

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

MAQNİT SAHƏSİNİN TƏSİRİ ALTINDA EKOLOJİ TƏMİZ DİZEL YANACAĞININ ALINMASI

İxtisas: 2314.01 – Neft kimyası

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Babək Gülağa oğlu Abdulov**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2025

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Neft-kimya texnologiyası və sənaye ekologiyası” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: texnika elmlər doktoru, professor
Ələkbər Ağasəf oğlu Həsənov

Rəsmi opponentlər: texnika elmləri doktoru, dosent
Sahib Hacı oğlu Yunusov

texnika elmləri doktoru, professor
Fariz Əli oğlu Əmirli

texnika elmləri doktoru, professor
Fəxrəddin Vəli oğlu Yusubov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.17 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:



texnika elmləri doktoru, dosent
Nizami İbrahim oğlu Mürsəlov

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

texnika elmləri doktoru, dosent
Zaur Zabil oğlu Ağamalıyev

Elmi seminarın sədri:

texnika elmləri doktoru, dosent
Məhəddin Fərhad oğlu Abbasov

İŞİN ÜMUMİ SƏCİYYƏSİ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.

Hal-hazırda dizel yanacağı dünyada ən çox tələb olunan neft məhsullarından biridir. Benzin ilə müqayisədə dizel yanacağı ucuzdur və orta yanacaq sərfi benzin mühərriklərinə nisbətən 25-30% aşağıdır. Dizel mühərrikinin çox yüksək etibarlılığı və səmərəliliyi onun geniş istifadəsini daha da artırır və nəticədə yanacaq bazarında dizel yanacağına olan tələbat illik milyonlarla tona çatır.

Azərbaycan Respublikasında dizelə olan tələbat yüksəkdir və hər il neft emalı zavodu orta hesabla 2 milyon ton dizel yanacağı istehsal edir.¹

Dünyanın müxtəlif ölkələrində daxili yanma mühərriklərindən, xüsusilə Avropa Birliyi ölkələrində tətbiq olunan "Avro" standartı, atmosfərə atılan müxtəlif növ tullantıların buraxıla bilən qatılıq həddini sərt məhdudlaşdırdığına görə dizel yanacağının keyfiyyətinin yüksəldilməsi əsas məsələlərdən biri olaraq qalır.

Dizel yanacağının ekoloji tələblərin sərtləşdirilməsinin əsas səbəbi onun tərkibində olan kükürlü birləşmələrin, aromatik və politsiklik karbohidrogenlərin zərərli təsirləridir. Kükürd əsasən politsiklik aromatik karbohidrogenlərin tərkibində olduğundan onların təmizlənməsi aktual məsələlərdən biridir. Dizel yanacağılarının politsiklik karbohidrogenlərdən təmizlənməsi nəticəsində tüstü qazlarında kanserogen təhlükəli maddələrin azalması müşahidə olunur.²

Hal-hazırda neft emalı sənayesində dizel fraksiyalarının aromatisizləşdirilməsi və kükürdsüzləşdirilməsi müxtəlif proseslərdən, o cümlədən mürəkkəb texnoloji sxemə malik yüksək təzyiqli qurğularda, hidrogenin və katalizatorların iştiraki ilə həyata keçirilir. Digər tərəfdən dizel fraksiyasının aromatik karbohidrogenlərdən və kükürlü birləşmələrdən təmizlənməsi üçün

¹ SOCAR illik hesabat: [Elektron resurs] / – Bakı: Socar, – 2023, – 64 s.
<https://socar.az/az/page/illik-hesabatlar>

² Patel, A.B. Polycyclic aromatic hydrocarbons: sources, toxicity, and remediation approaches / A.B. Patel, S. Shaikh, K.R. Jain [et al.] // Front. Microbiol, – 2020. Vol.11, 562813.

istifadə olunan hidrotəmizləmə prosesinin mümkün olan bütün imkanlarından istifadə edildiyindən daha effektiv üsulun seçilməsi və tətbiqi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Qeyd olunan nöqsanları aradan qaldırmaq, xammal və enerji daşıyıcılarına qənaət etmək üçün alınan məhsulun maya dəyərinin aşağı salınması eləcə də yeni təmizləmə texnologiyasının yaradılması aktual problemdir.

Bu baxımdan dizel yanacağına tərkibindən aromatik və kükürlü birləşmələrin çıxarılması üçün həm regenerasiyası asan başa gələn, həm də ekstragentin ayrılaraq prosesə təkrar qaytarılmasını təmin edən tullantısız maye fazalı ekstraksiya üsulunun tətbiqi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Ekstraksiyanın üstünlüyü aşağıdakı amillərlə müəyyən olunur:

- ekstraksiya mülayim şəraitdə, yəni normal temperatur və təzyiqdə baş verir;
- prosədə ekstragentdən başqa digər reaktivlərdən istifadə olunmur ki, bu da prosesin həm idarə olunmasını asanlaşdırır, həm də rafinat və ekstrakt fazaları bir-birindən asan ayrılmasını təmin edir;
- proses həm fasiləli, həm də fasiləsiz şəraitdə aparılır;
- əlavə enerji tələb olunmur;
- proses tullantısızdır;
- dizel fraksiyasının ekstraksiyası ekstragentin yenidən sisteme qaytarılaraq təkrar istifadəsinə imkan verir.

Dizel fraksiyasının tərkibindən həm aromatik, həm də kükürlü birləşmələrin ekstraksiya üsulu ilə çıxarılması üçün əsas məsələlərdən biri seçici həlledicinin seçilib əsaslandırılmasıdır.

Həllediciyə olan tələbat aşağıdakılardan ibarətdir:

- aromatik və kükürlü birləşmələri həll etmək qabiliyyətinin yüksək olması;
- sıxlığı dizel fraksiyasının sıxlığından fərqli olmalı;
- xammalın vahid miqdarına düşən həlledici sərfinin azalmasına imkan verən paylanma əmsalının yüksək olması;
- istehsalının mövcudluğu;
- maya dəyərinin aşağı olması.

Qeyd olunan tələblərə cavab verən həlledicilərin seçilməsi

istiqamətində təcrübələr aparılmış və ekstragent kimi dizel fraksiyasının təmizlənməsində istifadə olunan N-metilpirrolidondan istifadə olunmuşdur. Bu ekstragentdən istifadə digər həlledicilərə nisbətən yaxşı nəticə verməsinə baxmayaraq alınmış dizel yanacağı AVRO-5 standartlarının tələblərinə cavab vermir.

Yuxarıda göstərilən nöqsanları aradan qaldırmaq, eləcə də texnoloji parametrlərin tənzimlənməsi dairəsini genişləndirmək, onun səmərəliliyini artırmaq, alınan rafinatın maya dəyərini azaltmaq üçün maqnit sahəsinin tətbiqi ilə ekstraksiya prosesinin aparılmasını qarşımıza məqsəd qoyduq. Beləliklə dizel fraksiyasını aromatik karbohidrogenlərdən və kükürlü birləşmələrdən təmizləyib AVRO-5 standartlarına cavab verən dizel yanacağını almaq üçün ilk dəfə olaraq ekstraksiya prosesi maqnit sahəsinin təsiri altında aparılmışdır.

Neft-kimya istehsalında texnoloji proseslərdə xammalın hazırlanması üçün müxtəlif təyinatlı katalizatorlar və kimyəvi reagentlərdən istifadə olunur, lakin ənənəvi kimyəvi üsullar və standart texnologiyalar bir çox hallarda kifayət qədər effektiv olmur. Hazırda alimlər karbohidrogen xammalının aktivləşdirilməsinin fiziki üsullarına daha çox diqqət yetirirlər ki, bunlar arasında ən universal təsir vasitəsi kimi maqnit sahəsinin təsiri mühüm yer tutur.

Tədqiqatın obyektı və predmeti.

H.Əliyev adına NEZ-da neftin ilkin emalından alınan dizel fraksiyasının aromatik karbohidrogenlərdən və kükürlü birləşmələrdən maqnit sahəsinin təsiri altında ekstraksiya üsulu ilə təmizlənməsi prosesinin işlənilib hazırlanmasından ibarətdir. Bu məqsədlə həlledicinin və ekstraktorun seçilib əsaslandırılması tədqiqatın predmetini təşkil edir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.

Tədqiqatın məqsədi H.Əliyev adına NEZ-də neftin ilkin emalından alınan dizel fraksiyasının tərkibində aromatik karbohidrogenlərin miqdarına görə AVRO-5 standartlarına cavab verən dizel yanacağının alınmasından ibarətdir.

Dissertasiya işində ekstragent kimi N-metilpirrolidon (NMP) və onun sirkə, fosfat, sulfat turşuları ilə qarışıqlarından istifadə etməklə dizel fraksiyasının maqnit sahəsinin təsiri altında aromatiksizləşməsi prosesi öyrənilmişdir.

Tədqiqat metodları.

Aparılan təcrübələr zamanı maye xromatoqrafiya, İQ və NMR müasir analiz üsullarından istifadə edilmiş, DÜİST, ASTM standartlarına cavab verən keyfiyyət göstəriciləri təyin olunmuş, riyazi model qurulmuşdur.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar.

H.Əliyev adına NEZ-də neftin ilkin emalından alınan dizel fraksiyasının aromatiksizləşdirmə və kükürdsüzləşdirilməsi yolu ilə ekoloji təmiz dizel yanacağı alınması üçün aşağıdakı məsələlər qarşıya qoyulmuş və öz həllini tapmışdır:

- prosesin seçilib əsaslandırılması;
- ekstraksiya prosesini aparmağa imkan verən effektiv ekstraktorun seçilməsi;
- prosesin effektiv aparılmasını təmin edən ekstragentin seçilməsi;
- prosesin iqtisadi göstəricilərinin aşağı salınması məqsədi ilə müxtəlif həlledicilərin ekstragentə əlavəsi;
- prosesə maqnit sahəsinin təsirinin öyrənilməsi;
- prosesin optimal parametrlərinin təyini;
- prosesin riyazi modelinin tərtibi;
- ekstraksiyanın texniki-iqtisadi göstəricilərinin hesabı;
- sənayeyə tətbiqini nəzərə alan reqlamentin hazırlanması.

Tədqiqatın elmi yeniliyi aşağıdakılardan ibarətdir:

- Neftin ilkin emalından alınan dizel fraksiyasının ilk dəfə olaraq maqnit sahəsinin təsiri altında həlledici kimi N-metilpirrolidondan istifadə etməklə maye fazalı ekstraksiya prosesi aparılmışdır
- Tədqiqat nəticəsində aromatik karbohidrogenlərin miqdarına görə AVRO-5 standartlarına uyğun və kükürdün miqdarı 0,026%(kütlə) olan dizel yanacağı alınmışdır.
- Maqnit sahəsinin təsiri mexanizmini özündə əks etdirən və prosesin sənayeyə çıxışını təmin edən riyazi model işlənib hazırlanmışdır.
- Tərtib edilmiş riyazi model əsasında bütöv və dispers fazalarda kütlə mübadiləsinin təsviri verilmiş, prosesin hərəkətverici qüvvəsi və fazalar arası sərhəd layının xüsusiyyətləri göstərilmişdir.
- Müəyyən olunmuşdur ki, maqnit sahəsinin dizel yanacağına təsirindən homogen, nizamlı və aşağı özlülüklü yeni struktur yaranır ki, bu da aromatik karbohidrogenlərin və kükürlü

birləşmələrin həm molekulyar, həm də konvektiv diffuziya vasitəsilə həllediciyə keçməsinə təmin edir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.

