО «Узбекнефтегаз» (справка АО «Узбекнефтегаз» № 03-17-5/136 от 13 сентября 2021 года). В результате достигается очистка сточных вод от нефтепродуктов на 88–93%.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования обсуждались на 2 республиканских и 6 международных научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации и её материалам опубликовано всего 15 научных работ. Основные научные результаты диссертации рекомендованы к публикации в научных изданиях, одобренных Высшей аттестационной комиссией: 7 статей, из которых 5 опубликованы в республиканских и 2 в зарубежных журналах.

**Объём и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объём диссертации составляет 107 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и необходимость проведённого исследования, описаны цель и задачи исследования, объект и предмет, показана соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике. Изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении результатов в практику, публикациях и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Современные методы производства низкосерного кокса и аналитические исследования (анализ литературы)»** подробно освещены современные методы получения кокса с низким содержанием серы, общие представления о нефтяном коксе и его видах, классификация, а также зарубежные данные, касающиеся методов снижения содержания серы в составе нефтяного кокса и технологий улучшения его качества. На основе анализа литературных данных сформулированы цель и задачи настоящего исследования.

Во второй главе диссертации, под названием **«Современные методы определения объектов исследования и физико-химических свойств при получении низкосерного нефтяного кокса»**, приведены данные о выборе объекта исследования, методах снижения содержания серы, оценке качества нефтяного кокса, о вторичных продуктах, образующихся при переработке нефти в Республике, а также сведения о содержании серы в нефтяном коксе и показателях качества согласно требованиям ГОСТ.

Схема блока коксования под давлением в лабораторных условиях представлена на рисунке 1. В ходе экспериментов для поддержания необходимого температурного режима реактора использовалась печь №1 для автономного нагрева стенок и днища коксующего реактора №2. Процесс нагрева печи осуществляется через лабораторные автотрансформаторы №3 с обеспечением необходимого напряжения.

Для обеспечения равномерного распределения температурного поля в сечении реактора его диаметр был принят не менее 50 мм, а высота — 250 мм. Для переработки большего количества сырья используется реактор с внутренним диаметром 100 мм и высотой 250 мм. Реакторы изготовлены из нержавеющей стали (12Х18Н1 ОТ), что позволяет значительно расширить диапазон температур в процессе коксования.

Перед точкой установки 6-клапана установлен зубчатый разъём, обеспечивающий проведение процессов коксования, спуска, очистки и сбора кокса, а также демонтаж реактора после загрузки сырья. Этот механизм позволяет отделять лабораторное устройство от реактора автономно.

Для снижения выхода газа из верхней части реактора при коксовании под давлением применяются специальные уплотнительные элементы, обеспечивающие герметичность. К ним относятся эластичные уплотнители,

соединительные кольца на концах труб, а также герметичные материалы, обёрнутые с внешней стороны алюминиевой фольгой.

Измерение температуры в верхней и нижней частях реактора осуществляется термопарами хромель-алюмель типа ТХА, установленных в специальные защитные трубки (термовеллы) на крышке реактора, расположенные на расстоянии 50 мм от верхней и нижней частей реактора. Термоэлектрическое напряжение, возникающее при изменении температуры, фиксируется с помощью многоточечного стационарного потенциометра 4-го класса марки А 565-002-02. В условиях эксперимента точность измерения температуры составляет ±1,0 °С.

Охлаждение паров, образующихся в процессе коксования, осуществляется с помощью теплообменного оборудования типа «труба в трубе» (рисунок 7), через которое проходит поток газа и жидкости из реактора. Для предотвращения преждевременного засорения внутренней трубы при охлаждении парафиновых фракций используется горячий пар, а для ароматических остатков — холодный пар.

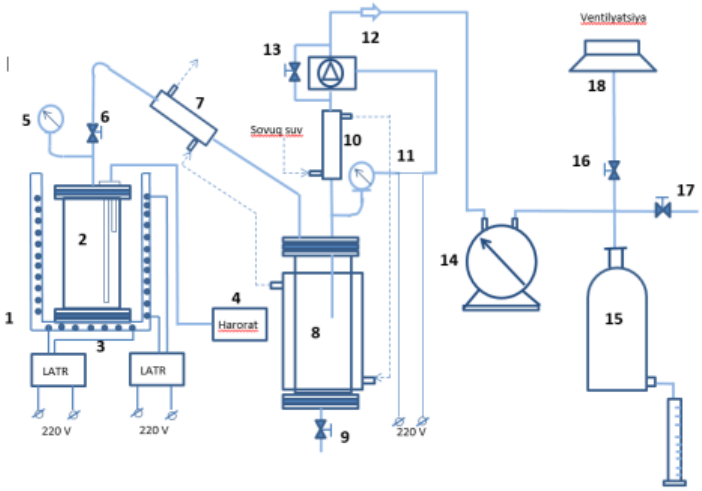



**Рисунок 2 – Схема лабораторного блока коксования под давлением.**

1 – печь; 2 – реактор; 3 – лабораторные автотрансформаторы; 4 – потенциометр; 5 – манометр; 6, 9, 13, 16, 17 – клапаны; 7, 10 – охладители; 8 – сепаратор-охладитель; 11, 12 – электромеханические схемы; 14 – газомер; 15 – газометр; 18 – вентиляция.

Сбор дистиллята коксования осуществляется в сепараторе 8 с внутренним диаметром 50 мм и высотой 380 мм. Для спуска дистиллята после коксования в сепаратор установлен дренажный клапан 9. Если сепаратор 8 и дренажный клапан 9 засоряются коллоидным осадком, образующимся из смеси коксового порошка и дистиллята, процесс очистки проводится путем открытия верхнего и нижнего люков соединения.

