

**Z A U R Z A B İ L O Ğ L U A Ğ A M A L I Y E V**

**Cr, Co, Ni və Mn KATALİTİK SİSTEMLƏRİN İŞTİRAKI  
İLƏ NAFTEN -PARAFİN KARBONİDROGENLƏRİNİN  
OKSİDLƏŞMƏ PROSESİNİN MODELƏŞDİRİLMƏSİ VƏ  
OPTİMALLAŞDIRILMASI**

İxtisas: 3303.01 – Kimya texnologiyası və mühəndisliyi

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi  
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

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

Bakı - 2015

İş Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

**Elmi rəhbərlər:** *k.e.d., prof. E.B. Zeynalov*  
*t.ü.f.d., dos. F.M. Vəliyeva*

**Rəsmi opponətlər:** *AMEA-nın müxbir üzvü,*  
*t.e.d., professor Q.İ. Kəlbəliyev*  
*kimya elmlər doktoru, professor*  
*A.H. Həsənov*

**Aparıcı təşkilat:** *Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası*  
*“Kimya texnologiyasının mühəndislik*  
*əsasları” kafedrası*

Dissertasiya işinin müdafiəsi “18” sentyabr 2015-ci ildə saat 12<sup>30</sup> -da AMEA akad. Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən D 01.031 Dissertasiya Şurasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ1025, Bakı, Xocalı pr., 30.

Dissertasiya ilə AMEA akad. Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “18” iyun 2015-ci ildə paylanmışdır.

**D 01.031 Dissertasiya Şurasının**  
**elmi katibi, kimya elmləri doktoru,**  
**professor**

**M.C. İbrahimova**

## **İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI**

**Mövzunun aktuallığı.** Hazırda neft kimyası və neft emalı sənayesi üçün karbohidrogen xammalının emalı prosesinin dərinləşdirilməsi, neft turşularının sənayedə tətbiq sahələrinin genişlənməsi, onların sintetik üsulla alınması texnologiyasının yaradılması qarşıda duran vacib problemlərdəndir.

Neft karbohidrogenlərinin oksidləşdirilməsindən neft turşularının alınması məqsədlə aparılan tədqiqatların əksəriyyəti tətbiqi xarakter daşıyır və bu, lazımı xammalın seçilməsi, onun hazırlanma üsulunun, xammalın oksidləşməsi prosesinin optimal rejiminin təyin edilməsi ilə sıx əlaqədardır.

Bu proseslər mürəkkəb və çox mərhələli olduğundan sistemdə baş verən kimyəvi çevrilmələrin sistemli təhlili, texnoloji göstəricilərin proqnozlaşdırılması üçün müasir kompüter sistemlərindən istifadə edilməsi vacibdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, hazırda kimyəvi-texnoloji sistemlərin (KTS) kompüter modelləşdirilməsi öz aktuallığını və perspektivliyini tam olaraq sübut etmişdir. Onun köməyi ilə KTS-in idarə edilmə keyfiyyətini və onun işinin effektivliyini artırmaq olar. Həmçinin texnoloji qurğuların məhsuldarlığını artırmaq üçün müxtəlif variantları nəzərdən keçirtmək və hesablama yolu ilə qurğuların istismar edilmə rejimini və iqtisadi səmərəliliyinin artırılması yollarını optimallaşdırmaq mümkün olur.

Beləliklə, neft emalı və neft-kimya müəssisələrində kompüter modelləşdirici sistemlərdən istifadə edilməsi karbohidrogen xammalının emalının dərinləşdirilməsinə, analizin aparılmasına və istehsal zamanı texniki göstəricilərin proqnozlaşdırılmasına, həmçinin, texnoloji qurğuları planlaşdırılmasından asılı olaraq proseslərin material balansının hesablanmasına və qabaqcadan xəbər verməyə imkan verir.

Dissertasiya işi göstərilən aktual problemin həlli istiqamətində və optimallaşdırılması məqsədilə Azərbaycan neftlərinin 216-360<sup>0</sup>C-də qaynayan fraksiyasından ayrılan naften-izoparafın karbohidrogenlərinin və fərdi neft karbohidrogenlərinin havanın oksigeni ilə katalitik oksidləşməsilə sintetik neft turşularının (SNT)

alınması prosesinin kompüter modelləşdirilməsinə həsr olunmuşdur.

**Dissertasiya işinin məqsədi.** Azərbaycan neftləri qarışığının 216-360<sup>0</sup>C-də qaynayan fraksiyasından ayrılmış naften-parafin karbohidrogenlərinin katalitik oksidləşməsindən SNT-in alınması prosesinin optimallaşdırılması məqsədilə aparılan katalitik oksidləşmə prosesinin riyazi modelləşməsi həyata keçirilmişdir.

Bu məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlər qarşıya qoyulmuş və həll edilmişdir:

- karbohidrogen tərkibinə görə ilkin neft xammalın seçilməsi və bu seçimin əsaslandırılması;

- ilkin neft xammalının tərkibinin kimyəvi, fiziki-kimyəvi üsullarla tədqiqi, kompüter analizinin aparılması ilə onların termiki və katalitik oksidləşməsindən naften və oksinaften turşularının mümkün alınma variantlarının və yollarının proqnozunun verilməsi;

- yüksək seçiciliyə malik, ucuz əldə edilən, ekoloji cəhətdən təhlükəsiz olan oksidləşmə katalizatorlarının seçilməsi, hazırlanması, onların iştirakı ilə oksidləşmə proseslərinin aparılması;

- karbohidrogenlərin – tsikloheksan, parafin (C<sub>15</sub>-C<sub>40</sub>), etilbenzol, həmçinin, Azərbaycan neftləri qarışıqlarının 216-360<sup>0</sup>C-də qaynayan dizel fraksiyasından ayrılan naften-izoparafin karbohidrogenlərinin katalitik oksidləşməsinin model reaksiyalarının kinetikasının tədqiq edilməsi;

- prosesin sonrakı modelləşdirilməsi və optimallaşdırılmasını həyata keçirilməsi üçün Azərbaycan neft qarışıqlarının 216-360<sup>0</sup>C-də qaynayan fraksiyasından ayrılmış naften-izoparafin və naften-parafin karbohidrogenlərinin Co, Ni, Cr və Mn naftenatların iştirakı ilə katalitik oksidləşməsinə öyrənməklə prosesin statistik modelləşdirilməsini aparmaq. Bunun üçün statistik modelin əsasında prosesin optimal rejim parametrlərinin hesablanması proqram modulundan istifadə etmək və ilkin nəticələri müxtəlif şəkildə göstərməklə xətti proqramlaşdırmasının tədqiq edilməsi;

- alınan nəticələrə görə TNT-nin Co, Ni, Cr və Mn duzlarının iştirakı ilə göstərilən fraksiyadan ayrılmış naften-izoparafin və naften-parafin karbohidrogenlərinin katalitik oksidləşməsi prosesinin optimallaşdırılması üzrə proqnoz, SNT-nin optimal şəraitdə alınması üzrə təkliflərin verilməsi.