İlk dəfə maqnit sahəsinin təsiri ilə neftin ilkin emalından alınan dizel fraksiyasının ekstraksiya prosesi aparılmış və tərkibində aromatik karbohidrogenlərin miqdarına görə AVRO-5 standartlarının tələblərinə uyğun dizel yanacağı alınmışdır.

Prosesə maqnit sahəsinin təsiri mexanizmi verilmişdir.

Prosesin texniki-iqtisadi göstəriciləri hesablanmışdır. Laboratoriya tədqiqatlarına əsasən hesablamaların nəticəsinə görə məhsulun maya dəyəri 292 Azn/ton təşkil edir. İstehsal olunan hidrogenlə təmizləmədən alınan dizel yanacağının qiymətinin 583 Azn/ton olduğu nəzərə alsaq, 1 ton məhsul üçün iqtisadi səmərə 291 Azn/ton təşkil edir.

Prosesin riyazi modeli işlənib hazırlanmışdır.

Prosesin sənayeyə çıxışını təmin edən reqlamenti verilmişdir.

Aprobasiyası və tətbiqi.

Dissertasiya işinin mövzusunə aid 23 elmi əsər, o cümlədən 10 məqalə (onlardan biri xaricdədir), 12 tezis (onlardan 2-si xaricdədir) çap edilmişdir və bir patent alınmışdır. Dissertasiya işinin nəticələri aşağıda göstərilən respublika və beynəlxalq əhəmiyyətli konfranslarda müzakirə olunmuşdur:

Euro-eco hannover 2014 (Environmental and engineering aspects for sustainable living), Hannover, Germany, November 27-28, 2014, Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 92-ci ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistr və gənc tədqiqatçıların “Kimyanın aktual problemləri” IX Respublika Elmi Konfransı, Bakı, Azərbaycan, 7 may, 2015, IV International scientific conference of Young Researchers, Baku, Azerbaijan, 29-30 April, 2016, 72-я Международная Молодежная Научная Конференция «Нефть и газ - 2018», Москва, Россия, 23-26 Апрель, 2018, Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri, Gəncə, Azərbaycan, 04-08 may, 2018, Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri, Gəncə, Azərbaycan, 3 may, 2019, GTDOEK 2020 Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin 100 illik yubileyinə həsr edilmiş gənc tədqiqatçı və doktorantların onlayn Elmi Konfransı, Bakı,

Azərbaycan, 7-8 May, 2020, “Aqrar təsərrüfatların inkişafının yeni istiqamətləri və ətraf mühitin mühafizəsi” mövzusunda respublika elmi konfransı, Bakı, Azərbaycan, 30 Yanvar, 2021, RRPCS-2021 “Postkonflikt vəziyyətlərdə yenidənqurma və bərpa” beynəlxalq elmi konfrans, Bakı, Azərbaycan, Fevral 25-26, 2021, ISCRRPCS-2022 “Postkonflikt vəziyyətlərdə yenidənqurma və bərpa” II beynəlxalq elmi konfransı, Bakı, Azərbaycan, Fevral 24-25, 2022, Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş gənc tədqiqatçı və doktorantların Respublika Elmi Konfransı, GTDREK 2023, Bakı, Azərbaycan, 4-5 May, 2023, Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illiyinə həsr olunmuş “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” mövzusunda beynəlxalq elmi konfrans, Gəncə, Azərbaycan, 5-6 May, 2023.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı: Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Neft-kimya texnologiyası və sənaye ekologiyası” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Müəllifin şəxsi iştirakı. Müəllif dissertasiyaya daxil edilmiş məsələlərin qoyuluşu və aparılan tədqiqatların yerinə yetirilməsi, alınmış eksperimental nəticələrin ümumiləşdirilib şərh edilməsi və məqalələrin yazılmasında şəxsən özü iştirak etmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi: Dissertasiya işi 180 səhifədən ibarət olub girişdən və 4 fəsildən, 89 şəkildən, 4 sxemdən, 31 cədvəldən və 180 adda istinad olunmuş ədəbiyyat siyahısından təşkil olunub. Dissertasiya işinin həcmi cədvəl, şəkil, sxem və istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısı istisna olmaqla 177405 işarədən (giriş – 11680, I fəsil – 51590, II fəsil – 41945, III fəsil – 65930, IV fəsil – 4040, nəticə - 2220) ibarətdir.

Girişdə dissertasiyanın əsas müddəaları verilmiş, dissertasiya işində yerinə yetirilmiş tədqiqatların aktuallığı əsaslandırılmış, işin məqsədi və həllini tələb edən məsələlər, işin elmi yeniliyi, işin praktik əhəmiyyəti və nəticələrin tətbiqi şərh edilmişdir.

Birinci fəsildə dizel yanacaqlarına olan tələbat, onların alınma və aromatik karbohidrogenlərdən, kükürlü birləşmələrdən təmizlənmə üsullarına aid ədəbiyyat materiallarının icmalı verilmiş, təmizlənmə

üsulu kimi maye fazalı ekstraksiya prosesi seçilib əsaslandırılmışdır.

İkinci fəsildə dizel fraksiyasının ekstraksiya üsulu ilə təmizlənməsində həlledici və ekstraktorun növü seçilib əsaslandırılmış, istifadə olunmuş tədqiqat üsulları (**İQ, NMR, Maye xromatoqrafiya**) öz əksini tapmışdır. Bu bölmədə ekstraksiya prosesini maqnit sahəsinin təsiri altında aparmaq üçün istifadə olunan aparatlar, cihazlar haqqında məlumat verilmişdir.

Üçüncü fəsildə dizel fraksiyasının adi və maqnit sahəsinin təsiri altında təmizlənməsi üsulları, hər iki şəraitdə prosesin optimal parametrlərinin müəyyən olunması istiqamətində aparılan tədqiqatların nəticələri verilmişdir. Bu bölmədə maqnit sahəsinin təsiri altında həlledici kimi N-metilpirrolidon və onun turşularla qarışıqından istifadə etməklə aparılan tədqiqatlar öz əksini tapmışdır. Maqnit sahəsinin təsiri altında təmizləmə prosesinin riyazi modeli də bu fəsildə verilmişdir.

Dördüncü fəsildə maqnit sahəsinin təsiri altında ekstraksiya üsulu ilə təmizlənməsi prosesinin blok sxemi və prinsipial texnoloji sxemi verilmişdir və texniki-iqtisadi göstəricilərini əks etdirən hesablamalar aparılmışdır.

Dissertasiya işi alınmış nəticələr və istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısı ilə yekunlaşır.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Neftin ilkin emalından alınan dizel fraksiyasının aromatik karbohidrogenlərdən və kükürlü birləşmələrdən təmizlənməsi prosesi aparılmışdır. Aparılan ədəbiyyat araşdırmaları nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, hal-hazırda neft-kimya sənayesində N-metilpirrolidonu ekstragent kimi digər həlledicilərlə birgə istifadə etdikdə nəticə daha da yaxşı olur. Bundan başqa prosesin effektivliyini artırmaq üçün maqnit sahəsinin təsirindən istifadə olunmuşdur.

Təcrübələrdə ekstragent kimi N-metilpirrolidondan və onun müxtəlif turşularla olan qarışıqlarından ibarət ekstragentlərdən istifadə etməklə adi şəraitdə və maqnit sahəsinin təsiri altında təcrübələr həyata keçirilmişdir. Tədqiqat işində N-metilpirrolidon (MS-TŞ-

KOMP-2-207-10 standartı), ortofosfor turşusu (DÜİST 6552-80), sulfat turşusu (DÜİST 4204-77), sirkə turşusu (DÜİST 61-75) həlledicilərindən istifadə olunmuşdur.

Tədqiqatda maqnit sahəsi elektromaqnit vasitəsilə yaradılmışdır. Elektromaqnit dəmirdən, xüsusi hazırlanmış elektrotexniki dəmir qarışığından, ferromaqnitdən ibarət nüvəyə sarınmış məftildən ibarətdir. Maqnit momenti və elektromaqnitin maqnit sahəsi sarınmış məftil dolağının sayı ilə, hər döngənin kəsiyi ilə və məftildən keçən cərəyanla mütənasibdir.

Eksperimental hissə və istifadə edilmiş tədqiqat metodları

Dizel distillatının ekstraksiya prosesi ilə təmizlənməsi üçün təcrübələr aşağıdakı kimi həyata keçirilir.

Dizel distillatı kolbaya tökülür, qarışdırıcı işə salınır və sonra onun üzərinə həlledici əlavə edilir. Kolbanın temperaturu termometr vasitəsi ilə izlənilir. Yüksək temperaturda aparılan təcrübələrdə yaranan buxar kolbaya birləşdirilmiş əks soyuducuda soyudulur və kondensləşərək yenidən prosesə qaytarılır. Birmərhələli ekstraksiya zamanı ekstragent və xammal eyni zamanda kolbaya doldurulur və proses maddələrin intensiv qarışdırılması ilə həyata keçirilir. Prosesin sonunda kolbanın içərisindəki qarışıq ayırıcı qıfı keçirilir və qarışığın çökməsindən sonra rafinat fazası ekstrakt məhlulundan ayrılır. Aparılan təcrübələr vasitəsilə müəyyən olunmuşdur ki, fazaların tam ayrılması 15 dəqiqə müddətində başa çatır.

Qeyd etmək lazımdır ki, istifadə olunan ekstraksiya prosesi aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

- ekstraksiya daha mülayim şəraitlərdə aparılır;
- qiymətli katalizatorların və hidrogenin istifadə olunma zərurəti aradan qalxır;
- dizel fraksiyasının qaynama sonunun azaldılmasına ehtiyac qalmır, belə ki, dibenzotiofenin (DBT) məkanca çətinləşdirilmiş di- və trialkiltörəmələri ekstraksiya zamanı asanlıqla kənarlaşdırılır və bu, xammal bazasının genişlənməsinə səbəb olur;
- aşağı setan ədədinə malik olan politsiklik aromatik karbohidrogenlər asanlıqla kənarlaşdırılır və beləliklə, bu, dizel yanacağıın setan indeksinin yüksəlməsinə gətirib çıxarır;
- hidrotəmizləmə zamanı çətin kənarlaşdırılan azotlu birləşmələr

effektiv ekstraksiya olunur.

İlkin dizel fraksiyaları və alınmış məhsullar (rafinat və ekstrakt) üçün aşağıdakı keyfiyyət göstəriciləri müəyyən edilmişdir: kükürdün, aromatik karbohidrogenlərin miqdarı, setan ədədi.