Для уменьшения потерь жидких коксовых продуктов через газы пары и жидкости из реактора подводятся в сепаратор 8 через трубу, установленную на расстоянии 150 мм от охладителя. Если используется коксующее сырье с большим содержанием ароматических компонентов, сепаратор 8 оснащается охладителем типа «труба в трубе» для обеспечения полного охлаждения. На выходе сепаратора 8 для уменьшения потерь жидких фракций С5 установлен охладитель «труба в трубе» 10. Этот охладитель позволяет отделять жидкости от коксовых газов при температуре дистиллята выше 50 °С.

Для определения объема отделяющихся газов в процессе коксования используется газоучетчик GSB-400 типа 14. Для отбора проб и расчета средних значений потерь и состава коксовых газов применяется стандартный стеклянный газоуловитель 15, заполненный концентрированным водным раствором хлорида натрия, подкисленный соляной кислотой и с индикатором фенолфталеином.

В лаборатории учет паров и газов, выделяющихся из остатков в реакторе 2, осуществляется в основном с помощью системы автоматического контроля давления. Установка и контроль давления выполняются автоматическим регулирующим клапаном 6, который поддерживает заданное давление в системе через электромеханическую схему управления. Система включает электрический контактный манометр EKM-1U (позиция 11) и импульсный пневматический клапан (INK), стабилизирующий давление между реактором и газоразделителем (сепаратором). Автоматический модуль управления фиксирует превышение давления выше установленного предела и обеспечивает безопасный выпуск избыточного газа.

Контроль давления в реакторе без сепаратора ограничен минимальной температурой работы пневматического импульсного клапана (200 °C). Электромеханическая схема обеспечивает автоматическое снижение давления в системе реактор–сепаратор при превышении заданного уровня. Стабильное снижение давления достигается с помощью импульсного пневматического клапана (IPK) и газового клапана с переменным отверстием, которые посредством электрического контактного манометра снимают импульс избыточного давления.

Для определения влияния температуры коксования на выход конечного продукта проведены экспериментальные исследования в диапазоне температур 470–500 °C. Результаты экспериментов и материальные балансы представлены в таблице 1.

**Таблица 1**

Материальные балансы коксования тяжелых нефтяных остатков при изменении температуры

| Наименование | Смола | | ОККГМ | | OPQ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 500 °C | 470 °C | 500 °C | 470 °C | 500 °C | 470 °C |
| Выход газов | 12,2 | 16,0 | 17,4 | 15,4 | 7,4 | 17,0 |
| Количество дистиллятов | 60,8 | 55,1 | 58,5 | 52,8 | 65,0 | 52,7 |
| Кокс | 27,0 | 28,9 | 24,1 | 31,8 | 27,6 | 30,2 |

Из данных таблицы 1 видно, что повышение температуры коксования при всех экспериментальных условиях значительно увеличивает выход дистиллятных продуктов. При этом количество образующегося твердого остатка — кокса — уменьшается с ростом температуры. Это наглядно подтверждает выявленные в ходе экспериментов тенденции, а также положительное влияние температурного параметра на производительность процесса.

В данном исследовании для обеспечения максимальной экономической эффективности процесса коксования различных типов перерабатываемого сырья были рекомендованы следующие оптимальные диапазоны давления: для деасфальтизируемых остатков (дкО) — 0,6–0,7 МПа; для асфальтосодержащих фракций — 0,25–0,35 МПа; для смолы — 0,35–0,45 МПа.

Для изучения влияния параметров давления на эффективность процесса в таблице 2 приведены результаты изменения давления коксования на материальный баланс на примере смеси смолы и тяжелой фракции каталитического крекинга.

**Таблица 2**

Материальные балансы тяжелых нефтяных остатков при изменении давления коксования

| Наименование | Смола | | ОККГМ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,2 MPa | 0,4 MPa | 0,3 MPa | 0,4 MPa | 0,5 MPa | 0,6 MPa |
| Выход газов | 12,5 | 12,2' | 16,5 | 17,4 | 19,0. | 19,9 |
| Количество | 66,0 | 60,8 | 62,5 | 58,5 | 53,2 | 50,2 |
| Кокс | 21,5- | 27,0 | 21,0 | 24,1 | 27,8-’ | 29,9 |

Согласно данным таблицы 2, эффективность снижения давления коксования смолы с целью увеличения числа дистиллятных фракций определяется как получение низкосернистых нефтяных остатков. Результаты научных исследований по технологии коксования нефтяной смолы показывают, что при низком давлении остатка выход кокса и газовых продуктов снижается, в то время как выход жидких фракций, получаемых дистилляцией, увеличивается. Это позволяет эффективно перерабатывать высокосернистые нефтяные остатки при процессе коксования под низким давлением. В результате увеличивается возможность выделения дистиллятного сырья, необходимого для современных технологий переработки, таких как гидрокрекинг и гидрогенизация.

В третьей главе диссертации, озаглавленной «Экспериментальный анализ продуктов коксования и их качественные и количественные показатели», приведены сведения о условиях получения низкосернистого нефтяного кокса из тяжелых фракций.

Для детального изучения состояния процесса коксования первоначально были проведены исследования отдельных видов сырья — смолы, асфальтосмолистых остатков и тяжелых фракций каталитического крекинга. Эти начальные эксперименты были направлены на установление влияния состава сырья и технологических параметров на качественные и количественные показатели образования кокса. В дальнейшем эксперименты охватывали смеси этих видов сырья с целью выявления их синергетического или антагонистического воздействия. В таблице 3 приведен состав использованного сырья и основные технологические условия, примененные в процессе коксования.