### **İşin elmi yeniliyi.**

İlk dəfə olaraq:

– Cr, Co, Ni və Mn naftenatlarının iştirakı ilə Azərbaycan neftləri qarışıqlarının 216-360<sup>0</sup>C dizel fraksiyasından ayrılmış naften-parafin karbohidrogenlərinin katalitik oksidləşdirilməsi proseslərinin optimallaşdırılması və kompüter modelinin yaradılması, onların aparılmasının optimal profili təklif edilmişdir;

–Cr, Co və Ni tərkibli katalizatorların binar qarışıqlarının iştirakı ilə neft karbohidrogenlərinin aerob oksidləşmə prosesində sinergetik effektin olması müəyyənəşdirilmişdir;

–model karbohidrogenlərin müxtəlif homoloji sıralarının və naften-izoparafin karbohidrogenlərinin oksidləşmə proseslərinin formal kinetik qanunauyğunluqları öyrənilmişdir;

– Bakı neftləri qarışığının 216-360<sup>0</sup>C-də qaynayan fraksiyasından ayrılmış naften-izoparafin karbohidrogenlərinin Cr- və Ni- naftenatların iştirakı ilə oksidləşməsində oksigen udulmasının kinetik əyrlərinin differensial riyazi tənlikləri alınmışdır.

### **İşin praktiki əhəmiyyəti.**

Dissertasiya işində təklif olunan təcrübi nəticələrin statistik üsullarından istifadə edilməklə SNT-in alınma prosesinin optimallaşdırılmış texnoloji sxemin və riyazi modelin işlənilib hazırlanması bu prosesin sənayedə tətbiqi istiqamətində geniş imkanlar açır.

Naften karbohidrogenlərinin katalitik oksidləşmə prosesinin hazırlanmış, müasir kompüter proqramları vasitəsilə təkmilləşdirilmiş texnologiyasının AMEA-nın Təcrübə-Sənaye Zavodunda istehsalının təşkil olunması nəzərdə tutulmuşdur.

**İşin nəşri və aprobasiyası.** Dissertasiya işinə aid tədqiqatların nəticələri əsasında 21 elmi əsər çap olunmuş, onlardan 15-i məqalə və 6-sı isə tezisdır. Məqalələr: “Проблемы энергетики”, “Neft kimyası və neft emalı”, “Kimya problemləri”, “Azərbaycan kimya jurnalı”, “Нефтепереработка и нефтехимия” (Москва), “Нефтепереработка, нефтехимия, катализ” (Сборник трудов ИНХП НАНА), “Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının məruzələri”, “Мир нефтепродуктов” (Москва), “Erdöl Erdgas Kohle. (Petrochemie)” (Germany), “Нефтегазовые технологии”

(Москва), “BDU-nun xəbərləri” jurnallarında dərc olunmuşdur.

İşin əsas nəticələri müxtəlif elmi konfranslarda məruzə və müzakirə olunmuşdur: Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 85 illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika elmi konfransının materiallarında (Bakı, 7-8 may 2008, BDU), Azərbaycan Respublikasının dövlət müstəqilliyinin 20-ci ildönümünə həsr olunmuş “Gənc alimlərin I elm festivalı” çərçivəsində keçirilmiş elmi konfransların materialları (Bakı, 2011-ci il), Azərbaycanın gənc kimyaçılarının respublika elmi konfransı (Sumqayıt, 06 oktyabr 2011), Neftkimyasından VIII Bakı Beynəlxalq Yusif Məmmədəliyev konfransının materialları (Bakı, 3-6 oktyabr 2012-ci il), I Beynəlxalq kimya, kimya mühəndisliyi konfransı (Bakı, 18-21 aprel 2013-cü il), Gənc alim və mütəxəssislərin I Beynəlxalq konfransı. Fundamental və tətbiqi elmlərin (yer, texnika və kimya) aktual problemlərinin həllində multidissiplinar yanaşmanın rolu (Bakı, 15-16 oktyabr 2014-cü il).

### **İşin strukturu və həcmi**

Dissertasiya işi 145 çap vərəqində tərtib olunub, giriş, dörd fəsil, yekun nəticələrdən, 27 cədvəl, 28 şəkil və 2 sxemdən, 189 istinad olunmuş ədəbiyyat siyahısından və əlavələrdən ibarətdir.

Girişdə mövzunun aktualığı əsaslandırılmış, dissertasiyanın məqsədi, qarşıya qoyulan məsələlər, işin elmi yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti, nəticələrin etibarlılığı, işin aprobeiası, nəşrlər, işin strukturu və həcmi göstərilmiş, fəsillərin mahiyyəti haqqında yığcam məlumat verilmişdir.

Birinci fəsil ədəbiyyat icmalına həsr olunmuşdur. İcmalda karbohidrogenlərin və yanacaqların kinetik modelləşdirmə və optimallaşdırma yolu ilə aerob oksidləşməsi sahəsində müasir, ən son tədqiqatların və elmi işlər, həmçinin, bu proseslər əsasında SNT-nin sintez üsulları ətraflı təhlil edilmiş və tətbiq sahələri göstərilmişdir.

İkinci fəsildə SNT-nin sintezi üçün xammalın seçilməsi və hazırlanmasından, onların fiziki-kimyəvi göstəricilərindən, katalizatorların seçimi, onların əsaslandırılması, eyni zamanda təcrübənin aparılma metodikasından bəhs edilir.

MATLAB sistemində proqramlaşdırma, funksiyaların qrafiklərinin qurulması və tətbiqi proqramlar paketi haqqında

məlumatlar verilmişdir. Nəticələrin interpretasiyası və vizuallaşdırılmasının çox mürəkkəb məsələlərini MATLAB mühitində həyata keçirmək, yüksək resurslar (məsələn, sürətə görə) tələb edən məsələlərin optimallaşdırılmasını MEX funksiyası kodunun fraqmenti ilə reallaşdırmağın daha əlverişli olduğu qeyd olunur.

Üçüncü fəsildə SNT-nin təcrübi yolla alınması göstərilmiş, naften-izoparafın və naften-parafın konsentratlarının oksidləşmə proseslərində istifadə edilən Cr-, Co-, Ni-, Mn- naftenatlar, onların qarışıqlarının katalitik aktivliyi nəzərdən keçirilmişdir və təcrübi yolla sintetik neft turşularının alınmasının optimallaşdırılması aparılmışdır.

Dördüncü fəsildə SNT-nin alınma prosesinin kompüter proqramları vasitəsilə modelləşdirilməsi və optimallaşması verilmişdir.

Optimallaşma məsələlərinin həlli üçün xətti proqramlaşmanın məsələlərinin həllində müasir alqoritmləri əks etdirən MATLAB proqramından istifadə edilmişdir. Bütün hesabatlar işdə statistik analiz və verilənlərin vizuallaşması üçün işlənən MATLAB-7 proqramının istifadəsi ilə aparılmışdır.

Oksidləşmə prosesinin riyazi modeli qurulmuş və kinetik parametrləri öyrənilmişdir.

Dissertasiyanın sonunda aparılmış tədqiqatların mahiyyətini özündə əks etdirən nəticələr, istinad olunmuş ədəbiyyatların siyahısı və əlavələr verilmişdir.

### **İşin qısa məzmunu**

İşin əsasını iki hissə təşkil edir: 1) neft karbohidrogenlərinin yeni katalizatorlar qarışıqlarının tətbiqi ilə oksidləşmə prosesinin təcrübi yollarla tədqiqi; 2) sintetik neft turşularının alınma prosesinin kompüter proqramları vasitəsilə modelləşdirilməsi və optimallaşdırılması.

