

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**SİNTEZ OLUNMUŞ OKSİGENLİ ƏLAVƏLƏRDƏN İSTİFADƏ
ETMƏKLƏ AVRO-4, AVRO-5 AVTOMOBİL
BENZİNLƏRİNİN ALINMASI PROSESİNİN İŞLƏNİB
HAZIRLANMASI**

İxtisas: 2314.01 – Neft kimyası

Elm sahəsi: Texnika

İddiaçı: **Sahib Hacı oğlu Yunusov**

Elmlər doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

Bakı – 2021

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun "Avtomobil benzinləri" laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçilər: texnika elmləri doktoru, akademik
Musa İsmayıl oğlu Rüstəmov
texnika elmləri doktoru, professor

Azada Cəbrayıl qızı Hüseynova

Rəsmi opponentlər: texnika elmləri doktoru, dosent
Qalina Anatolyevna Hüseynova
texnika elmləri doktoru, professor
Həqiqət Əlişraf qızı Cavadova
texnika elmləri doktoru, professor
Ələkbər Ağasəf oğlu Həsənov
texnika elmləri doktoru
Fəxrəddin Səttar oğlu İsmayılov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.17 Dissertasiya şurası


Dissertasiya şurasının sədri: k.e.d., akademik


Vaqif Məhərrəm oğlu Abbasov

Dissertasiya şurasının elmi katibi: t.ü.f.d., dosent


Zaur Zabil oğlu Ağamalıyev

Elmi seminarın sədri: t.e.d., professor


Leylufər İmran qızı Əliyeva

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Avro-4 və Avro-5 standartlarının tələblərinə cavab verən ekoloji təmiz avtomobil benzinlərinin alınması, həmçinin ətraf mühitin çirklənməsi problemi və mühərrik yanacaqlarına olan tələbatın kəskin yüksəlməsi ilə əlaqədar onların ehtiyatlarının artırılması neft emalı sənayesinin əsas vəzifələrindən biridir.

Bu problemin həlli tərkibində oksigenərkibli birləşmələr (oksigenatlar) saxlayan alternativ yanacaqların yaradılması yolu ilə mümkündür, hansı ki, onların içərisində istənilən karbohidrogen xammalından – təbii qazdan, kömürdən və s. sintez edilməsi praktiki mümkün olan aşağı molekullu spirtlər və sadə efirlər xüsusi yer tutur.

Karbohidrogen yanacaqlarının tərkibində oksigenatların istifadə edilməsi mühərrikin səmərəli işləməsini yüksəldir və tullantı qazlarının toksikliyi azaldır. Ancaq benzinlərin spirtlərlə qarışığı aşağı faza stabilliyinə malik olduğu üçün onların tərkibinə stabilizatorların daxil edilməsi tələb olunur ki, bu da aşağı yanma istiliyinə görə yanacağın daha çox sərf olunmasına gətirib çıxarır.

Buna görə də, avtomobil benzinlərinə oksigenatlar kimi yüksəkotanlı sadə efirlər- metilüçlübutil (MÜBE), metilüçlüamil (MÜAE), etilüçlübutil (EÜBE), izopropilüçlübutil (i-PÜBE), dimetil və dietil efirlərindən əlavə kimi istifadə daha sərfəlidir çünki, bu əlavələr avtomobilin soyuq halda işə düşmə temperaturunu azaldır və bu zaman 6-7 % benzinə qənaət edilir. Bu benzinin yol oktan ədədinin yüksəlməsi və detonasiyaya davamlılığının fraksiyalar üzrə bərabər paylanması ilə izah edilir. Bundan başqa, efirlərin benzinlərlə qarışdırılması zamanı fazaların ayrılması müşahidə olunmur, toksiki məhsullar əmələ gəlmir və mühərrikin nəzərə çarpacaq dərəcədə modifikasiya edilməsi tələb olunmur.

Yuxarıda göstərilən efirlərin benzinin tərkibində istifadə edilməsi katalitik krekinq və yumşaq rejimdə alınan riforminq benzinləri əsasında oktan ədədi motor metodu ilə 85 vahid və tədqiqat metodu ilə 95 vahid olan perspektiv keyfiyyətli yüksəkotanlı benzin almağa imkan verir ki, bu da aromatik karbohidrogenlərin, xüsusən də benzolun miqdarını azaltmağa və benzinin çıxımını artırmağa, yəni avtomobil benzinlərinin istehsal həcminin genişləndirilməsinə imkan yaradır.

Hal-hazırda yuxarıda göstərilən efirləri iondəyişdirici turş qatranların, əsasən Amberlist-15-in iştirakında izobutilen və katalitik krekinqin butan-butilen fraksiyası və metanolun əsasında alırlar, lakin bu katalizator termiki cəhətdən stabil deyil, regenerasiya olunmur, katalizatorun səthindəki turşu qələviləşdirilməlidir, izobutilen:metanol nisbəti çox yüksəkdir, ona görə də reaksiyaya daxil olmayan komponentlər mütləq resirkulyasiya edilməlidir.

Seolittərkibli katalizatorların istifadəsi zamanı yuxarıda göstərilən çatışmamazlıqlar müşahidə olunmur. Bundan başqa, oksigenatların sintezi prosesində bir ikiqat rabitəyə malik alkenlərlə müqayisədə yüksək reaksiya qabiliyyətli qoşulmuş ikiqat rabitəli dien karbohidrogenlərinin istifadə edilməsi, qoşulmuş sistemlərdə doymamış karbon atomlarının qarşılıqlı təsiri nəticəsində birləşmə reaksiyalarında avtomobil benzinlərinə əlavə kimi yararlı yeni yüksəkoktanlı efirlər almağa imkan verir.

Bu deyilənlərdən belə nəticəyə gəlmək olar ki, asan regenerasiya olunan sənaye tipli seolittərkibli Seokar-2 və Seokar-600 katalizatorlarından istifadə etməklə katalitik krekinqin butan-butilen fraksiyası, pirolizin butan-divinil fraksiyası və biratomlu C_1-C_3 spirtləri, onların qarışığı əsasında avtomobil benzinlərinə yüksəkoktanlı oksigentərkibli əlavələrin alınması prosesinin iqtisadi göstəricilərinin yaxşılaşdırılması bütövlükdə aktual bir problemdir.

Tədqiqatın obyektı və predmeti sintez edilmiş oksigenli əlavələrdən və keyfiyyəti yaxşılaşdırılmış benzin komponentlərindən istifadə etməklə Avro-4 və Avro-5 avtomobil benzinləri compoundlarının hazırlanmasıdır.

Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri biratomlu C_1-C_3 spirtləri və onların qarışığını, pirolizin butan-divinil fraksiyasını və katalitik krekinqin butan-butilen fraksiyasını prosesə daxil etmək yolu ilə avtomobil benzinlərinə yüksəkoktanlı əlavələrin istehsalı üçün xammal bazasının ehtiyatlarını genişləndirməkdən və sintez olunmuş oksigenatlardan istifadə etməklə Avro-4 və Avro-5-in ekoloji standartlarına uyğun əmtəə benzinlərinin reseptlərinin işlənilməsi hazırlanmasından ibarətdir.

Tədqiqatın metodları. İş yerinə yetirilən zaman kimyəvi (benzin yanacağına) ГОСТ və ASTM üzrə keyfiyyət göstəricilərinin müəyyən

edilməsi), spektral (İQ-, NMR-), rentgenfaza (RF, DTA) metodlarından istifadə edilmişdir.

Müdafiyə çıxarılan əsas müddəalar aşağıdakılardır:

- Avro-4 və Avro-5-in ekoloji standartlarının tələblərinə cavab verən avtomobil benzinlərinin alınması prosesi işlənib hazırlanmışdır;
- avtomobil benzinlərinə yüksəkoktanlı əlavələrin (oksigenatların) sintezi prosesi üçün effektiv katalizatorlar seçilmişdir;
- xammal ehtiyatını genişləndirmək məqsədi ilə oksigenatların sintezi prosesinə pirolizin butan-divinil fraksiyası daxil edilmişdir;
- yüksəkoktanlı əlavələrin alınması üçün texniki izobutilenin, katalitik krekinqin butan-butilen, pirolizin butan-divinil fraksiyalarının doymuş biratomlu C₁-C₃ spirtləri ilə alkoksialkilləşmə prosesinin optimal şəraiti seçilmişdir;
- əmtəə benzini komponentləri olan katalitik krekinq, riforminq, koklaşma və birbaşa distillə benzinlərinin keyfiyyəti yaxşılaşdırılmışdır;
- sintez edilmiş oksigenatlar və benzin komponentləri əsasında Avro-4 və Avro-5-in ekoloji standartlarına uyğun əmtəə benzinlərinin reseptləri işlənib hazırlanmışdır.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

- ilk dəfə olaraq yüksəkoktanlı əlavələrin alınması prosesinə biratomlu C₁-C₃ spirtləri ilə alkoksialkilləşdirmək üçün pirolizin butan-divinil fraksiyası daxil edilmişdir ki, bu da prosesə katalitik krekinqin butan-butilen fraksiyasının daxil edilməsi ilə müqayisədə çıxımın 3,0-5,2 %, oktan ədədinin isə 8-10 vahid artmasına imkan vermişdir;
- katalitik krekinqin butan-butilen və pirolizin butan-divinil fraksiyalarının C₁-C₃ spirtləri ilə alkoksialkilləşmə prosesindən alınan əlavələrin oktan ədədinə spirtin molekulyar kütləsinin təsiri öyrənilmişdir;
- yüksəkoktanlı əlavələrin çıxımına və keyfiyyətinə butan-butilen və butan-divinil fraksiyalarının biratomlu C₁-C₃ spirtləri ilə alkoksialkilləşmə prosesinin şəraitinin təsiri öyrənilmişdir;
- pirolizin butan-divinil fraksiyasının alkoksialkilləşmə prosesinin C₁-C₃ spirtlərinin qarışığı ilə aparılması hesabına əlavənin oktan ədədinin nəzərə çarpancaq dərəcədə artmasının mümkünlüyü müəyyən

edilmişdir;

– butan-butilen və butan-divinil fraksiyalarının biratomlu C_1-C_3 spirtləri ilə alkoksialkilləşmə prosesindən alınmış yüksəkoktanlı əlavələrin birbaşa distillə və katalitik krekinq benzinlərində qəbul edilmə həddi öyrənilmişdir;

– piroliz prosesinin butan-divinil fraksiyasının, katalitik krekinqin butan-butilen fraksiyasının və C_1-C_3 spirtləri qarışığının istifadə edilməsi hesabına avtomobil benzinlərinə yüksəkoktanlı əlavələrin alınması üçün xammal ehtiyatlarının genişləndirilməsinin mümkünlüyü müəyyən edilmişdir;

– katalitik krekinq, koklaşma və riforminq benzinlərinin biratomlu spirtlərlə alkoksialkilləşmə prosesi öyrənilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiya işində alınmış nəticələr yüksəkoktanlı oksigentərkibli əlavələrin sənayedə alınması prosesinin əsası ola bilər, bu da katalitik krekinqin butan-butilen, pirolizin butan-divinil fraksiyalarının və C_1-C_3 spirtlərinin alkoksialkilləşmə prosesinə daxil edilməsi hesabına avtomobil benzinlərinin oktan ədədini artırmağa və xammal ehtiyatlarını genişləndirməyə imkan verir. Bu oksigenatların benzin fraksiyalarının tərkibinə 10-15 % miqdarda daxil edilməsi onların ekoloji xassələrini yaxşılaşdırmağa və Avro-4 və Avro-5-in ekoloji standartlarına uyğun A-93 və A-95 markalı əmtəə avtomobil benzinləri almağa imkan verir.

Nəşrlər. Dissertasiya işi üzrə 40 elmi əsər, o cümlədən 26 məqalə və 14 tezis çap edilmişdir.

Aprobasiyası və tətbiqi. İşin əsas nəticələri aşağıdakı konfranslarda, simpoziumlarda və müşavirələrdə təqdim olunmuş və müzakirə edilmişdir: IX конференции молодых ученых по нефтехимии 100-летию со дня рождения академика Х.М. Миначева, г. Звенигород, 7-10 октябрь, 2008 г.; VII Бакинская Международная Мамедалиевская нефтехимическая конференция по нефтехимии, посвященной 80-летию Института нефтехимических процессов НАН Азербайджана, 29 сентябрь-2 октябрь, Баку, 2009 г.; Докл. симпозиум «Катализ в решении проблем нефтехимии и нефтепереработки», Баку, 28-30 сентября, 2010 г.; Akademik Ə.M. Quliyevin 100 illik yubileyinə həsr olunmuş respublika elmi konfransı 14 iyun, 2012; VIII Бакинская международной Мамедалиевской

конференции по нефтехимии, 3-6 октября, 2012 г.; 1st International Chemistry and Chemical Engineering Conference, Baku, Azerbaijan, 17-21 April, 2013; Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной 100-летию академика С.Д. Мехтиева, Баку, II том, 2014; IX Бакинская международная Мамедалиевская конференция по нефтехимии 4-5 октября, 2016 г., Баку; Международная научно-техническая конференция «Нефтехимический синтез и катализ в сложных конденсированных системах», посвященная 100-летию юбилею академика Б.К. Зейналова, Баку, 29-30 июня 2017 г.; Akademik Vahab Əliyevin 110 illik yubileyinə həsr olunmuş “Nəft emalı və nəft kimyasının innovativ inkişaf perspektivləri” adlı Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans, 9-10 oktyabr 2018, Bakı; Международная научная конференция «Актуальные проблемы современной химии», посвященная 90-летию Института нефтехимических процессов им. академика Ю.Г. Мамедалиева, 02-04 октября 2019 г., Баку.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Azərbaycan MEA NKPI-nin elmi-tədqiqat işlərinin planına uyğun yerinə yetirilmişdir (dövlət qeydiyyat №-si 0106 Az 00012).

Müəllifin şəxsi iştirakı. Tədqiqatların əsas istiqamətləri və məsələnin qoyuluşu, təcrübə sınaqlarının və təcrübələrin qoyulması və aparılmasında birbaşa iştirak, nəticələrin təhlili və sistemləşdirilməsi, işlənib-hazırlanması, müəllifə məxsusdur.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiya 336 səhifədə ifadə olunmuşdur, girişdən, 7 fəsildən, 130 cədvəldən, 14 şəkildən, 13 qrafikdən və 319 adda ədəbiyyat siyahısından, cədvəlsiz, şəkilsiz, qrafiksiz və ədəbiyyat siyahısız 352575 (giriş 18973, I fəsil 89239, II fəsil 13971, III fəsil 22760, IV fəsil 32686, V fəsil 67905, VI fəsil 53615, VII fəsil 52280) işarədən ibarətdir.

Girişdə tərkibinə katalitik krekinqin butan-butilen, pirolizin butan-divinil fraksiyaları və biratomlu C₁-C₃ spirtləri əsasında alınmış oksigenərkibli birləşmələri daxil etməklə yüksəkotanlı avtomobil benzinlərinin alınması probleminin aktuallığı əsaslandırılmış, işin məqsədi və vəzifələri, elmi yeniliyi və dissertasiyada alınmış nəticələrin praktiki əhəmiyyəti təqdim edilmişdir.

Birinci fəsilə oksigenləşdirilmiş avtomobil benzinlərinin istehsalının müasir vəziyyətini, oksigentərkibli birləşmələrin alınması sahəsində əsas tendensiyaları, keyfiyyətə qoyulmuş müasir tələblərlə əlaqədar alternativ mühərrik yanacaqlarının istehsalını və tətbiqini əks etdirən elmi və patent ədəbiyyatının icmalı təqdim olunmuşdur.

Təqdim edilmiş ədəbiyyat materiallarının analizi əsasında dissertasiya işinin məqsədi və vəzifələri müəyyən olunmuşdur.

İkinci fəsilə ilkin xammalın və reaksiya məhsullarının analizi və təcrübələrin aparılma metodikası verilmişdir.

Laboratoriya tədqiqatları zamanı tətbiq edilən qurğuların sxemləri, xammalın- katalitik krekinqin butan-butilen və pirolizin butan-divinil fraksiyalarının xarakteristikası, istifadə edilən katalizatorların faza tərkibi, həmçinin DÜST üzrə tədqiqat prosesində tətbiq edilən analiz metodları göstərilmişdir.

Üçüncü fəsilə sənaye tipli seolittərkibli Seokar-2 və Seokar-600 katalizatorlarını tətbiq etməklə texniki izobutilen, katalitik krekinqin butan-butilen fraksiyası və biratomlu C_1-C_3 spirtləri əsasında oksigentərkibli birləşmələrin – sadə efirlərin alınması prosesinin tədqiqinin nəticələri verilmişdir. MÜBE, EÜBE, izo-PÜBE və digər efirlərin sintezi prosesinin optimal şəraiti müəyyən edilmişdir. Alınmış oksigentərkibli əlavələrin fiziki-kimyəvi və mühərrik xassələri öyrənilmişdir.

Dördüncü fəsilə pirolizin butan-divinil fraksiyası və biratomlu C_1-C_3 spirtləri əsasında oksigentərkibli birləşmələrin – sadə efirlərin alınması prosesinin tədqiqinin nəticələri verilmişdir.

MÜBE, EÜBE, izo-PÜBE efirlərin və digər oksigentərkibli birləşmələrin: 2,3-dimetoksibutan, 2-metoksietilsikloheksen, 2,3-dietoksibutan, 2-etoksietilsikloheksenin alınması prosesinin optimal şəraiti müəyyən olunmuşdur. Alınmış oksigenatların fiziki-kimyəvi və mühərrik xassələri öyrənilmiş və onların əsasında yanacaq kompozisiyalarının tərkibi verilmişdir.

Beşinci fəsilə tərkibində kükürlü birləşmələri azaltmaq məqsədi ilə kükürddən təmizləmənin alternativ (İM, kavitasiya) və hidrogenləşmə metodlarını tətbiq etməklə benzinlərin ekoloji xassələrinin yaxşılaşdırılması üzrə tədqiqatların nəticələri təqdim edilmişdir. Selektiv hidrotəmizləməyə KKB-nin 120 °C-q.s. ağır

fraksiyası məruz edilmişdir ki, bu benzinin oktan ədədini dəyişmədən kükürdün miqdarını azatmağa imkan verir. KB-nin q.b-85 °C yüngül fraksiyasının etanolla alkoksialkillaşma prosesinə ultrasəs kavitasiyasının təsiri öyrənilmişdir. Bu zaman maye məhsulların çıxımı 4,6 %, alkiletil efirlərin çıxımı – 5,54 % artmış, oktan ədədi isə 6 vahid yüksəlmişdir.

Altıncı fəsilə Ni-Cr katalizatorundan istifadə etməklə 180 °C və $P_{H_2} = 2-4$ MPa-da stabil platformatdan və birbaşa distillə benzinindən ayrılmış q.b.-90 °C fraksiyasının hidrogenləşmə və hidroizomerləşmə metodu ilə əmtəə benzinlərində benzolun və aromatik karbohidrogenlərin miqdarının azaldılması prosesi üzrə məlumatlar təqdim edilmişdir. Bu zaman benzolun miqdarı sıfıra qədər azalır.

Riforminq xammalı kimi istifadə etmək üçün ГҚД-205 katalizatorunda ($P = 3,5$ MPa və $T = 400$ °C) koklaşma benzininin iki mərhələli hidrotəmizləmə prosesi öyrənilmişdir, bu zaman ümumi kükürdün miqdarı 0,145 %-dən 0,0041 %-ə qədər azalır.

Yeddinci fəsilə mühərrik yanacaqları komponentlərinin – birbaşa distillə, riforminq, katalitik krekinq benzinlərinin, həmçinin Avro-4, Avro-5 standartlarının tələblərinə uyğun benzinlərin keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün oksigenatların lazım olan nisbətlərdə kompaundlaşdırılması yolu ilə əmtəə avtomobil benzinlərinin alınması reseptləri təqdim edilmişdir.