**Таблица 3**

Состав сырья и значения рабочих параметров коксования.

| № | Gudron, % | OKKF, % | Asfalten % | Temperatura, °C | Bosim, MPa |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | - | - | 495-500 | 0,2 |
| 2 | 100 | - | - | 495-500 | 0,4 |
| 3 | - | 100 | - | 495-500 | 0,3 |
| 4 | - | 100 | - | 495-500 | 0,4 |
| 5 | - | 100 | - | 495-500 | 0,5 |
| 6 | - | 100' | - | 495-500 | 0,6 |
| 7 | 96 | 4 | - | 495-500 | 0,4 |
| 8 | 80 | 20 | - | 495-500 | 0,4 |
| 9 | 60 | 40 | - | 495-500 | 0,4 |
| 10 | 40 | 60 | - | 495-500 | 0,4 |
| 11 | 20 | 80 | - | 495-500 | 0,4 |
| 12 | - | - | 100 | 495-500 | 0,4 |
| 13 | 94 | - | 6 | 495-500 | 0,4 |
| 14 | 90 | 4 | 6 | 495-500 | 0,4 |
| 15 | 70 | - | 30 | 495-500 | 0,4 |
| 16 | 40 | 20 | 40 | 495-500 | 0,4 |
| 17 | 40 | 40 | 20 | 495-500 | 0,4 |
| 18 | 20 | 40 | 40 | 495-500 | 0,4 |
| 19 | 30 | - | 70 | 495-500 | 0,4 |
| 20 | - | 70 | 30 | 495-500 | 0,4 |
| 21 | - | 40 | 60 | 495-500 | 0,4 |

В таблице 3 приведены показатели материального баланса процесса коксования, проведенного в лабораторных условиях на основе смешанного сырья, состоящего из тяжелых нефтяных остатков, с использованием установки коксования под давлением на Ферганском нефтеперерабатывающем заводе.

**Таблица 3**

Материальные балансы коксования тяжелых нефтяных остатков

| Номер опыта | **Выход продуктов коксования**, %. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Газы | Бензин н.к. до 200 °C | Легкие нефтепродукты 200–350 °C (ЛКД)) | Тяжелые нефтепродукты 350 °C (ТКД)) | Кокс |
| 1 | 12,5 | 15,7 | 30,8 | 19,5 | 21,5 |
| 2 | 12,2: | 15,4 | 30,9 | 14,5 | 27,0 |
| 3 | 16,5 | 9,1 | 23,3 | 30,1 | 21,0 |
| 4 | 17,4 | 9,1 | 23;5 | 25,9 | 24,1 |
| 5 | 19,0 | 8,5 | 23,6 | 21,1 | 27,8 |
| 6 | 19,9 | 8,1 | 23,8 | 18,3 | 29,9 |
| 7 | 13,9 | 14,3 | 32,0 | 13,3 | 26,5 |
| 8 | 14,0 | 15,3 | 29,1 | 15,4 | 26,2 |
| 9 | 15,2 | 13,4 | 27,8 | 18,0 | *25,6* |
| 10 | 16,1 | 11,6 | 27,0 | 20,2 | 25,1 |
| 11 | 16,9 | 9,8 | 25,1 | 23,7 | 24,5 |
| 12 | 7,4 | 10,9 | 51,0 | 3,1 | 27,6 |
| 13 | 13,0: | 14,5 | 32,0 | 13,4 | 27,1 |
| 14 | 13,4 | 14,0 | 32,1 | 13,6 | 26,9 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 10,9 | 14,1 | 36,9 | 11,0 | 27,1 |
| 16 | 11,0 | 12,6 . | 38,1 | 11,6 | 26,7 |
| 17 | 12,1 | 13;0- | 32,7 | 16,3 | 25,9 |
| 18 | 11,5 | 11,8 | 36,9 | 13,7 | 26,1 |
| 19 | 8,8 | 10,7 | 46,7 | 6,5 | 27,3 |
| 20 | 13,7 | 8,8. | 36,1 | 16,1 | 25,3 |
| 21 | 11,4 | 8,9 | 41,8 | 11,4 | 26,5 |

Состав газообразных побочных продуктов, образующихся в процессе коксования (обычно называемых газовыми конденсатами), был изучен на основе смолы (смолистого) сырья. Согласно результатам анализа, компоненты полученной газовой смеси распределены следующим образом: водород — 0,15 %, сероводород — 5,05 %, метан — 24,87 %, этан — 19,84 %, этилен — 2,16 %, пропан — 18,45 %, пропилен — 5,54 %, изобутан — 1,76 %, n-бутан — 6,59 %, бутил — 6,58 %, изопентан — 6,12 %, n-пентан — 2,34 %, амилены — 3,53 %, углеводороды $C_6$ и выше — 2,02 %. Общая плотность данной газовой смеси составила 1,29 г/л.

Благодаря наличию высокомолекулярных углеводородов эта газовая фракция обладает высокой теплотворной способностью, что позволяет использовать её в качестве носителя энергии или как сырье для различных химических переработок. Однако ввиду присутствия сероводорода и ненасыщенных углеводородов требуется проведение глубокой очистки и разделения на компоненты перед практическим применением. Исследование влияния давления в диапазоне от 0,3 до 0,6 МПа на выход продуктов коксования, полученных из тяжелых фракций каталитического крекинга, показало, что повышение давления приводит к последовательным и направленным изменениям распределения и состава продуктов.

Для бензиновой фракции наблюдается уменьшение содержания серы, плотности и йодного числа, что указывает на возрастание доли парафиновых углеводородов, что подтверждается экспериментальными данными. Аналогичная тенденция отмечена для легкой коксованной газойльной фракции: плотность и йодное число снижаются, однако содержание серы увеличивается. Следует отметить, что выход данной фракции практически не зависит от изменений давления.

Напротив, выход тяжелой коксованной газойльной фракции значительно снижается — с 30,1 % до 18,3 %, при этом плотность уменьшается, а содержание серы увеличивается.