Hal-hazırda texnoloji proseslərin optimallaşdırılması və modelləşdirilməsi kimya elminin vacib istiqamətlərindən biridir. Son

illərdə irəli sürülmüş kompüter proqramları və yanaşmaları hətta işlənmiş proseslərə tətbiq olunaraq onların təkmilləşdirilməsinə və yenidən interpretasiya olunmasına səbəb olur.

Təbii neft turşuları (TNT) kimya elmində və sənayesində xüsusi əyemiyət kəsb edir. Beləliklə, TNT-na olan yüksək tələbat və təbii resursların məhdudluğu SNT-nin yüksək çıxımla alınmasına bir zəmin yaradır. Digər tərəfdən, yüksək çıxımla SNT-nin alınması, prosesin optimallaşdırılması və modelləşdirilməsi aktualdır və böyük elmi və iqtisadi əhəmiyyət kəsb edir.

SNT-nin alınma prosesi zəncirvari şaxələnmiş radikal mexanizm üzrə gediyinə görə qeyri-nizamlanmış proses kimi qiymətləndirilir. Stoxastik, yəni qeyri-nizamlanmış prosesləri təsvir etmək üçün ən geniş eksperimental statistik üsullardan istifadə edilməsi məsələnin ən düz həllidir və dissertasiya işində geniş tətbiq olunub. Bu yanaşmalar göstərilən dissertasiya işinə tətbiq olunaraq prosesin profilini əks etdirən baza parametrlərindən alınması və statistika üsulları ilə eksperimental nəticələrin işlənilməsi nəticəsində müvafiq riyazi-statistik model qurulması, prosesin kinetik qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi, parametrlərin təyini aparılmışdır.

Dissertasiyanın məqsədinə uyğun olaraq ilkin mərhələdə Heydər Əliyev adına Neft Emalı Zavodundan gətirilmiş neftlər qarışığının 216-360°C fraksiyası aromatsizləşdirildikdən və parafinsizləşdirildikdən sonra alınan naften-izoparafin karbohidrogenləri (NİK) Cr-, Co- və Ni- naftenatlar və onların müxtəlif nisbətlərdə qarışığının iştirakında və onların iştirakı olmadan oksidləşdirilməsi prosesi tədqiq edilərək, prosesin müxtəlif parametrlərdən asılılıqları öyrənilmişdir.

Reaksiya üçün istifadə edilən katalizatorlar NİK-də həll edilərək barbotaj tipli reaktora doldurulmuşdur. Reaksiya 130-135°C temperaturda, havanın verilmə sürəti 300 l/saat·kq olmaqla, katalizatorun müxtəlif qatılıqlarında aparılmışdır. Alınmış SNT-nin turşu ədədi, efir ədədi və sabunlaşma ədədi təyin edilmişdir (cədvəl 1).

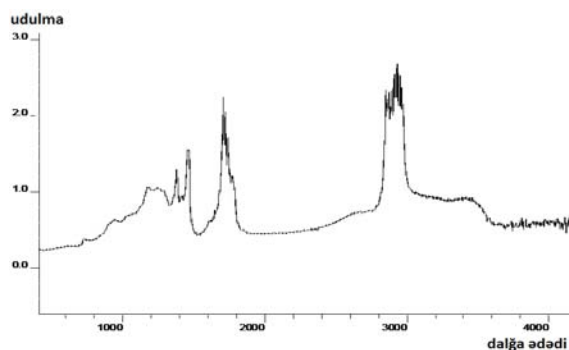
Katalizator kimi duzlar qarışığı götürüldükdə naften konsentratının oksidləşməsi 7 saat müddətində aparılmışdır və hər bir saatdan nümunə götürülərək onun çıxımı və turşu ədədi hesablanmışdır (cədvəl 2).



Cədvəl 1.

Cr, Co və Ni naftenatların iştirakında NİK-nin katalitik oksidləşmə prosesinin nəticələri (katalizatorun miqdarı 0,2% kütlə, reaksiya müddəti 5 saat)

№	Katalizator	Oksidatın turşuədədi, mqKOH/q	SNT		ONT		Suda həll olan maddələrin çıxımı, %
			Çıxım, %	T.ə., mqKOH/q	Çıxım, %	T.ə., mqKOH/q	
1	Cr-naftenat	45	19,5	132	6,5	108	3
2	Co-naftenat	38,4	16,5	128	7,5	112	2,7
3	Ni-naftenat	59,6	19,8	134	8,5	114	2,8
4	Cr-naf:Co-naf 3:1	54,6	20,8	151	9,6	110	2,2
5	Cr-naf:Ni-naf 3:1	75,2	20,1	121,6	8,9	117	2,9
6	Cr-naf:Ni-naf 1:3	52	18,9	129	9,5	112	2,6
7	Cr-naf:Co-naf 1:1	31,8	13	120	3	118	3,1
8	Cr-naf:Co-naf 3:2	19,3	20	147,4	3	132,4	2,8
9	Cr-naf:Ni-naf 3:2	25,4	15,2	183,2	3	139	2,5



Şəkil 1. Alınan SNT-nin İQ spektri

Cədvəl 2.

Naften karbohidrogenlərinin binar katalizatorun (Cr-naf:Co-naf 3:1) iştirakında oksidləşməsinin zamandan asılılığı (katalizatorun xammala görə miqdarı 0,2%)

Reaksiya müddəti, saat	Oksidatın turşuəd., mqKOH/q	Turşunun çıxımı, %		Turşunun turşu ədədi, mqKOH/q		Suda həll olan turşular	
		ONT	SNT	ONT	SNT	Çıxım, %	T.ə., mq KOH/q
1	16	1,3	2,6	100	110	0,2	247
2	19	2,5	4,3	105	115	0,36	256
3	37,1	6,4	6,1	106	120	1,2	258
4	43,4	8,5	12,5	109	128	1,8	265
5	54,6	9,6	20,8	110	151	2,3	285
6	66,1	12,1	20,9	113	130	2,3	290
7	67,5	14,6	22,5	115	138	2,4	317

Beləliklə, aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, bəzi neftlərinin 220-350°C-də ayrılan fraksiyalarından alınan naften konsentrasiyasını 130-135°C temperaturda, maye fazada katalitik oksidləşdirdikdə sənaye əhəmiyyətli SNT-nin yüksək çıxımla sintezi mümkündür və bu zaman ən yaxşı nəticə Cr-naftenat və Co-naftenat qarışığını (3:1) 0,2% kütlə götürməklə əldə olunur. Bu sahədə tədqiqatlar davam etdirilir.

Naften-parafin karbohidrogenlərinin Cr- və Mn- duzlarının müxtəlif nisbətlərdə qarışıqlarının katalitik iştirakı ilə oksidləşmə reaksiyaları aparılmışdır (cədvəl 3).

Cədvəl 3.