Dissertasiya yerinə yetirilmiş iş üzrə əsas tədqiqatları özündə birləşdirən nəticələrlə və istifadə olunmuş ədəbiyyatların siyahısı ilə başa çatır.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

1. Seolittərkibli sənaye katalizatorlarından istifadə etməklə texniki izobutilen, katalitik krekinqin butan-butilen fraksiyası və metanol əsasında yüksəkoktanlı oksigenli əlavələrin alınması prosesinin işlənilib hazırlanması

Benzinlərin müasir formulu onların tərkibində yüksəkoktanlı oksigenli əlavələrin – tərkində 2,4-2,7 % küt. əlaqələnmiş oksigen

olan oksigenatların olmasını tələb edir ki, bu da avtomobil benzinlərinin tərkibində konserogen aromatanın miqdarını artırmadan onların ehtiyatını və oktan ədədini yüksəltməyə imkan verir. Daha uyğun olan oksigenatlara metil, etil, izopropil spirtləri və onların əsasında alınan efirlər – MÜBE, EÜBE, i-PÜBE və s. aiddir.

Yüksəkoktanlı oksigenli əlavələrin – oksigenatların (MÜBE) sintezi prosesində xammal kimi texniki izobutilen, katalitik krekinq prosesinin butan-butilen fraksiyası (BBF), spirt kimi isə metanol (izobutilen : metanol = 1 : 1 və BBF : metanol = 6 : 1) istifadə edilmişdir.

MÜBE-nin istehsalı üçün lazım olan izobutilenin ehtiyatını qaz kondensatında və ya neftlə birlikdə çıxan səmt qazlarının tərkibində olan n-butanın dehidrogenləşməsi və sonradan butilenlərə izomerləşməsi proseslərindən istifadə etməklə artırmaq olar. Termodestruksiya və neft-kimya proseslərindən alınan qazlar da izobutilenlərin mənbəyi ola bilər.

Bundan başqa, neft emalı zavodlarındakı izobutilenlərin ehtiyatının ekoloji xassələri yaxşılaşdırılmış oksigenli birləşmələrin lazımı miqdarda alınması üçün yetərli olmadığını nəzərə alaraq, metilülçüamill efiri (MÜAE) almaq məqsədi ilə katalitik krekinq və kokslaşma benzinlərinin, pirolizin aralıq məhsullarının C₅ və ya C₄-C₇ fraksiyalarının alkoksialkilləşməsinə aparmaq mümkündür.

MÜBE digər yüksəkoktanlı əlavələrlə (alkilatlar, izomerizatlar) müqayisədə yüksək oktan ədədinə və aşağı qaynama temperaturuna malikdir ki, bu da bütövlükdə baza benzininin əsas fraksiyasının oktan ədədini nəzərə çarpacaq dərəcədə artırmağa imkan verir.

Metilülçübutil efiri avtomobil benzinlərinin daha qiymətli yüksəkoktanlı əlavəsidir, əvvəllər C₆-C₇ izoolefinlərin metil efirlərinə benzinlərdə əsasən oksigen mənbəyi kimi baxırdılar.

Üçlüalkil efirləri üçlü karbon atomunun yanında ikiqat rabitəsi olan izoolefinlərin turşu tipli bərk katalizatorların iştirakında alkoksialkilləşməsi ilə alınır.

Metanol və texniki izobutilenin əsasında avtomobil benzinlərinə yüksəkoktanlı əlavələrin alınması prosesi istehsal gücü 250 q/saat olan laboratoriya qurğusunda aparılmışdır. Katalizator kimi sənaye tipli seolit tərkibli asan regenerasiya olunan Seokar-2 və Seokar-600-dən

istifadə edilmişdir.

Yüksəkotanlı efirlərin sintezi həm buxar fazada (atmosfer təzyiqində), həm də maye fazada (1,0-2,5 MPa) 80-150 °C temperaturda aparıla bilər. Ancaq maye fazada efirlərin çıxımı xeyli yüksəkdir. Reaksiya dönərdir və çevrilmə dərəcəsi temperaturun azalması və izobutilenlərin metanolla durulaşdırılması ilə artır. MÜBE-nin alınmasının əsas reaksiyası bərk katalizatorlarda elektrofil birləşmə mexanizmi ilə baş verir. Metanol və izobutilenin əsasında yüksəkotanlı əlavənin sintezi üzrə tədqiqatlar Seokar-2 sənaye katalizatorunun iştirakında 80-150 °C temperatur intervalında, 1,0-2,5 MPa təzyiqdə və $V = 1,0 \text{ saat}^{-1}$ kütlə sürətində aparılmışdır. Aparılmış tədqiqatların nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1

Sənaye tipli Seokar-2-nin iştirakında izobutilen və metanolun əsasında yüksəkotanlı əlavələrin sintezinin material balansı

Göstəricilər	V = 1,0 saat ⁻¹											
	P = 1,0 MPa				P = 2,0 MPa				P = 2,5 MPa			
	80 °C	100 °C	120 °C	150 °C	80 °C	100 °C	120 °C	150 °C	80 °C	100 °C	120 °C	150 °C
Katalizatın çıxımı, % küt.	84,0	86,3	88,6	80,4	85,8	86,4	88,7	86,5	86,1	87,6	88,9	86,1
o cümlədən:												
izobutilen	3,0	2,7	2,1	1,8	2,7	2,1	1,4	1,3	2,4	1,9	1,2	1,0
metanol	5,8	5,3	5,0	4,3	5,3	4,8	4,0	3,7	5,1	4,7	3,8	3,5
ÜBS	8,6	9,5	10,1	12,5	6,3	7,1	7,2	12,4	5,8	6,8	7,0	8,8
MÜBE	64,8	67,1	69,8	60,6	69,7	71,3	75,4	67,6	71,1	73,4	76,3	72,4
diizobutilen	1,8	1,7	1,6	1,2	1,8	1,1	0,7	0,5	1,7	1,0	0,6	0,4
Qazın çıxımı, % küt.	14,7	12,5	10,1	18,1	12,8	12,4	10,0	13,1	12,4	10,8	9,8	11,9
Koks + itkinin çıxımı, % küt.	1,3	1,2	1,2	1,5	1,4	1,2	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	2,0
o cümlədən koks	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5

Cədvəl 1-dən görünür ki, sabit temperaturda təzyiqin artması ilə katalizatın çıxımı qanunauyğun artır, katalizatın və onun tərkibində MÜBE-nin daha yüksək çıxımı 120 °C-də və 2,5 MPa təzyiqdə uyğun olaraq 88,9 və 76,3 % təşkil edir. İzobutiləndən istifadə etdikdə prosesin optimal şəraiti temperatur 120 °C, təzyiq 2,5 MPa və xammalın verilməsinin kütlə sürəti 1,0 saat⁻¹-dir, hansı ki, bu zaman

katalizatın çıxımı 88,9 % küt., onun tərkibində oksigenli birləşmələrin miqdarı 83,3 % küt., həmçinin reaksiyaya daxil olmamış izobutilenin və metanolun miqdarı isə uyğun olaraq, 1,2 % və 3,8 % küt. təşkil edir. Katalizatın oktan ədədi tərkibindən MÜBE çıxarılmadan tədqiqat metodu ilə 112-114 vahid təşkil edir.

Yüksəkoktanlı efirlərin alınması üçün xammal ehtiyatını genişləndirmək məqsədi ilə izobutilenlərin xammal mənbəyi kimi alkoksialkilləşmə katalizatorunu zəhərləyən kükürlü birləşmələrdən və dienlərdən təmizlənmiş katalitik krekinqin butan-butilen fraksiyası istifadə edilmişdir.

Katalitik krekingin butan-butilen fraksiyasından istifadə etdikdə prosesin optimal şəraiti temperatur 120 °C, təzyiq 2,5 MPa və xammalın verilməsinin kütlə sürəti 1,0 saat⁻¹-dir.

Bu zaman katalizatın (yüksəkoktanlı əlavənin) çıxımı 45,4 % küt., onun tərkibində metilüçlübutil efirinin miqdarı isə 33,6 % küt. təşkil edir. Katalizatın oktan ədədi metilüçlübutil efirini ayırmadan tədqiqat metodu ilə 112 vahid olur. Katalizatdan katalitik krekinq benzininin tərkibinə 15 % əlavə etdikdə benzinin oktan ədədi tədqiqat metodu ilə 90,3 vahiddən 93,5 vahidə qədər, yəni 3 vahiddən çox artır.

Ona görə də, metanol, texniki izobutilen və katalitik krekinqin butan butilen fraksiyası əsasında yüksəkoktanlı əlavələrin alınması üçün prosesi daha güclü turşu mərkəzlərinə malik olan katalizatorlardan istifadə etməklə aparmaq daha məqsədə uyğundur. Bununla əlaqədar metanol izobutilen və katalitik krekinqin butan-butilen fraksiyası əsasında metilüçlübutil efirinin sintezi prosesində katalizatorun aktivliyinin və stabilliyinin öyrənilməsi istiqamətində sonrakı tədqiqatlar sənaye tipli Seokar-600 katalizatorundan istifadə etməklə aparılmışdır.

Seokar-600 katalizatorundan istifadə etməklə texniki izobutilen və metanolun əsasında yüksəkoktanlı əlavənin alınması üzrə tədqiqatların nəticələri cədvəl 2-3-də verilmişdir.

Cədvəl 3-də yüksəkoktanlı oksigenli əlavənin tərkibi verilmişdir. Optimal şəraitdə temperatur 120 °C, P = 2,5 MPa, V = 1,0 saat⁻¹ MÜBE-nin maksimal çıxımı 85,87 % küt təşkil edir.

Cədvəl 2
Sənaye tipli Seokar-600-ün iştirakında
texniki izobutilen və metanolun əsasında
yüksəkotanlı əlavənin sintezinin material balansı

Göstəricilər	V = 1,0 saat ⁻¹											
	P = 1,0 MPa				P = 2,0 MPa				P = 2,5 MPa			
	80 °C	100 °C	120 °C	150 °C	80 °C	100 °C	120 °C	150 °C	80 °C	100 °C	120 °C	150 °C
Katalizatın çıxımı, % küt.	87,0	89,3	91,6	83,4	88,8	89,4	91,7	88,5	89,1	90,6	91,9	89,1
o cümlədən												
izobutilen	3,1	2,8	2,2	1,9	2,8	2,2	1,5	1,4	2,5	2,0	1,3	1,1
metanol	6,0	5,5	5,2	4,5	5,5	5,0	4,1	3,8	5,3	4,9	3,9	3,6
ÜBS	8,9	9,8	10,4	12,9	6,5	7,3	7,4	12,9	6,0	7,0	7,2	9,1
MÜBE	67,1	69,4	72,1	62,8	72,1	73,7	77,9	69,9	73,5	75,7	78,9	74,9
diizobutilen	1,9	1,8	1,7	1,3	1,9	1,2	0,8	0,5	1,8	1,0	0,6	0,4
Qazın çıxımı, % küt.	11,7	9,5	7,1	15,1	9,8	9,4	7,0	10,1	9,4	7,8	6,8	8,9
Koks + itkinin çıxımı, % küt.	1,3	1,2	1,2	1,5	1,4	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,3	2,0
o cümlədən koks	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5

Cədvəl 3
Seokar-600-ün iştirakında izobutilen və metanolun əsasında
yüksəkotanlı əlavənin sintezi zamanı alınan katalizatın tərkibi

Göstəricilər, % küt.	V = 1,0 saat ⁻¹											
	P = 1,0 MPa				P = 2,0 MPa				P = 2,5 MPa			
	80°C	100 °C	120 °C	150 °C	80 °C	100 °C	120 °C	150 °C	80 °C	100 °C	120 °C	150 °C
izobutilen	3,56	3,14	2,40	2,28	3,15	2,46	1,64	1,58	2,81	2,21	1,41	1,23
metanol	6,90	6,16	5,68	5,40	6,19	5,59	4,47	4,29	5,95	5,41	4,24	4,04
ÜBS	10,23	10,97	11,35	15,47	7,32	8,17	8,07	14,68	6,73	7,73	7,83	10,22
MÜBE	77,13	77,71	78,71	75,30	81,20	82,44	84,95	78,99	82,49	83,55	85,87	84,06
diizobutilen	2,18	2,02	1,86	1,55	2,14	1,34	0,87	0,55	2,02	1,10	0,65	0,45

Katalitik krekinqin butan-butilen fraksiyası və metanolun əsasında oksigenli əlavələrin sintezi üzrə sonrakı tədqiqatlar da sənaye tipli Seokar-600 katalizatorundan istifadə etməklə aparılmışdır (cədvəl 4).

Cədvəl 4-dən görünür ki, katalizatın maksimum çıxımı – 48,4 % küt. 120 °C temperatur, 2,5 MPa təzyiqdə və V = 1,0 saat⁻¹-də alınmışdır.

Cədvəl 4

Seokar-600-ün iştirakında katalitik krekinqin butan-butilen fraksiyası və metanolun əsasında yüksəkotanlı əlavənin sintezinin material balansı

Göstəricilər	V = 1,0 saat ⁻¹						V = 2,0 saat ⁻¹					
	P = 1,0 MPa		P = 2,0 MPa		P = 2,5 MPa		P = 1,0 MPa		P = 2,0 MPa		P = 2,5 MPa	
	100 °C	120 °C	100 °C	120 °C	100 °C	120 °C	100 °C	120 °C	100 °C	120 °C	100 °C	120 °C
Katalizatın çıxımı, % küt.	44,7	45,3	46,3	47,9	47,4	48,4	46,4	47,5	47,8	48,3	48,2	48,3
o cümlədən												
izobutilen	2,30	2,10	1,49	1,50	1,04	0,68	2,85	2,66	2,40	2,10	1,78	1,47
metanol	2,76	2,26	1,83	1,74	1,44	1,26	3,25	3,06	2,46	2,22	1,90	1,70
n-butan	2,76	3,68	3,31	4,52	3,69	4,64	3,25	4,50	4,58	5,41	4,94	5,43
izo-butan	10,75	7,13	10,69	7,24	8,32	2,69	11,47	9,02	11,39	8,75	9,54	3,79
izo-pentan	0,57	0,91	0,80	1,10	0,86	1,14	0,46	0,64	0,92	1,02	0,92	1,02
n-pentan	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,05	0,12	0,12	0,11	0,12	0,11
ÜBS	1,13	1,36	1,03	1,28	0,93	1,14	1,03	1,15	0,92	1,02	0,79	0,96
MÜBE	23,90	26,67	25,95	29,35	30,02	35,82	23,29	25,65	24,38	27,16	27,63	33,37
diizobutilen	1,12	1,07	1,08	1,05	0,98	0,91	0,75	0,70	0,63	0,51	0,58	0,45
Qazın çıxımı, % küt.	53,2	52,7	51,7	50,5	50,4	49,5	52,2	50,7	50,1	49,7	49,7	49,6
Koks + itkinin çıxımı, % küt.	2,1	2,0	2,0	1,6	2,2	2,1	1,4	1,8	2,1	2,0	2,1	2,1
o cümlədən koks	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,2	0,4	0,3	0,5	0,4	0,5
Oktan ədədi												
M.M. ilə	100	102	101	103	104	105	100	103	100	101	102	104
T.M. ilə	108	110	109	111	112	113	107	110	108	109	110	112

Seokar-600 sənaye katalizatorunun iştirakında katalitik krekinq prosesinin butan-butilen fraksiyası və metanolun əsasında yüksəkotanlı əlavənin sintezi prosesindən alınmış katalizatın tərkibi aşağıda verilmişdir. Sintez optimal temperaturda – 120 °C, xammalın verilməsinin 1 saat⁻¹ kütlə sürətində və müxtəlif təzyiqlərdə (1,0 MPa, 2,0 MPa, 2,5 MPa) aparılmışdır.

İzobutilen	4,64	3,13	1,4
Metanol	4,99	3,63	2,6
n-Butan	8,12	9,44	9,59
izo-Butan	15,74	15,11	5,56
izo-Pentan	2,01	2,30	2,36
n- Pentan	0,26	0,25	0,25

ÜBS	3,00	2,67	2,36
MÜBE	58,87	61,27	74,00
Diizobutilen	2,37	2,20	1,88
Oktan ədədi M.M. ilə	102	103	105
Oktan ədədi T.M. ilə	110	111	113

Təqdim edilmiş nəticələrdən görünür ki, metil-üçlü-butil efirinin maksimal çıxımı – 74 % küt. optimal şəraitdə 120 °C temperaturda, 2,5 MPa təzyiqdə və xammalın verilməsinin $V = 1 \text{ saat}^{-1}$ kütlə sürətində alınmışdır. Reaksiyaya daxil olmamış metanol və izobutilen uyğun olaraq 1,4 və 2,6 % təşkil etmişdir.

2. Seokar-600-ün iştirakında texniki izobutilen, katalitik krekin qın butan-butilen fraksiyası və etanol əsasında yüksəkoktanlı oksigenli əlavələrin alınması prosesinin işlənilib hazırlanması

Oksigenatların sintezi üzrə sonrakı tədqiqatlar etanoldan, texniki izobutiləndən və katalitik krekin qın butan-butilen fraksiyasından istifadə etməklə aparılmışdır (cədvəl 5-6).

Cədvəl 5

Sənaye tipli Seokar-600-ün iştirakında izobutilenin və etanolun əsasında yüksəkoktanlı əlavənin sintezinin material balansı

Göstəricilər	V = 1,0 saat ⁻¹											
	P = 0,1 MPa			P = 2,0 MPa			P = 2,5 MPa			P = 3,0 MPa		
	60 °C	120 °C	130 °C	60 °C	120 °C	130 °C	60 °C	120 °C	130 °C	60 °C	120 °C	130 °C
Katalizatin çıxımı, % küt.	62,3	67,4	68,9	77,4	79,6	79,9	81,5	92,6	92,8	84,3	93,2	93,0
o cümlədən												
İzobutilen	8,2	8,0	7,5	7,3	6,7	6,2	6,0	5,4	5,2	5,3	5,0	4,8
EÜBE	17,4	23,1	24,9	39,0	41,5	42,5	48,4	63,6	63,6	53,2	65,3	64,9
ÜBS	5,7	7,1	7,9	5,4	6,7	7,5	5,3	6,0	6,8	5,1	5,8	6,6
Diizobutilen	1,8	1,6	1,4	1,7	1,5	1,3	1,5	1,3	1,1	1,2	1,0	0,8
Etanol	29,2	27,6	27,2	24,0	23,2	22,4	20,3	16,3	16,1	19,5	16,1	15,9
Qazın çıxımı, % küt.	34,9	29,4	28,2	19,9	18,7	18,3	15,7	4,8	4,2	13,4	4,6	4,4
Koks + itkinin çıxımı, % küt.	2,8	3,2	2,9	2,7	1,7	1,8	2,8	2,6	3,0	2,3	2,2	2,6
o cümlədən koks	0,2	0,3	0,5	0,3	0,5	0,6	0,4	0,6	0,8	0,5	0,7	0,9
Oktan ədədi												
M.M. ilə	103	103	104	105	105	105	106	107	107	106	107	106
T.M. ilə	115	115	117	117	117	117	117	119	118	118	119	118

Cədvəl 6

Sənaye tipli Seokar-600-ün iştirakında katalitik krekinqin butan-butilen fraksiyası və etanolun əsasında yüksəkoktanlı əlavənin sintezinin material balansı

Göstəricilər	V = 1,0 saat ⁻¹							
	T = 100 °C			T = 120 °C				
	1,0 MPa	2,0 MPa	2,5 MPa	1,0 MPa	2,0 MPa	2,5 MPa	3,0 MPa	3,5 MPa
Katalizatın çıxımı, % küt.	64,9	68,6	70,1	66,6	67,7	70,6	71,6	71,0
o cümlədən								
ΣC ₄	20,7	18,2	17,7	20,7	18,0	17,0	16,9	16,8
EÜBE	11,8	19,8	27,2	23,4	28,8	33,3	34,6	33,7
ÜBS	1,1	1,2	1,7	0,7	0,7	1,2	1,5	1,9
Diizobutilen	1,9	1,1	1,0	1,4	0,8	0,3	0,2	0,2
Etanol	29,4	28,3	22,5	20,4	19,4	18,8	18,4	18,4
Qazın çıxımı, % küt.	33,0	29,4	28,0	31,2	30,3	27,3	26,1	26,2
Koks + itkinin çıxımı, % küt.	2,1	2,0	1,0	2,2	2,0	2,1	2,3	2,8
o cümlədən koks	0,2	0,3	0,5	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8

Katalizatın maksimal çıxımı 93,2 %, o cümlədən EÜBE 65,3 % 120 °C temperaturda, 3,0 MPa təzyiqdə və V = 1,0 saat⁻¹-də texniki izobutildən istifadə etdikdə alınır. Bu zaman katalizatın oktan ədədi M.M. ilə 107 vahid və T.M. ilə 119 vahid təşkil edir.