Analiz üsulları.

Aromatik karbohidrogenlərin miqdarı sulfat turşusu vasitəsilə udulma reaksiyası və yod ədədi üsulunun köməkliliyi ilə tapılmışdır.

İşdə İQ spektrlər “BRUKER Research Spectrometers” aparatında çəkilmişdir. Nüvə maqnit rezonansı (NMR) elektromaqnit dalğalarının atom nüvələri tərəfindən rezonanslı udulmasıdır ki, bu da öz impuls momentlərinin vektorlarının oriyentasiyası (spinlər) dəyişdikdə baş verir.

Distillatlarda aromatik karbohidrogenlərin təyini - sınma indeksinin aşkarlanması ilə “Agilent 1260 Infinity II” Yüksək Performanslı Maye Xromatoqrafından (HPLC) istifadə olunmuşdur.

Dizel fraksiyasının ekstraksiya üsulu ilə təmizlənməsi.

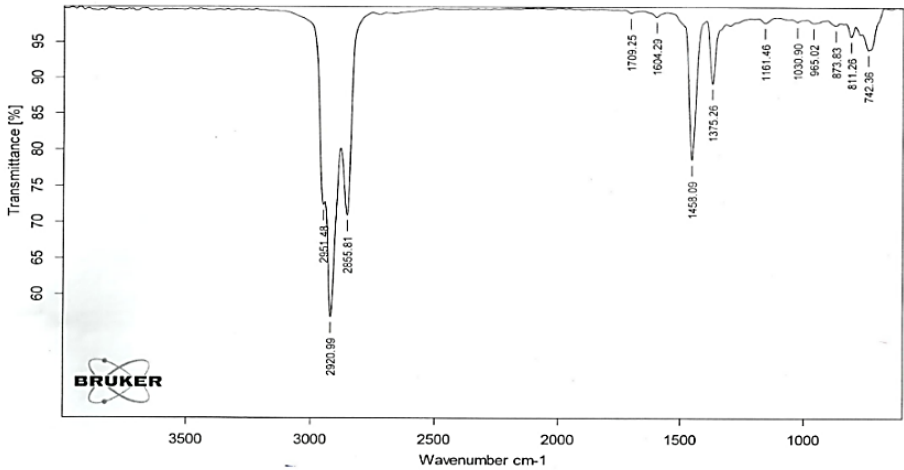
Tədqiqat obyektini kimi neftin ilkin emalından alınan dizel fraksiyası seçilmişdir. Dizel fraksiyasının keyfiyyət göstəriciləri cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

Dizel fraksiyasının keyfiyyət göstəriciləri

S/S	Göstəricilər	Qiymətlər
1	Sıxlıq, 20 ⁰ C-də	0.8450
2	Kükürdün ümumi miqdarı, % (kütlə)	0.0895
3	Kinematik özlülük, mm ² /san	6.2
4	Donma temperaturu, ⁰ C	-36
5	Bulanma temperaturu, ⁰ C	-25
6	Alışma temperaturu, ⁰ C	72
7	Yod ədədi	1.83
8	Turşuluğu	57.7
9	Aromatik karbohidrogenlər, % (kütlə)	18.08
10	Faktiki qətran	3.4
	Fraksiya tərkibi, % (kütlə)	
11	Qaynama başlanğıcı, ⁰ C	222
	50% qaynayır, ⁰ C	296
	96% qaynayır, ⁰ C	357
	Qaynama sonu, ⁰ C	367
12	Qalıq	3.8
13	Setan ədədi	46

Nümunələrin İQ spektri Almaniyanın BRUKER firmasının ALPHA İQ-furye spektrometrində ZnSe kristalında 600-4000 sm^{-1} dalğa ədədi diapazonunda çəkilmişdir (şəkil).



Şəkil 1. Dizel fraksiyasının İQ spektri.

Sənayedə ekstragentlərə olan əsas tələblərə istinad olunaraq müxtəlif həlledicilərdən ekstragent kimi istifadə olunması nəzərdən keçirilmişdir. Aparılmış ədəbiyyat icmalına əsasən orta neft fraksiyalarının selektiv təmizlənməsi üçün sənaye ekstragentləri kimi morfolin, kükürd dioksid, furfurool, dimetilformamid DMFA və N-metilpirrolidon tövsiyyə edilir ki, bunu da münasib qiyməti, həmin həlledicilərin tələbatını ödəmək üçün kifayət edən miqdarda istehsalının mövcudluğu ilə izah etmək olar. Ekstragent kimi azot tərkibli həlledicilərin, xüsusilə, N-metilpirolidonun ekstraksiya prosesində istifadə olunma təcrübəsi göstərmişdir ki, bu üsul həm kükürdün miqdarının azaldılması üçün, həm də aromatik karbohidrogenlərin miqdarının azaldılması üçün istifadə oluna bilər. N-metilpirolidon digər həlledicilərlə müqayisədə az toksikdir, yüksək həlletmə qabiliyyətinə malikdir, hidrolitik və termiki stabildir, aşağı korroziya aktivliyinə malikdir, aşağı özlülüyü olduğuna görə yüksək faza ayrılma sürətinə malikdir və digər müsbət xüsusiyyətləri var. Yuxarıda göstərilən üstünlüklərini nəzərə alaraq tədqiqatlarda

ekstragent kimi N-metilpirrolidondan və onun müxtəlif turşular ilə olan qarışıqlarından istifadə olunmuşdur.

Dizel distillatının N-metilpirrolidon vasitəsilə ekstraksiyası və optimal parametrlərin təyini

N-metilpirrolidon və dizel distillatın ilkin olaraq müxtəlif nisbətlərdə ekstraksiya olunaraq optimal nisbət müəyyən olunmuşdur. Ekstragentlə xammalın nisbəti və təmizlənmə dərəcəsi cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2.

Ekstragentlə xammalın nisbəti və təmizlənmə dərəcəsi

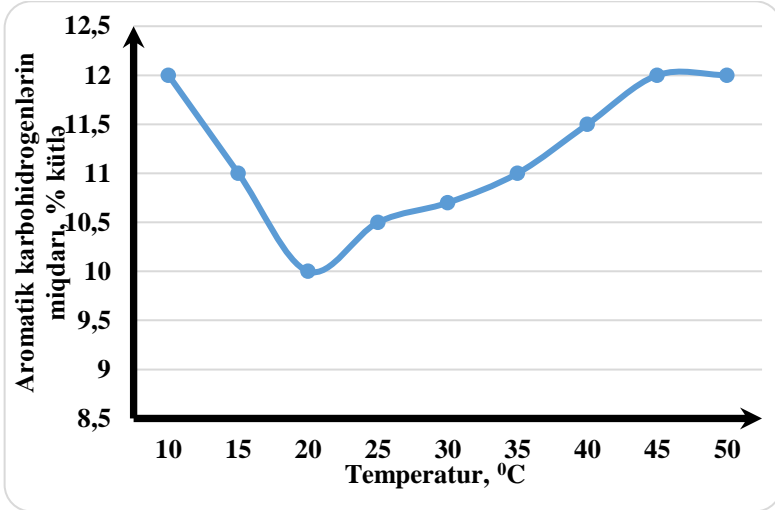
NMP:Dizel distillatı Nisbət	Aromatik karbohidrogenlərin miqdarı, % kütlə	Kükürdün miqdarı, % kütlə
0,25:1	14	0,085
0,5:1	13	0,081
1:1	10	0,075
2:1	10	0,078
3:1	10	0,076

Aparılan təcrübələrin nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, dizel fraksiyasının N-metilpirrolidon və dizel distillatın 1:1, 2:1 və 3:1 nisbətində aromatik karbohidrogenlərdən və kükürlü birləşmələrdən təmizlənmə dərəcəsi yüksək həddə olur. Bu baxımdan optimal nisbət 1:1 götürülür.

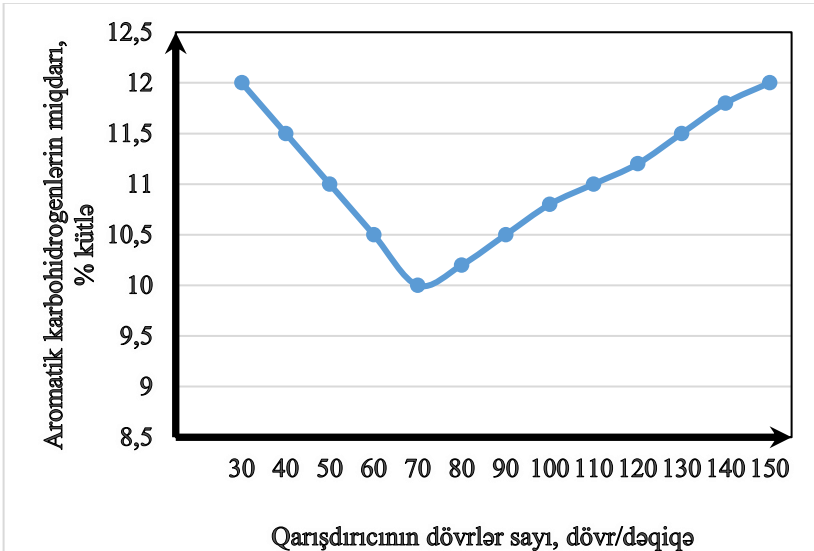
Optimal nisbət müəyyən olunduqdan sonra temperaturun təsirinə aid tədqiqatlar aparılmışdır. Tədqiqatların nəticələri şəkil 2-də verilmişdir.

Təcrübələrin nəticəsinə görə ekstraksiya prosesinin optimal temperaturu 20°C müəyyən olunmuşdur.

Ekstraksiya prosesinə təsir edən əsas parametrlərdən biri də ekstraktorda olan qarışdırıcı elementin dövrlər sayıdır. Şəkil 3-də qarışdırıcı elementin dövrlər sayının ekstraksiyaya təsirinin nəticələri verilmişdir. Şəkil 3-dən görüldüyü kimi digər parametrlər sabit qalmaq şərti ilə (N-metilpirrolidon:dizel distillat, temperatur) yüksək nəticə qarışdırıcının dövrlər sayının 70 dövr/dəq qiymətində alınır.

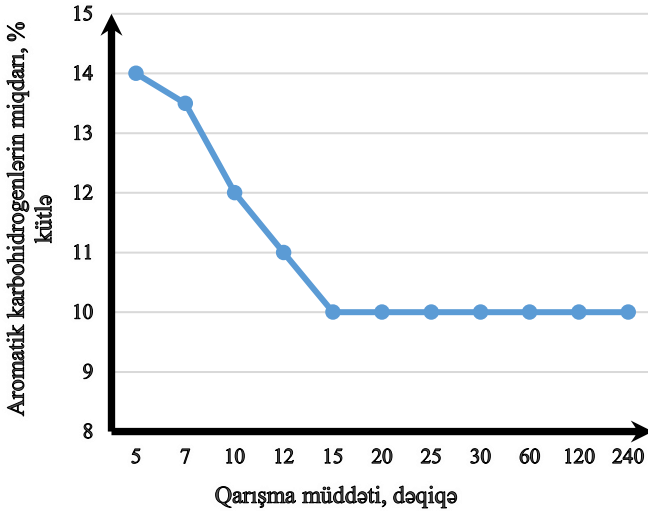


Şəkil 2. Ekstraksiya prosesinə temperaturun təsiri və təmizlənmə dərəcəsi.