Выход кокса увеличивается примерно на 42 %, в результате чего его доля в общей массе повышается с 21,0 % до 29,9 %. Содержание серы и золы в коксе практически не изменяется при изменении давления, однако повышение давления улучшает внутреннюю структуру кокса и увеличивает его истинную плотность с 2,09 г/см³ до 2,12 г/см³.

В таблицах 4 и 5 приведены данные о качественных параметрах бензиновой фракции, легких и тяжелых фракциях, полученных при коксовании, а также о количестве кокса, выделяемого в качестве конечного продукта.

**Таблица 4**

Физико-химические свойства бензиновой фракции и легкой коксованной газойли, образующихся в процессе коксования

| Tajriba raqami | Benzin n.k. - 200 °C | | | Yengil neft mahsuloti 200 - 350 °C | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Oltingugurt miqdori, % | Iod soni, rJ2/100r | Zichlik, g/sm$^3$ | Oltingugurt miqdori, % | Iod soni, rJ2/100r | Zichlik, g/sm$^3$ |
| 1 | 0,43 | 92,0 | 0,751 | 1,39 | 68,0 | 0,856 |
| 2 | 0,45 | 91,0 | 0,784 | 1,44 | 67,0 | 0,861 |
| 3 | 0,14 | 89,4 | 0,796 | 0,59 | 65,0 | 0,875 |
| 4 | 0,13 | 87,1 | 0,794 | 0,61 | 63,0 | 0,869 |
| 5 | 0,13 | 85,0 | 0,792 | 0,73 | 61,0 | 0,863 |
| 6 | 0,12 | 83,4 | 0,789 | 0,75 | 59,0 | 0,857 |
| 7 | 0,48 | 87,1 | 0,756 | 1,35 | 63,8 | 0,861 |
| 8 | 0,39 | 89,7 | 0,786 | 1,36 | 67,0 | 0,863 |
| 9 | 0,33 | 89,1 | 0,788 | 1,00 | 66,2 | 0,864 |
| 10 | 0,27 | 88,4 | 0,790 | 0,93 | 65,3 | 0,866 |
| 11 | 0,20 | 87,8 | 0,792 | 0,75 | 64,5 | 0,867 |
| 12 | 0,08 | 79,5 | 0,928 | 0,16 | 45,0 | 0,996 |
| 13 | 0,44 | 90,3 | 0,760 | 1,30 | 65,7 | 0,869 |
| 14 | 0,42 | 90,2 | 0,757 | 1,22 | 65,5 | 0,875 |
| 15 | 0,34 | 87,6 | 0,820 | 1,04 | 60,4 | 0,902 |
| 16 | 0,24 | 85,6 | 0,833 | 0,72 | 57,4 | 0,917 |
| 17 | 0,25 | 87,1 | 0,811 | 0,87 | 61,1 | 0,891 |
| 18 | 0,18 | 84,8 | 0,834 | 0,50 | 56,6 | 0,918 |
| 19 | 0,19 | 82,9 | 0,868 | 0,60 | 51,6 | 0,956 |
| 20 | 0,14 | 85,9 | 0,797 | 0,54 | 48,1 | 0,902 |
| 21 | 0,13 | 83,1 | 0,842 | 0,38 | 47,4 | 0,945 |

**Таблица 5**

Физико-химические показатели тяжелой коксованной газойли и кокса

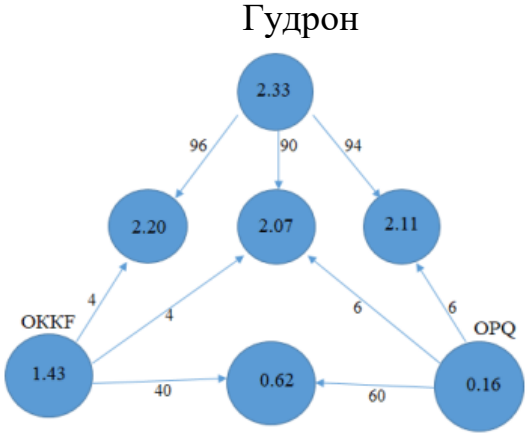
| Tajriba raqami | Og'ir neft mahsuloti 350 °C — к.к. | | Koks | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Oltingugurt miqdori, % | Zichlik, g/sm$^3$ | Oltingugurt miqdori, % | Uchuvchan moddalar miqdori.% | Kul miqdori, % massa. |
| 1 | 1,56 | 0,926 | 2,22 | 3,2 | 0,306 |
| 2 | 1,67 | 0,934 | 2,33 | 3,0 | 0,320 |
| 3 | 1,44 | 0,952 | 1,41 | 4,4 | 0,082 |
| 4 | 1,47 | 0,945 | 1,43 | 4,5 | 0,080 |
| 5 | 1,49 | 0,938 | 1,45 | 4,6 | 0,084 |
| 6 | 1,51 | 0,932 | 1,47 | 4,7 | 0,087 |
| 7 | 1,54 | 0,936 | 2,20 | 3,0 | 0,297 |
| 8 | 1,62 | 0,936 | 2,17 | 3,3 | 0,270 |
| 9 | 1,59 | 0,938 | 2,01 | 3,5 | 0,230 |
| 10 | 1,55 | 0,940 | 1,82 | 3,8 | 0,180 |
| 11 | 1,52 | 0,943 | 1,63 | 4,1 | 0,140 |
| 12 | 0,30 | 1,060 | 0,16 | 2,4 | 0,045 |
| 13 | 1,48 | 0,937 | 2,11 | 2,9 | 0,293 |
| 14 | 1,46 | 0,938 | 2,07 | 3,0 | 0,283 |
| 15 | 1,12 | 0,971 | 1,69 | 2,8 | 0,230 |
| 16 | 1,06 | 0,986 | 1,28 | 3,0 | 0,182 |
| 17 | 1,21 | 0,963 | 1,54 | 3,4 | 0,193 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 0,94 | 0,988 | 1,09 | 3,3 | 0,127 |
| 19 | 0,65 | 1,021 | 0,80 | 2,5 | 0,139 |
| 20 | 1,02 | 0,966 | 0,98 | 3,8 | 0,090 |
| 21 | 0,75 | 1,010 | 0,62 | 3,2 | 0,075 |