Seokar-600-ün iştirakında texniki izobutilen və etanolun əsasında yüksəkoktanlı əlavənin sintezi prosesindən alınmış katalizatın tərkibi aşağıda verilmişdir. Sintez xammalın verilməsinin 1 saat⁻¹ kütlə sürətində, optimal temperaturda – 120 °C və müxtəlif təzyiqlərdə (1,0 MPa, 2,0 MPa, 2,5 MPa, 3,0 MPa) aparılmışdır.

İzobutilen	11,9	8,4	5,8	5,4
EÜBE	34,3	52,1	68,7	70,0
ÜBS	10,5	8,4	6,5	6,2
Diizobutilen	2,4	1,9	1,4	1,1
Etanol	40,9	29,2	17,6	17,3
Oktan ədədi M.M. ilə	103	105	107	107
Oktan ədədi T.M. ilə	115	117	119	119

Təqdim edilmiş məlumatlardan görünür ki, etil-üçlü-butil efirinin çıxımı müxtəlif şəraitlərdə 34,3-dən 70,0 %-ə qədər təşkil edir. Katalizatın oktan ədədi motor metodu ilə 103-107 vahid, tədqiqat metodu ilə 115-119 vahid təşkil edir.

Katalizatın və EÜBE-nin uyğun olaraq 71,6 və 34,6 % çıxımı 120 °C temperaturda, 3,0 MPa təzyiqdə və $V = 1,0 \text{ saat}^{-1}$ -də katalitik krekinq butan-butilen fraksiyasından istifadə etdikdə alınır.

Aşağıda sənaye tipli Seokar-600-ün iştirakında katalitik krekinq prosesinin butan-butilen fraksiyası və etanolun əsasında alınmış katalizatın tərkibi verilmişdir. Sintez xammalın verilməsinin 1 saat⁻¹ kütlə sürətində, optimal temperaturda – 120 °C və müxtəlif təzyiqlərdə (1,0 MPa, 2,0 MPa, 2,5 MPa, 3,0 MPa, 3,5 MPa) aparılmışdır.

ΣC ₄	31,1	26,6	24,1	23,6	23,7
EÜBE	35,1	42,5	47,2	48,3	47,5
Diizobutilen	1,1	1,0	1,7	2,1	2,7
ÜBS	2,1	1,2	0,4	0,3	0,3
Etanol	30,6	28,7	26,6	25,7	25,8

Katalizatın tərkibində əsas komponent – etil-üçlü-butil efirindən başqa həllolmuş C₄ qazları, həmçinin diizobutilen, üçlü-butil spirti və reaksiyaya daxil olmamış etanol var.

3. Seokar-600 katalizatorundan istifadə etməklə texniki izobutilen və izopropanol əsasında yüksəkoktanlı oksigenli əlavənin alınması prosesinin işlənilib hazırlanması

Oksigenli əlavənin alınması üçün texniki izopropil spirtindən istifadə olunmuşdur. Cədvəl 7-də Seokar-600-ün iştirakında izobutilenin və izopropil spirtinin əsasında oksigenatların sintezi üzrə tədqiqatların nəticələri verilmişdir. Spirt kimi izopropanoldan istifadə etdikdə efirin (i-PÜBE) çıxımı spirt kimi etanoldan istifadə etdikdə alınan efirin çıxımından azdır.

Katalizatın, o cümlədən i-PÜBE-nin çıxımı $T = 100 \text{ °C}$ və 2,5 MPa

təzyiqdə uyğun olaraq 96,5 və 51,3 % küt. təşkil edir.

Cədvəl 7

Seokar-600-ün iştirakında izobutilenin və izopropil spirtinin əsasında yüksəkoktanlı əlavənin sintezinin material balansı

Göstəricilər	V = 1,0 saat ⁻¹					
	T = 100 °C			T = 120 °C		
	1,0 MPa	2,0 MPa	2,5 MPa	1,0 MPa	2,0 MPa	2,5 MPa
Katalizatın çıxımı, % küt.	90,9	93,1	96,5	86,4	92,1	95,0
o cümlədən						
izobutilen	10,5	10,0	9,8	12,6	12,1	11,8
İzo-PÜBE	41,5	45,7	51,3	38,0	45,6	50,0
ÜBS	6,9	6,3	5,6	5,2	4,9	4,6
izopropanol	30,8	30,1	29,0	29,6	28,7	28,0
diizobutilen	1,2	1,0	0,8	1,0	0,8	0,6
Qazın çıxımı, % küt.	6,3	5,1	2,2	10,9	5,0	2,5
Koks + itkinin çıxımı, % küt.	2,8	1,8	1,3	2,7	2,9	2,5
o cümlədən koks	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9
Oktan ədədi						
M.M. ilə	111,5	113	116	111	113	116
T.M. ilə	122,6	124	125	122	124	125

Katalizatın oktan ədədi M.M. ilə 116 vahid və T.M. ilə 125 vahid təşkil edir. Seokar-600 katalizatorunun istifadəsi izopropilüclübutil efirinin maksimal çıxımında temperaturu 100 °C-ə (V = 1,0 saat⁻¹) aşağı salmağa imkan verir.

Aşağıda Seokar-600 sənaye katalizatorunun iştirakında müxtəlif təzyiqlərdə (1,0 MPa, 2,0 MPa, 2,5 MPa) izobutilenin və izopropil spirtinin əsasında alınan katalizatın tərkibi verilmişdir.

İzobutilen	11,6	10,7	10,2
izo-PÜBE	45,7	49,1	53,2
ÜBS	7,6	6,8	5,8
İzopropanol	33,8	32,3	30,0
Diizobutilen	1,3	1,1	0,8
Oktan ədədi M.M. ilə	111,5	113	116
Oktan ədədi T.M. ilə	122,6	124	125

İzobutilen və izopropil spirtinin əsasında yüksəkoktanlı əlavənin sintezi xammalın verilməsinin 1 saat⁻¹ kütlə sürətində, optimal temperaturda 100 °C və müxtəlif təzyiqlərdə (1,0 MPa, 2,0 MPa, 2,5 MPa) aparılmışdır.

Avtomobil benzinlərinin tərkibində toksiki komponentlərin

miqdarına qoyulan tələblərin sərtləşməsi və yanacağıın ekoloji xassələrinin yaxşılaşdırılması ilə əlaqədar olefintərkibli neft xammalının – texniki izobutilenin və katalitik krekinqin butan- butilen fraksiyasının və C₁-C₃ spirtlərinin əsasında yüksəkoktanlı oksigenli əlavələrin alınması prosesi işlənib hazırlanmışdır. Bu oksigenatların əlavə edilməsi benzinlərin oktan ədədini 3-5 vahid artırmağa imkan verir, yanacağıın yanma prosesini yaxşılaşdırır və tullantı qazlarında toksik maddələrin qatılığını azaldır.

Qeyd etmək lazımdır ki, katalizator kimi Seokar-600 istifadə edildikdə, yüksək turşuluğa və aktivliyə malik olduğu üçün, Seokar-2 katalizatoru ilə müqayisədə daha yaxşı nəticələr əldə edilmişdir.

Aparılan tədqiqatların əsasında müəyyən olunmuşdur ki, izobutilenin və biratomlu C₁-C₃ spirtlərinin əsasında Seokar-600 katalizatorunun iştirakında alkoksialkilləşmə reaksiyasında spirt kimi izopropanol, etanol və metanoldan istifadə etdikdə katalizatın çıxımı uyğun olaraq, 96,5, 93,2 və 91,9 % küt. təşkil etmişdir. Həmçinin qeyd etmək lazımdır ki, spirt kimi izopropanol, etanol və metanoldan istifadə etdikdə efirlərin – izo-PÜBE, EÜBE və MÜBE-nin çıxımı uyğun olaraq, 51,3, 65,3 və 78,9 % küt təşkil etmişdir.

Yuxarıda göstərilən spirtlərin əsasında alınmış katalizatların oktan ədədləri motor və tədqiqat metodları ilə uyğun olaraq 116, 107, 106 və 125, 119 və 117 vahidə çatır.

4. Sənaye tipli seolittərkibli katalizatorlardan istifadə etməklə metanol və pirolizin butan-divinil fraksiyası əsasında yüksəkoktanlı oksigenli əlavələrin alınması prosesinin işlənib hazırlanması

Piroliz prosesinin butan-divinil fraksiyası və metanolun əsasında avtomobil benzinlərinə yüksəkoktanlı əlavələrin alınması məqsədi ilə tədqiqatlar laboratoriya qurğusunda 80-130 °C temperatur, 2,0-3,0 MPa təzyiq intervalında, xammalın verilməsinin 1,0 saat⁻¹ kütlə sürətində Seokar-2 katalizatorundan istifadə etməklə aparılmışdır. Aparılmış tədqiqatların nəticələri cədvəl 8-də verilmişdir. Cədvəl 8-dən görünür ki, sabit temperaturda və xammalın verilməsinin 1,0 saat⁻¹ kütlə sürətində təzyiqin 2,0 MPa-dan 3,0 MPa-ya qədər yüksəlməsi ilə həm katalizatın, həm də onun tərkibindəki efirlərin –

metilüclübutil efirinin və 1,3-dimetoksibutanın çıxımı artır.

Cədvəl 8

**Seokar-2-nin iştirakında pirolizin butan-divinil fraksiyası
və metanol əsasında yüksəkoktanlı əlavənin
sintezinin material balansı**

Göstəricilər	V = 1,0 saat ⁻¹											
	P = 2,0 MPa				P = 2,5 MPa				P = 3,0 MPa			
	80 °C	100 °C	120 °C	130 °C	80 °C	100 °C	120 °C	130 °C	80 °C	100 °C	120 °C	130 °C
Katalizatin çıxımı, % küt.	45,7	50,8	52,6	51,0	46,0	49,0	54,9	53,9	50,6	54,0	55,7	54,5
o cümlədən												
ΣC ₄	8,3	7,1	5,3	4,7	8,6	7,3	4,7	4,3	10,2	5,9	3,7	3,5
metanol	10,7	9,8	5,8	4,4	9,9	7,0	3,5	3,0	8,3	6,2	2,6	2,7
MÜBE	13,7	16,3	22,5	20,6	14,1	17,5	24,6	23,0	16,4	19,6	26,3	24,3
1,3-dimetoksibutan	6,7	11,4	12,9	14,8	6,9	11,3	16,2	16,7	8,4	16,0	17,2	17,8
ÜBS	2,9	3,5	3,9	4,7	2,2	2,8	3,3	4,8	2,3	2,6	2,9	3,8
diizobutilen	1,9	1,1	0,8	0,6	2,7	1,4	1,0	0,8	3,0	1,8	1,3	0,9
2-metoksi-etilsikloheksen	1,5	1,6	1,4	1,2	1,6	1,7	1,6	1,3	2,0	1,9	1,7	1,5
2. Qazın çıxımı, % küt.	52,6	47,4	45,6	47,3	52,0	49,0	43,1	44,1	47,4	43,9	42,1	43,0
3. Koksun çıxımı	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,3
4. İtki	1,2	1,3	1,2	1,0	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Oktan ədədi M.M. ilə	103	105	107	106	104	106	108	107	106	108	110	108
Oktan ədədi T.M. ilə	113	115	117	116	114	116	118	117	116	118	120	118

Bu zaman qazın çıxımı azalır, ancaq koksun çıxımı cuzi artır. Prosesin aparılmasının optimal şəraiti: təzyiq 3,0 MPa, temperatur 120 °C və xammalın verilməsinin kütlə sürəti 1,0 saat⁻¹-dir, bu zaman yüksəkoktanlı əlavənin çıxımı 55,7 % küt., o cümlədən MÜBE – 26,3 %, 1,3-dimetoksibutan – 17,2 %, üçlübutil spirti – 2,9 %, diizobutilen – 1,3 %, 2 – metoksietilsikloheksen – 1,7 % olur.

Əlavənin oktan ədədi tədqiqat metodu ilə 120 vahid təşkil edir.

Aşağıda Seokar-2 sənaye katalizatorunun iştirakında xammalın verilməsinin 1 saat⁻¹ kütlə sürətində, optimal temperaturda – 120 °C və müxtəlif təzyiqlərdə (2,0 MPa, 2,5 MPa, 3,0 MPa) metanolla piroliz prosesinin butan-divinil fraksiyasının qarşılıqlı təsiri zamanı alınmış yüksəkoktanlı əlavənin tərkibi verilmişdir.

ΣC ₄	10,0	8,5	6,7
Metanol	11,0	6,3	4,7
MÜBE	42,7	45,0	47,3
1,3-dimetoksibutan	24,6	29,5	30,8

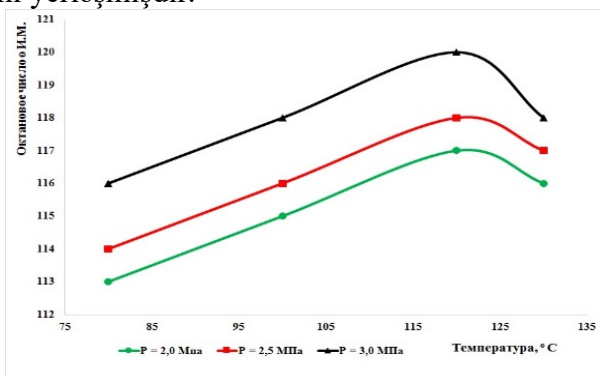
ÜBS	7,4	6,0	5,2
Diizobutilen	1,5	1,8	2,2
2-metoksietilsikloheksen	2,8	2,9	3,1
Oktan ədədi M.M. ilə	107	108	110
Oktan ədədi T.M. ilə	117	118	120

Oksigenlərkibli əlavənin əsas komponentləri metil-üçlü-butil efiri – 47,3 %, 1,3-dimetoksibutan – 30,8 % və 2-metoksietilsikloheksen – 3,1 % təşkil edir. Aşağıda həmçinin Seokar-2 sənaye katalizatorunda xammalın verilməsinin 1 saat⁻¹ kütlə sürətində, optimal temperaturda 120 °C və müxtəlif təzyiqlərdə (2,5 MPa, 3,0 MPa) metanolla piroliz prosesinin butan-divinil fraksiyası əsasında yüksəkoktanlı əlavənin sintezi zamanı reaksiyaya daxil olmamış qazın tərkibi verilmişdir.

ΣC_2	0,06	0,06	$(\alpha+i)C_4H_8$	29,57	35,32
C_3H_8	0,33	0,34	$\beta_{tr}-C_4H_8$	7,2	7,8
C_3H_6	0,64	0,88	$\beta_{sis}-C_4H_8$	5,4	6,3
n- C_4H_{10}	25,8	18,5	C_4H_6	22,8	22,3
i- C_4H_{10}	8,2	8,5			

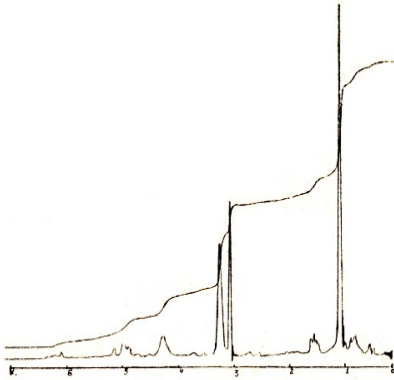
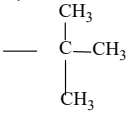
Qrafik 1-də oksigenli əlavələrin oktan ədədinin temperaturdan və təzyiqdən asılılığı verilmişdir.

Pirolizin butan-divinil fraksiyası və metanolun qarşılıqlı təsir prosesindən alınan oksigenli birləşmələrin identifikasiyası üçün ¹H NMR və ¹³C NMR spektrləri çəkilmişdir (şəkil 1 və 2). Spektrlərdən görünür ki, reaksiyanın əsas məhsulu MÜBE-dir, hansı ki, siqnalları aşağıdakı kimi yerləşmişdir.

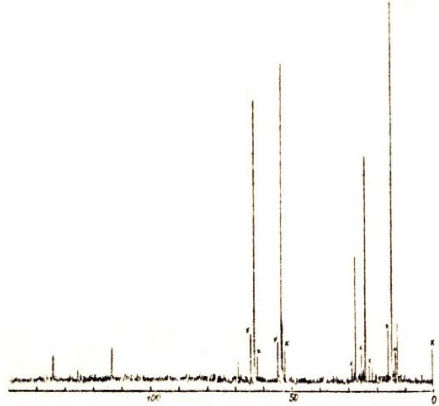


Qrafik 1. Oksigenli əlavənin oktan ədədinin temperaturdan və təzyiqdən asılılığı

a) Üçlü karbon atomunda metil qruplarının protonları $\delta = 1,10$ m.h., oksigenlə birləşmiş CH_3 -qrupunun kimyəvi sürüşməsi $\delta = 3,0 \div 3,25$ m.h.-də müşahidə olunur.



Şəkil 1. Butan-divinil fraksiyası və metanolun əsasında yüksəkotanlı əlavənin ^1H NMR-spektri



Şəkil 2. Butan-divinil fraksiyası və metanolun əsasında yüksəkotanlı əlavənin ^{13}C NMR-spektri

b) MÜBE-nin rezonans siqnallarından başqa qarışıqda həmçinin $\delta = 4,8 \div 5,2$ m.h. və $\delta = 6,05 \div 6,6$ m.h. kimyəvi sürüşmələr sahəsində müşahidə olunan siqnalları $\text{CH}_2=\text{CH}$ - qrupunun protonlarına aid etmək olar. $\delta = 0,8-0,95$ m.h. oblastında CH_2 -qrupu ilə birləşmiş CH_3 -qrupunun zəif siqnalı, həmçinin $\delta = 1,4-1,7$ m.h.-də ikiqat rabitənin yanında olan karbohidrogen qrupu ilə birləşmiş CH_3 -qrupunun siqnalı var.

v) $\delta = 3,28$ m.h. və $\delta = 4,3$ m.h. sahəsindəki siqnallar reaksiyaya daxil olmamış başlanğıc metil spirtinin CH_3 - və OH qruplarına aiddir.

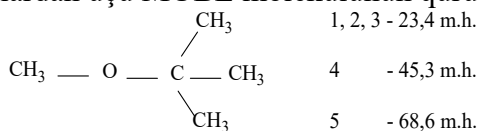
^{13}C NMR spektrində müəyyən edilmişdir:

a) $-\text{CH}=\text{CH}_2$ qurupunun siqnalları $\delta = 1,34$ m.h. və $163,4$ m.h.-də və MÜBE-nin üçlü karbon atomunun siqnalı isə $\delta = 6,9$ m.h.-də yerləşir. Üçlü karbon atomu ilə əlaqələnmiş CH_3 -qrupunun rezonans

udulmaları 23,5 m.h.-dəki, oksigenlə əlaqələnmiş CH₃-qrupunda isə 45,1 m.h.-dəki siqnallara uyğundur. Bu zaman başlanğıc metil spirtinin CH₃-qrupunun siqnalı da iştirak edir və 45,9 m.h.-də görünür. ¹H NMR və ¹³C NMR spektrlərində MÜBE-nin yanında identifikasiya edilməmiş iki pik də görünür.

b) Bu piklərin identifikasiyası üçün alınmış yüksəkotkanlı əlavə bir neçə dəfə su ilə yuyularaq spirdən təmizlənmiş və yenidən ¹H NMR və ¹³C NMR spektroskopiyaya metodları ilə tədqiq edilmişdir.

c) ¹³C NMR spektrində beş rezonans siqnalı görünmüşdür, onlardan üçü MÜBE molekulunun quruluşuna uyğun gəlir:

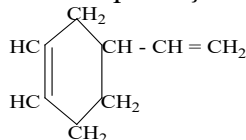


$\delta = 113,6$ m.h. və $134,6$ m.h.-də olan digər iki siqnalı olefin qrupunun udulmasına aid etmək olar. Bu aidiyyatlar həm də ¹H NMR spektri ilə də təsdiq olunur, hansı ki, (CH₃)₃ qrupunun siqnalları $\delta = 1,1$ m.h.-də və -O-CH₃ qrupuna aid siqnal isə $\delta = 3,05$ m.h.-də dəqiq görünür.