Şəkil 3. Ekstragentlə xammala qarışdırıcının dövrlər sayının təsiri və təmizlənmə dərəcəsi.

Ekstraksiya prosesinin effektivliyini göstərən amillərdən biridə qarışma müddətidir. Qarışma müddətinin prosesin göstəricilərinə təsiri şəkil 4-də verilib.



Şəkil 4. Ekstraksiya prosesinə qarışma müddətinin təsiri və təmizlənmə dərəcəsi.

Şəkil 4-dən görüldüyü kimi qarışdırmanın optimal müddəti 15 dəqiqədir. Bu halda dizel yanacağında aromatik karbohidrogenlərin və kükürdün miqdarı uyğun olaraq 10% və 0,075% (kütlə %) təşkil edir.

Tədqiqat işində maraq doğuran məsələlərdən biri də ekstragent kimi N-metilpirrolidonun müxtəlif turşularla qarışığından istifadə etmək olmuşdur. Bu məqsədlə ayrı-ayrılıqda N-metilpirrolidon-sirkə turşusu, N-metilpirrolidon-sulfat turşusu, N-metilpirrolidon-fosfat turşusu qarışığından istifadə edilmişdir.

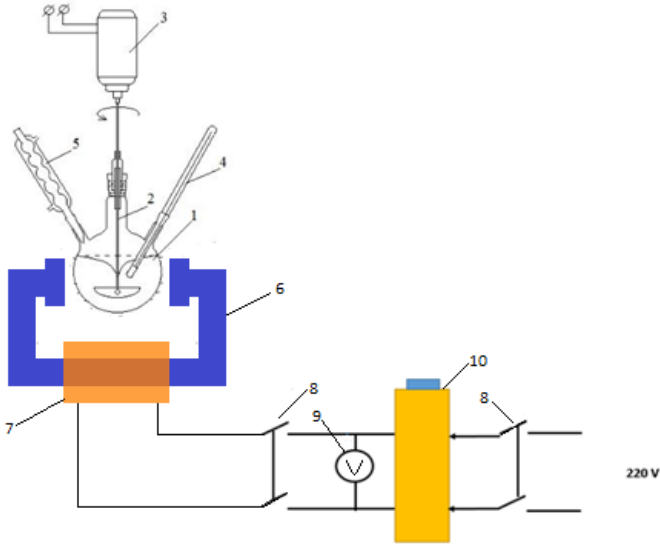
Optimal parametrlər müəyyən olunduqdan sonra tədqiqatlar maqnit sahəsinin təsirində öyrənilmişdir.

Qurğuda maqnit sahəsi elektrik cərəyanının xüsusi dəmir gövdəyə sarınmış mis naqildən axması zamanı yaranır. Bu zaman dəmir gövdədə yaranan maqnit sahəsi cərəyanın axma istiqamətinə görə Şimal və Cənub qütblərinə ayrılır. Dəmirə sarılan mis naqildən cərəyan keçdikdə, naqil ətrafında yaranan maqnit sahəsi dəmirə nüfuz edir və dəmirdə olan elektronların fırlanmasına səbəb olaraq naqildəki

maqnit sahəsinə paralel maqnit sahəsi formalaşır və beləliklə dəmirdə olan kiçik maqnit sahələri naqilin yaratdığı sahəyə əlavə olunur və dəmir gövdədə böyük bir maqnit sahəsi yaranır.

Tədqiqatlar maqnit sahəsinin müxtəlif intensivliyində, əvvəlki tədqiqatların optimal şəraitində aparılmışdır (nisbət 1:1, temperatur 20°C, qarışdırıcının dövrlər sayı 70 dövr/dəqiqə, qarışma müddəti 15 dəqiqə).

Təcrübələr aşağıdakı şəkil 5-də göstərilən qurğuda aparılmışdır.



Şəkil 5. Maqnit sahəsinin təsiri altında təcrübə aparılan qurğu:

- 1- Üç-boğazlı dairəvi altılıqlı kolba, 2- şüşə qarışdırıcı, 3- qarışdırıcı elektrik mühərriki, 4- termometr, 5- əks soyuducu, 6- xüsusi metal gövdə, 7- mis dolaq, 8- elektrik açar, 9- voltmeter, 10- later (gərginliyi tənzimləmək üçün)

Təcrübələr zamanı dizel distillatı kolbaya tökülür, qarışdırıcı işə salınır, onun üzərinə həlledici əlavə edildəndən sonra maqnit sahəsi işə salınır. Maqnit sahəsinin intensivliyi later vasitəsilə tənzimlənir. Müxtəlif induksiya (5-50 milli Tesla (mT)) maqnit sahəsinin təsiri altında ekstraksiya prosesi aparılmışdır. Cədvəl 3-də maqnit sahəsinin intensivliyinə görə təmizlənmə dərəcələri göstərilmişdir.

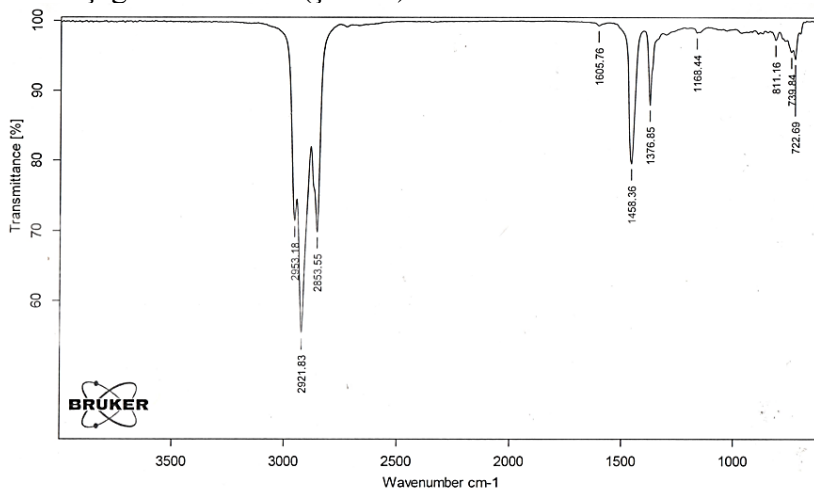
Cədvəl 3.

Maqnit sahəsinin ekstraksiya prosesinə təsiri

Maqnit sahəsinin intensivliyi, mT	Nisbət, NMP:Dizel	Aromatik karbohidrogenlərin miqdarı, % kütlə	Kükürdün miqdarı, % kütlə
0	1:1	10	0,075
5	1:1	10	0,075
10	1:1	9	0,051
15	1:1	7	0,037
20	1:1	6	0,026
25	1:1	7	0,030
30	1:1	7	0,031
35	1:1	8	0,036
40	1:1	7	0,030
45	1:1	7	0,031
50	1:1	7	0,029

Cədvəl 3-dən göründüyü kimi təcrübələr zamanı yüksək nəticə 20 mT maqnit sahəsinin təsiri altında alınmışdır.

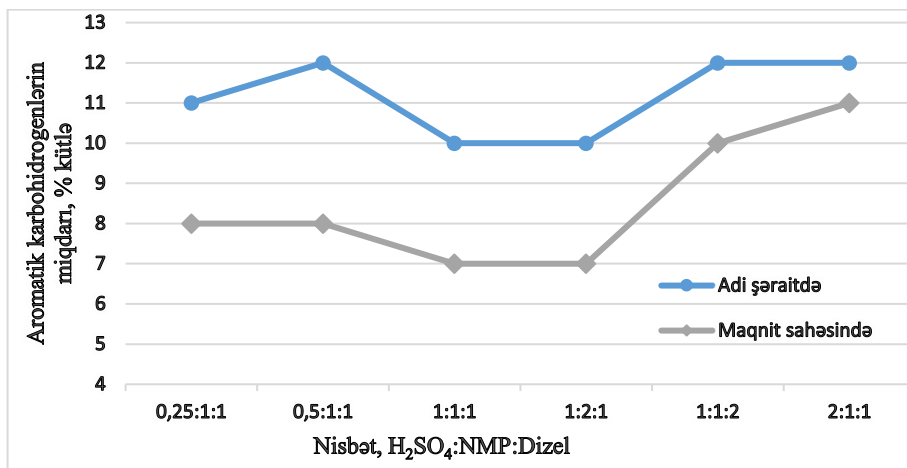
Müxtəlif nisbətlərdə və müxtəlif şəraitdə N-metilpirrolidon vasitəsilə təmizlənmiş dizel distillatının ekstaksiyadan sonra İQ spektri aşağıdakı kimidir (şəkil 6).



Şəkil 6. Maqnit sahəsində N-metilpirrolidon ilə təmizlənmiş dizel fraksiyasının İQ-spektri.

Dizel distillatının N-metilpirrolidon və sulfat turşusu qarışığı ilə maqnit sahəsinin təsiri altında ekstraksiyası

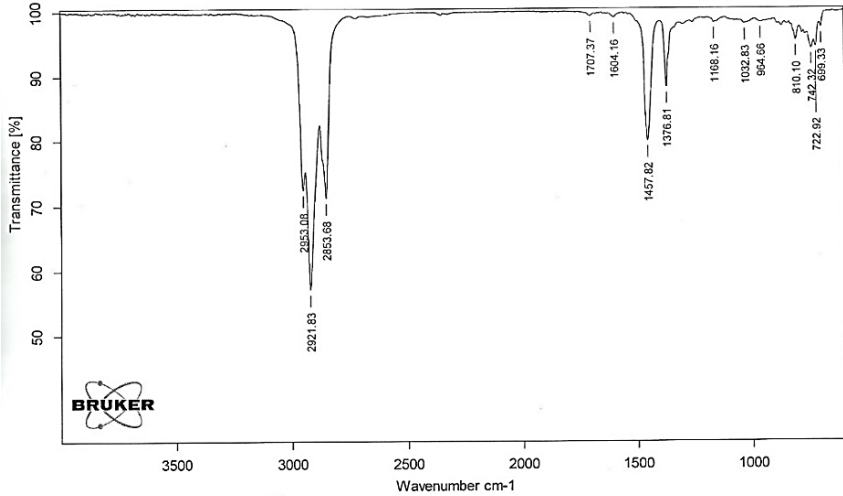
Optimal şərait məlum olduqdan sonra dizel distillatın N-metilpirrolidon və sulfat turşusu qarışığı ilə təmizlənməsi həyata keçirilmişdir. Təcrübələr müxtəlif nisbətlərdə həm adi şəraitdə həm də maqnit sahəsinin təsiri altında aparılmışdır. Maqnit sahəsinin intensivliyi 20 mT götürülmüşdür. Şəkil 7-də təcrübələrin nəticələri verilmişdir.