В процессе смешивания различных компонентов изменения состава коксующегося сырья происходят в соответствии с определёнными законами смешения. Продукты, образующиеся на основе таких смесей, как правило, проявляют физико-химические свойства компонента, массовая доля которого в смеси является наибольшей. Поэтому доминирующий компонент смеси играет решающую роль в формировании конечных продуктов, в частности, в формировании качества и структуры кокса.

Например, при совместном коксовании смолы и тяжелой каталитической крекинг-газойльной смеси в результате увеличения доли тяжелой газойли в образовавшемся коксе преобладают элементы анизотропной (ориентированной) структуры. Такие свойства обычно характерны только для кокса, полученного из тяжелой каталитической крекинг-газойли отдельно. Этот факт наглядно демонстрирует, как состав сырьевой смеси и технологические условия коксования влияют на формирование микроструктуры кокса.

На рисунке 2 приведены данные о содержании серы в образцах кокса, полученных как из отдельных компонентов сырья, так и из их различных смесей. Эти значения были определены на основе экспериментальных исследований, проведённых ООО «Ферганский нефтеперерабатывающий завод», с учётом реального составного соотношения тяжёлых нефтяных остатков, использованных в эксперименте.




На рисунке показано, что цифры внутри кругов обозначают массовую долю серы в составе полученного кокса, а значения вдоль линий отражают массовое содержание отдельных компонентов сырья. Из данных рисунка видно, что содержание серы в образцах кокса значительно варьируется. Результаты исследования показывают, что низкосернистый кокс в основном получают коксованием остатков гидрокрекинга, термических крекинговых конденсатов или их смесей.

Одним из методов снижения содержания серы в коксе является термическая очистка, при которой сера удаляется через термодесульфуризацию при высокой температуре. Этот метод эффективен

для коксов с содержанием серы выше 2,5 %. Однако для коксов с серой менее 2,5 % его практическая эффективность ограничена. Для более глубокой очистки такого кокса требуется значительное повышение температуры или удвоение времени кальцинации (термообработки). При этом повышение температуры отрицательно влияет на эксплуатационные свойства кокса, такие как механическая прочность и электропроводность, а длительная обработка снижает технологическую эффективность и существенно увеличивает энергозатраты.

Четвёртая глава диссертации, озаглавленная «Технологическая схема получения кокса из остаточных нефтепродуктов и экономические показатели», посвящена технологической схеме производства низкосернистого кокса и расчету его экономической эффективности.

Сырьё — смола, остатки крекинга или их смеси — через насос 1 распределяется на два параллельных потока и подается в нижние и верхние экранированные трубы печей 2 и 3. В этих печах материалы нагреваются до 350–380 °C, после чего предварительно разогретое сырьё подается в нижнюю часть колонны 9, а именно на верхний каскад пластин. Одновременно высокотемпературные газы и пары, образующиеся в двух параллельных рабочих камерах (5 или 5'), также направляются под эти пластины. Поток газа-пар, поднимающийся вверх внутри колонны, взаимодействует с сырьём, опускающимся вниз: тяжёлые фракции паров конденсируются и впитываются в сырьё, образуя вторичное сырьё, смешанное с конденсатом, в нижней части колонны. Лёгкие фракции в составе сырья, взаимодействуя с высокотемпературным паром, испаряются и поднимаются в верхнюю часть колонны 9.

Вторичное сырьё, отделённое из нижней части колонны 9, насосом 6 возвращается в роликовые печи 2 и 3, в трубы верхней части зоны конвекции, а также на правые печи и потолочные экраны. Эта система труб называется «реакционная петля», где вторичное сырьё нагревается до 490–510 °C. Для предотвращения образования кокса в трубах подаётся около 3 % массы вторичного сырья в виде высоконагретого водяного пара — турбулятора, увеличивающего скорость потока в реакционной петле. При необходимости поток пара может направляться в колонны 10 и 11.

Газо-жидкая смесь, образующаяся в печах 2 и 3, через четырёхходовые краны 7 подается параллельно в две активные камеры 5. В это время оставшиеся две камеры (5') готовятся к следующему технологическому циклу. Горячее сырьё поступает в камеры сверху, постепенно заполняя их. Камеры имеют большой объём: внутренний диаметр 4,6–5,5 м, высота 27–28 м. Длительное пребывание сырья в камерах обеспечивает глубокое разложение, при котором образующиеся пары постоянно выводятся через верх камеры в колонну 9, а тяжёлые остатки оседают внизу. Жидкий остаток постепенно карбонизируется, образуя кокс.