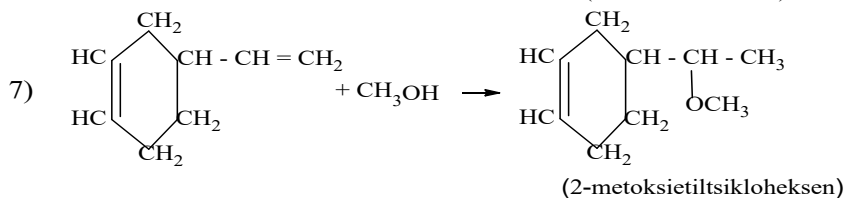
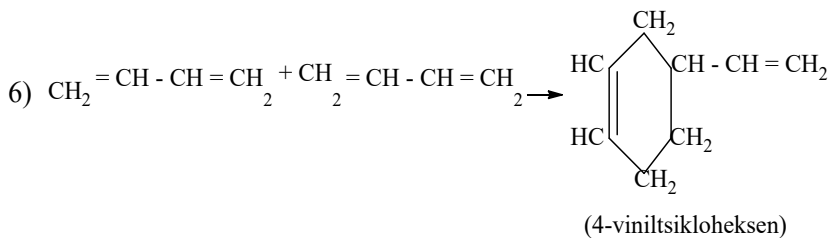
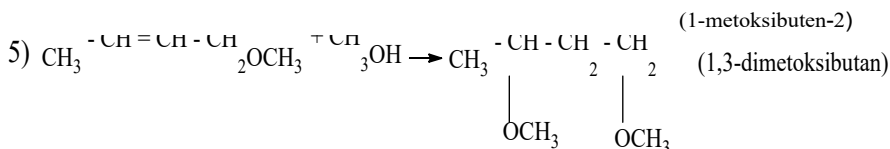
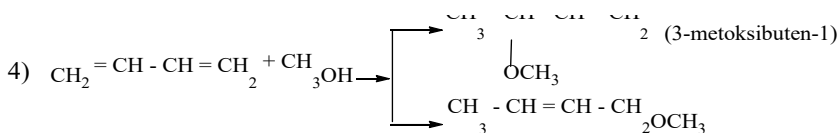
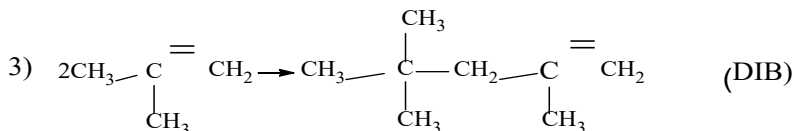
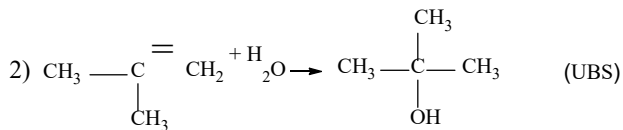
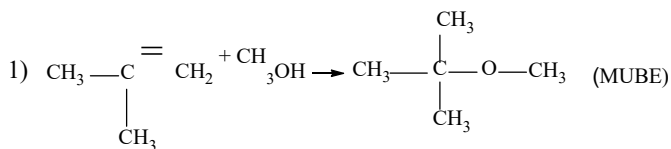
Bundan başqa, nisbətən zəif sahədə, $\delta = 4,5-6,4$ m.h. oblastında qoşulmuş ikiqat rabitələrin protonlarının siqnalları müəyyən edilmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, $\delta = 1,5-2,6$ m.h. və $\delta = 1,8-2,2$ m.h. kimyəvi sürüşmələr sahəsində əlavə siqnallar meydana çıxır, hansı ki, ikiqat rabitənin yanındakı CH₃- və CH₂-qruplarının protonlarına aid etmək olar. Həçinin $\delta = 0,9$ m.h.-də çox zəif siqnal var, onu metilen qrupu ilə əlaqələnmiş CH₃-qrupuna aid etmək olar.

Tsiklik quruluşlu olefin və izobutilenin dimeri müəyyən edilmişdir.



Yuxarıda deyilənlərə görə, pirolizin butan-divinil fraksiyası və metanolun qarşılıqlı təsir prosesinin getməsinin kimyasını aşağıdakı kimi təqdim etmək olar:



Pirolizin butan-divinil fraksiyası və metanol arasında gedən reaksiyanın təqdim olunmuş kimyasına, ^{13}C NMR, ^1H NMR və

xromotoqrafiyanın toplanmış məlumatlarına görə identifikasiya olunmamış məhsullar 1,3-dimetoksibutan və 2-metoksietilsikloheksendir.

Pirolizin butan-divinil fraksiyası və metanolun əsasında yüksəkotanlı əlavələrin alınması üzrə sonrakı tədqiqatlar Seokar-600 katalizatorundan istifadə etməklə aparılmışdır.

Aparılmış tədqiqatların nəticələri cədvəl 9-da verilmişdir.

Cədvəl 9

**Seokar-600-ün iştirakında pirolizin
butan-divinil fraksiyası və metanol əsasında
yüksəkotanlı əlavənin sintezinin material balansı**

Göstəricilər	V = 1,0 saat ⁻¹											
	P = 2,0 MPa				P = 2,5 MPa				P = 3,0 MPa			
	80 °C	100 °C	120 °C	130 °C	80 °C	100 °C	120 °C	130 °C	80 °C	100 °C	120 °C	130 °C
1. Katalizatın çıxımı, % küt.	48,7	53,8	55,6	54,0	49,0	52,0	57,9	56,9	53,6	57,0	58,7	57,5
o cümlədən												
ΣC ₄	8,8	7,5	5,6	5,0	9,2	7,7	4,9	4,5	10,8	6,2	3,9	3,7
Metanol	11,4	10,4	6,1	4,7	10,5	7,4	3,7	3,2	8,8	6,5	2,7	2,8
MÜBE	14,6	17,3	23,8	21,8	15,0	18,6	25,9	24,3	17,4	20,7	27,7	25,6
1,3-dimetoksibutan	7,1	12,1	13,6	15,7	7,4	12,0	17,1	17,6	8,9	17,0	18,1	18,8
ÜBS	3,2	3,6	4,1	5,0	2,3	3,0	3,5	5,1	2,5	2,7	3,1	4,0
diizobutilen	2,0	1,2	0,9	0,6	2,9	1,5	1,1	0,8	3,2	1,9	1,4	1,0
2-metoksi-etilsikloheksen	1,6	1,7	1,5	1,2	1,7	1,8	1,7	1,4	2,0	2,0	1,8	1,6
2. Qazın çıxımı, % küt..	49,6	44,4	42,6	44,3	49,0	46,0	40,1	41,1	44,4	40,9	39,1	40,0
3. Koksun çıxımı	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	0,8	1,0	1,0	1,2
4. İtki	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,1	1,1	1,0	1,2	1,1	1,2	1,3
Oktan ədədi												
M.M. ilə	105	106	108	107	105	107	110	108	107	109	111	110
T.M. ilə	115	116	118	117	115	117	120	118	117	119	121	120

Prosesin optimal şəraiti T = 120 °C, P = 3,0 MPa, V = 1,0 saat⁻¹-dir. Bu zaman katalizatın çıxımı – 58,7 %, MÜBE-27,7 %, 1,3-dimetoksibutan – 18,1 %, 2-metoksietilsikloheksen isə – 1,8 % təşkil edir, itki isə 1,2 % küt-dən çox olmur. Katalizatın oktan ədədi T.M. ilə 121 vahid təşkil edir.

Aşağıda Seokar-600 sənaye katalizatorunun iştirakında, xammalın verilməsinin 1 saat⁻¹ kütlə sürətində, optimal temperaturda – 120 °C və müxtəlif təzyiqlərdə (2,0 MPa, 2,5 MPa, 3,0 MPa) metanolla piroliz prosesinin butan-divinil fraksiyasının qarşılıqlı təsiri zamanı

alınmış yüksəkoktanlı əlavənin tərkibi verilmişdir.

ΣC_4	10,1	8,5	6,6
Metanol	11,0	6,4	4,6
MÜBE	42,8	44,7	47,2
1,3-dimetoksibutan	24,5	29,5	30,8
ÜBS	7,4	6,1	5,3
Diizobutilen	1,6	1,9	2,4
2-metoksietilsikloheksen	2,7	2,9	3,1
Oktan ədədi M.M. ilə	108	110	111
Oktan ədədi T.M. ilə	118	120	121

Aşağıda həmçinin Seokar-600 sənaye katalizatorunun iştirakında, xammalın verilməsinin 1 saat⁻¹ kütlə sürətində, 120 °C temperaturda və müxtəlif təzyiqlərdə (2,5 MPa, 3,0 MPa) metanolla piroliz prosesinin butan-divinil fraksiyası əsasında yüksəkoktanlı əlavənin sintezi zamanı reaksiyaya daxil olmamış qazın tərkibi verilmişdir.

ΣC_2	0,06	0,06	$(\alpha+i)C_4H_8$	29,37	34,32
C_3H_8	0,35	0,32	$\beta_{tr}-C_4H_8$	7,4	8,8
C_3H_6	0,62	0,90	$\beta_{sis}-C_4H_8$	5,9	6,7
n- C_4H_{10}	25,2	18,0	C_4H_6	21,8	21,9
i- C_4H_{10}	9,3	9,0			

5. Sənaye tipli seolit-tərkibli katalizatorlardan istifadə etməklə pirolizin butan-divinil fraksiyası, etanol və izopropanol əsasında yüksəkoktanlı oksigenli əlavələrin alınması prosesinin işlənilib hazırlanması

Avtomobil benzinlərinə yüksəkoktanlı əlavələrin istehsalı prosesində istifadə edilən spirtlərin çeşidini genişləndirmək məqsədi ilə pirolizin butan-divinil fraksiyası və etil spirti əsasında efirlərin sintezi üzrə tədqiqatlar aparılmışdır. Tədqiqatlar Seokar-600 katalizatorunun iştirakında, 80-130 °C temperatur intervalında, 1-3,0 MPa təzyiqdə və xammalın verilməsinin 1,0 saat⁻¹ kütlə sürətində aparılmış, nəticələr cədvəl 10-da verilmişdir.

Cədvəl 10-dan görünür ki, optimal şəraitdə – 120 °C temperaturda 3,0 MPa təzyiqdə və $V = 1,0$ saat⁻¹-də EÜBE və 1,3-DEB-in çıxımı uyğun olaraq 31,7 % və 16,0 %, əlavənin oktan ədədi isə tədqiqat

metodu ilə 124 vahid təşkil edir.

Cədvəl 10

Seokar-600-ün iştirakında pirolizin butan-divinil fraksiyası və etanol əsasında yüksəkotanlı əlavənin sintezinin material balansı

Göstəricilər	V = 1,0 saat ⁻¹							
	P = 2,5 MPa				P = 3,0 MPa			
	80 °C	100 °C	120 °C	130 °C	80 °C	100 °C	120 °C	130 °C
1. Katalizatın çıxımı, % küt.	52,1	52,9	59,8	59,0	54,8	55,3	60,7	60,1
o cümlədən								
ΣC ₄	11,7	10,6	6,8	5,8	11,8	10,0	5,2	5,9
Etanol	16,9	9,3	2,0	1,8	15,6	6,2	2,9	1,8
EÜBE	12,8	16,1	30,3	28,9	17,7	20,1	31,7	28,5
1,3-DEB	6,5	13,4	15,8	15,2	6,1	15,3	16,0	16,3
ÜBS	2,0	2,1	4,0	6,4	1,9	2,1	3,8	6,6
Diizobutilen	1,6	0,9	0,6	0,6	0,9	0,9	0,6	0,6
2-etoksietilsikloheksen	0,6	0,5	0,3	0,3	0,8	0,7	0,5	0,4
2. Qazın çıxımı, % küt.	45,6	45,1	38,4	38,9	44,0	42,6	37,3	37,8
3. Koksun çıxımı, % küt.	0,8	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,8	1,0
4. İtki, % küt.	1,5	1,4	1,0	1,2	0,6	1,3	1,2	1,1
Oktan ədədi								
M.M. ilə	108	110	113	113	110	111	114	112
T.M. ilə	118	120	123	124	120	122	124	123

Seokar-600 sənaye katalizatorunun iştirakında, 120 °C temperaturda, xammalın verilməsinin 1,0 saat⁻¹ kütlə sürətində, 2,5 MPa və 3,0 MPa təzyiqlərdə etanolun və piroliz prosesinin butan-divinil fraksiyasının əsasında alınmış yüksəkotanlı oksigenli əlavənin tərkibi aşağıda verilmişdir.

ΣC ₄	11,4	8,6
Etanol	3,3	4,8
EÜBE	50,7	52,2
1,3-DEB	26,4	26,4
ÜBS	6,7	6,3
Diizobutilen	1,0	0,9
2-etoksietilsikloheksen	0,5	0,8
Oktan ədədi M.M. ilə	113	114
Oktan ədədi T.M. ilə	123	124

Optimal şəraitdə – 120 °C temperaturda, 3,0 MPa təzyiqdə və xammalın verilməsinin 1,0 saat⁻¹ kütlə sürətində etil-üçlü-butil efirinin və 1,3-dietoksibutanın çıxımı uyğun olaraq 52,2 % və 26,4 %, oktan ədədi isə tədqiqat metodu ilə 124 vahid təşkil edir.

Aşağıda həmçinin Seokar-600 sənaye katalizatorunun iştirakında

etanolun və piroliz prosesinin butan-divinil fraksiyasının əsasında yüksəkoktanlı əlavənin sintezi prosesində reaksiyaya daxil olmamış C₂-C₄ qazlarının komponent tərkibi verilmişdir.

ΣC ₂	0,04	0,07	(α+i)C ₄ H ₈	30,35	29,73
C ₃ H ₈	0,23	0,35	β _{tr} -C ₄ H ₈	8,27	9,63
C ₃ H ₆	0,68	0,97	β _{sis} -C ₄ H ₈	4,35	5,35
i-C ₄ H ₁₀	8,37	8,13	C ₄ H ₆	22,77	22,32
n-C ₄ H ₁₀	24,94	24,45			

Avtomobil benzinlərinə yüksəkoktanlı əlavələrin alınması prosesində izopropil spirti də istifadə olunmuşdur.

Tədqiqatlar 80-130 °C temperatur intervalında 2,5-3,0 MPa təzyiqdə və xammalın verilməsinin 1,0 saat⁻¹ sürətində aparılmışdır.

Cədvəl 11-də Seokar-600 katalizatorundan istifadə etməklə pirolizin butan-divinil fraksiyası və izopropanol əsasında yüksəkoktanlı əlavənin sintezinin material balansı verilmişdir.

Cədvəl 11
Seokar-600-ün iştirakında pirolizin
butan-divinil fraksiyası və izopropanol
əsasında yüksəkoktanlı əlavənin sintezinin material balansı

Göstəricilər	V = 1,0 saat ⁻¹							
	P = 2,5 MPa				P = 3,0 MPa			
	80 °C	100 °C	120 °C	130 °C	80 °C	100 °C	120 °C	130 °C
Katalizatin çıxımı, % küt.	53,3	55,9	61,7	59,1	55,6	57,9	62,1	61,2
o cümlədən								
ΣC ₄	18,2	17,2	12,1	11,6	15,4	12,7	11,3	11,1
İzopropanol	14,7	11,9	10,9	11,8	12,3	10,9	10,7	10,7
İzo-PUBE	12,0	17,9	25,3	23,8	17,1	22,3	26,8	24,9
1,3-liizopropoksibutan	6,8	7,0	10,6	7,3	8,9	9,9	10,0	8,7
ÜBS	0,1	0,3	1,3	3,2	0,2	0,4	1,6	4,3
2-izopropoksietilsikloheksen	1,1	1,2	1,2	1,1	1,3	1,4	1,4	1,3
diizobutilen	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2
Qazın çıxımı, % küt.	44,8	42,0	35,9	38,8	42,4	40,2	36,0	36,9
Koksun çıxımı, % küt.	0,4	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,7	0,8
İtki, % küt.	1,5	1,6	1,7	1,2	1,5	1,2	1,2	1,1
Oktan ədədi								
M.M. ilə	106	108	110	109	108	110	116	112
T.M. ilə	116	118	120	119	118	120	126	122

Prosesin optimal şəraiti temperatur 120 °C, təzyiq 3,0 MPa və xammalın verilməsinin kütlə sürəti 1,0 saat⁻¹-dir. Bu zaman katalizatin çıxımı 62,1 %, izo-propil-üçlü-butil efiri – 26,8 %, 1,3-

diizopropoksibutan – 10,0 % təşkil edir.

Aşağıda Seokar-600 katalizatorunun iştirakında, 120 °C temperaturda, xammalın verilməsinin 1,0 saat⁻¹ kütlə sürətində, 2,5 MPa və 3,0 MPa təzyiqdə izopropil spirtinin və piroliz prosesinin butan-divinil fraksiyasının əsasında alınan yüksəkoktanlı oksigenli əlavənin tərkibi verilmişdir.

ΣC ₄	19,6	18,2
İzopropanol	17,7	17,2
izo-PÜBE	41,0	43,2
1,3-DiizoPB	17,2	16,1
ÜBS	2,1	2,6
2-izopropoksietilsikloheksen	1,9	2,2
Diizobutilen	0,5	0,5
Oktan ədədi M.M. ilə	110	116
Oktan ədədi T.M. ilə	120	126

Seokar-600 sənaye katalizatorunun iştirakında, 120 °C temperaturda, xammalın verilməsinin 1,0 saat⁻¹ kütlə sürətində, 2,5 MPa və 3,0 MPa təzyiqdə izopropil spirtinin və piroliz prosesinin butan-divinil fraksiyasının əsasında alınan yüksəkoktanlı oksigenli əlavənin sintezi prosesində reaksiyaya daxil olmamış qazın komponent tərkibi aşağıda verilmişdir.

ΣC ₂	0,05	0,05	(α+i)C ₄ H ₈	27,4	26,4
C ₃ H ₈	0,20	0,24	β _{tr} -C ₄ H ₈	6,98	6,1
C ₃ H ₆	0,86	0,85	β _{sis} -C ₄ H ₈	3,43	3,2
i-C ₄ H ₁₀	5,84	5,2	C ₄ H ₆	22,06	22,56
n-C ₄ H ₁₀	33,18	35,4			

Prosesə izopropanolun cəlb edilməsi çıxımı 62,1 % küt. və oktan ədədi tədqiqat metodu ilə 126 vahid olan yüksəkoktanlı əlavə almağa imkan verir. Avtomobil benzinlərinə yüksəkoktanlı oksigenli əlavələrin alınması prosesinin xammal bazasını genişləndirmək məqsədi ilə biratomlu spirtlərin qarışıqlarının optimal nisbətlərinin seçilməsi üzrə tədqiqatlar aparılmışdır.

Bunun üçün metanolun və etanolun, metanolun və izopropanolun, həmçinin 1 : 1 : 1 nisbətində metanol, etanol və izopropanolun qarışıqlarından və pirolizin butan-divinil fraksiyasından istifadə etməklə tədqiqatlar aparılmışdır. Metanol, etanol qarışığı və pirolizin

butan-divinil fraksiyasının əsasında yüksəkoktanlı əlavənin sintezi üzrə tədqiqatlar Seokar-600 katalizatorunun iştirakında aparılmışdır. Alınmış nəticələr cədvəl 12-də verilmişdir.