Şəkil 7. N-metilpirrolidon-sulfat turşusu qarışığı nisbətlərinin prosesə təsiri

Şəkil 7-dən görüldüyü kimi maqnit sahəsinin təsiri altında aromatik karbohidrogenlərin azalması müşahidə olunmuşdur. Belə ki, müəyyən edilmiş optimal parametrlərdə (1:1:1 nisbətində, 20°C temperaturda, qarışdırıcının dövrlər sayı 70 dövr/dəqiqə, qarışma müddəti 15 dəqiqə, maqnit sahəsinin intensivliyi 20 mT) aromatik karbohidrogenlərin miqdarı 7 % (kütlə) təşkil etmişdir.

Müxtəlif nisbətlərdə və optimal şəraitdə N-metilpirrolidon və sulfat turşusu qarışığı ekstragenti vasitəsilə dizel distillatının ekstaksiyadan sonra İQ spektrləri öyrənilmişdir (şəkil 8).

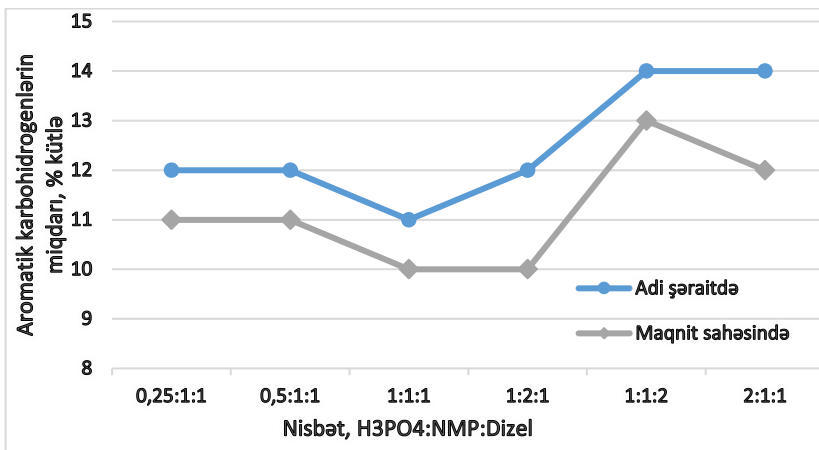


Şəkil 8. Maqnit sahəsinin təsiri altında 1:1:1 nisbətində N-metilpirrolidon və sulfat turşusu həlledici qarışığı ilə aparılmış ekstraksiya prosesindən alınmış dizəl fraksiyasının İQ-spektri.

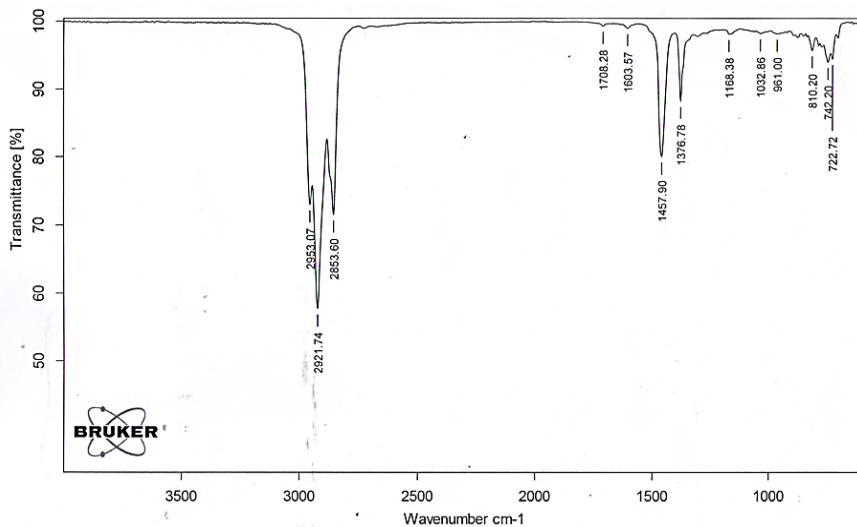
Dizəl distillatının N-metilpirrolidon və fosfat turşusu qarışığı ilə maqnit sahəsinin təsiri altında ekstraksiyası

Yuxarıda qeyd olunan optimal şəraitlər əsasında dizəl distillatın N-metilpirrolidon və fosfat turşusu qarışığı ekstragenti ilə təmizlənməsi prosesi aparılmışdır. Tədqiqatlar müxtəlif nisbətlərdə, həm adi şəraitdə, həm də maqnit sahəsinin təsiri altında yerinə yetirilmişdir. Bu zaman maqnit sahəsinin intensivliyi 20 mT götürülmüşdür. Şəkil 9-da aparılmış təcrübələrin nəticələri müqayisəli şəkildə göstərilmişdir.

Müxtəlif nisbətlərdə və şəraitdə N-metilpirrolidon və fosfat turşusu qarışığı ekstragenti vasitəsilə təmizlənmiş dizəl distillatının ekstaksiyadan sonra İQ spektri aşağıda göstərilmişdir (şəkil 10).



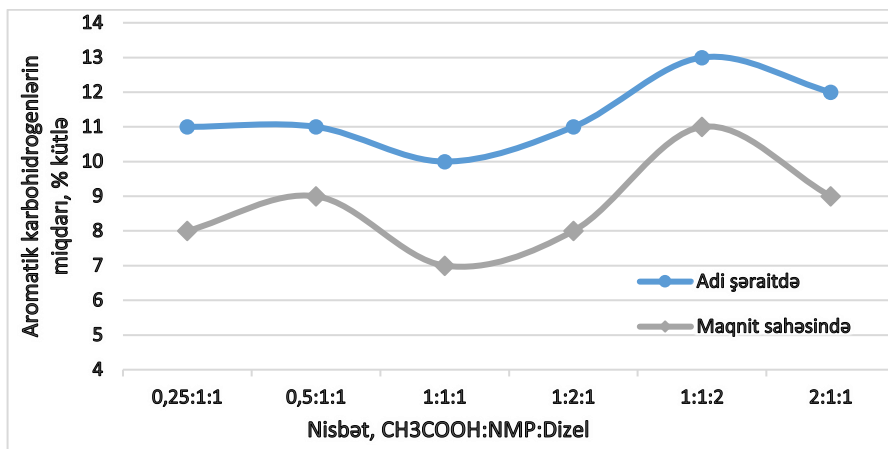
Şəkil 9. N-metilpirrolidon-fosfat turşusu qarışığı nisbətlərinin prosesə təsiri.



Şəkil 10. Maqnit sahəsinin təsiri altında 1:1:1 nisbətində N-metilpirrolidon və fosfat turşusu həlledici qarışığı ilə aparılmış ekstraksiya prosesindən alınmış dizel fraksiyasının İQ-spektri.

Dizel distillatının N-metilpirrolidon və sirkə turşusu qarışığı ilə maqnit sahəsinin təsiri altında ekstraksiyası

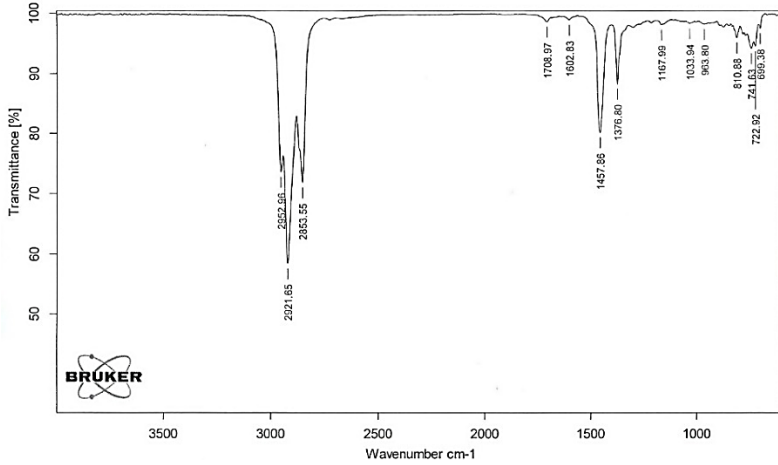
Optimal şərait əsasında dizel distillatın N-metilpirrolidon və fosfat turşusu qarışığı ekstragenti ilə təmizlənməsi prosesi aparılmışdır. Təcrübələr müxtəlif nisbətlərdə, həm adi şəraitdə, həm də intensivliyi 20 mT olan maqnit sahəsinin təsiri altında yerinə yetirilmişdir. Şəkil 11-də təcrübələrin nəticələri müqayisəli formada təqdim edilir.



Şəkil 11. N-metilpirrolidon- sirkə turşusu qarışığı nisbətlərinin prosesə təsiri.

Müxtəlif nisbətlərdə və müxtəlif şəraitdə N-metilpirrolidon və sirkə turşusu qarışığı ekstragenti vasitəsilə təmizlənmiş dizel distillatının ekstaksiyadan sonra İQ spektrləri öyrənilmişdir. Nümunə üçün İQ spektri aşağıda verilmişdir (şəkil 12).

Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində müəyyən olunmuş optimal şəraitdə ekstraksiya prosesi (N-metilpirrolidon (NMP), NMP maqnit sahəsində, NMP sulfat turşusu qarışığı, NMP sulfat turşusu qarışığı maqnit sahəsində, NMP sirkə turşusu qarışığı, NMP sirkə turşusu qarışığı maqnit sahəsində, NMP fosfat turşusu qarışığı, NMP fosfat turşusu qarışığı maqnit sahəsində) vasitəsi ilə təmizlənmiş dizel yanacağının keyfiyyət göstəriciləri aşağıdakı cədvəl 4-də verilmişdir.



Şəkil 12. Maqnit sahəsinin təsiri altında 1:1:1 nisbətində N-metilpirrolidon və sirkə turşusu qarışığı ilə aparılmış ekstraksiya prosesinin İQ-spektri.

Cədvəl 4.