Mn və Cr duzlarının müxtəlif nisbətlərdə qarışığı iştirakında naften-parafin karbohidrogenlərinin oksidləşmə prosesinin nəticələri (t=135-140°C, havanın verilmə sürəti 300 l/saat, katalizatorun xammala nəzərən miqdarı 0,2% kütlə, reaksiya müddəti 5 saat)

№	Katalizatorun tərkibi	Oksidatın t.ə. mqKOH/q	Oksidatın çıxımı, %	SNT		ONT	
				Çıxım, %	T.ə. mqKOH/q	Çıxım, %	T.ə., mqKOH/q
1	TNT Cr:TNT Mn 1:1	59,3	95,8	11	137,5	8,8	113,8
2	TNT Cr:TNT Mn 2:1	67	96	18,2	138,4	8,2	117,4
3	TNT Cr:TNT Mn 3:1	65	96,5	23,3	135,7	12,8	115,7

Cədvəl 3-dən görünür ki, bu halda ən yaxşı nəticə 3-cü nümunə ilə alınmışdır. Belə ki, SNT-nin çıxımı 23,3%, ONT-nin çıxımı isə 8,9% təşkil edir. Bu isə digər nümunələrlə müqayisədə ən yüksək nəticədir.

Bu gün kimya texnologiyasında modelləşdirilmiş kompüter sistemlərinin istifadəsi kimya sənayesinin qabaqcıl istiqamətlərindən biri sayılır. Hal-hazırda olan modellər proqnoz verməyə imkan verirlər, bu isə az xərc çəkərək məhsulun maksimum çıxımında prosesin optimal aparılmasına və nəticədə prosesin texniki-iqtisadi göstəricilərini yaxşılaşdırmağa imkan verir.

SNT-in alınması prosesinin optimal rejim parametrlərinin təyini üzrə hesablama "Statistik tədqiqat və optimallaşma məsələlərinin həlli" proqramının köməyi ilə aparılmışdır, bu proqram WINDOWS

əməliyyat mühitində Visual BASIC for Applications (VBA) alqoritmik dildə təşkil edilmişdir.

O aşağıdakı proqram modullarından ibarətdir:

- ilkin nəticələrin Excel cədvəlinin işçi vərəqindən VBA dilindəki proqrama daxil edilməsi;
- prosesin lazımi parametrlərinin hesablanması;
- optimallaşma məsələlərinin həlli haqqında məlumatların Excel-in həmin işçi vərəqindən çıxarılması.

Proqram moduluna dizel fraksiyasından ayrılan naften karbohidrogenlərinin və Bakı neftlərinin naften-izoparafin qarışığının aşağıdakı fiziki-kimyəvi xassələri daxil edilir: orta molekul kütləsi; sıxlıq; refraksiya; qaynama temperaturu; donma temperaturu.

Verilmiş giriş çıxış parametrləri üzrə statistik modelin koefisiyentlərinin hesablanmasının proqram modulu onların mənasını qiymətləndirir, modelin adekvatlığını yoxlamaq üçün Fişer, Student kriteriyasını hesablayır.

Statistik model əsasında prosesin optimal rejim parametrlərinin hesablanmasının proqram modulu ilkin nəticələrin dəyişməsi zamanı xətti proqramlaşma məsələlərini həll edir.

Bundan başqa, növbəti işçi vərəqə havanın verilməsinin həcmi sürəti, katalizatorun miqdarı, reaksiyanın davam etmə müddəti, turşu ədədi haqqında məlumat daxil edilir.

Prosesin sonrakı optimallaşdırılması üçün aşağıdakı mərhələlərdən təşkil olunmuş riyazi statistika üsullarının əsasında eksperimental nəticələrin işlənilməsi aparılmışdır:

- prosesə təsir edən amillər arasındakı asılılığın reqressiya tənliyi şəklində müəyyənləşdirilməsi;
- alınan modelin koefisiyentlərinin qiymətləndirilməsi;
- həyəcanlanmaya görə həssaslıq modelinin analizi;
- prosesin getməsinin optimal şəraitinin tapılması.

Göstərilən statistik analizdə birinci mərhələ nəticələr (qiymətlər) arasında qarşılıqlı təsir gücünü xarakterizə edən korrelyasiyanın aşkara çıxardılmasına aiddir. Korrelyasiya asılılığının axtarışı zamanı adətən, bir ölçülmüş kəmiyyətlə  $x$ , digər ölçülmüş kəmiyyət  $y$  arasında ehtimal edilən əlaqə meydana çıxır.

Eksperimental nəticələrin əsasında prosesin giriş amillərinin

arasındaki korrelyasiya əlaqəsi müəyyənləşdirilmişdir: reaksiyanın davam etmə müddəti  $-x_1$ ; oksidatın turşu ədədi  $-x_2$ ; ONT-nin çıxımı  $-x_3$  və çıxış faktorları, hansı ki, bunlardır:

SNT-nin çıxımı  $-Y_1$ , ONT-nin turşu ədədi  $-Y_2$ ; suda həll olan turşuların çıxımı  $-Y_3$ , suda həll olan turşuların turşu ədədi  $-Y_4$ .

Optimallaşma məsələsinin həlli üçün xətti proqramlaşma məsələlərinin həllinin müasir alqoritmini saxlayan MatLab proqramı tətbiq edilmişdir.

Optimallaşma meyarı kimi

$$F_{\max} = f(x_1, x_2, x_3)$$

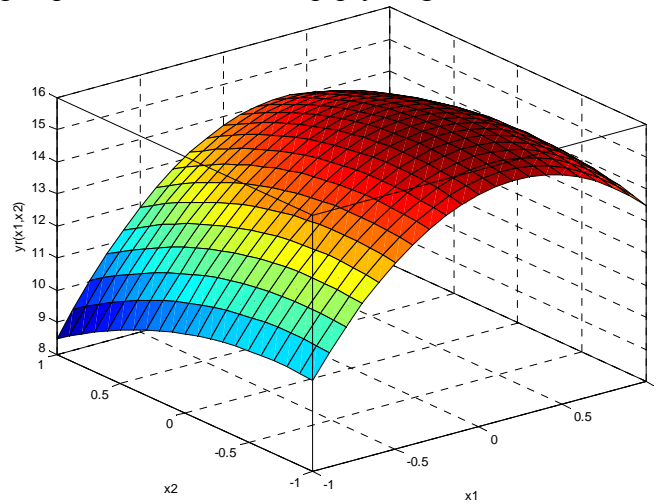
götürülür və prosesin göstəricilərinə aşağıdakı məhdudiyyət qoyulur:

$$1,0 \leq x_1 \leq 7,0; 16 \leq x_2 \leq 68; 1,3 \leq x_3 \leq 14,6;$$

Alınan nəticələrə əsasən xamala görə SNT-nin çıxımının 18-22% küt. arasında dəyişdiyi görünür (şək.2).

Hesablanmış və eksperimental yolla alınmış nəticələrin qiymətləri müqayisə olunmuşdur (cədvəl 4).

Cədvəl 4-də eksperimental və hesablanmış qiymətlərin müqayisəsi zamanı xətalərin çox kiçik olduğunu və qiymətlərin üst-üstə düşdüyünü görürük. Bu da bir daha optimallaşma məsələsinin MatLab proqramı ilə həllinin dəqiqliyini göstərir.