Cədvəl 12-dən görüldüyü kimi optimal şəraitlərdə ($T = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 3,0\text{ MPa}$ və $V = 1,0\text{ saat}^{-1}$) oktan ədədi tədqiqat metodu ilə 124 vahid olan yüksəkoktanlı əlavənin çıxımı 59,4 % küt., onun tərkibində efirlərin miqdarı MÜBE + EÜBE – 31,3 % küt. və 1,3-DMB + 1,3-DEB – 15,1 % küt. təşkil edir.

Cədvəl 12
Seokar-600-ün iştirakında pirolizin butan divinil fraksiyası və metanol, etanol qarışığının əsasında yüksəkoktanlı əlavənin sintezinin material balansı

Göstəricilər	V = 1,0 saat ⁻¹							
	P = 2,5 MPa				P = 3,0 MPa			
	80 °C	100 °C	120 °C	130 °C	80 °C	100 °C	120 °C	130 °C
Katalizatorun çıxımı, % küt.	51,3	52,0	58,9	57,3	54,4	55,7	59,4	58,3
o cümlədən								
ΣC ₄	14,5	8,4	3,5	2,5	15,3	8,5	3,3	2,5
Metanol	6,3	3,6	1,6	1,4	5,5	2,3	1,5	1,3
Etanol	8,6	6,9	6,7	6,6	8,6	7,0	5,6	5,4
ΣMÜBE + EÜBE	15,4	22,7	30,1	28,9	16,9	23,6	31,3	30,1
Σ1,3-DMB + 1,3-DEB	3,1	8,0	14,2	13,1	5,0	11,8	15,1	14,5
ÜBS	0,2	0,5	1,4	3,6	0,2	0,6	1,3	3,3
Diizobutilen	3,2	1,9	1,4	1,2	2,8	1,9	1,3	1,2
Qazın çıxımı, % küt.	46,7	45,9	39,1	40,5	43,5	42,2	38,4	39,4
Koksun çıxımı, % küt.	0,5	0,6	0,6	0,7	0,5	0,6	0,6	0,7
İtki, % küt.	1,5	1,4	1,4	1,5	1,6	1,5	1,6	1,6
Oktan ədədi								
M.M. ilə	109	112	114	114	110	113	114	114
T.M. ilə	119	122	124	124	120	123	124	124

Seokar-600 sənaye katalizatorundan istifadə etməklə, 120 °C temperaturda, xammalın verilməsinin 1,0 saat⁻¹ kütlə sürətində, 2,5 MPa və 3,0 MPa təzyiqdə metanol, etanol qarışığı və piroliz prosesinin butan-divinil fraksiyasının əsasında alınan yüksəkoktanlı əlavənin tərkibi aşağıda verilmişdir.

ΣC ₄	5,9	5,6
Metanol	2,7	2,5
Etanol	11,4	9,4
ΣMÜBE + EÜBE	51,1	52,7
Σ1,3-DMB + 1,3-DEB	24,1	25,4
ÜBS	2,4	2,2

Diizobutilen	2,4	2,2
Oktan ədədi M.M. ilə	114	114
Oktan ədədi T.M. ilə	124	124

Buradan görünür ki, metil-üçlü-butil və etil-üçlü-butil efirlərinin cəmi optimal şəraitdə 52,7 % küt., 1,3-dimetoksibutan və 1,3-dietoksibutanın cəmi isə optimal şəraitdə 25,4 % küt. təşkil edir.

Seokar-600 sənaye katalizatorundan istifadə etməklə, 120 °C temperaturda, xammalın verilməsinin 1,0 saat⁻¹ kütlə sürətində, 3,0 MPa təzyiqdə metanol, etanol qarışığı və piroliz prosesinin butan-divinil fraksiyasının əsasında yüksəkoktanlı əlavənin sintezi prosesi zamanı reaksiyaya daxil olmamışın qazın tərkibi aşağıda verilmişdir.

ΣC_2	0,4	$(\alpha+i)C_4H_8$	21,8
C_3H_8	0,4	$\beta_{tr}-C_4H_8$	10,8
C_3H_6	0,9	$\beta_{sis}-C_4H_8$	6,5
i- C_4H_{10}	14,1	C_4H_6	15,8
n- C_4H_{10}	29,1		

13-cü cədvəldə metanol və izopropanol qarışığının və piroliz prosesinin butan-divinil fraksiyasının əsasında avtomobil benzinlərinə yüksəkoktanlı əlavənin alınması üzrə tədqiqatların nəticələri verilmişdir.

Cədvəl 13

Metanol və izopropanol qarışığının və piroliz prosesinin butan-divinil fraksiyasının əsasında avtomobil benzinlərinə yüksəkoktanlı əlavənin sintezinin material balansı (Seokar-600)

Göstəricilər	V= 1,0 saat ⁻¹ , P = 3,0 MPa		
	80 °C	100 °C	120 °C
Katalizatın çıxımı, % küt.	57,0	59,1	60
o cümlədən:			
ΣC_4	7,3	6,1	5,5
Metanol	7,1	6,0	5,4
İzopropanol	9,5	8,3	6,8
$\Sigma MÜBE + izo-PÜBE$	20,7	23,3	25,5
$\Sigma 1,3-DMB + 1,3-DiizoPB$	9,6	12,4	13,4
ÜBS	2,0	2,3	2,8
Diizobutilen	0,8	0,7	0,6
Qazın çıxımı, % küt.	40,4	38,4	37,5
Koxsun çıxımı, % küt.	0,6	0,6	0,7
İtki, % küt.	2,0	1,9	1,8

Buradan görünür ki, prosesin aparılmasının optimal şəraiti belədir: təzyiqlik 3,0 MPa, temperatur 120 °C və xammalın verilməsinin kütlə sürəti 1,0 saat⁻¹.

13-cü cədvəldən görünür ki, metanol və izopropanol qarışığı və piroliz prosesinin butan-divinil fraksiyasından istifadə etdikdə yüksəkoktanlı əlavənin çıxımı kütləcə 60,0 %-ə çatır, katalitik krekinq benzininə əlavə edən zaman onun oktan ədədi tədqiqat metodu ilə 133 vahid təşkil edir ki, bu dörd yüksəkoktanlı efirin – metil-üçlü-butil və izo-propil-üçlü-butil efiri- 25,5 % küt., 1,3-dimetoksibutan və 1,3-diizopropoksibutan – 13,4 % küt. əmələgəlməsi ilə izah olunur.

Seokar-600 sənaye katalizatorundan istifadə etməklə, 120 °C temperaturda, xammalın verilməsinin 1,0 saat⁻¹ kütlə sürətində, 3,0 MPa təzyiqdə metanol, izopropanol qarışığı və piroliz prosesinin butan-divinil fraksiyasının əsasında alınan yüksəkoktanlı əlavənin tərkibi aşağıda verilmişdir.

ΣC ₄	9,2
Metanol	9,0
İzopropanol	11,3
ΣMÜBE + izo-PÜBE	42,5
Σ1,3-DMB + 1,3-DiizoPB	22,3
ÜBS	4,7
Diizobutilen	1,0
Oktan ədədi M.M. ilə	123
Oktan ədədi T.M. ilə	133

Alınan yüksəkoktanlı əlavə ilkin və təkrar emal benzinləri ilə istənilən nisbətdə ayrılmadan qarışır.

Pirolizin butan-divinil fraksiyası və metanol, etanol, izopropanolun 1 : 1 : 1 nisbətində qarışığı əsasında avtomobil benzinlərinə yüksəkoktanlı əlavələrin sintezi üzrə tədqiqatlar Seokar-600 katalizatorundan istifadə etməklə seçilmiş optimal şəraitdə (T = 120 °C, V = 1,0 saat⁻¹ və P = 3,0 MPa) aparılmışdır.

Tədqiqatların nəticələri aşağıda verilmişdir. Pirolizin butan-divinil fraksiyası və metanol, etanol və izopropanolun qarışığı əsasında yüksəkoktanlı əlavənin sintezinin material balansı cədvəl 14-də göstərilmişdir.

Cədvəl 14

Pirolizin butan-divinil fraksiyası və metanol, etanol və izoproponolun qarışığı əsasında yüksəkoktanlı əlavənin sintezinin material balansı (Seokar-600)

Göstəricilər	T = 120 °C, P = 3,0 MPa, V= 1,0 saat ⁻¹
Katalizatın çıxımı, % küt.	57,1
o cümlədən	
ΣC ₄	6,3
Metanol	2,8
Etanol	5,1
İzopropanol	4,7
ΣMÜBE + EÜBE + izo-PÜBE	19,8
Σ1,3-DMB+1,3-DEB +1,3- Diizo-PB	12,5
ÜBS	3,2
Diizobutilen	2,7
Qazın çıxımı, % küt.	41,2
Koksun çıxımı, % küt.	0,5
İtki, % küt.	1,2

3,0 MPa təzyiqdə, 120 °C temperaturda və xammalın verilməsinin 1,0 saat⁻¹ kütlə sürətində, Seokar-600 katalizatorundan istifadə etdikdə pirolizin butan-divinil fraksiyası və qeyd edilmiş spirtlərin qarışığı əsasında alınan yüksəkoktanlı əlavənin tərkibi aşağıdakı kimidir:

ΣC ₄	11,0
Metanol	4,9
Etanol	9,0
İzoproponol	8,2
Σ MÜBE + EÜBE + izo-PÜBE	34,7
Σ1,3-DMB + 1,3-DEB + 1,3-Diizo-PB	21,9
ÜBS	5,6
Diizobutilen	4,7
T.M. ilə oktan ədədi	140

3,0 MPa təzyiqdə, 120 °C temperaturda və xammalın verilməsinin 1,0 saat⁻¹ kütlə sürətində, Seokar-600 sənaye katalizatorundan istifadə etdikdə pirolizin butan-divinil fraksiyası və metanol, etanol və izopropanolun qarışığı əsasında yüksəkoktanlı əlavənin sintezi zamanı reaksiyaya daxil olmamış qazın tərkibi aşağıda verilmişdir.

ΣC ₂	0,2	(α+i)C ₄ H ₈	42,4
C ₃ H ₈	0,4	β _{tr} -C ₄ H ₈	9,6

C_3H_6	0,5	$\beta_{\text{sis}}-C_4H_8$	1,4
i- C_4H_{10}	5,2	C_4H_6	24,2
n- C_4H_{10}	16,1		

Üç biratomlu spirtin C_1-C_3 qarışığının istifadə edilməsi, katalitik krekinq benzininə 10 % əlavə edən zaman oktan ədədi tədqiqat metodu ilə 140 vahid olan, tərkibində 34,7 % MÜBE + EÜBE + izo-PÜBE, 20,1 % 1,3-DMB + 1,3-DEB + 1,3-Diizo-PB efirlərinin qarışığını saxlayan 57,1 % küt. çıxımla yüksəkoktanlı əlavə almağa imkan vermişdir.

Pirolizin butan-divinil fraksiyası və metanolun (cədvəl 15), pirolizin butan-divinil fraksiyası və biratomlu C_1-C_3 spirtlərinin qarışığından (cədvəl 16) alınmış yüksəkoktanlı əlavələr və KKB əsasında yanacaq kompozisiyaları hazırlanmışdır.

Cədvəl 15

Pirolizin butan-divinil fraksiyası və metanoldan alınan yüksəkoktanlı əlavənin və KKB-nin əsasında mühərrik yanacaqlarının kompozisiyaları

Komponentlər	Əlavənin tərkibi	Katalitik krekinq benzini və yüksəkoktanlı əlavənin nisbəti		
Katalitik krekinq benzini, % küt.		94	91	89
Əlavənin miqdarı, % küt.		6	9	11
Əlavənin tərkibi, % küt.				
ΣC_4	6,6	0,4	0,6	0,7
Metanol	4,6	0,3	0,4	0,6
MÜBE	47,2	2,9	4,3	5,3
1,3-DMB	30,8	1,8	2,7	3,4
ÜBS	5,3	0,3	0,5	0,5
Diizobutilen	2,4	0,1	0,2	0,2
2-metoksietiltsikloheksen	3,1	0,2	0,3	0,3
Oktan ədədi T.M. ilə	121	92	93	95
M.M. ilə	111	83	84	85

Beləliklə, oktan ədədi motor metodu ilə 80,8 vahid və tədqiqat metodu ilə 90 vahid olan katalitik krekinq benzini əsasında A-95 markalı yüksəkoktanlı benzin almaq üçün pirolizin butan-divinil fraksiyası və metanol əsasında alınan əlavədən 11 % həcm və ya pirolizin butan-divinil fraksiyası və C_1-C_3 spirtlərinin qarışığı əsasında alınan əlavədən 7 % həcm istifadə etmək olar.

Cədvəl 16

Pirolizin butan-divinil fraksiyası və biratomlu C₁-C₃ spirtlərinin qarışığından alınmış yüksəkotanlı əlavənin və KKB-nin əsasında mühərrik yanacaqlarının kompozisiyaları

Komponentlər	Əlavənin tərkibi	Katalitik krekinq benzini və yüksəkotanlı əlavənin nisbəti		
		95	93	89
Katalitik krekinq benzini, % küt.		95	93	89
Əlavənin miqdarı, % küt.		5	7	11
Əlavənin tərkibi, % küt.				
ΣC ₄	11,0	0,55	0,8	1,21
Metanol	4,9	0,24	0,3	0,54
Etanol	9,0	0,45	0,63	1,0
İzopropanol	8,2	0,41	0,6	0,9
ΣMÜBE+ EÜBE+ izo-PÜBE	34,7	1,73	2,43	3,81
Σ1,3-DMB + 1,3-DEB + 1,3-Diizo-PB	21,9	1,1	1,52	2,41
ÜBS	5,6	0,28	0,4	0,62
Diizobutilen	4,7	0,24	0,32	0,51
Oktan ədədi T.M. ilə	125	84	85,5	88
M.M. ilə	140	93,5	94,5	97

Qeyd etmək vacibdir ki, alınmış yanacaq kompozisiyaları bütün göstəricilərinə görə A-95 benzini üçün AZS 059-2001-in tələblərinə uyğundur.

6. S-12 və ГКД-205 sənaye katalizatorlarının iştirakında katalitik krekinq benzininin selektiv hidrotəmizləmə prosesinin tədqiqi

Yüksək keyfiyyətli avtomobil benzinlərinin istehsalı üçün hidrotəmizləmənin xüsusi katalizatorlarından – alümonikobaltmolibden (AKM), alümonikelmolibden (ANM) və s. istifadə etməklə hidrogen tərkibli qazın iştirakında kükürlü birləşmələrin kənarlaşdırılması prosesi işlənib hazırlanmışdır.

Ömtəə benzininin yüksək kükürlü komponentlərinə katalitik krekinq benzini aiddir. KKB-nin tərkibində çoxlu miqdarda kükürlü birləşmələrlə yanaşı aromatik karbohidrogenlərlə birlikdə benzinin yüksək oktan ədədini təmin edən olefin karbohidrogenləri də olur.

Məlumdur ki, KKB-nin geniş fraksiyasının hidrotəmizlənməsi zamanı olefinlərin doymuş karbohidrogenlərə çevrilməsi 96,7 % və oktan ədədinin itkisi M.M. ilə 4,0-4,5 vahid, T.M. ilə isə 9-10 vahid təşkil edir.

Oktan xarakteristikasını saxlamaq məqsədi ilə KKB q.b.-120 °C yüngül və 120 °C-q.s. ağır fraksiyalara ayrılmış və hər birinin çıxımı ilkin benzinə görə 50 % həcm təşkil etmişdir. Hidrotəmizləməyə ancaq KKB-nin ağır fraksiyası cəlb edilmişdir – ağır fraksiyanın tərkibində ümumi kükürdün miqdarı 380 ppm-dir.

Müəyyən edilmişdir ki, KKB-nin 120 °C-q.s. ağır fraksiyasının tərkibində çətin kənarlaşdırılan tiofen kükürdünün miqdarı – 82,6 %-ə, olefinlər isə 2,2 %-ə çatır. Bu praktiki olaraq benzinin oktan ədədini dəyişmədən, kifayət qədər sərt şəraitdə KKB-nin ağır fraksiyasının hidrotəmizlənməsini aparmağa imkan verir.

KKB-nin hidrotəmizlənmə prosesində katalizator kimi ГКД-205 və S-12 sənaye katalizatorlarından istifadə edilmişdir.

KKB-nin tərkibində 380 ppm kükürd olan 120 °C-q.s. ağır fraksiyasının hidrotəmizlənməsi S-12 katalizatorunun iştirakında 250 °C temperaturda və P = 2,0-2,5 MPa-da aparılmışdır (cədvəl 17).

Cədvəl 17

T = 250 °C-də KKB-nin ağır fraksiyasının hidrotəmizlənməsi

Göstəricilər	120 °C-q.s. fr.	
	Təzyiq, MPa	
	2,0	2,5
OƏM	79,5	79,0
Hidrogenoliz dərəcəsi, %		
ümumi kükürd	71,1	76,3
merkaptan kükürdü	79,0	85,0
Kükürd, ppm:		
ümumi	110	90
merkaptan	4,2	3,0
Doyma dərəcəsi, %	10,5	11,4

Ümumi kükürdün miqdarı 380-dən 90 ppm-ə qədər azalır, hidrotəmizləmə dərəcəsi 76,3 %-ə çatır. Oktan ədədinin itkisi 0,5-0,8 vahid təşkil edir.

Beləliklə, KKB-nin 120 °C-q.s. ağır fraksiyasının selektiv hidrotəmizlənməsi, onun tərkibində olefinlərin cüzi miqdarda – 2,2 % küt. olduğuna görə, oktan ədədinin azalmasına gətirib çıxarmır.

KKB-nin yüngül və hidrotəmizlənmiş ağır fraksiyasını balans üzrə (1 : 1) qarışdırdıqda ümumi kükürdün miqdarı 90 ppm-ə qədər azalır.

Hidrotəmizlənmiş KKB-ni 35-40 % miqdarda əmtəə benzinin

tərkibinə daxil etdikdə, ümumi kükürdün miqdarı 30-35 ppm-ə qədər azalır ki, bu da Avro-4-ün ekoloji standartlarına uyğun gəlir.

7. Benzin fraksiyalarının kükürdsüzləşdirilməsi üçün ion mayələrinin tətbiqi

İon mayələri ərimə temperaturu 100-150 °C-dən aşağı, geniş temperatur intervalında maye halda olan üzvi duzlardır.

İon mayələri adətən üzvi həlledicilərlə qarışdırılır. Su və üzvi həlledicilərlə qarışmaması ion mayələrinin mühüm texnoloji xassəsidir ki, bu bir çox sahələrdə tətbiq edilən iki fazalı sistemlər yaratmağa imkan verir.

Cədvəl 18-də qarışqa, sirkə, benzoy turşularının və amin komponenti kimi anilin, piperidin, dimetilaminin əsasında sintez edilmiş ion mayələrindən istifadə etməklə KKB-nin kükürdsüzləşdirilməsinin nəticələri verilmişdir. Alınmış məhsul ion mayesi ilə qarışdırıldıqdan sonra asanlıqla rafinata (kükürtdən təmizlənmiş benzin) və ion mayesi və onda həll olmuş kükürlü birləşmələrdən və aromatik karbohidrogenlərdən təşkil olunmuş ekstrakta ayrılır. Ekstraksiyanın müddəti 2 saat olmuşdur.

Cədvəl 18
Benzində aromatik birləşmələrin və kükürdün miqdarı
(ilkın kükürd 240 ppm)

İon mayələrinin komponentləri	Benzində aromatik karbohidrogenlərin miqdarı, %	Benzində kükürdün miqdarı, ppm	Kükürddən təmizləmə dərəcəsi, %
Qarışqa turşusu və anilin	19	66	72,5
Sirkə turşusu və piperidin	24	110	54,2
Sirkə turşusu və dietilamin	21	80	66,7
Benzoy turşusu və anilin	22	90	62,5

Qarışqa turşusu və anilin əsasında alınan ion mayesi daha yüksək ekstraksiya qabiliyyətinə malikdir, bu da KKB-də ümumi kükürdün miqdarını 240-dan 66 ppm-ə və aromatik karbohidrogenləri 25,6-dan 19 % küt-ə qədər azaltmağa imkan verir. KKB-nin kükürddən təmizlənmə dərəcəsi aniliniumformiat ion mayesində 72,5 % təşkil edir. Benzinlərin kükürdsüzləşmə dərəcəsi həmçinin prosesin mərhələlərinin sayından asılıdır. Cədvəl 19-da KKB-nin ion mayesi

ilə üç mərhələdə təmizlənməsinin nəticələri verilmişdir.