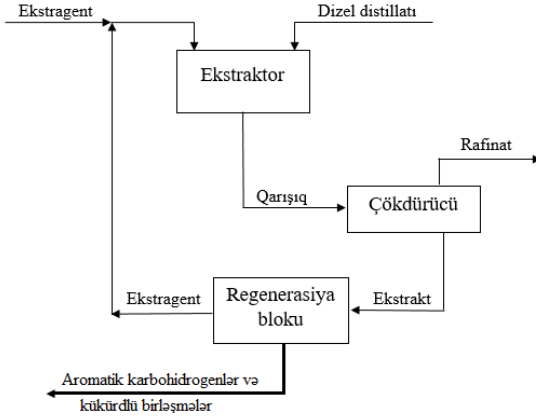
Dizel yanacağıının keyfiyyət göstəriciləri

Göstəricilər	Xam-mal	NMP	NMP Maqnit Sahəsin-də	NMP Sulfat	NMP Sulfat maqnit sahəsin-də	NMP Sirkə	NMP Sirkə maqnit sahəsin-də	NMP Fosfat	NMP Fosfat maqnit sahəsin-də
Sıxlıq, 20 ⁰ C-də	0.8450	0.8425	0.8390	0.8460	0.8459	0.8439	0.8433	0.8449	0.8445
Kükürdün ümumi miqdarı, %	0.0895	0.075	0.026	0.047	0.028	0.068	0.031	0.058	0.026
Kinematik özlülük, mm ² /san	6.2	4.8	4.5	4.8	4.9	4.8	4.6	5.2	5
Donma temperaturu, ⁰ C	-36	-40	-42	-38	-40	-37	-39	-38	-39
Bulanma temperaturu, ⁰ C	-25	-27	-28	-26	-26	-26	-28	-26	-26
Alışma temperaturu, ⁰ C	72	67	62	64	65	66	64	65	66
Aromatik karbohidrogenlər, %	18.08	10	6	10	7	10	7	11	10
Qaynama başlanğıcı, ⁰ C	222	173	175	177	179	183	181	176	178
50% qaynayır, ⁰ C	296	275	275	276	280	276	276	277	275
96% qaynayır, ⁰ C	357	347	345	347	350	350	350	351	350
Setan ədədi, az olmamalı	46	52	55	51	52	52	53	53	52

Həllədicinin ekstrakt fazadan regenerasiya olunub sistemə qaytarılması

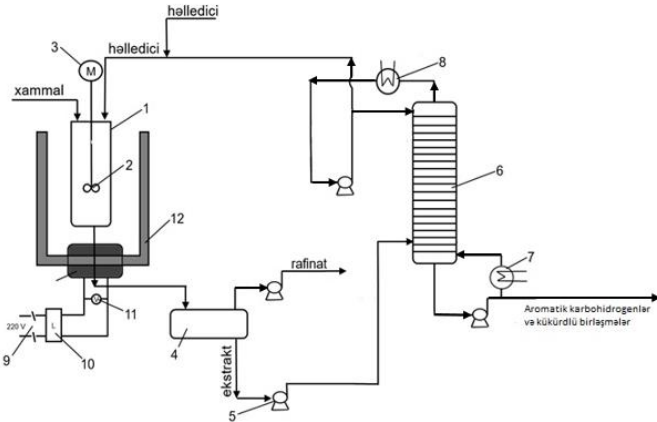
Qeyd etdiyimiz kimi, prosesin iqtisadi səmərəliliyinin artırılması üçün və tullantısız texnologiyanın yaradılması məqsədilə həllədicinin ekstrakt fazadan çıxarılıb sistemə qaytarılması aparılmışdır.

Ekstraksiya ilə regenerasiya proseslərinin blok sxemi aşağıda verilmişdir.



Sxem 1. Ekstraksiya ilə regenerasiya proseslərinin blok sxemi.

Ekstraksiya prosesinin blok sxemi tərtib olunduqdan sonra prosesin prinsiplial texnoloji sxemi tərtib olunmuşdur.



Sxem 2. Dizel fraksiyasının ekstraksiya üsulu ilə təmizləmə prosesinin prinsiplial texnoloji sxemi.

Dizel fraksiyası və ekstragent 1 ekstraktora yuxarı hissədən verilir. Mexaniki qarışdırıcının 2 hesabına qarışıq maqnit sahəsinin təsiri altında intensiv qarışdırılır. Ekstraksiya müddəti başa çatdıqdan sonra qarışıq 4 çökdürücüyə daxil olur. Çökdürücüdə rafinat və ekstrakt məhlulu bir-birindən ayrılır və yuxarı hissədən rafinat 5 nasos vasitəsilə əmtəə parkına verilir. Çökdürücünün aşağı hissəsindən isə ekstrakt 5 nasos vasitəsilə götürülərək 6 rektifikasiya kolonuna verilir. Rektifikasiya kolonun aşağı hissəsindən aromatik karbohidrogenlər ayrılır. Aşağı hissədən götürülən məhlulun bir hissəsi qızdırılaraq 7 kolona buxar suvarması kimi verilir. Digər hissəsi isə nasos vasitəsilə əmtəə parkına verilir. Kolonun yuxarisından ayrılan təmizlənmiş ekstragent isə 8 istidəyişdiricidə soyudularaq təkrar ekstraktora verilir və bir hissəsi isə maye suvarma kimi kolonun yuxarı hissəsinə verilir. Maqnit sahəsinə yaratmaq üçün 9 elektrik açarı qoşulur və mis dolaqlarda cərəyan axdığına görə 12 xüsusi metal gövdədə maqnit sahəsi yaranır. Maqnit sahəsinin intensivliyi teslameter ilə ölçülür və 10 later vasitəsilə gərginliyi dəyişdirməklə maqnit sahəsinin intensivliyi tənzimlənir.

Qovulmuş N-metilpirrolidon və N-metilpirrolidonun regenerasiyasından sonra alınmış rafinat (ekstrakt) çəkilir və məhsulların çıxımının müəyyən edilməsi məqsədilə material balans tərtib edilir.

Dizel fraksiyasının N-metilpirrolidon ilə ekstraksiya üsulu ilə təmizləmə prosesinin mexanizmi və riyazi modeli

Prosesin mexanizmi

Selektiv təmizləmə zamanı əmələ gələn mürəkkəb sistemlərə sabit maqnit sahəsinin təsir mexanizminin nəzərdən keçirilməsi neft dispers sistemlərinin nəzəriyyəsinə əsaslanır. Dizel fraksiyasına maqnit sahəsi ilə təsir zamanı dispers faza hissəciklərinin elə paylanması baş verir ki, buda, mürəkkəb struktur vahidi komponentlərinin yenidən paylanmasına gətirib çıxarır. Bu paylaşma xammalın arzuolunmaz polyar komponentlərinə qarşı N-metilpirrolidonun həlletmə qabiliyyəti üçün əlverişli hesab edilir, eyni zamanda n- və tsikloalkanlara qarşı ekstragentin həlletmə qabiliyyəti azalmaqla yanaşı N-metilpirrolidon ilə təmizləmə zamanı həllolmanın aromatik

və polistiklik birləşmələrə qarşı selektivliyini yüksəldir. Maqnit intensivliyinin qiyməti artdıqca, hissəciklərin səthi üzərində (solvat pərdəsi) aromatik komponentlərin (nüvə) və N-metilpirrolidon molekulları arasında molekullarası qarşılıqlı təsiri bir o qədər intensivləşir və politsiklik aromatik birləşmələrin nüvədən solvat pərdəsinə keçidi sürətlə baş verir. Yüksək nəticə maqnit intensivliyinin 20 mT qiymətinə təsadüf edir.

Maqnit sahəsinin intensivliyinin sonrakı artımı aromatik karbohidrogenlərin ekstraksiyasına təsir göstərmir. Bu isə maqnit sahəsinin hissəciklərin səthi üzərində aromatik karbohidrogenlərin və həlledici molekullarının qarşılıqlı əlaqələrinə təsir etmədiyini göstərir.

Bu halda sistemin daha homogen olduğunu və bunun nəticəsində həlledici molekullarının nüvəni eləcədə solvat pərdəsini təşkil edən molekullarla əhatələndiyinə gətirib çıxartdığından həlledici molekullarından əmələ gəlmiş yeni mürəkkəb struktur vahidi öz növbəsində əvvəllər solvat təbəqəsini təşkil edən molekullar ilə əlaqələnir. Beləliklə, aromatik karbohidrogenlər maqnitli emaldan sonra həlledici tərəfindən udulması asanlaşır və prosesin bu karbohidrogenlərin udulması istiqamətində seçiciliyini artırır.

Maqnit sahəsinin dizel fraksiyasına təsiri nəticəsində dispers fazanın hissəciklərinin yenidən paylanması nəticəsində mürəkkəb molekul strukturda komponentlərinin yerdəyişməsi baş verir ki, bu da ekstragent kimi istifadə olunan N-metilpirrolidon aromatik karbohidrogenlərin həllətmə qabiliyyətinin yüksəlməsinə, eyni zamanda normal və aromatik tsikloalkanlara qarşı həllolmanın azalmasına səbəb olur və beləliklə prosesin selektivliyinin artmasına gətirib çıxarır.

Müəyyən olunmuşdur ki, maqnit sahəsinin dizel yanacağına təsirindən homogen, nizamlı və aşağı özlülüklü yeni struktur yaranır ki, bu da aromatik karbohidrogenlərin həm molekulyar, həm də konvektiv diffuziya vasitəsilə həllediciyə keçməsinə təmin edir.

Prosesin kinetik modeli

Maye fazalı ekstraksiya proseslərinin layihələndirilməsi zamanı axınların və komponentlərin kütlələrinin təyini üçün lazım olan mübadilə proseslərinin kinetik xarakteristikalarının müəyyən edilməsi

əsas şərtlərdən biridir.

Etibarlı kütləötürmə modellərinin yaradılması ikifazlı sistemlərdə kütlə mübadiləsi proseslərinin riyazi təsvirini almağa imkan verir. Bu, laboratoriya miqyasında tədqiqatlar mərhələsində alınmış təcrübi informasiyanın minimal cəlb edilməsi ilə kütlə mübadiləsi aparatlarını layihələndirmək imkanı verir.

Ekstraksiya proseslərinin sənayeyə tətbiqi zamanı tədqiqatların laboratoriya miqyasında qarışdırıcı tipli ekstraktorlarda aparılması məqsədə uyğun hesab edilir. Kolon tipli ekstraktorlarda əsas (bütöv) faza üçün kütlə mübadiləsi tənliyi aşağıdakı kimidir:

$$(\vec{V}_V)\vec{V} = -\frac{1}{\rho_2}P + \nabla[(v + v_T)_2\nabla\vec{V}] + \vec{r}_p \quad (1)$$

$$\operatorname{div}\vec{V} = 0 \quad (2)$$

$$(\vec{V}_V)C_2 = \nabla[(D + D_T)_2\nabla C_2] + r_0 \quad (3)$$

burada: V – bütöv fazasının həcmi;

ρ_2 – dispers fazanın sıxlığı;

P – təzyiq qradienti;

v – bütöv fazanın kinematik özlülük əmsalı;

D və D_T uyğun olaraq molekulyar və turbulent diffuziya əmsalları;

∇C_2 – paylanan maddənin konsentrasiyalar qradienti;

Kənar şərtləri nəzərə alsaq (1) – (3) ifadələri maddi balans tənliyinə uyğun gəlir:

$$G_1dC_1 = -G_1dC_2 \quad (4)$$

Burada G_1 – fazanın kütləsi

dC_1 və dC_2 - paylanan maddənin əsas fazada ilk və son hallardakı konsentrasiyalarıdır.