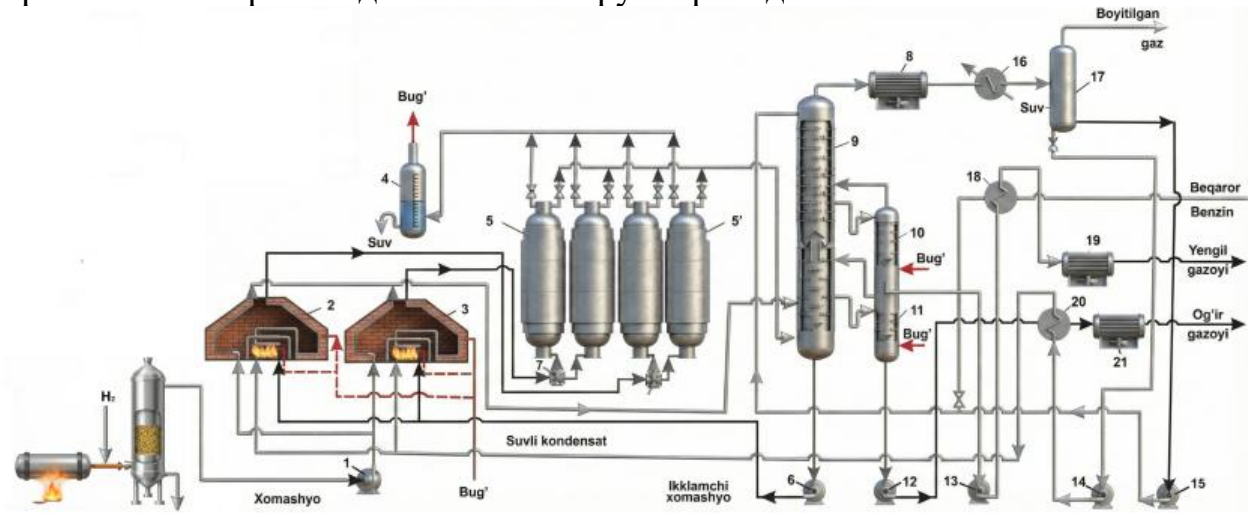
Фракционирование коксующегося продукта выполняется в колонне 9: из верхней части отделяются бензиновые пары, водяной пар и коксующийся газ. Газообразные продукты сначала проходят через воздухоохладитель 8, затем

через водяной охладитель 16 для дополнительного охлаждения. После охлаждения образовавшаяся смесь направляется в водо-газоотделитель 17, где разделяется на конденсат, нестабильный бензин и влажные газовые компоненты.

Часть нестабильного бензина насосом 15 подаётся на верхнюю часть колонны 9 для промывки, а оставшийся баланс бензина нагревается через теплообменник 18 и направляется в стабилизационное отделение. Водно-конденсатная часть, отделённая в водо-газоотделителе 17, через насос 14 подаётся в теплообменник 20 и далее в нагреватели паров печей 2 и 3.

После разделения лёгких и тяжёлых газойлей в колоннах 10 и 11, потоки транспортируются насосами 13 и 12 через технологические линии: сначала через теплообменник 18 для нагрева нестабильного бензина, затем через теплообменник 20 для подогрева водного конденсата и далее охлаждаются в аппаратах 19 и 21 перед отправкой в специально предназначенные резервуары для хранения.

Камеры, заполненные коксом, выводятся из технологической системы. Для полного удаления оставшихся жидких продуктов и нефтяного пара внутрь камер подаётся водяной пар для продувки. Отделённые продукты первоначально направляются в колонну 9. После снижения температуры кокса до 400–405 °C пары направляются в приёмник 4. Подача водяного пара продолжается до тех пор, пока температура кокса не снизится до 200 °C. На следующем этапе камеры охлаждаются водой, которая собирается в приёмнике 4 через соединительный трубопровод.




**Технологическая схема коксового аппарата с медленно движущимися камерами без нагрева:**

1, 6, 12–15 — насосы; 2, 3 — трубчатые печи; 4 — сборник; 5, 5 — камеры медленного коксообразования; 7 — четырёхходовой кран; 8, 19, 21 — воздушные охладители; 9 — ректификационная колонна; 10, 11 — колонны испарителя; 16 — охладитель; 17 — сепаратор;18, 20 — теплообменники.

В таблице 4.1 приведены показатели цен на низкосернистый кокс на предприятиях Казахстана, России и Узбекистана, а также на предприятии, где получен нами данный продукт.

**Таблица 6**

Цены на низкосернистый кокс в Казахстане, России, Узбекистане и на исследуемом предприятии

| **Регион производства** | **Единица измерения** | **Цена нефтяного кокса, сум** |
|---|---|---|
| Низкосернистый кокс | | |
| Казахстан | 1 тонна | 3 859 500 |
| Россия | 1 тонна | 4 108 500 |
| Узбекистан («Ферганский | 1 тонна | 3 486 000 |

Расчётная калькуляция материальных затрат по ценам 2024 года приведена в таблице 4.2.

**Таблица 7**

Расчётная калькуляция материальных затрат по ценам 2024 года

| Наименование материалов | Единица измерения | Количество | Цена за единицу, сум | Стоимость (с учетом НДС), сум |
|---|---|---|---|---|
| Для получения 1 тонны низкосернистого кокса | | | | |
| Экстракт | t | 0,250 | 1 400 000 | 350000 |
| Гудрон | t | 0,500 | 2 500 000 | 1250000 |
| Гач | t | 0,150 | 2 250 000 | 337500 |
| Асфальтен | t | 0,100 | 3800000 | 380000 |
| | | | Итого:<br>Заработная плата:<br>Прочие расходы<br>Всего | 2290000<br>48 500<br>700 000<br>3066000 |

В соответствии с пунктом 7.8.9 РН 39.0-137:2017 экономическая эффективность низкосернистого кокса, полученного из нефтяных остатков и способного заменить импортный игольчатый кокс, рассчитывается по следующей формуле:

$$Э = \left( \frac{В_и \times К_в}{К_{вз}} - З_{их} \right) \times А_{но}$$

Годовой ожидаемый экономический эффект от использования низкосернистого нефтяного кокса, предназначенного для металлургической и электродной промышленности:

$$Э = (\frac{330 \times 12450}{1} - 3066000) \times 1000 = 1\,042\,500\,000 \text{ сум}$$