Cədvəl 19

KKB-nin ion mayesi ilə üç mərhələdə təmizlənməsi (ilkin xammalda kükürdün miqdarı 240 ppm)

Göstəricilər	Təmizləmədən sonra		
	Birdəfəlik	İkidəfəlik	Üçdəfəlik
Aromatik karbohidrogenlərin miqdarı, % küt.	19	16	14
Ümumi kükürdün miqdarı, ppm	66	48	30
Merkaptan kükürdünün miqdarı, ppm	30	18	7,8

Bu zaman ümumi kükürdün miqdarı 240-dan 30 ppm-ə, merkaptan kükürdü-36,0-dan 7,8 ppm-ə, aromatik karbohidrogenlər-25,6-dan 14 %-ə qədər azalır, oktan ədədi isə cuzi aşağı düşür.

8. Yüksəkoxtanlı benzin komponenti almaq məqsədi ilə BDB-nin q.b.-90 °C yüngül fraksiyasının hidroizomerləşmə prosesinin tədqiqi

Aromatik karbohidrogenlərin miqdarına hədd qoyulmasına baxmayaraq, katalitik riforminq prosesi yenə də benzinlərin istehsalının aparıcı prosesi kimi qalır, belə ki, yüksəkoxtanlı komponentlərin, həmçinin hidrotəmizləmə qurğuları üçün hidrogenin əsas mənbəyi hesab olunur. Bununla əlaqədar, riformat almaq məqsədi ilə birbaşa distillə benzininin riforminq prosesini BDB-nin q.b.-90 °C benzin fraksiyasının izomerləşməsi və benzolun kənarlaşdırılması prosesləri ilə birləşdirmək məqsədə uyğun olardı.

Riforminq prosesi yüksək temperaturda 500-510 °C-də nəzərə cərpacaq dərəcədə istiliyin udulması ilə baş verir. Cədvəl 20-də Azərbaycan neftlərinin qarışığından ayrılmış birbaşa distillə benzininin geniş və dar fraksiyalarının keyfiyyət göstəriciləri verilmişdir.

BDB-nin q.b.-90 °C fraksiyasının çıxımı 16,2 % küt. təşkil edir. Ümumi və merkaptan kükürdünün miqdarı cüzidir və müvafiq olaraq 120 və 32 ppm təşkil edir.

Riforminq prosesinin xammalı birbaşa distillə benzinin 90-185 °C ağır fraksiyası olması ilə əlaqədar, birbaşa distillə benzinindən ayrılmış q.b.-90 °C benzol əmələ gətirən baş fraksiya əmtəə benzininin işlədilmə xassəsini yaxşılaşdırmaq üçün onun tərkibinə

qatılır, ya da yüksəkoktanlı izokomponent almaq üçün izomerləşmə prosesinə göndərilir.

Cədvəl 20

BDB-nin geniş və dar fraksiyalarının keyfiyyət göstəriciləri

Göstəricilər	BDB- nin q.b.-180° C frak.	BDB- nin q.b.-90° C frak.
Fraksiya tərkibi, °C:		
q.b. °C	42	41
10 % qovulduğu temperatur, °C:	67	47
50 %	102	61
90 %	154	78
q.s., °C	173	89
Qaynaması, % həcm.	97	98
Kükürdün miqdarı, ppm:		
ümumi	120	32
merkaptan	6	8
OƏM	60	63
. Q.b.-90 °C fraksiyasının çıxımı, %		16,2
Karbohidrogen tərkibi, % küt.:		
parafinlər	32,6	23,2
izoparafinlər	28,1	32,2
naftenlər	30,2	40,0
aromatiklər	9,1	4,7

Aşağıoktanlı BDB-nin hidroizomerləşmə prosesi Al-Co-Mo, S-12, ΓΚΔ-205 sənaye katalizatorlarının iştirakında 200-400 °C temperaturda, H₂-nin artıq təzyiqində P = 2-3 MPa və V_{həcm} = 1saat⁻¹-də aparılmışdır.

Tədqiqatlar BDB-nin həm geniş, həm də dar fraksiyalarında aparılmışdır. Bu tədqiqatların nəticələri cədvəl 21-də verilmişdir.

Cədvəl 21

Müxtəlif katalizatorların iştirakında BDB-nin q.b.-90 °C fraksiyasının hidroizomerləşməsi

Göstəricilər	BDB- nin q.b.-90° C frak.	V = 1,0 saat ⁻¹					
		Katalizator S-12		Katalizator Al-Co-Mo	Katalizator ΓΚΔ-205		
		P= 2,0 MPa		P= 2,0 MPa	P= 3,0 MPa		
		T = 200 °C	T = 400 °C	T= 200 °C	T = 200 °C	T = 400 °C	
Kükürdün miqdarı, ppm:							
ümumi	31	16	10	26	12	11	
merkaptan	8	1,8	1,0	5,6	4,9	4,5	
OƏM, vahid	59	65	69	60	72	73	

Buradan görünür ki, Al-Co-Mo katalizatorundan istifadə etdikdə BDB-nin q.b.-90 °C dar fraksiyasının oktan ədədi cəmi 1 vahid artır, bu zaman ümumi və merkaptan kükürdünün miqdarı uyğun olaraq 31-dən 26 ppm-ə və 8-dən 5,6 ppm-ə qədər azalır.

S-12 katalizatorundan istifadə edən zaman alınan benzinin oktan ədədi M.M. ilə 59-dan 69 vahidə qədər, yəni 10 vahid artır, ümumi və merkaptan kükürdünün miqdarı uyğun olaraq 10 və 1 ppm-ə qədər azalır. Alınmış benzin fraksiyasının oktan ədədinin artımı əsasən n-parafin karbohidrogenlərinin izomerləşməsi və naften karbohidrogenlərinin dehidrotsiklləşməsi hesabına baş verir.

ГКД-205 katalizatorunun istifadəsi oktan ədədini M.M. ilə 59-dan 73-ə, yəni 14 vahid artırmağa imkan verir. Ümumi və merkaptan kükürdünün miqdarı uyğun olaraq 64,5 % və 43,8 % azalır, 11 və 4,5 ppm təşkil edir.

Beləliklə, oktan ədədini 14 vahid artırmaq məqsədi ilə BDB-nin q.b.-90 °C dar fraksiyasının hidroizomerləşməsi üçün ən yaxşı katalizator ГКД-205 olduğu müəyyən edilmişdir.

Alınmış izomerizatlar tərkibində kükürlü birləşmələrin miqdarı az olan avtomobil benzinləri üçün yüksəkoktanlı komponentlərdir və əmtəə benzinlərinin tərkibinə 10-15 % həcm əlavə edilə bilər.

9. Təkrar emal benzinlərinin (koklaşma benzini) zənginləşdirilməsi məqsədi ilə neft emalının hidrogenləşmə proseslərinin öyrənilməsi

Emal olunan neftin ümumi miqdarında kükürlü neftlərin payının nəzərə çarpacaq dərəcədə artması və azkükürlü yanacaqlara (aviyasiya, avtomobil və dizel) tələbatın fasiləsiz yüksəlməsi ilə əlaqədar hidrogenləşmə prosesləri geniş istifadə edilir. Bu proseslərin tətbiq edilməsi benzinlərin keyfiyyətini yaxşılaşdırmağa və istehsalını artırmağa imkan verir, neft emalı zavodlarında istehsal olunan mühərrik yanacaqlarının, həmçinin müxtəlif proseslər (riforinq, alkilləşmə və s.) üçün alınan xammalın miqdarlarının nisbətini tənzimləyir.

Hidrogenləşmə proseslərinə aiddir:

– hidrotəmizləmə, kükürlü birləşmələrin kənarlaşdırılması, doymamış karbohidrogenlərin doydurulması və daha sərt reyimdə aromatik karbohidrogenlərin naftenlərə qədər hidrogenləşdirilməsi;

– ağır neft qalıqlarının və qazan yanacaqlarının hidrokükürdsüzləşdirilməsi;

– açıq neft məhsullarının – reaktiv, benzin və dizel yanacağının alınması məqsədi ilə müxtəlif fraksiya tərkibli xammalların, əsasən ağır kükürlü distillatların və qalıqların daha dərin çəvrilməsinin katalitik krekinqi – xüsusi hidrokrekinq.

Yanacaq – kimya profilli neft emalı zavodlarının sxemlərində hidrotəmizləmə və hidrokrekinq üçün qurğular var ki, bu vakuüm qazoyunu, termiki və termokontakt proseslərinin təkrar məhsullarını, həmçinin qalıq xammal növlərini emal etməyə imkan verir. Ona görə də, hidrotəmizləmə kombinə edilmiş qurğuların əsas prosesi ola bilər.

Bu proseslərin istifadə edilməsi hidrogenin həm xammala, həm də parçalanma məhsullarına birləşməsinə imkan verir ki, bu da polimerləşmə, polikondensləşmə, koksəmələgəlmə proseslərinin baş verməsini kəskin, hətta sıfıra qədər azaldır.

Hidrogenin ilkin xammalın molekuluna birbaşa birləşməsi onların tərkibində ikiqat və üçqat rabitə olduqda baş verə bilər. Daha asan asetilen, sonra dien, daha sonra isə alifatik və tsiklik quruluşlu olefin karbohidrogenləri doyurlar. Aromatik karbohidrogenlərin doyması üçün hidrogenin daha yüksək parsial təzyiqli tələb olunur.

Distillatların kükürlü birləşmələrdən hidrotəmizlənməsi daha dərin və az seçiciliklə baş verir. Kükürlü birləşmələr katalizatorun aktiv mərkəzlərini tutduğuna görə doymamış karbohidrogenlərin hidrogenlə doydurulması reaksiyasının baş verməsinin qarşısını alır. Kükürlü birləşmələrin kənarlaşdırılması mühərrikin motoehtiyatını artırır, hidrotəmizlənmiş neft fraksiyalarının emalı və daşınması zamanı aparatların korroziyasını azaldır və ya tamamilə ləğv edir, onların rəngini, iyini, saxlanma zamanı qatranəmələgətirmə stabilliyini yaxşılaşdırır və havanı çirklənmədən qoruyur.

Kükürlü birləşmələrin hidrogenoliz reaksiyası karbon-kükürd rabitələrinin qırılması və olefin rabitələrinin hidrogenlə doydurulması ilə xarakterizə olunur. Prosesin əsası odur ki, C-S rabitə enerjisi (227

κC/mol) C-C rabitə enerjisindən (332 κC/mol) xeyli azdır. Yuxarıda göstərilən reaksiyalardan başqa karbohidrogenlərin hissə-hissə parçalanması və əmələgələn doymamış karbohidrogenlərin hidrogenlə parafinlərə qədər doydurulması reaksiyası baş verir. Ancaq bu reaksiyaların payı o qədər də çox deyil. Eyni zamanda qatranların, azotlu və oksigenli birləşmələrin hidrogenləşməsi, metalüzvibirləşmələrin parçalanması, parafin və naften karbohidrogenlərinin izomerləşməsi də müşahidə olunur. Bu reaksiyalar katalizatorun xassəsindən asılı olaraq, bu və ya digər şəkildə kükürdsüzləşmənin istənilən şəraitində müşahidə olunur. Ancaq qeyd etmək lazımdır ki, dərin kükürdsüzləşdirmə zamanı hidrogenləşmə dərəcəsi müqayisədə nisbətən az olur. Belə ki, $T = 340\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 20\text{ atm}$, xammalın verilməsinin $5,0\text{ s}^{-1}$ kütlə sürətində kükürdsüzləşmə dərinliyi 80 % olduqda doymamış karbohidrogenlərin ancaq 20 %-i doyur. Daha sərt şəraitdə və xammalın verilməsinin həmin kütlə sürətində kükürlü birləşmələrin hidrogenləşmə dərinliyinin nisbətən az dəyişməsi zamanı doymamış karbohidrogenlərin hidrogenləşmə dərinliyi 85 %-ə qədər yüksəlir. Hidrogenləşmə proseslərinin şəraitinin düzgün seçilməsi koksəmələgəlmənin qarşısını tamamilə alır, hidrogenləşmə proseslərinin selektiv təsirini və aktivliyini stabiləşdirir.

Hidrogenləşmə proseslərinin daha dərin forması hidrokrekinqdir, hansı ki, məqsədi açıq neft məhsulları almaqdan ibarətdir. Həmçinin hidrogenin sərfindən və rejimdən asılı olaraq, prosesi maksimal çıxımla benzinin və ya reaktiv və dizel yanacağına alınmasına yönəltmək olar. Proses ikimərhələlidir: birinci mərhələdə kükürdədavamlı hidrotəmizləmə katalizatorlarından istifadə edilir, eyni zamanda xammalın hissə-hissə parçalanması zamanı onun hidrozənginləşdirilməsi baş verir.

İkinci mərhələdə daşıyıcılarında (amorf tipli alümosilikatlar və ya seolitlər) VI və VIII qrup metalları (Co, Ni, W, Mo, Pt) saxlayan hidrokrekinqləşdirici katalizatorlarda xammalın tələb olunan dərinliyə qədər çevrilməsi baş verir. Hər iki mərhələ hidrogenin yüksək parsial təzyiqi (15-20 MPa) və 400-450 °C temperaturla xarakterizə olunur. Yuxarıda göstəriləyi kimi hidrotəmizləmənin ənənəvi katalizatorları

alümo-kobalt-molibden (AKM) və alümo-nikel-molibdendir (ANM). Hidrogenləşdirici komponentlər alüminium oksidə oksidlər şəklində hopdurulmuş kobalt, nikel və molibdendir. Alümo-kobalt-molibden katalizatoru nisbətən mülayim şəraitlərdə – 400-420 °C temperaturda, 15-20 atm təzyiqdə birbaşa qovulmuş distillatların və təkrar emal distillatlarının dərin kükürdsüzləşməsi və qatransızlaşması prosesini aparır. Bu zaman ancaq kükürdlü birləşmələr yox, həmçinin müəyyən qədər doymamış karbohidrogenlər də kənarlaşdırılır, aromatik karbohidrogenlərin miqdarı 5-10 % azalır.

Təmizləmənin şəraiti ilkin xammalın xarakterindən və təmizlənmiş məhsulun keyfiyyətinə qoyulan tələblərdən asılıdır . Belə ki, daha yüngül distillatlar, məsələn benzinlər tərkibində olan kükürdlü birləşmələrin (merkaptanlar, sulfidlər) xarakterindən və aşağımolekullu doymamış karbohidrogenlərin miqdarının az olmasından asılı olaraq hidrotəmizləmə prosesinə asan məruz qalır. Xammal ağırlaşdıqca, əgər bu xammal təkrar emal mənşəlidirsə, onun tərkibində daha stabil kükürdlü birləşmələr (tiofenlər) və çətin hidrogenləşən doymamış karbohidrogenlər olur. Eyni zamanda xammal ağırlaşdıqca hidrotəmizlənmiş məhsulda kükürdün miqdarına qoyulan tələbat azalır. Hidrotəmizləməyə lazım olan hidrogenin sərfi həmçinin xammalın mənşəyindən və tərkibindəki kükürdün miqdarından asılıdır. Hətta yüksəkkükürdlü neftlərdən alınmış birbaşa distillə benzinlərində kükürdün miqdarı hisətən aşağıdır-0,12 %, ancaq ləng koklaşma benzinlərində 0,6 %-dir, ona görə də hidrogenin sərfi birinci halda 0,05-0,07 %, ikinci halda isə 0,54-0,64 % təşkil edir.

Təkrar emal mənşəli benzinlər, o cümlədən koklaşma benzini dərin zənginləşdirildikdən sonra riforminq xammalı kimi istifadə edilə bilər. Bununla əlaqədar olaraq, doymamışların və kükürdü birləşmələrin, həmçinin digər arzuolunmaz komponentlərin miqdarını maksimum azaltmaq məqsədi ilə hidrotəmizləmənin sənaye katalizatorlarından (QKD-205 və S-12) istifadə etməklə, riforminq prosesinin xammal ehtiyatını artırmaq üçün koklaşma benzininin ikimərhələli hidrotəmizləmə prosesi öyrənilmişdir.

Heydər Əliyev adına Neftemalı zavodunda istehsal olunan

koklaşma benzini əsasən əmtəə benzini komponenti kimi istifadə edilir. Ancaq riforminq xammalı kimi istifadə edilən birbaşa distillə benzini çatışmadığına görə, koklaşma benzini qabaqcadan hidrozənginləşdirdikdən sonra riforminq xammalı kimi istifadə etmək məqsəduyğundur.

Məlumdur ki, termiki proseslərin benzinlərinin (koklaşma, katalitik krekinq) hidrotəmizlənməsi birbaşa qovulmuş fraksiyalarla müqayisədə xeyli çətindir, belə ki, onların tərkibində çoxlu doymamış karbohidrogenlər, o cümlədən dienlər, həmçinin kükürlü və azotlu birləşmələr vardır.

Azkükürlü neftlərin qarışığından alınan koklaşma benzinində (partiya 1) kükürdün miqdarı 0,145%, olefinlər-34% təşkil edir ki, bu həmin benzinin riforminq xammalı kimi istifadə edilməsinə imkan vermir, belə ki, hidrotəmizlənmiş benzinin tərkibində kükürdün miqdarı 0,003%-dən (30 ppm) çox olmamalıdır.

Koklaşma benzinində kükürdün və doymamış karbohidrogenlərin miqdarını azaltmaq üçün sənaye tipli alümonikelmolibden QKD-205 katalizatorunda hidrotəmizləmə aparılmışdır.

Məlumdur ki, kükürlü birləşmələrin davamlılığı distillatların molekulyar kütləsi artdıqca yüksəlir, belə ki, koklaşma benzini (partiya 1) çox yüksək olmayan molekulyar kütləsinə (107) malikdir və onun tərkibində merkaptanlar- RSH və disulfidlər- R_1-S-R_2 olduğuna görə bu hidrotəmizləmə prosesini xeyli dərəcədə yumşaq şəraitdə – 350-400 °C temperaturda və 3,0-5,0 MPa təzyiqdə aparmağa imkan verir.

Koklaşma benzininin (partiya 1) hidrotəmizləmə prosesi axar tipli qurğuda hidrogenlə qarışmış qazın sirkulyasiyasında QKD-205 katalizatorunun dayanıqlı layında aparılmışdır.

Katalizator 450 °C-də qurudulmuş, sonra həmin temperaturda, P = 2,0 MPa təzyiqdə hidrogenlə bərpa edilmişdir. Sənaye şəraitində bu katalizatorun hazırlanması (qurudulması) və regenerasiyası aşağıdakı şəraitlərdə - regenerasiya P = 2,2 MPa, T = 500 °C, qurudulma P = 1,9 MPa, T = 500 °C-də aparılmışdır.

Koklaşma benzininin (partiya 1) hidrotəmizlənməsi müxtəlif temperaturlarda – 350-400 °C və hidrogenlə qarışmış qazın 3,0-5,0 MPa təzyiqlərində aparılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, optimal təzyiq 5,0

MPa-dır. Kokslaşma benzininin (partiya 1) hidrotəmizləmə prosesinin $P = 5,0$ MPa, $V = 1,0$ s⁻¹-də material balansı aşağıda verilmişdir:

	350 °C	380 °C	400 °C
Götürülmüşdür:			
Kokslaşma benzini, %	100,0	100,0	100,0
H ₂ tərkibli qaz, %	1,2	1,2	1,2
Cəmi:	101,2	101,2	101,2
Alınmışdır:			
Hidrotəmizlənmiş benzin	98,0	97,0	96,0
Karbohidrogen qazı	1,8	2,0	2,3
İtki:	1,4	2,2	2,9
Cəmi:	101,2	101,2	101,2

Hidrotəmizləmə prosesindən sonra benzinin tərkibində olefinlərin tərkibi identifikasiya edilmiş və ümumi kükürdün miqdarı apparatda rentgenflüorosensiya metodu ilə təyin olunmuşdur.