Axınları kütlələri arasındakı əlaqə isə aşağıdakı tənlik vasitəsilədir:

$$\beta_2(C_{sər2} - C_2) = \beta_1(C_1 - C_{sər1}) \quad (5)$$

İki fazanı ayırma sərhəddində tarazlıq tənliyi aşağıdakı kimidir:

$$C_{sər2} = m C_{sər1} + b \quad (6)$$

Bu tənlik ikifazlı sistemlərdə kütlə mübadiləsi proseslərinin tam riyazi təsviri hesab edilir və mübadilənin bütün mexanizmlərini əhatə

edir.

Kütləötürmə əmsalının müəyyən edilməsi üçün prosesdə iştirak edən axınlarda Çilton-Kolborna hidrodinamiki analogiyası və Landau-Leviçin sərhəd təbəqəsi modelinin ümumiləşdirilməsi əsasında qurulmuş riyazi model işlənib hazırlanmışdır.

Tədqiqatda dispers hissəciklərin laminar hərəkət rejimi $Re < 200$ (axının hərəkəti laminar rejimdə olduğu üçün) nəzərdən keçirilmişdir.

Bütöv və dispers fazalarda kütləötürmə əmsalının sabit qiyməti ilə baş verən prosesdə kütləötürmə sürətinin hesablanması üçün aşağıdakı tənlik təklif olunur:

$$\beta_1 = 0.62 \left(\frac{\tau v}{\delta_1} \right)^{1/3} Sc^{-\frac{n-1}{n}} \quad (7)$$

Damlada δ_1 aşağıdakı qanun üzrə zaman keçdikcə dəyişir:

$$\delta_1 = \varphi \sqrt{D_1 t} \quad (8)$$

burada δ_1 - diffuziya təbəqəsinin effektiv qalınlığı,

τ - kəsmə gərginliyi,

v - kinematik özlülük əmsalı

n - özlülərin sayı

Bütöv və dispers fazalarda kütləötürmənin əsas müqaviməti özlü təbəqədə toplanmışdır. Şmidt kriteriyasının $Sc > 1$ qiymətində

$$\frac{1}{\beta_1} = \int_0^{\delta_B} \frac{dy}{(B+D_T)_1} \quad (9)$$

(9) tənliyini inteqrallasaq bütöv fazada kütləötürmə əmsalının hesablanması üçün tənlik alırıq

$$\beta_2 = \frac{u_2}{\arctg \sqrt{R_{\delta_2} Sc_2} \sqrt{R_{\delta_2} Sc_2}} \quad (10)$$

Dispers fazada kütləötürmə əmsalı isə aşağıdakı kimidir:

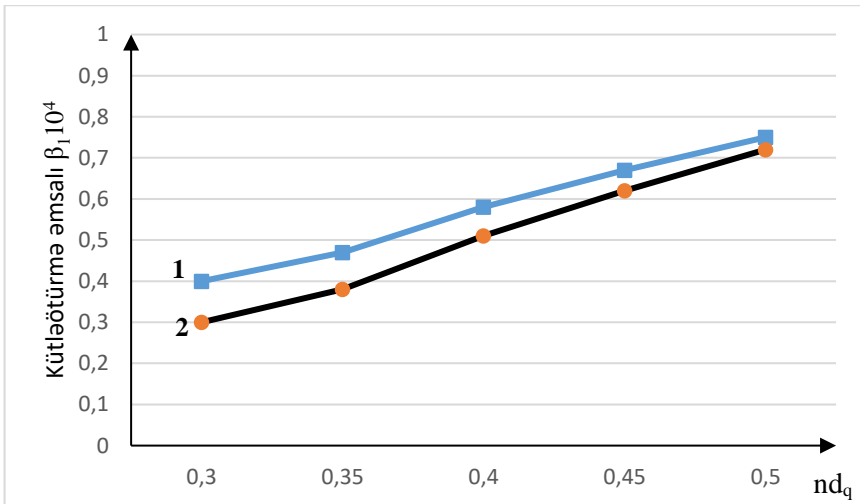
$$\beta_1 = u_1 \sqrt{\frac{u_1 \rho_1 D_1}{2\sigma}} \left[\arctg \sqrt{Sc_1 \frac{u_1 R_{\delta_1}^2 v_1 \rho_1}{2\sigma}} \right]^{-1} \quad (11)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, ikifazlı axınların hərəkətinin hidrodinamiki qanunauyğunluqları birfazlı axınların hidrodinamikasından fərqlənir. İkifazlı sistemlərdə turbulent sərhəd təbəqəsinin meydana gəlməsi birfazlı axınların hərəkətinə nisbətən

Reynolds ədədinin kiçik qiymətlərində baş verir. Ona görə də dispers faza elementlərində sərhəd təbəqəsi psevdolaminar hesab edilir, daha doğrusu, başlanğıc sahədə sərhəd təbəqəsi laminar xarakter daşıyır, xarici axmanın turbulentiyyəsi isə sərhəd təbəqəsinin formalaşmasına səbəb olur.

Yuxarıda qeyd olunan tənliklər (10,11) vasitəsilə kütləötürmə əmsallarının bütöv və dispers fazalarda hesabi qiymətləri ilə onların təcrübi qiymətlərini əks etdirən qrafiklər aşağıdakı şəkillərdə verilmişdir.

Bütöv fazada kütləötürmə əmsalının təcrübi və hesabi qiymətlərinin nd_q -dən asılılığı aşağıdakı şəkil 13-də verilmişdir.



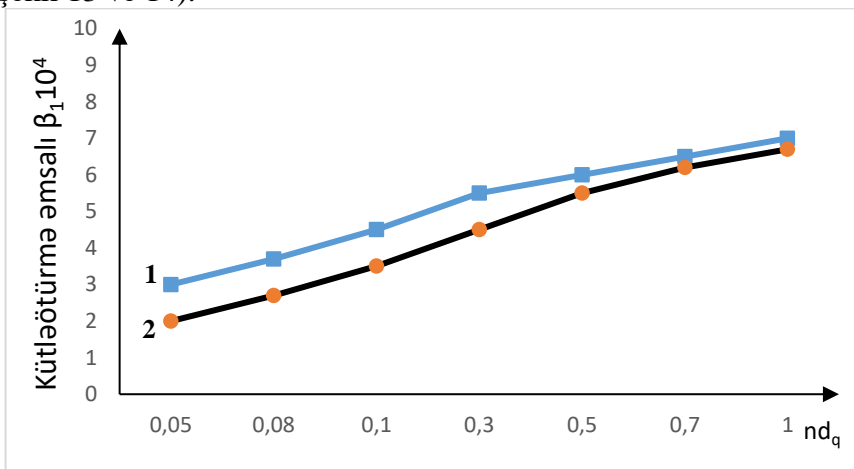
Şəkil 13. Bütöv fazada kütləötürmə əmsalının təcrübi (1) və hesabi (2) qiymətlərinin nd_q -dən asılılığı.

Dispers fazada kütləötürmə əmsalının təcrübi və hesabi qiymətlərinin nd_q -dən asılılığı aşağıdakı şəkil 14-də verilmişdir.

Qarışdırıcı ekstraktorda sürət və qatılıq sahələrinin alınmış hesabat alqoritmi ayrılma effektivliyini hesablamağa və optimal konstruktiv, eləcə də rejim parametrlərini seçməyə imkan verir.

(10) və (11) tənlikləri vasitəsilə bütöv və dispers fazalarda kütləötürmə əmsallarının qiymətləri təcrübi qiymətlərə uyğun gəlir

(şəkil 13 və 14).



Şəkil 14. Dispers fazada kütləötürmə əmsalının təcrübi (1) və hesabi (2) qiymətlərinin nd_q -dən asılılığı.

Sürət və qatılıq sahələrinin hesablanması üçün alınmış alqoritm qarışdırıcı tipli ekstraktorlarda effektiv həllolmanı, optimal quruluşu, eləcə də rejim parametrlərini təyin etməyə imkan verir.

Tərtib edilmiş riyazi model əsasında bütöv və dispers fazalarda kütlə mübadiləsinin təsviri verilmiş, prosesin hərəkətverici qüvvəsi və fazalar arasındakı sərhəd layının xüsusiyyətləri göstərilmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, prosesin texniki-iqtisadi göstəricilərinin hesabı haqqında dissertasiya işində ətraflı məlumat verilmişdir. Hesabata əsasən müəyyən olunmuşdur ki, prosesin iqtisadi səmərəsi 291 AZN/tən təşkil edir.

Hesablamaların nəticəsinə görə laboratoriya şəraitində istehsal olunan dizel distillatın 1 qr-nın maya dəyəri 0,0292 qəpik həddində formalaşır. Beləliklə məqsədli məhsulun maya dəyəri 1 t – 292 AZN müəyyən edilmişdir.

Ölkəmizdə dizel yanacağının topdan satış qiyməti 583 AZN/t nəzərə alsaq, təqdim olunan proses səmərəli sayıla bilər.

Sonda qeyd edək ki, hazırkı iş – ilkin texniki-iqtisadi qiymətləndirmə statusuna malikdir və prosesin sənayeyə tətbiqindən, sərf normaları dəqiqləşdikdən sonra, ən əsası işə, prosədə sərf olunan xammal və materialların qiymətinin müəyyənələcəyi təqdirdə

yenidən hesablanaraq dəqiqləşəcəkdir.

Cədvəl 5.

Dizel distillatın alınması prosesinin iqtisadi göstəriciləri

Götürülmüşdür	Miqdar, qr	Maya dəyəri, qəp./qr	Məbləği, qəpik
Götürülüb:			
1. N-metilpirrolidon	30,11	0,34	10,24
2. Dizel fraksiyası	29,9	0,018	0,55
Cəmi:	60,01		10,79
İstismar xərcləri:			
Elektrik enerjisi			0,18
Cəmi:			10,97
İtki:	1,55		
Alınb:			
Kalkulyasiya olunmayan məhsul:			
N-metilpirrolidon	29,0	0,34	9,86
Ekstrakt	2,77	0,12	0,33
Cəmi:	31,77		10,19
Kalkulyasiya olunan məhsul:			
Rafinad	26,69	0,0292	0,78

NƏTİCƏ

1. AVRO-5 standartlarına uyğun yüksək keyfiyyətli dizel yanacağı almaq üçün H.Əliyev adına NEZ-də birbaşa qovulmadan alınan dizel fraksiyasının N-metilpirrolidondan ekstragent kimi istifadə etməklə ilk dəfə olaraq maqnit sahəsinin təsiri altında ekstraksiya üsulu ilə təmizlənməsi prosesi aparılmışdır [1-3,9,11,18,19].
2. Mexaniki qarışdırıcılı ekstraktorda aparılan ekstraksiya prosesinin optimal rejim parametrləri aşağıdakı kimi müəyyən olunmuşdur [17]:
 - temperatur, 20°C
 - təzyiq, 760 mm.c.s
 - dizel fraksiyası: N-metilpirrolidon, 1:1
 - qarışdırıcının dövrlər sayı 70 dövr/dəq
 - maqnit sahəsinin intensivliyi 20 mT

Bu şəraitdə aromatik karbohidrogenlərin miqdarı 18,08 %-dən 10%-

ə (kütlə, %), kükürdün miqdarı 0,0895 %-dən 0,075%-ə (kütlə, %) qədər azalmışdır. Maqnit sahəsinin təsiri altında bu göstəricilər aşağıdakı kimi olmuşdur: aromatik karbohidrogenlərin və kükürdün miqdarı uyğun olaraq 6 % və 0,026% təşkil edir [21].