Şəkil 2. Texnoloji məhdudiyyətlərlə SNT alınma prosesinin optimallaşma funksiyasının  $y(x_1, x_2)$  cavab səthi

## Eksperimental və hesablanmış qiymətlərin müqayisəsi

$Y_{1, \text{eks}}$	$Y_{1, \text{hes}}$	$Y_{2, \text{eks}}$	$Y_{2, \text{hes}}$	$Y_{3, \text{eks}}$	$Y_{3, \text{hes}}$	$Y_{4, \text{eks}}$	$Y_{4, \text{hes}}$
2,6	2,6701	100	99,9911	0,2	0,19966	247	246,933
4,3	4,3993	105	104,985	0,36	0,36035	256	255,886
6,1	6,3257	106	105,948	1,2	1,20213	258	257,636
12,5	12,809	109	108,905	1,8	1,80513	265	264,302
20,8	20,877	110	110,866	2,3	2,31051	285	284,038
20,9	21,108	113	112,835	2,2	2,217267	290	288,8543
22,5	23,072	115	114,821	2,4	2,4232	317	315,491

Qeyd etmək lazımdır ki, oksidləşmə prosesinin aparılmasında reaksiya müddəti optimal olaraq 5 saat qəbul edilmişdir. Bu zaman SNT-nin turşu ədədi yüksək olur ki, bu da SNT-nin alınması prosesləri üçün əsas meyarlardan biridir. Bu rejimdə SNT çıxımı 20,877%; turşu ədədi 110,866 mq KOH/q, suda həll olan turşuların çıxımı 2,310% və onların turşu ədədi 284,038 mq KOH/q-dır.

Azərbaycan neft qarışıqlarının 216-360<sup>0</sup>C-də qaynayan fraksiyasından ayrılmış naften-parafin karbohidrogenlərinin Co, Ni, Cr və Mn naftenatların iştirakı ilə katalitik oksidləşməsini öyrənməklə prosesin statistik riyazi modelini qururuq. Belə qurulmanın əsasında eksperimentin riyazi planlaşdırılması durur. Model giriş və çıxış parametrləri arasındakı analitik əlaqəni müəyyənləşdirən “qara qutu” prinsipi üzrə qurulmuşdur. Prosesin bu şəkildə alınan riyazi yazılışı nəinki prosesin aparılmasının optimal şəraitlərinin təyin edilməsi üçün istifadə edilmişdir, o həm də optimal idarəetmə və tənzimləmə sisteminin yaradılması üçün istifadə edilir.

Bu üsulla alınan riyazi prosesin təsvirinə yalnız prosesi aparmaq üçün optimal şərtləri təyin etmək yox, optimal idarə və tənzimləmə sistemini yaratmaq da daxildir.

Buna əsasən regressiya tənlikləri bu görünüşə malikdir: sintetik neft turşularının çıxımı  $Y_1$ , oksinaften turşusunun turşuluq ədədi  $Y_2$ , sintetik neft turşusunun turşuluq ədədi  $Y_3$ :

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= -1546 - 383x_1 + 195x_2 - 624x_3 - 0,28x_1 \cdot x_2 + 278x_1 \cdot x_3 - 0,0276x_2 \cdot x_3 - 0,392x_3^2 \\
 Y_2 &= 0,01 - 854x_1 + 1134x_2 - 377x_3 - 222x_1 \cdot x_2 + 1804x_1 \cdot x_3 - 0,265x_2 \cdot x_3 - 2164x_3^2 \quad (1) \\
 Y_3 &= 0,01 - 2575x_1 + 1188x_2 - 2887x_3 - 194x_1 \cdot x_2 + 588x_1 \cdot x_3 + 0,41x_2 \cdot x_3 - 1048x_3^2
 \end{aligned}$$

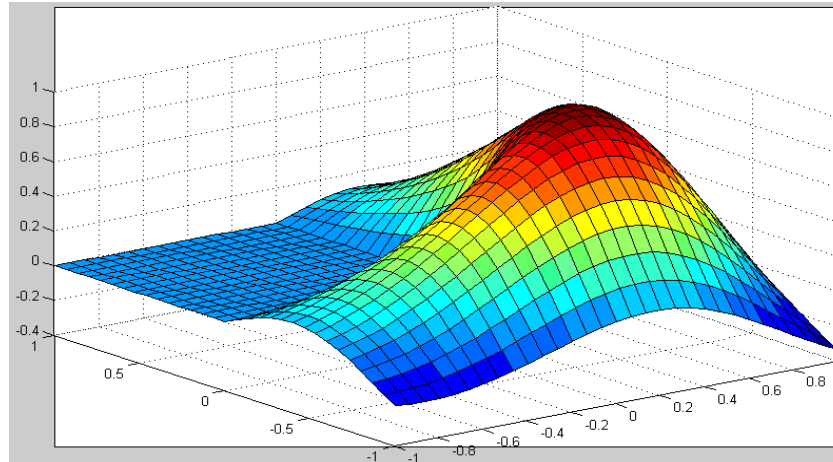
Regressiya tənlikləri (1) imkan verir ki, verilmiş şərtlərlə eksperimenti aparan zaman əks funksiyanın qiyməti əvvəlcədən təyin edilsin və səthin əksinin forması haqqında informasiya əldə edilsin.

Səthin əksinin konfigurasiyasını öyrənmək üçün (1) tənliyi kanonik formasına salmaq lazımdır. Nöqtənin koordinatı S – səthin mərkəzini tənliklərin sistem halında həllini tapırlar

$$\begin{aligned} \frac{\partial y_1}{\partial x_1} &= -3,83 - 0,28 * X_2 + 2,78 * X_3 = 0 \\ \frac{\partial y_1}{\partial x_2} &= 1,95 - 0,28 * X_1 - 0,0276 * X_3 = 0 \\ \frac{\partial y_1}{\partial x_3} &= -6,24 + 2,78 * X_1 - 0,0276 * X_2 - 0,784 * X_3 = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Hansıki aşağıdakı qiyməti kəsb edirlər: X=(0,3117; -0,0217; 0,1012)

Tənlikdən (2) görüldüyü kimi, əmsalın qiyməti müxtəlif işarələrə malikdir, yəni əksin səthi – “yəhər”li giperbola paraboloiddir. Səthin mərkəzində - “mini-maks” yerləşir (şəkil 3).



Şəkil 3. Optimallaşdırma fəzası – “yəhər”li giperbola paraboloidi.

Formalaşmış statistik modelin hesablanan nəticələrinin eksperiment təcrübələrin nəticələri ilə uyğunluğu cədvəl 5-də göstərilmişdir.

Prosesdə çıxış parametrlərinin eksperiment və hesablanan qiymətlərinin müqayisəsi

$Y_{1eks}$	$Y_{1hes}$	$Y_{2eks}$	$Y_{2hes}$	$Y_{3eks}$	$Y_{3hes}$
2,4	2,416181	110,5	110,0069	102,8	103,4623
3,8	3,844784	115	116,7832	105,7	103,7008
7,8	7,905233	122,5	121,3501	111	113,0456
12,7	12,87428	129	130,7135	116,9	115,14
20	20,28056	132,4	132,03	117,4	118,556
23,3	23,65308	115,7	119,3051	125,7	122,0909
23,6	23,98056	133,9	133,7326	128	128,5199
23,5	23,9668	144	147,03	128,9	124,76

Optimallaşma məsələlərinin həlli göstərdi ki, sintetik neft turşularının ən yüksək çıxımı  $Y_{Itac.}=23.9\%$  kütlə olanda  $X_1=7$  saat,  $X_2=43,76$  mq KOH/q və  $X_3=7,947\%$  kütlə almaq olar.

Alınan riyazi modeli statistik və dinamik proseslərin tədqiqatında istifadə etmək mümkündür.