Buradan görünür ki, temperatur artdıqca hidrotəmizlənmiş benzinin çıxımı 1-2 % azalır, ancaq karbohidrogen qazının miqdarı müəyyən qədər artır. Qazın analizi göstərir ki, onun tərkibində əsasən etan, propan, butan və müəyyən qədər digər komponentlər var. Kokslaşma benzininin (partiya 1) hidrotəmizləmə prosesinin hidrogenərkibli qazın $P = 4,0$ MPa təzyiqində və $V = 1,0$ s⁻¹-də material balansı aşağıda verilmişdir:

	350 °C	380 °C	400 °C
Götürülmüşdür:			
Kokslaşma benzini, %	100,0	100,0	100,0
H ₂ tərkibli qaz, %	1,4	1,4	1,4
Cəmi:	101,4	101,4	101,4
Alınmışdır:			
Hidrotəmizlənmiş benzin	98,5	98,2	97,8
Karbohidrogen qazı:			
C ₂ H ₆	6,35	5,15	4,48
C ₂ H ₄	4,12	6,54	8,89
C ₃ H ₈	26,20	30,13	33,14
C ₃ H ₆	2,7	3,1	3,24

i-C ₄ H ₁₀	6,73	10,7	11,95
n-C ₄ H ₁₀	38,05	26,95	22,90
i-C ₅ H ₁₂	9,22	10,85	10,88
n- C ₅ H ₁₂	6,63	6,58	4,52
İtki:	1,9	1,7	1,7
Cəmi:	101,4	101,4	101,4

Hidrogenin təzyiqini 5,0-dan 4,0 MPa-ya qədər azaldan zaman hidrotəmizlənmiş koklaşma benzininin (partiya 1) çıxımı müəyyən qədər artır. Aşağıda P = 5,0 MPa və V = 1,0 s⁻¹-də hidrotəmizlənmiş koklaşma benzininin (partiya 1) keyfiyyət göstəriciləri verilmişdir.

	350 °C	380 °C	400 °C
Buraxılmışdır:			
Xammal, ml	400	200	200
H ₂ tərkibli qaz, l	204	215	100
Alınmışdır:			
Katalizat, q	143,2	141,8	140,6
Çıxım, %	98,0	97,0	96,0
Molekul kütləsi	103,7	100,2	94,6
Sıxlığı, ρ ₄ ²⁰	0,725	0,729	0,727
Yod ədədi, q J ₂ /100 q benzin	0,79	0,75	0,71
Doymamışların miqdarı	0,32	0,29	0,26
Doymamış birləşmələrin hidrogenləşmə dərəcəsi			
Kükürdün miqdarı % küt.	0,0041	0,0042	0,0044
Kükürdsüzləşmə dərəcəsi, %	97,17	97,18	96,97
Qurğuşunun miqdarı, q/sm ³	0,0019	0,0018	0,0017
Metalsızlaşma, %	71,21	72,72	74,24
Oktan ədədi M.M. ilə	64	63,5	63

Buradan görünür ki, 350-400 °C temperaturda doymamış karbohidrogenlər praktiki olaraq bütövlükdə hidrogenləşir, bu zaman koklaşma benzininin (partiya 1) hidrogenləşmə dərəcəsi 99,03 % təşkil edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, kükürlü birləşmələrin hidrogenolizi 350 °C temperaturda daha tam gedir və 97,17 % təşkil edir.

Uyğun olaraq, hidrotəmizləmənin seçilmiş şəraiti verilmiş

diapozonda həm doymamış karbohidrogenlərin hidrogenləşməsi prosesində, həm də hidrokükürdsüzləşmə prosesində yaxşı təsir göstərir, ona görə də onlar doymamışların və kükürlü birləşmələrin miqdarını icazə verilən həddə qədər aşağı salmağa imkan verir.

Hidrotəmizləmə prosesində həmçinin koklaşma benzininin metallsızlaşması da baş verir.

Olefin karbohidrogenlərinin hidrogenləşməsi ilə əlaqədar benzinin oktan ədədi 4 vahid, motor metodu ilə 67 vahiddən motor metodu ilə 63 vahidə qədər azalır, çünki alınan parafin karbohidrogenləri olefin karbohidrogenlərinə nisbətən daha aşağı oktan ədədinə malikdir.

10. Alkoksialkilləşmə prosesinə fiziki təsirlərin (kavitasiyanın) tədqiqi

Hazırda neft-kimya proseslərini intensivləşdirmək üçün müxtəlif növ fiziki təsirlər, o cümlədən ultrasəs kavitasiyası tətbiq edilir.

Koklaşma benzinin yüngül fraksiyasının etanolla alkoksialkilləşmə prosesinə ultrasəs kavitasiyasının təsiri öyrənilmişdir.

Xammal – tərkibində 26,33 % olefinlər, 875 ppm ümumi kükürd, oktan ədədi M.M. ilə 70 vahid, karbon atomlarının sayı C₄-C₈ olan KB-nin q.b.-85 °C fraksiyasıdır.

KB-nin dar fraksiyasının etanolla 5 : 3 həcm nisbətində alkoksialkilləşmə prosesi seolit tərkibli katalizatorun (doldurucu NaY) dayanıqlı layında axar tipli macar qurğusunda T = 80-90 °C, V = 0,5 saat⁻¹, P = 0,2-0,3 MPa-da aparılmışdır. Maye məhsulların maksimal çıxımı – 93,6 % 80 °C temperaturda, V = 0,5 saat⁻¹-də müşahidə olunmuşdur.

Alınan katalizat-KB-nin q.b.-85 °C fraksiyasının etanolla alkoksialkilləşmə məhsulu uyğun olefinlərin alkiletil efirləridir.

Alkoksialkilləşmə prosesini intensivləşdirmək, efirlərin çıxımını artırmaq, koksəmələgəlməni azaltmaq, oktan ədədini yüksəltmək məqsədi ilə bu prosese ultrasəs kavitasiyasının təsiri öyrənilmişdir. Reaksiya qarışığının (KB-nin q.b.-85 °C fraksiyası və etanol) kavitasiya ilə işlənməsi işləmə tezliyi 26 Hs, temperatur diapazonu 5-

40 °C, gücü 32-44 W, işləmə müddəti 50 dəqiqə olan UP 200 st “hielsher” cihazında aparılmışdır. Cədvəl 22-də alkoksialkilləşmənin material balansı verilmişdir.

Cədvəl 22
KB-nin q.b.-85 °C fraksiyasının
etanolla alkoksialkilləşmə prosesinin material balansı

Temperatur, °C	70	80	90
Götürülmüçdür, % küt:			
KB-nin q.b.-85°C frak.	62,5	62,5	62,5
etanol	37,5	37,5	37,5
Cəmi:	100	100	100
Alınmışdır, % küt.:			
Katalizat, % küt.	94,3	98,2	94,0
Qaz	5,35	1,44	5,55
Koks + itki	0,35	0,36	0,45
Cəmi:	100	100	100

Müəyyən edilmişdir ki, kavitasiyasız proseslə müqayisədə, ilkin xammal kavitasiya ilə işlədikdə maye məhsulların çıxımı 1,8-4,6 % artmış, koksəmələgəlmə 50-55 % azalmışdır.

Kavitasiyadan əvvəl və sonra alınan katalizatda ümumi kükürdün miqdarı praktiki olaraq dəyişməmiş və 547 ppm təşkil etmişdir.

11. Tərkibinə oksigenatlar daxil etmək yolu ilə əmtəə benzinlərinin komponentlərinin ekoloji və mühərrik xassələrinin yaxşılaşdırılması

Məlumdur ki, enerji ehtiyatlarını istifadə edən ən böyük sahələrdən biri nəqliyyatdır, hansı ki, nisbətən sadə texnologiya ilə alınan, yüksək energetik xassələri ilə fərqlənən, neftin maye yanacaqlarından istifadə edir. Ancaq maye enerji daşıyıcılarının (neftin) ehtiyatı bərk üzvi xammal ehtiyatı kimi elə də yüksək deyil, bu da qeyri neft mənşəli xammal bazasında alternativ enerji mənbələri axtarışına gətirib çıxarır.

Bununla əlaqədar, KKB-nin kənd təsərrüfatı tullantılarının fermentasiyasından alınan bioetanolla (etanolun miqdarı – 97,8 %) alkoksialkilləşmə prosesi tədqiq edilmişdir. KKB-nin q.b.-130 °C və q.b.-200 °C fraksiyalarının alkoksialkilləşməsinin nəticələri cədvəl 23-

də verilmişdir.

Cədvəl 23

KKB-nin q.b.-130 °C fraksiyasının (2 : 1) və q.b.-200 °C fraksiyasının (3 : 1) bioetanolla alkoksialkilləşmə prosesinin material balansı

Göstəricilər	Temperatur, °C / Təzyiq, MPa					
	70/0,1	70/0,2	80/0,1	80/0,2	90/0,1	90/0,2
Xammal – q.b.-130 °C fraksiyası						
Alınmışdır, % küt. :						
katalizat	99,8	97,3	99,7	97,0	99,7	96,8
O cümlədən, alkilefirlər	14,43	15,65	13,08	15,98	13,00	16,37
itki	0,2	2,7	0,3	3,0	0,3	3,2
Doymamış karbohidrogenlərin çevrilmə dərəcəsi, %	44,25	48,0	40,1	49,0	39,87	50,2
Xammal – q.b.-200 °C fraksiyası						
Alınmışdır, % küt. :						
katalizat	97,9	97,1	97,2	96,8	96,4	95,7
O cümlədən, alkilefirlər	9,34	6,5	9,76	6,27	7,04	5,95
itki	2,1	2,9	2,8	3,2	3,6	4,3
Doymamış karbohidrogenlərin çevrilmə dərəcəsi, %	40,2	28,0	42,0	27,0	30,3	25,6

Alkilefirlərin daha yüksək çıxımı tərkibində doymamış karbohidrogenlərin miqdarı (23,3 % küt.) çox olduğuna görə q.b.-130 °C fraksiyasından istifadə etdikdə alınmışdır.

Ona görə də, KKB-nin q.b.-130 °C fraksiyasının alkoksialkilləşməsini aparmaq daha məqsədə uyğundur. Bu halda alkoksialkilləşmə məhsulunun oktan ədədi M.M. ilə 86 vahid təşkil edir. Bu fraksiyanın KKB-nin oktan ədədi M.M. ilə 83 vahid olan 130-200 °C fraksiyası ilə qarışdırılmasından oktan ədədi M.M. ilə 85 vahid olan benzin alınır.

Hazırda ətraf mühitin ekologiyasının pisləşməsi və yüksək keyfiyyətli mühərrik yanacaqlarına tələbatların artması ilə əlqədar, mühərrik yanacaqları almaq üçün alternativ mənbələrin istifadə edilməsi problemi qarşıda durur, hansı ki, bunlara tərkibində kiçik molekullu C₂-C₅ karbohidrogenləri olan təbii, səmt və neft emalı zavodlarından alınan qazlar aiddir. Омникат-210П katalizatorunda, 250-480 °C temperaturda, V = 1,0 saat⁻¹-də RB-nin q.b.-85 °C dar

fraksiyasının katalitik krekinin C₃-C₄ qazları ilə birgə çevrilməsi üzrə tədqiqatların nəticələri cədvəl 24-də verilmişdir.

Cədvəl 24

RB-nin q.b.-85 °C fraksiyasının katalitik krekinin C₃-C₄ qazları ilə çevrilməsi prosesi (Омникат-210П)

Götürülmüşdür, % küt.	Temperatur, °C						
	200 °C	250 °C	300 °C	350 °C	400 °C	450 °C	480 °C
RB-nin q.b.-85 °C fraq.	65,4	65,4	65,4	65,4	65,4	65,4	65,4
Kat. krekinin C ₃ -C ₄ qazları	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6
Alınmışdır, % küt.:							
qaz	26,5	21,6	23,7	24,6	26,0	27,4	28,9
katalizat	71,3	76,4	74,2	72,3	71,9	70,4	69,1
koks + itki	2,2	2,0	2,1	2,0	2,1	2,2	2,0
Maye məhsulların artımı	9,0	16,8	13,5	10,6	9,9	7,6	5,7

Temperaturun artması ilə maye məhsulların artımı 16,8 %-dən 5,7 %-ə qədər azalır. Benzin fraksiyasının maksimal artımı 16,8 % 250 °C temperaturda müşahidə olunur. Riforminq benzininin q.b.-85 °C fraksiyasının katalitik krekinin C₃-C₄ qazları ilə qarşılıqlı təsirdən alınan benzinin oktan ədədi riforminq benzinin ilkin benzin fraksiyası ilə müqayisədə M.M. ilə 1,5 vahid artmışdır.

Омникат-210П katalizatorunun iştirakında kokslaşma benzininin q.b.-85 °C fraksiyası və katalitik krekinin C₃-C₄ qazlarının qarşılıqlı təsiri üzrə aparılmış tədqiqatların nəticələri cədvəl 25-də verilmişdir.

Cədvəl 25

Омникат-210П - nin iştirakında KB-nin q.b.-85 °C fraksiyasının katalitik krekinin C₃-C₄ qazları ilə qarşılıqlı təsir prosesinin material balansı

Göstəricilər	Temperatur, °C						
	200 °C	250 °C	300 °C	350 °C	400 °C	450 °C	480 °C
Götürülmüşdür, % küt.:							
KB-nin q.b.-85 °C fraq.	65,4	65,4	65,4	65,4	65,4	65,4	65,4
Kat. krekinin C ₃ -C ₄ qazları	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6
Alınmışdır, % küt.:							
qaz	30,9	25,6	26,5	27,9	28,6	29,8	31,4
katalizat	67,0	72,4	71,5	70,0	69,2	68,0	66,3
koks + itki	2,1	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3
Maye məhsulların artımı	2,5	10,7	9,3	7,0	5,8	3,9	1,4
OƏ-nin artımı	1,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0

Cədvəl 25-dən görünür ki, katalizatın – benzin fraksiyasının çıxımı 250 °C-də maksimumdan (72,4 %) keçir və bu zaman maye məhsulların artımı 10,7 % küt. təşkil edir.

Optimal şəraitdə: $T = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 3\text{ MPa}$ və $V = 1\text{ saat}^{-1}$ -də metil spirti və pirolizin butan-divinil fraksiyasının qarşılıqlı təsirindən alınan oksigenatlar və benzinin baza komponentləri əsasında yanacaq kompozisiyaları hazırlanmışdır. Alınmış əlavənin oktan ədədi tədqiqat metodu ilə 140 vahid təşkil edir (cədvəl 26).

Cədvəl 26

Metil spirti və pirolizin butan-divinil fraksiyasının qarşılıqlı təsirindən alınan oksigenatları daxil etməklə alınmış əmtəə benzinlərinin tərkibi

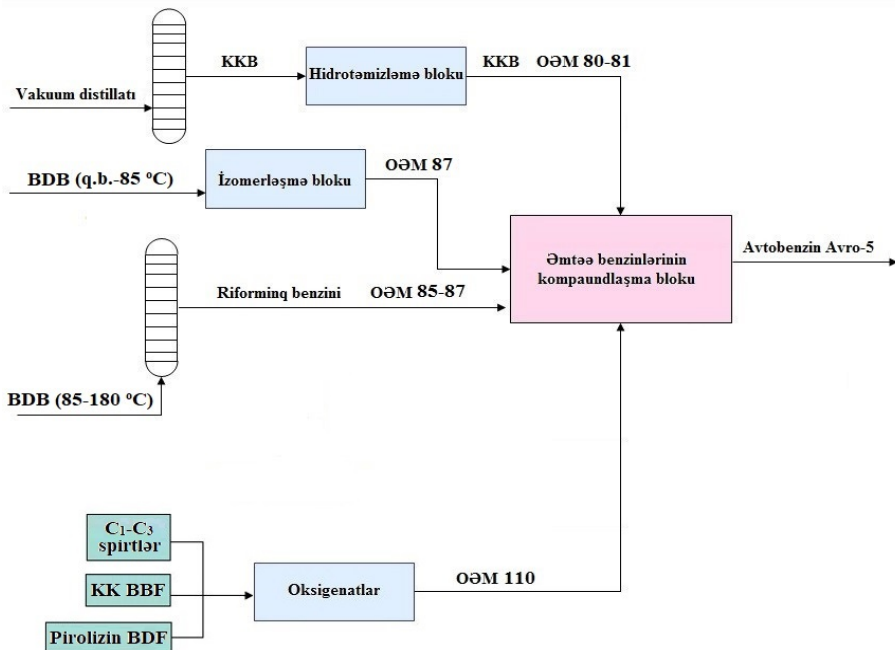
Tərkib, %	Qarışıq № 1	Qarışıq № 2	Qarışıq № 3	Qarışıq № 4	Qarışıq № 5
KKB	45	45	45	43	40
RB	45	42	40	40	40
BDB-nin izomerizəti	4	5	5	5	5
Oksigenatlar	6	8	10	12	15
OƏT	93,6	94,4	95,3	96,3	97,8
OƏM	83,6	84,4	85,3	86,3	86,7

Aparılmış tədqiqatların nəticələri üzrə aşağıda Avro-5 avtomobil benzininin alınmasının blok sxemi verilmişdir (şəkil 3).

Beləliklə, tərkibinə baza komponentləri (KKB, RB, BDB), alkilatlar, izomerizatlar, həmçinin oksigenli birləşmələr daxil etməklə yüksəkoktanlı əmtəə benzinlərinin istehsalı üçün müxtəlif variantlar təqdim edilmişdir.

Hazırda Azərbaycanda oksigentərkibli birləşmələr – izopropil spirti və metanol (sütkada 2000 ton gücü olan AzMeCo zavodu) istehsal etmək imkanları mövcuddur. Bu oksigenli birləşmələrin, həmçinin C₁-C₃ spirtləri və katalitik krekinqin butan-butilen, pirolizin butan-divinil fraksiyaları əsasında alınan efirlərin (MÜBE, EÜBE, i-PÜBE və s.) istifadə edilməsi Avro-4, Avro-5-in ekoloji standartlarına uyğun

benzinlərin istehsalını mümkün edir.



Şəkil 3. Avro-5 avtomobil benzininin alınmasının blok sxemi

NƏTİCƏLƏR

1. Seolittərkibli sənaye katalizatorlarından istifadə etməklə texniki izobutilen, katalitik krekinqin butan-butilen, pirolizin butan-divinil fraksiyaları və doymuş biratomlu C_1-C_3 spirtləri əsasında avtomobil benzinlərinə yüksəkoxtanlı oksigentərkibli əlavələrin (oksigenatların) alınması prosesi işlənilib hazırlanmışdır.
2. Seokar-600 katalizatorundan istifadə etməklə metanol və izobutilen əsasında oksigenatların sintezi prosesinin optimal şəraiti $T = 120 \text{ }^\circ\text{C}$, $P = 2,5 \text{ MPa}$, $V = 1,0 \text{ saat}^{-1}$ müəyyən edilmiş, hansı ki, bu zaman katalizatın və metilüçlübutil efirinin maksimal çıxımı uyğun olaraq 91,9 və 78,9 % kütlə təşkil etmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, katalitik krekinq və birbaşa distillə benzinlərinin tərkibinə sintez olunmuş əlavədən 11 %-ə qədər qatdıqda

benzinlərin oktan ədədi uyğun olaraq 3-4 və 6-7 vahid yüksəlmişdir.