## ВЫВОДЫ

Основные научные и практические результаты, полученные при выполнении диссертационной работы, заключаются в следующем:

1. Предлагается решение проблемы переработки тяжелых нефтяных остатков на АО «Ферганский НПЗ» с использованием двухступенчатой схемы коксования. Этот технологический подход обеспечивает достижение следующих основных экономических и технических результатов:

- Полная переработка до 600 тыс. тонн вакуумной смолы (катрана) в год с получением дистиллятов в объеме 465 тыс. тонн/год;
- Эффективное использование низкосернистых остатков с производством до 76,5 тыс. тонн в год низкосернистого кокса для алюминиевой промышленности и дополнительно до 145 тыс. тонн побочной продукции;
- Сокращение срока окупаемости инвестиций до 2,8 лет;
- Увеличение чистой прибыли компании на 750 млн сум в год.

Данный подход обеспечивает не только максимально эффективное использование существующих ресурсов, но и повышает экономическую эффективность.

2. Создана модель линейной регрессии с одной переменной для анализа основных параметров кокс-продуктов, включая качество и количество, на основе химического состава сырья и давления коксования. Точность и эффективность моделей проверены с использованием экспериментальных данных, полученных в лабораторных условиях при двухступенчатом процессе коксования. Полученные регрессионные уравнения позволяют оценивать качество продукции и выполнять расчеты для коксовых установок.

3. Разработан метод коксования на основе лабораторного процесса переработки. Результаты исследований показали, что выполнение третьей стадии коксования обеспечивает эффективную и достаточную переработку для поддержания сбалансированного процесса.

4. Влияние качества переработки на содержание серы в коксе подтверждено лабораторными исследованиями. Исследования показали, что для снижения содержания серы при использовании высокоароматического сырья эффективны схемы с низкими коэффициентами рециркуляции или безрециркуляционное коксование.

5. В условиях АО «Ферганский НПЗ» установлено, что при использовании только низкосернистых остатков возможно производство низкосернистого кокса с содержанием серы 0,52–0,98% и высокой долей анизотропной структуры. Этот метод позволяет ежегодно производить до 36 тыс. тонн продукции, предназначенной для электродов.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES DSc. 03/2025.27.12.T.42.01 UNDER TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

**INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

**ABDURAHMONOV ABROR BARATOVICH**

**02.00.08 - Oil and gas chemistry and technology**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent - 2026**

**The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) on the technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan under number B2024.4.PhD/T5022**

The dissertation has been carried out at the Institute of General and Inorganic Chemistry
The abstract of dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, Yenglish (abstract)) on the Scientific Council website www.tkti.uz and on the website of «ZiyoNet» information and educational portal www.ziyonet.uz

| | |
|---|---|
| **Scientific advisor:** | **Khamidov Basit Nabievich**<br>Candidate of Technical Sciences, professor |
| **Official opponents:** | **Fazilov Sadriddin Faizullaevich**<br>Doctor of Technical Sciences, Professor |
| | **To'rayev Tolib Bozorovich**<br>Doctor of Technical Sciences, Professor |
| **Leading organization:** | **Tashkent State Technical University.I.Karimov** |

The defense will take place on «3. 09» 2026 in «1100» at the meeting of Scientific Council DSc.03/2025.27.12.T.42.01 at the Tashkent chemical-technological institute (Address: 100011, Uzbekistan, Tashkent, A. Navoi street, 32. Phone: (+998 71) 244-79-21; fax: (+998 71 244-79-17; Ye-mail: tkti_info@yedu.uz.

The doctoral dissertation can be reviewed at the Informational Resource Centre of Tashkent chemical-technological institute under 434 (Address: 100011, Uzbekistan, Tashkent, A. Navoi street, 32. Phone.: (+998 71) 244-79-21).

The abstract of the dissertation has been distributed on «28» 07 2026
Protocol at the register dated «28» 07 2026

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA'LIM FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

**S.M. Turobjonov**
Chairman of the scientific Council
on awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Kh.I. Kodirov**
Scientific Secretary of the scientific Council for
awarding the scientific degrees
Doctor of Technical Sciences, Professor

**G. Rakhmonberdiev**
Chairman of the scientific seminar under
Scientific Council for awarding the scientific degrees
Doctor of Chemical Sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the research** it consists in developing an efficient method and technological scheme for producing low-sulfur coke in the process of refining petroleum residual products.

**As the object of the research** low-sulfur coke obtained from secondary residual products formed during the processing of petroleum products at the Fergana Oil Refinery was selected.

**The scientific novelty of the research consists of the following:**

low-sulfur coke suitable for the metallurgical industry was obtained from secondary residual products formed during the processing of petroleum products.

during the production of low-sulfur coke from petroleum residues, the influence of the physicochemical properties of the feedstock, the composition of hydrocarbons, and the structure of heteroatomic compounds on the qualitative and quantitative characteristics of coke and distillate products was scientifically substantiated.

the mechanism of the influence of the main technological parameters of the coking process (temperature, pressure, and coking time) on the sulfur content and structural properties of the coke was revealed.

the optimal feedstock composition and coking conditions ensuring the production of low-sulfur coke were comprehensively substantiated for the first time.

the chemical composition, physical properties, and adsorption-structural characteristics of low-sulfur coke obtained from petroleum residues at the oil refinery were characterized.

in the processing of petroleum residual products, the sulfur content in coke produced for the metallurgical industry was reduced to 1.8% by increasing the pressure.

the optimal conditions and parameters of petroleum residues used to obtain coke meeting GOST standards were determined.