MATLAB proqramından istifadə edərək, bu kinetik ayrılıyın nəticələrini işləyib hazırlarkən naften-izoparafın konsentratının sürətlə oksidləşməsinin tənlilikləri alınmışdır:

$$\frac{dC}{dt} = 1.9177C - 5.6399 \quad - \text{Cr-naftenat}$$

$$\frac{dC}{dt} = -0.2987 * C^3 + 1.3174 * C^2 - 0.427 * C - 0.0062 \quad - \text{Cr- naft.: Ni-naft}$$

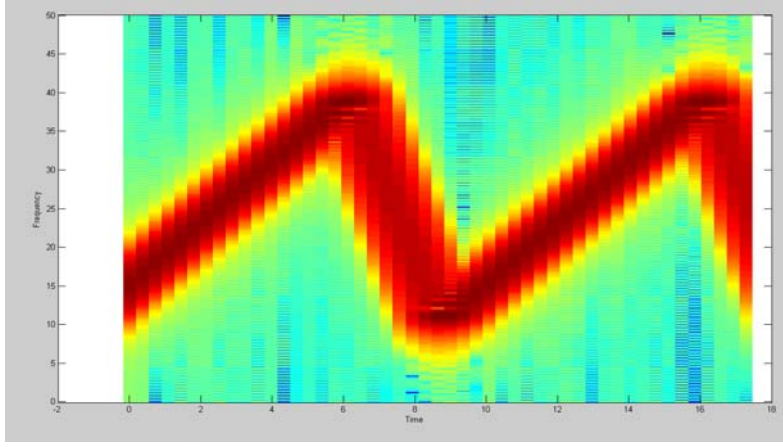
$$\frac{dC}{dt} = 0.0883 * C^2 - 2.1173 * C + 16.939 \quad - \text{Ni-naftenat}$$

$$\frac{dC}{dt} = 0.0014 * C^2 - 0.00517 * C - 0.2451 \quad - \text{katalizatorsuz}$$

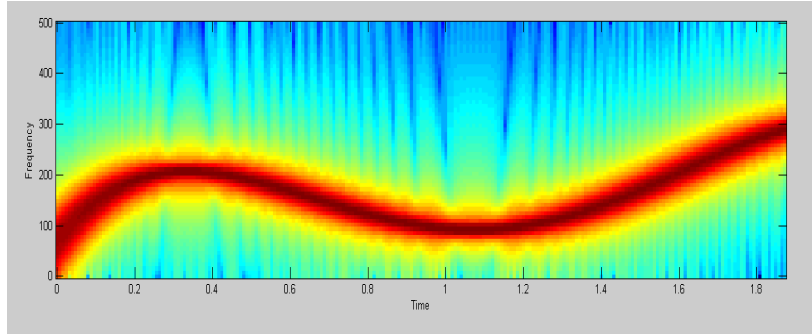
Eksperimentə uyğun olan aşağıdakı hesablanmış kinetik ayri xətti alınıb (şəkl.4).

Alınmış kinetik tənliliklər müxtəlif homoloji sıra karbohidrogenlərinin; həmçinin, naften konsentratlarının oksidləşməsi zamanı oksigenin udulma kinetikasının tədqiqi üçün istifadə oluna bilər.

Avtomatik idarəetmə sistemləri üçün katalizatorların iştirakı ilə naften-izoparafın fraksiyasının sənayedə oksidləşməsi prosesinin keçid proseslərini tədqiq etmişik. Müxtəlif kanallar üzrə, xüsusən də “girişdə temperatur” – “adiabatik təbəqədə çıxışda temperatur” kanalı üçün keçid proseslərinin ayrıləri qurulmuşdur (şəkil 5 və 6).

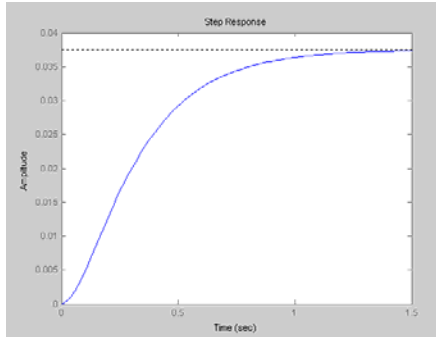


$$\frac{dC_3}{dt} = |\sin 2 * \pi * 50 * t + \sin(2 * \pi * 120 * t)|$$

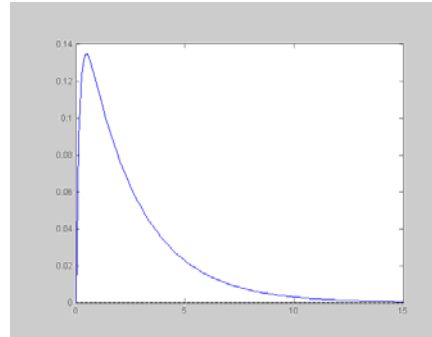


$$\frac{dC_4}{dt} = \sin(2 * \pi * 200 * t) + 0.4 * \sin(2 * \pi * 150 * t) + 0.4 * (2 * \pi * 250 * t)$$

Şəkil 4. Eksperimentə uyğun olan hesablanmış kinetik əyri xətti.



Şəkil 5. Ötürmə funksiyaların amplitud-  
tezlik xarakteristikaları



Şəkil 6. Ötürmə funksiyaların faza-tezlik  
xarakteristikaları



Yekun olaraq kompüter proqramları vasitəsilə oksidləşmə prosesinin optimallaşdırılmasından aşağıdakı nəticəni almaq olar:

SNT-nin alınması prosesinin optimallaşdırılması təcrübi yolla (eksperimentlər aparmaqla) və hesablama (kompüter proqramları vasitəsilə) üsulu ilə aparılmışdır. Prosesin təcrübi yolla optimallaşdırılması üçün çoxlu sayda eksperimentlər aparılmalıdır. Bu amilləri nəzərə almaqla optimal şəraiti tapmaq çox çətin və vaxt aparan məsələdir.

Hesablama üsulu ilə problemi həll etmək üçün xüsusi kompüter proqramlarından istifadə edilmişdir. Bu zaman ilkin giriş parametrlərini təyin etməklə (3-4 eksperiment aparmaqla) kompüter proqramları vasitəsilə qurulmuş modeldə məsələ həll edilir və optimal variant seçilir. Aldığımız nəticələr aşağıdakı kimi olmuşdur (götürülmüş müddət - 5 saat; xammala görə katalizatorun miqdarı - 0,2 küt.%):

1) Katalizator kimi Cr-naf:Co-naf =3:1(naften-izoparafin karbohidrogenləri) götürüldükdə SNT-nin çıxımı – təcrübi 20,8%, hesablanmış 20,877%; ONT-nin çıxımı – təcrübi 9,6%, hesablanmış 8,922%.

2) Katalizator kimi Cr-naf:Mn-naf =3:1(naften-parafin karbohidrogenləri) götürüldükdə SNT-nin çıxımı – təcrübi 23,3%, hesablanmış 23,653%; ONT-nin çıxımı – təcrübi 12,8%, hesablanmış 11,745% olmuşdur.

Göründüyü kimi hər iki üsul ilə alınmış nəticələr çox kiçik xətalara üst-üstə düşür. Bu da bir daha kompüter proqramları vasitəsilə optimallaşmanın daha səmərəli və vacib olduğunu sübut edir. Bu zaman çoxlu sayda eksperimentlər aparmağa ehtiyac yaranmır, iki-üç eksperiment apararaq alınan qiymətlərdən (giriş parametrlərindən) istifadə etməklə ən optimal variantı tapmaq mümkündür və gələcəkdə digər kimyəvi proseslərə də belə modelləri tətbiq etmək nəzərdə tutulmuşdur.