3. Ekstraksiya prosesi sirkə, fosfat və sulfat turşularının iştirakı ilə aparılmış və aşağıdakı nəticələr alınmışdır [12,16]:

- N-metilpirrolidon: sirkə turşusu : dizel distillatı, 1:1:1 [8,14,23]
- aromatik karbohidrogenlərin və kükürdün miqdarı uyğun olaraq 10% , 0,068%
- maqnit sahəsinin təsirindən aromatik karbohidrogenlər 7%, kükürd isə 0,031% olmuşdur.
- N-metilpirrolidon: fosfat turşusu : dizel distillatı, 1:1:1 [6]
- aromatik karbohidrogenlər 11%, kükürd 0,058%
- maqnit sahəsinin təsiri altında uyğun olaraq aromatik karbohidrogenlər 10% və kükürdün miqdarı 0,026% olmuşdur.
- N-metilpirrolidon: sulfat turşusu : dizel distillatı, 1:1:1 [7,13]
- aromatik karbohidrogenlər 10% və kükürd 0,047%,
- maqnit sahəsinin təsirindən aromatik karbohidrogenlər 7% və kükürd 0,028% olmuşdur.

4. Rektifikasiya prosesi vasitəsilə həlledicinin ekstrakt fazadan ayrılması və sistemə qaytarılması təmin edilərək tullantısız texnologiya yaradılmışdır [4,5].

5. Prosesin mexanizmi araşdırılmış, müəyyən olunmuşdur ki, maqnit sahəsinin dizel yanacağına təsirindən homogen, nizamlı və aşağı özlülüklü yeni struktur yaranır ki, bu da aromatik karbohidrogenlərin həm molekulyar, həm də konvektiv diffuziya vasitəsilə həllediciyə keçməsinə təmin edir [10,15,20].

6. Prosesin riyazi modeli tərtib olunmuş və onun əsasında bütöv və dispers fazalarda kütlə mübadiləsinin təsviri verilmiş, prosesin hərəkətverici qüvvəsi və fazalar arası sərhəd layının xüsusiyyətləri göstərilmişdir [22].

7. Prosesin texniki-iqtisadi göstəriciləri təyin edilmişdir və iqtisadi səmərənin 291 Azn/ton təşkil etdiyi müəyyən olunmuşdur [21].

8. Prosesin sənayeyə tətbiqini nəzərə alan texnoloji reqlament tərtib olunmuşdur.

**DİSSERTASIYANIN MÖVZUSU ÜZRƏ DƏRC OLUNMUŞ ELMİ
ƏSƏRLƏRİN SİYAHISI:**

1. Mammadova, T.A., Safarli, I.A., Abdulov, B.G., Abbasov, M.M., Teyubov, Kh.Sh., Abbasov, V.M., Dearomatization of straight run diesel fuel by using adsorbent A4 and Seokar-600 under magnetic field // Euro-eco hannover 2014 (Environmental and engineering aspects for sustainable living), –Hannover, Germany, –November 27-28, –2014, –p.107-108.
2. Məmmədova, T.A., Abdulov, B.G., Səfərli, İ.A., Teyubov, X.Ş., Abbasov, V.M. Maqnit sahəsinin təsiri altında dizel yanacaqlarının ekstraksiyalı aromatsızlaşdırılması prosesinin işlənməsi // Ümummillə lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 92-ci ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistr və gənc tədqiqatçıların “Kimyanın aktual problemləri” IX Respublika Elmi Konfransı, –Bakı, Azərbaycan, –7 may, –2015, –s.153-154.
3. Məmmədova, T.A., Abdulov, B.G., Səfərli, İ.A., Teyubov, X.Ş., Abbasov, V.M. Ekstraksiya üsulu ilə dizel yanacaqlarının aromatsızlaşdırılması // IV International scientific conference of Young Researchers, –Baku, Azerbaijan, –29-30 April, –2016, –p.189-190.
4. Гасанов, Е.А., Гусейнова, Е.Е., Абдулов, Б.Г. Приобретение экологически чистого дизеля методом экстракции под воздействием магнитного поля // 72-я международная молодежная научная конференция «Нефть и газ - 2018», – Москва, Россия, –23-26 Апрель, – 2018, –с.263
5. Həsənov, Ə.A., Hüseynova, E.Ə., Abdulov, B.G. Dizel fraksiyasının ekstraksiya üsulu ilə təmizlənərək ekoloji təmiz dizel yanacağı alınması // Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri, –Gəncə, Azərbaycan, –04-08 may, –2018, –s.254.
6. Həsənov, Ə.A. Maqnit sahəsinin təsiri altında ekstraksiya üsulu ilə ekoloji təmiz dizel yanacağı alınması / Ə.A.Həsənov, E.Ə.Hüseynova, B.G. Abdulov // Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Gəncə bölməsi “Xəbərlər məcmuəsi”, –Gəncə, – 2018. №4 (74), –s.57-61.
7. Həsənov, Ə.A. Maqnit sahəsinin təsiri altında ekstraksiya prosesi ilə dizel fraksiyasının aromatsızlaşdırılması / Ə.A. Həsənov, E.Ə.Hüseynova, B.G. Abdulov // Azərbaycan Ali texniki

- məktəblərinin xəbərləri, –Bakı, –2019. №2 (118), –s.59-64.
8. Həsənov, Ə.A., Abdulov, B.G. Ekstraksiya üsulu ilə ekoloji təmiz dizel yanacağıın alınması // Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri, –Gəncə, –Azərbaycan, –3 may, –2019, –s.258-259.
 9. Abdulov, B.G. Maqnit sahəsinin təsiri altında dizel fraksiyasının ekstraksiya üsulu ilə təmizlənməsi // GTDOEK 2020 Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin 100 illik yubileyinə həsr edilmiş gənc tədqiqatçı və doktorantların onlayn Elmi Konfransı, – Bakı, –Azərbaycan, –7-8 May, –2020, –s.18-22.
 10. Abdulov, B.G. Obtaining of ecologically pure diesel fuel by Using n-methylpyrrolidone under the influence of magnetic field / B.G.Abdulov, A.A.Hasanov // Azerbaijan Journal of Chemical News, –Baku, –2020. Vol.2, iss.2, –p.23-28.
 11. Həsənov, Ə.A., Abdulov, B.G. Neftin ilkin emalından alınan dizel fraksiyasından ekoloji təmiz dizel yanacağıın alınması // “Aqrar təsərrüfatların inkişafının yeni istiqamətləri və ətraf mühitin mühafizəsi” mövzusunda respublika elmi konfransı, –Bakı, –Azərbaycan, –30 yanvar, –2021, –s.545-547.
 12. Abdulov, B.G. Dizel yanacağıın ətraf mühitə təsiri və ekoloji təmiz dizel yanacağıın alınması üsulları // RRPCS-2021 “Post-konflikt vəziyyətlərdə yenidənqurma və bərpa” beynəlxalq elmi konfransı, –Bakı, –Azərbaycan, –25-26 fevral, –2021, –s.25-29.
 13. Abdulov, B.G. Study dearomatization of diesel fuel under the infulence of magnetic eld by IR spectroscopy / B.G.Abdulov, A.A. Hasanov // International Journal of Modern Physics B., –2021. Vol.35, iss.8, –p-2150122-1-7.
 14. Abdulov, B.G. Maqnit sahəsinin təsiri altında n-metilpirrolidondan ekstragent kimi istifadə edilməklə dizel fraksiyasından ekoloji təmiz dizel yanacağıın alınması // Sumqayıt Dövlət Universiteti “ELMİ XƏBƏRLƏR” –Təbiət və texniki elmlər bölməsi, –Bakı, –2021. Cild 21 № 1, –s.38-42.
 15. Abdulov, B.G. Study of the process of selective cleaning of diesel fuel with n-methylpyrrolidone under the effect of magnetic field // Azərbaycan Ali texniki məktəblərinin xəbərləri, –Baku, –2021. №2 (130), –p.30-35.

16. Abdulov, B.G., Hasanov, A.A. Solution of environmental problems of diesel fuel used in vehicles in liberated regions after occupation // ISCRRPCS-2022 “Postkonflikt vəziyyətlərdə yenidənqurma və bərpa” II beynəlxalq elmi konfransı, –Baku, Azerbaijan, –24-25 February, –2022, –vol.24, –p.24-28.
17. Abdulov, B.G. Elimination of environmental pollution caused by diesel trucks in Karabakh region / B.G. Abdulov, A.A. Hasanov // Azerbaijan Journal of Chemical News, –Baku, –2023. Vol.5, №1, –p.79-86
18. Abdulov, B.G. Ekstraksiya üsulu ilə dizel fraksiyasının aromatik karbohidrogenlərdən təmizlənməsi // Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illiyinə həsr olunmuş “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” mövzusunda Beynəlxalq Elmi Konfransı, –Gəncə, –Azərbaycan, –5-6 May, –2023, II hissə, –s.253-256
19. Abdulov, B.G. Research of diesel fraction cleaning process by extraction method // GTDREK 2023, Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş gənc tədqiqatçı və doktorantların Respublika Elmi Konfransı, –Bakı, –Azərbaycan, –4-5 May, 2023, –s.71-74
20. Abdulov, B.G. Obtaining of ecologically clean diesel fuel by extraction process under the influence of magnetic field / B.G. Abdulov, A.A. Hasanov // Azerbaijan chemical journal, –Bakı, –2023. № 3, –p.105-111
21. Abdulov, B.G., Investigation of the effect of magnetic field intensity on the process of purification of diesel fraction with extraction method by using N-methylpyrrolidone, / B.G. Abdulov, A.A. Hasanov // New Materials, Compounds and Applications, –Bakı, –2023. Vol.7, No.3, –p.156-166.
22. Abdulov, B.G. Mathematical modeling of the process of separation of mixtures by liquid extraction / B.G. Abdulov, A.A. Hasanov // Azerbaijan chemical journal, –2024. № 4, – p.60-66.
23. Həsənov, Ə.A. Dizel fraksiyasının aromatik karbohidrogenlərdən təmizlənməsi üsulu, İxtira İ 2022 0040 / Əcəmov K.Y., Hüseynova E.Ə., Abdulov B.G., İsmayılova R.Ə.



Dissertasiyanın müdafiəsi “07” mart 2025-ci il tarixində saat 10⁰⁰-da akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.17 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Azərbaycan Respublikası, AZ 1025, Bakı şəhəri, Xocalı prospekti, 30.

Dissertasiya ilə akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun elmi kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun rəsmi internet saytında www.nkpi.az yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat “06” fevral 2025-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 31.01.2025

Kağız formatı: A5

Həcm: 36680

Tiraj: 100