**Implementation of the research results.** Based on the scientific results obtained on the production of low-sulfur petroleum coke from petroleum residual products:

the technology for producing low-sulfur coke from local petroleum residues (gudron and asphalt) has been included in the list of “Promising developments to be implemented in 2022–2023” of JSC *Uzbekneftegaz* (Reference No. 03-17-5/136 dated September 13, 2023). As a result, it enables the production of an import-substituting adsorbent used for the purification of wastewater from petroleum products.

the technology for purifying wastewater from petroleum products using the obtained coal-based adsorbent has also been included in the list of “Promising developments to be implemented in 2022–2023” of JSC *Uzbekneftegaz* (Reference No. 03-17-5/136 dated September 13, 2021). As a result, it provides the possibility of purifying wastewater from petroleum products by up to 88–93%.

**Structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The total length of the dissertation is 107 pages.

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

## ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
## LIST of PUBLIShED WORKS

### I бўлим (I часть; I part)


1. Абдурахмонов А.Б., Содиков У.Х., Жумабоев А.Г. Хом ашё таркибидаги олтингугурт миқдори ва унинг коксланган маҳсулотлар сифатига таъсири // Фаргона Политехника институти Илмий-техника журнали 168-171б №8, 2023 й.
https://doi.org/10.5281/zenodo.21216378

2. Abdurahmonov A.B., U. Kaxxarov, S.Ubaydullayeva. Obtaining high-productivity coke from the processing of oil residues // Фарғона Политехника институти Илмий-техника журнали. 2023 й. №9. 131-135 б.
https://doi.org/10.5281/zenodo.21216005

3. А.Б. Абдурахмонов, У. Қаххоров, Б.Н. Хамидов. Нефт қолдиқларидан коксланган маҳсулотларнинг сифат ва миқдорий кўрсаткичлари, сорбцион хусусиятлари // Фаргона Политехника институти Илмий-техника журнали 135-140б №9, 2023 й. https://doi.org/10.5281/zenodo.21216187

4. A.B. Abdurakhmonov. Regeneration of used industrial oils using coke. // The american journal of applied sciencesissn ISSN 2689-0992. 335-338 p.
https://theamericanjournals.com/index.php/tajas/article/view/8228

5. Ф.Г. Рахматкариева, Э.Б. Абдурахмонов, А.О. Жабборов, А.Б. Абдурахмонов. Закономерности адсорбции аммиака в наноструктурированном цеолите lilsx // Universum: химия и биология Выпуск: 4(70) Апрель 2020г. 89-92
https://cyberleninka.ru/article/n/zakonomernosti-adsorbtsii-ammiaka-v-nanostrukturirovannom-tseolite-lilsx


### II бўлим (II часть; II part)


1. Abduraxmonov A.B. Xamidov B.N. Neftni qayta ishlashdan yuqori rentabelli kuydirilgan koks mahsuloti olish // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции. Институт общей и неорганической химии АН РУз. Ташкент 12-14 май 2022 года. https://doi.org/10.5281/zenodo.21216737

2. Abduraxmonov A.B. Xamidov B.N. Dehkonboyev S.N. Neft xom ashyosidan koks ishlab chiqarishni rivojlantirish istiqbollari // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции. Институт общей и неорганической химии АН РУз. Ташкент 12-14 май 2022 года. https://doi.org/10.5281/zenodo.21221389

3. Abduraxmonov A.B., Xamidov B.N. Og’ir neft qoldiq mahsulotlaridan piroliz jarayonida ignasimon koks olish.// Kimyo fanlari doktori, professor X.T.Sharipov xotirasiga bag‘ishlangan “Nodir va Noyob metallar kimyosi va texnologiyasi: bugungi holati, muammolari va istiqbollari” respublika ilmiy-amaliy

konferensiyasi materiallari to‘plami, 2023 yil 28-29 aprel Termiz. https://doi.org/10.5281/zenodo.21221611

4. Abduraxmonov A.B., Xamidov B.N Turli xil neft qoldiqining koksilanishi jarayonlari // Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня создания Института общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан и 80-летию со дня создания Академии наук Республики Узбекистан (16-17 ноября 2023 года) Ташкент-2023. https://doi.org/10.5281/zenodo.21221835

5. Abror Abdurakhmonov, Bosit Khamidov, Sardor Dekhkanov, Marg`uba Abdullayeva,Shavkat Khamidov, and Ahliddin Abdunazarov. Qualitative and quantitative indicators of cokedproducts, sorption characteristics. E3S Web of Conferences 413, 04006 (2023) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341304006 (Scopus).

6. Abduraxmonov Abror Baratovich Kokslanish jarayonining rivojlanishi // Материалы международной научно-технической конференции, посвященной светлой памяти академика МАНЭБ, д.х.н., проф. А.А. Агзамходжаева. 7-8 февраля 2025 года город Термез
https://drive.google. com/file/d/1--1MxQVcVZFIYwgiqEURYTzoedfQfC_ y/view

7. Abduraxmonov Abror Baratovich Koks tarkibida oltingugurt miqdori // Материалы международной научно-технической конференции, посвященной светлой памяти академика МАНЭБ, д.х.н., проф. А.А. Агзамходжаева. 7-8 февраля 2025 года город Термез.
https://drive. google.com/file/d/1--1MxQVcVZFIYwgiqEURYTzoedfQfC_y/view

8._Abdurakhmonov, A. Sulfur concentration in coke // In ACADEMIC RESEARCH IN MODERN SCIENCE (2026. Vol. 5, Number 23, pp. 219–224). Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.21155213

9. Abdurakhmonov, A. Technology for producing low-sulfur coke from petroleum residual products // In THEORETICAL ASPECTS IN THE FORMATION OF PEDAGOGICAL SCIENCES (2026. Vol. 5, Number 11, pp. 121–125). Zenodo.
https://doi.org/10.5281/zenodo.21155254