## NƏTİCƏLƏR

1. Azərbaycanın qarışıq neftlərindən ayrılmışdizel distillatı aromatiksizləşdirilmiş və parafinsizləşdirilmişdir, sonra alınan naften-izoparafin karbohidrogenləri - Cr, Co, Ni və Mn naftenatlarının (Naft.) iştirakında havanın oksigeni ilə katalitik oksidləşməsi aparılmış və prosesin optimal şəraiti tapılmışdır – Naft.Cr : Naft.Co = 3:1 ( $\Sigma=0,2\%$  küt.), temperatur 130-135°C, reaksiya müddəti 5 saat, hava axınının sürəti 300 l/saat, sintetik neft turşularının çıxımı (SNT)=20,8%.

2. Optimallaşma məsələlərinin həlli üçün xətti proqramlaşmanın məsələlərinin həllində bütün hesablar işdə statistik analiz və verilənlərin vizuallaşması üçün işlənən MATLAB proqramının istifadəsi ilə aparılmışdır. Bu zaman aşağıdakı parametrlər öyrənilmişdir:

a) Cr və Mn duzlarının müxtəlif nisbətlərdə götürülmüş qarışığı və oksidatın çıxımı arasındakı asılılıq;

b) SNT və ONT-nin çıxımının Mn və Cr duzlarının müxtəlif nisbətlərdə qarışığından asılılığı - oksidatın, SNT və ONT-nin çıxımının reaksiya müddətindən asılılığı (katalizator- Naft.Cr: Naft Mn=3:1);

c) oksidləşmə prosesi zamanı alınan SNT və ONT qarışığının çıxımının temperaturdan asılılığı. Bu yanaşma ilə SNT-nin ən çox çıxımlı olan prosesin profili müəyyənləşdirmişdir:  $X_1=5$  saat,  $X_2=65$  mq KOH/q və  $X_3=12,8\%$  olanda  $Y_{thes.}=23,65\%$  kütlə olur.

3. İlk dəfə olaraq SNT-nin alınması prosesinin optimallaşdırılması kompüter proqramları vasitəsilə qurulmuş modeldə həll edilmiş və optimal variant seçilmişdir: SNT çıxımı, (Cr-naf:Co-naf =3:1) təcrübi 20,8%, hesablanmış 20,9%; (Naft. Cr : Naft.Mn-naf =3:1) təcrübi 23,3%, hesablanmış 23,65%.

Hər iki üsul ilə alınmış nəticələrin kiçik xətlərlə üst-üstə düşməsi kompüter vasitəsilə optimallaşma əməliyyatlarının etibarlı, səmərəli və vacib olduğunu göstərir.

4. Avtomatik idarəetmə sistemləri üçün katalitik oksidləşmə prosesinin “girişdə temperatur” – “adiabatik təbəqədən çıxışda temperatur” kanalı üçün keçid proseslərinin ayrılması qurulmuşdur.

5. Naften-izoparafın konsentratın oksidləşməsi üçün kinetik tənliklər alınmış, onların ümumiləşdirilmiş modulu tərtib edilmişdir və göstərilmişdir ki, alınmış tənliklər müxtəlif homoloji sıra karbohidrogenlərinin, həmçinin, naften konsentratlarının oksidləşməsi zamanı oksigenin udulma kinetikasının tədqiqi üçün istifadə oluna bilər.

6. Təcrübi nəticələrin statistik işlənilməsi üsulundan istifadə edilməklə neft turşularının çıxımına və keyfiyyətinə oksidləşmə parametrlərinin təsirinin təyin edilməsi üzrə işləmələr aparılmış və alınmış nəticələr texnoloji prosesin optimal şəraitdə qurulması üçün təqdim edilmişdir.

**Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı əsərlərdə dərc olunmuşdur:**

1. Ф.Н.Тагы-заде, Э.Н.Аскерова, З.З.Агамалиев. Программы расчета технологических процессов. Определение фазового состояния топливного сырья //Проблемы энергетики, Баку, Елм, 2003, №5, с.85-93

2. Z.Z.Ağamalıyev. Ekoloji modelləşdirmə və ekoməlumat texnologiyasının yaradılmasının prinsipləri / Ümummilli lider Heydər Əliyevin 85 illik yubileyinə həsr olunmuş respublika elmi konfransının materialları. Bakı, 7-8 may 2008-ci il, s.38-39

3. В.М.Аббасов, Шай-Минг Пенг, Р.Г.Исмаилов, Л.М.Эфендиева, Л.Г.Нуриев, Э.Б.Зейналов, Н.И.Мурсалов, З.З.Агамалиев. Получение нафтеновых кислот при каталитическом участии пятиядерного комплекса // Процессы нефтехимии и нефтепереработки, 10, 3-4 (39-40), 2009, с.252-254

4. V.M.Abbasov, L.M.Əfəndiyeva, E.B.Zeynalov, Z.Z.Ağamalıyev, L.H.Nuriyev, A.Z.Əliyeva, T.Ə.Ağdamski. Bakı neftlərinin naften karbohidrogenlərinin maye fazada katalitik oksidləşməsi ilə sintetik naften turşularının alınması // Kimya problemləri, 2, 2010, s.258-262

5. V.M.Abbasov, L.M.Əfəndiyeva, L.H.Nuriyev, Z.Z.Ağamalıyev, E.B.Zeynalov. Bakı neftlərinin naften karbohidrogenlərinin sintetik naften turşularına qədər oksidləşməsində müxtəlif katalizatorların tətbiqi //Azərbaycan kimya jurnalı, 2, 2010, s.197-200

6. В.М.Аббасов, Э.Б.Зейналов, З.З.Агамалиев, Л.М.Эфендиева, Ф.М.Велиева, Л.Г.Нуриев. Оптимизация получения СНК окислением дизельной фракций смеси бакинских нефтей // Нефтепереработка и

нефтехимия, Москва, 2010, №11, с.42-46

7. В.М.Аббасов, Л.М.Эфендиева, Э.Б.Зейналов, Л.И.Алиева, Л.Г.Нуриев, З.З.Агамалиев, Р.Г.Исмаилов, Шаи-Минг Пенг. Получение синтетических нафтеновых кислот при окислении нафтеновых углеводородов в присутствии пятиядерных комплексов Co и Ni и их смесей с нафтенатом Cr // Нефтепереработка, нефтехимия, катализ (Сборник трудов ИНХП НАНА). Баку, «Элм», 2010, с.174-183

8. З.З.Агамалиев, Л.М.Эфендиева, В.М.Аббасов, Э.Б.Зейналов, Ф.М.Велиева. Программное обеспечение для исследования процесса получения синтетических нефтяных кислот / Azərbaycan Respublikasının dövlət müstəqilliyinin 20-ci ildönümünə həsr olunmuş "Gənc alimlərin I elm festivalı" çərçivəsində keçirilmiş elmi konfransların materialları. Bakı, 2011, s.470

9. З.З.Агамалиев. Процесс получения искусственных нефтяных кислот: состояние проблемы, экспериментальное воплощение, математическое моделирование и оптимизация / Azərbaycanın gənc kimyaçılarının respublika elmi konfransı, Sumqayıt-2011, 06 oktyabr, 2011, s.193-209