- İlk dəfə olaraq tərkibində 56,77 %-ə qədər butilenlər olan pirolizin butan-divinil fraksiyası və doymuş biratomlu C₁-C₃ spirtləri əsasında oksigentərkibli əlavələrin alınmasının mümkünlüyü müəyyən edilmişdir. Prosesin əsas texnoloji parametrlərinin əlavələrin çıxımına və keyfiyyətinə təsiri öyrənilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, optimal şəraitdə T = 120 °C, P = 3,0 MPa və V = 1,0 saat⁻¹ əlavənin maksimal çıxımı 58,7 % kütlə, o cümlədən 27,7 % kütlə metilülçlübutil efiri və 18,1 % kütlə 1,3-dimetoksibutan təşkil edir, bu zaman əlavənin oktan ədədi tədqiqat metodu ilə 121 vahid olur [21].
- Pirolizin butan-divinil fraksiyası və metanolun əsasında sintez olunmuş əlavədən 7-11 % qatmaqla oktan ədədi tədqiqat metodu ilə 92-95 vahid olan yüksəkoktanlı avtomobil benzinlərinin alınması reseptləri işlənib hazırlanmışdır. Pirolizin butan-divinil fraksiyası və C₁-C₃ spirtlərinin qarışığı əsasında alınmış əlavədən benzinlərin tərkibinə 7-11 % qatdıqda isə oktan ədədi tədqiqat metodu ilə 95-97 vahid olan yüksəkoktanlı benzinlərin alınması mümkündür.
- Müəyyən edilmişdir ki, biratomlu spirtlərin molyar kütləsinin artması ilə oksigenli əlavələrin həm çıxımı 89-dan 95 % kütlə qədər, həm də oktan ədədi T.M. ilə 117-dən 125 vahidə qədər artır.
- Benzinlərin oktan ədədini azaltmadan İM-dən istifadə etməklə, benzinlərin kükürddən təmizlənməsinin alternativ metodları işlənib hazırlanmışdır. İdentik şəraitdə daha yüksək ekstraksiya qabiliyyətini qarışqa turşusu və anilin əsasında alınan İM göstərmişdir və bu KKB- də ümumi kükürdün miqdarını 240-dan 66 ppm-ə, aromatik karbohidrogenləri 25,6-dan 19 % küt-ə qədər azaltmağa imkan verir. Aniliniumformiat ion mayesi ilə KKB-nin kükürddən təmizlənmə dərəcəsi maksimum olmuş və 72,5 % təşkil etmişdir [4].
- Hidrotəmizləmənin sənaye katalizatorlarında KKB-nin 120 °C-q.s. ağır fraksiyasının selektiv hidrotəmizlənməsi yolu ilə oktan ədədini aşağı salmadan benzinin tərkibində ümumi kükürdün

azaldılması metodu işlənib hazırlanmışdır. Bu zaman KKB-nin ağır fraksiyasında ümumi kükürdün miqdarı 380-dən 90 ppm-ə qədər azalır. Ağır və yüngül fraksiyaları balans üzrə qarışdırılan zaman katalitik krekinq benzinində kükürdün miqdarı 85 ppm-ə qədər azalır. Oktan ədədinin itkisi 0,5-0,8 vahid təşkil edir.

8. $T = 70-90\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V = 0,5\text{ saat}^{-1}$ və işləyib hazırlama müddəti 50-dəqiqə KB-nin q.b.-85 $^{\circ}\text{C}$ fraksiyasının etanolla alkoksialkilləşmə prosesinə ultrasəs kavitasiyasının təsiri öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, kavitasiyanın təsiri olmadan aparılan proseslə müqayisədə alkiletill efirlərinin çıxımı 50,8 %, oktan ədədi 6 vahid artmış, koksmələgəlmə 50-55 % azalmışdır [26].
9. $T = 200-400\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{H}_2} = 2-3\text{ MPa}$, $V_{\text{həcm}} = 1,0\text{ saat}^{-1}$ -də, ГҚД-205 katalizatorunda yüksəkoktanlı benzin komponenti almaq üçün BDB-nin q.b.-90 $^{\circ}\text{C}$ yüngül fraksiyasının hidroizomerləşmə prosesi öyrənilmişdir. Bu zaman izomerizatın oktan ədədi 59-dan 73-ə qədər 14 vahid artmışdır.
10. Yüksəkoktanlı mühərrik yanacağı komponenti almaq üçün $T = 200-300\text{ }^{\circ}\text{C}$ və $V_{\text{həcm}} = 100-150\text{ saat}^{-1}$ Омникат-210П katalizatorundan istifadə etməklə katalitik krekinqin butan-butilen fraksiyasının alkilləşmə prosesi öyrənilmişdir. Bu zaman alkilatın çıxımı 82,2 % kütlə, oktan ədədi isə М.М. ilə 85-86 vahid təşkil etmişdir. Katalizator kimi kationdəyişdirici qatrandan (КУ-2) istifadə etdikdə 100 $^{\circ}\text{C}$ temperaturda alkilatın oktan ədədi ТМ-ilə 108- 109 vahid təşkil etmişdir.
11. Metanolla katalitik krekinqin butan-butilen və pirolizin butan-divinil fraksiyaları əsasında alınan yüksəkoktanlı oksigentərkibli əlavənin maya dəyəri 406,04 man/ton (BBF əsasında) və 735,42 man/ton (BDF əsasında) təşkil edir.

DISSERTASIYA MATERIALLARI ÜZRƏ AŞAĞIDAKI ELMI ƏSƏRLƏR ÇAP EDİLMİŞDİR:

1. Мамедова, Т.А. Кислородсодержащие добавки к автомобильным бензинам. Сообщение I. Простые и сложные эфиры / Т.А. Мамедова, Г.Т. Фархадова, Н.К. Гугленко,

- Э.Р. Бабаев, С.Г. Юнусов // Химический журнал Грузии, – Тбилиси: – 2004. т. 4, № 1, – с. 54-57.
2. Гусейнова, А.Д. Высокооктановые добавки к автомобильным бензинам на базе одноатомных спиртов C_1 - C_3 и олефиносодержащих газов каталитического крекинга / А.Д. Гусейнова, С.Г. Юнусов, Т.А. Мамедова, И.С. Гусейнова // Процессы нефтехимии и нефтепереработки, – Баку: – 2005. № 2, – с. 52-55.
 3. Гусейнова, И.С. Алкилирование легкой фракции бензина риформинга и каталитического крекинга на гетерогенном катализаторе / И.С. Гусейнова, С.Г. Юнусов, А.Д. Гусейнова, А.А. Касимов, Н.Р. Алиева // Азербайджанский химический журнал, – Баку: – 2007. № 2, – с. 153-156.
 4. Азизов, А.Г. Применение ионных жидкостей в процессе получения высококачественных экологически чистых автомобильных бензинов / А.Г. Азизов, А.Д. Гусейнова, М.Д. Ибрагимова, Н.Г. Азмамедов, И.С. Гусейнова, Э.З. Эйвазов, С.Г. Юнусов // Нефтепереработка и нефтехимия, – Москва: – 2007. № 6, – с. 25-27.
 5. Гусейнова, И.С. Алкилирование бензольной фракции бензина риформинга на цеолитсодержащем катализаторе / И.С. Гусейнова, Л.М. Мирзоева, С.Г. Юнусов, А.Д. Гусейнова, Р.А. Ашрафов // Процессы нефтехимии и нефтепереработки, – Баку: – 2008. № 3-4, – с. 208-212.
 6. Гусейнова, А.Д. Экологически безопасные бензины – залог чистоты воздуха / А.Д. Гусейнова, Л.М. Мирзоева, С.Г. Юнусов, И.С. Гусейнова // Азербайджанское нефтяное хозяйство, – Баку: – 2009. № 1, – с. 65-69.
 7. Hüseynova, A.C. Ekoloji təmiz avtomobil benzini komponentlərinin alınması / A.C. Hüseynova, L.M. Mirzoyeva, İ.S. Hüseynova, S.H. Yunusov, R.Ə. Əşrəfov // Azərbaycan neft təsərrüfatı jurnalı, – Bakı: – 2009. № 10, – s. 51-55.
 8. Гусейнова, А.Д. Изучение возможностей снижения содержания бензола в бензинах риформинга / А.Д. Гусейнова, Л.М. Мирзоева, С.Г. Юнусов, И.С. Гусейнова, Р.А. Ашрафов // Азербайджанское нефтяное хозяйство, –

- Баку: – 2010. № 2, – с. 55-58.
9. Ашрафов, Р.А. Современные требования к экологически чистым высокооктановым автомобильным бензинам / Р.А. Ашрафов, Ю.Н. Оруджев, А.Д. Гусейнова, Л.М. Мирзоева, С.Г. Юнусов, И.С. Гусейнова // Экология и водное хозяйство, – Новочеркасск: 2010. № 3, – с. 20-29.
 10. Юнусов, С.Г. Математическое описание процесса гидроочистки легкой фракции бензина каталитического крекинга / С.Г. Юнусов, И.С. Гусейнова, А.Д. Гусейнова, Р.П. Джафаров, Л.М. Мирзоева // Химия и технология топлив и масел, – 2012. № 1, – с. 28-30.
 11. Гусейнова, А.Д. Окислительное обессеривание пероксидом водорода бензинов каталитического крекинга, вырабатываемых из смеси бакинских нефтей / А.Д. Гусейнова, Л.М. Мирзоева, С.Г. Юнусов, М.Ф. Аббасов, И.С. Гусейнова // Нефтехимия, – Москва: – 2012. т. 52, № 2, – с. 146-149.
 12. Джафаров, Р.П. Оптимизация процесса снижения содержания бензола путем взаимодействия узких фракций бензина риформинга / Р.П. Джафаров, Л.М. Мирзоева, С.Г. Юнусов, Дж.И. Азизов, И.С. Гусейнова, Р.А. Ашрафов, Х.И. Талыбова, Ал.Г. Аллахвердиев // Нефтепереработка и нефтехимия, – Москва: – 2012. № 12, – с. 16-18.
 13. Халафова, И.А. Исследование процесса каталитической облагораживания бензиновой фракции / И.А. Халафова, А.Д. Гусейнова, Ф.М. Поладов, С.Г. Юнусов // Химия и технология топлив и масел, – Москва: – 2012. № 4, – с. 24-26.
 14. Мирзоева, Л.М. Оксигенаты – как высокооктановые добавки к автомобильным бензинам / Л.М. Мирзоева, С.Г. Юнусов, В.Х. Мирзабекова, И.А. Халафова // Экоэнергетика, – Баку: – 2012. № 4, – с. 15-27.
 15. Гусейнова, А.Д. Этерификация биоэтанолам бензинов каталитического крекинга / А.Д. Гусейнова, Л.М. Мирзоева, С.Г. Юнусов, И.С. Гусейнова, Х.И. Талыбова, Ш.Н. Абдулова // Химия технология топлив и масел, – Москва: – 2013. № 5, – с. 17-22.

16. Юнусов, С.Г. Компаундирование бензиновых фракций для получения высокооктановых товарных бензинов, отвечающих современным требованиям / С.Г. Юнусов, Р.П. Джафаров, Х.И. Талыбова, Н.К. Андриющенко, Л.М. Мирзоева // Азербайджанский химический журнал, – Баку: – 2014. № 1, – с. 83-87.
17. Юнусов, С.Г. Синтез высокооктановых добавок к автомобильным бензинам на базе метанола и бутан-дивинильной фракции от процесса пиролиза // – Баку: Процессы нефтехимии и нефтепереработки, – 2014. т. 15, № 4 (60), – с. 364-368.
18. Юнусов, С.Г. Получение экологически чистого автомобильного бензина на базе сырья, вырабатываемого в Азербайджане / С.Г. Эльдарова, А.Д. Гусейнова, М.Н. Джавадова // Азербайджанское нефтяное хозяйство, – Баку: – 2015. № 3, – с. 35-39.
19. Гусейнова, А.Д. Окислительное обессеривание бензиновой фракции пероксидом водорода в присутствии Мо-содержащего катализатора / А.Д. Гусейнова, Л.М. Мирзоева, С.Г. Юнусов, И.С. Гусейнова, М.Ф. Аббасов, Н.К. Андриющенко // Нефтепереработка и нефтехимия, – Москва: – 2016. № 10, – с. 26-29.
20. Юнусов, С.Г. Высокооктановые добавки к автомобильным бензинам на базе спиртов C₁-C₂ и бутан-дивинильной фракции пиролиза // – Москва: Нефтехимия, – 2016. том 56, № 5, – с. 510-513.
21. Yunusov, S.G. Hydrogenation and hydroisomerization of the benzene fraction b.p.-90 °C isolated from stable platformate using industrial catalysts // – Baku: PPOB, – 2017. v. 18, № 3, – p. 243-249.
22. Юнусов, С.Г. Получение топливных оксигенатов на базе метанола и узкой фракции бензина коксования, вырабатываемого из смеси азербайджанских сортов нефти // – Сумгайыт: Sumqayıt Dövlət Universiteti. Elmi Xəbərlər, – 2018. т. 18, № 1, – с. 41-44.
23. Юнусов, С.Г. Увеличение ресурсов моторных топлив путем алкилирования вторичных бензинов газами C₃-C₄

- процесса каталитического крекинга // – Баку: Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, – 2018. т. 20, № 3(113), – с. 31-36.
24. Ибрагимов, М.Д. Применение ионных жидкостей для обессеривания бензиновых фракций / М.Д. Ибрагимов, Л.М. Мирзоева, В.А. Нагиев, С.Г. Юнусов, Н.К. Андрущенко, Г.Д. Гусейнов // Химия и технология топлив и масел, – Москва: – 2018. № 4, – с. 28-32.
25. Мирзоева, Л.М. Применение ультразвуковой кавитации в реакции этерификации узкой фракции бензина коксования этанолом / Л.М. Мирзоева, С.Г. Юнусов, Н.К. Андрущенко, А.З. Алиева // Нефтехимия, – Москва: – 2018. т. 58, № 4, – с. 464-468.
26. Юнусов, С.Г. Окислительное обессеривание бензиновых фракций азербайджанских нефтей / С.Г. Юнусов, Н.К. Андрущенко, З.Б. Бабаева, Х.И. Талыбова, С.Ф. Ахмедбекова, Л.М. Мирзоева // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, – Баку: – 2020. № 5, – с. 48-52.
27. Гусейнова, А.Д., Мирзоева, Л.М., Юнусов, С.Г., Гусейнова, И.С. Гидроочистка бензина каталитического крекинга, полученного из смеси азербайджанский нефтей, на двухслойной каталитической системе // IX школы-конференции молодых ученых по нефтехимии к 100-летию со дня рождения академика Х.М. Миначева, – Звенигород: – 7-10 октябрь, – 2008, – с. 52.
28. Гусейнова, А.Д., Мирзоева, Л.М., Юнусов, С.Г. Гусейнова, И.С., Аббасов, М.Ф. Получение бензина каталитического крекинга с низким содержанием серы // Тезисы докладов VII Бакинской Международной Мамедалиевской конференции по нефтехимии, посвященной 80-летию Института нефтехимических процессов НАН Азербайджана, – Баку: – 29 сентябрь – 2 октябрь, – 2009, – с. 44-45.
29. Гусейнова, А.Д., Мирзоева, Л.М., Юнусов, С.Г., Гусейнова, И.С. Селективная очистка бензинов каталитического крекинга на промышленных катализаторах гидроочистки // Докл. симпозиум «Катализ в решении проблем нефтехимии и нефтепереработки», – Баку: – 28-30 сентяб-

- ря, – 2010, – с. 194-195.
30. Hüseynova, A.C., Hüseynova, İ.S., Mirzəyeva, L.M., Yunusov, S.H., Əşrəfov, R.Ə., Əliyeva, N.R. Katalitik krekinq benzinin yüngül fraksiyası və bioetanol əsasında yüksəkoktanlı əlavənin alınması // Əli Quliyev adına konfrans, – Bakı: – 14 iyun, – 2012, – s. 97.
 31. Рустамов, М.И., Гусейнова, А.Дж., Гусейнова, И.С., Мирзоева, Л.М., Юнусов, С.Г., Ашрафов, Р.А., Казымова, А.Н., Гаджиева, Г.В., Азизов, А.Г. Пути снижения содержания бензола в составе бензина риформинга // VIII Бакинской международной Мамедалиевской конференции по нефтехимии, – Баку: – 3-6 октября, – 2012, – с. 428-429.
 32. Гусейнова, И.С., Мирзоева, Л.М., Юнусов, С.Г., Казимова, А.Н., Алиева, Н.Р., Гусейнова, А.Д., Рустамов, М.И. Получение автомобильного бензина перспективного качества // 1st International Chemistry and Chemical Engineering Conference, – Baku: – 17-21 April, – 2013, – с. 683-686.
 33. Гусейнова, А.Д., Алиева, С.Г., Мирзоева, Л.М., Юнусов, С.Г., Гусейнова, И.С., Талыбова, Х.И., Андрющенко, Н.К., Бабаева, Ф.А. Получение экологически чистого компонента товарного бензина с низким содержанием бензола // Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной 100-летию академика С.Д. Мехтиева, – Баку: – 2014, II том, – с. 236-241.
 34. Гусейнова, А.Д., Ибрагимова, М.Д., Мирзоева, Л.М., Юнусов, С.Г., Нагиев, В.А., Гусейнова, И.С., Андрющенко, Н.К. Обессеривание бензиновых фракций ионными жидкостями // IX Бакинская международная Мамедалиевская конференция по нефтехимии, – Баку: – 4-5 октября, – 2016, – с. 141.
 35. Гусейнова, А.Д., Гусейнова, И.С., Мирзоева, Л.М., Юнусов, С.Г., Алиева, Н.Р., Гейдарова, Ш.Т., Бабаева, З.В. Исследование процесса получения высокооктанового компонента на основе бензина каталитического крекинга и биоэтанола // IX Бакинская международная Мамедалиевская конференция по нефтехимии, – Баку: – 4-5 октября, –

- 2016, – с. 186.
36. Юнусов, С.Г., Мирзоева, Л.М., Андрющенко, Н.К., Гейдарова, Ш.Т., Бабаева, З.Б. Синтез высокооктановых кислородсодержащих добавок на базе бутан-дивинильной фракции пиролиза и смесей одноатомных спиртов C₁-C₃ // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Нефтехимический синтез и катализ в сложных конденсированных системах», посвященной 100-летию академика Б.К. Зейналова, – Баку: – 29-30 июня, – 2017, – с. 118.
37. Юнусов, С.Г., Мирзоева, Л.М., Алиева, А.З., Андрющенко, Н.К., Гейдарова, Ш.Т., Бабаева, З.Б. Изучение влияния ультразвуковой кавитации на процесс этерификации легкой фракции бензина коксования этанолом // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Нефтехимический синтез и катализ в сложных конденсированных системах», посвященной 100-летию академика Б.К. Зейналова, – Баку: – 29-30 июня, – 2017, – с. 168.
38. Юнусов, С.Г., Андрющенко, Н.К., Керимова, А.Н., Бабаева, З.Б., Гаджиева, Г.В., Талыбова, Х.И. Получение топливных оксигенатов на базе метанола и бензина коксования // Akademik Vahab Əliyevin 110 illik yubileyinə həsr olunmuş “Neft emalı və neft kimyasının innovativ inkişaf perspektivləri” adlı Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans, – Bakı: – 9-10 oktyabr, – 2018, – с. 83.
39. Юнусов, С.Г., Андрющенко, Н.К., Бабаева, З.Б., Алиева, Н.Р., Мирзоева, Л.М. Диспропорционирование бензольной и закислительной фракций бензина риформинга с целью снижения содержания бензола в риформате // Международная научная конференция «Актуальные проблемы современной химии», посвященная 90-летию Института нефтехимических процессов им. академика Ю.Г. Мамедалиева, – Баку: – 02-04 октября, – 2019, с. 44.
40. Юнусов, С.Г., Андрющенко, Н.К., Бабаева З.Б., Аббасзаде, С.М., Талыбова, Х.И. Алкилирование прямогонного бензина газами C₃-C₄ от процесса каталитического крекин-

га // Международная научная конференция «Актуальные проблемы современной химии», посвященная 90-летию Института нефтехимических процессов им. академика Ю.Г. Мамедалиева, – Баку: – 02-04 октября, – 2019, с. 57-58.

Dissertasiyanın müdafiəsi «29» oktyabr 2021-ci il tarixində saat 10⁰⁰-da AMEA-nın Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.17 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 1025, Bakı ş, Xocalı pr., 30

Dissertasiya ilə AMEA-nın Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları AMEA-nın Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat «24» sentyabr 2021-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 22.09.2021
Kağızın formatı: 60×90 1/16
Həcm: 78682
Tiraj: 30 nüsxə