10. E.B.Zeynalov, V.M.Abbasov, L.M.Əfəndiyeva, L.H.Nuriyev, Z.Z.Ağamaliyev, A.Z.Əliyeva, Q.Q.Nəsibova. Müxtəlif karbohidrogenlərin oksidləşməsi zamanı oksigenin udulma kinetikasının xüsusiyyətləri // Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının məruzələri. 2011, №3 (67), s.45-51

11. Э.Б.Зейналов, В.М.Аббасов, Л.М.Эфендиева, З.З.Агамалиев, Л.Г.Нуриев, Л.И.Алиева, Г.Г.Насибова. Каталитическая активность нафтенатов переходных металлов в реакции аэробного окисления нефтяной нафтеновой фракции // Мир нефтепродуктов, Москва, 2012, №2, с.23-26

12. Z.Z. Aghamaliyev, V.M. Abbasov, E.B. Zeynalov, J.F. Friedrich, F.M. Veliyeva. Review of kinetic modeling and optimization of hydrocarbon oxidation // ERDÖL ERDGAS KOHLE. (PETROCHEMIE). Germany, 2012, Jg.128., Heft 2, p.78-82

13. З.З.Агамалиев, А.М.Мухтарова, Э.С.Керимова, Р.Г.Азимов, Ф.М.Велиева. Математическое обеспечение экологической информационной системы процессов нефтехимии и нефтепереработки / Восьмая Бакинская Международная Мамадалиевская конференция по нефтехимии. Баку, Азербайджанская Республика, 3-6 октября 2012 г., с.491

14. З.З.Агамалиев, Ф.М.Велиева, Э.Б.Зейналов. Моделирование каталитического окисления ряданафтенных углеводородов / I Beynəlxal kimya, kimya mühəndisliyi konfransı, Bakı, 18-21 aprel 2013-cü il, s.817-820
15. В.М. Аббасов, Э.Б.Зейналов, Л.М.Эфендиева, Л.И. Алиева, Л.Г.Нуриев, Н.И.Мурсалов, Ш.З.Джабраилзаде, З.З.Агамалиев, С.А.Мамедханова. Селективное окисление нафтенно-изопарафиновых углеводородов дизельной фракции в присутствии Cr- и Mn- солей природных нефтяных кислот // Процессы нефтехимии и нефтепереработки, 2013, т.14, №3(55), с.183-190
16. З.Агамалиев, Ф.Велиева, Э.Зейналов, Н.Ищенко. Моделирование и оптимизация процесса каталитического окисления нефтяных углеводородов дизельной фракции //Нефтегазовые технологии. Москва, 2013, №3, с.87-90
17. В.М.Аббасов, Э.Б.Зейналов, Ф.М.Велиева, Л.М.Эфендиева, З.З.Агамалиев, Н.Я.Ищенко. Статическое моделирование процесса получения искусственных нафтенных кислот // Нефтегазовые технологии. Москва, 2013, №11, с.70-73
18. В.М. Аббасов, С.А.Мамедханова, Н.Ш.Рзаева, Л.М.Эфендиева, З.З.Агамалиев, Н.Н. Мусаев. Синтетические нефтяные кислоты и некоторые синтезы на их основе // Процессы нефтехимии и нефтепереработки, 2014, т.15, №1 (57), с.3-15
19. Z.Z.Ağamalıyev. Kimyəvi texnoloji proseslərin modelləşdirilməsində MATLAB proqramının tətbiqi / Gənc alim və mütəxəssislərin I Beynəlxalq konfransı. Fundamental və tətbiqi elmlərin (yer, texnika və kimya) aktual problemlərinin həllində multidissiplinar yanaşmanın rolu. 15-16 oktyabr 2014-cü il, s.375-376
20. V.M. Abbasov, F.M. Vəliyeva, L.M.Əfəndiyeva, Z.Z.Ağamalıyev, L.H.Nuriyev, M.A.Şaşkayeva, Z.M.Məmmədova. Dizel distillatının naftenparafin karbohidrogenlərinin katalitik oksidləşməsindən sintetik neft turşuları və oksiturşular qarışığının alınmasının optimal parametrlərinin müəyyənəndirilməsi // BDU-nun xəbərləri, 2014, №4, s.26-37
21. E.B.Zeynalov, F.M.Vəliyeva, Z.Z.Ağamalıyev, L.M.Əfəndiyeva, L.H.Nuriyev. MATLAB-7 proqramın köməyi ilə sintetik neft turşularının alınma prosesinin optimallaşdırılması // Azərbaycan kimya jurnalı, 2015, №1, s.57-62

Агамалиев Заур Забил оглы

**Моделирование и оптимизация процесса окисления нафтенно-парафиновых углеводородов в присутствии каталитических систем Cr, Co, Ni и Mn**

**РЕЗЮМЕ**

Диссертационная работа посвящена разработке и применению методов компьютерного моделирования и оптимизации для процесса синтеза нефтяных кислот (НК). Структурно диссертация состоит из двух частей – экспериментального исследования процесса прямого каталитического окисления депарафинизированного и деароматизированного концентрата дизельной фракции 216-360°C смеси азербайджанских нефтей и моделированию и оптимизации получения НК с помощью современных компьютерных программ семейства Matlab и Matchad.

На первом этапе исследования варьированием различных комбинаций и концентраций катализаторов – нафтенатов (Naft.) Cr, Co, Ni и Mn, температуры, времени реакции и скорости подачи воздуха экспериментально определены основные оптимальные параметры процесса окисления нафтенного концентрата до синтетических нефтяных кислот (СНК) – Naft.Cr : Naft.Co = 3:1 ( $\Sigma=0,2\%$ ), 130-135°C, 5 часов, 300 л·час<sup>-1</sup>, выход СНК=23,3%. На втором этапе исследования экспериментальные результаты были обработаны с помощью методов статистического анализа посредством решения линейных задач программирования. Согласно указанному приближению и расчётам установлен наиболее оптимальный профиль процесса, который составляет при суммарном выходе СНК равном 23,65%, продолжительности реакции не более 5 часов, кислотное число оксидата 65 мгКОН/г и выход окси СНК 12,8%.

На основании данных по окислению нафтенно-изопарафинового концентрата предложены кинетические уравнения и общий модуль для процессов окисления различных углеводородов.

Впервые проведена оптимизация процесса получения НК с помощью компьютерной математической модели. Данные, полученные на модели, практически совпадают с экспериментальными параметрами процесса. Таким образом, было показано, что разработанная модель адекватна и может быть успешно применена для решения аналогичных задач в нефтехимической технологии.

**Aghamaliyev Zaur Zabil oglu**

**Modeling and optimization of the oxidation process of naphthenic-paraffinic hydrocarbons in the presence of Cr, Co, Ni and Mn catalytic systems**

**ABSTRACT**

The thesis work is devoted to development and application of methods of computer modeling and optimization for the process of petroleum acids (PA) synthesis. The dissertation structurally consists of two parts – experimental investigations of the process of direct catalytic oxidation of deparaffinized and dearomatized concentrate of the diesel cut 216-360°C of Azerbaijan oil blend and modeling and optimization of PA production by means of the advanced computer programs of the Matlab and Matchad family.

On the first stage of investigations by means of a variation of different combinations and concentrations of catalysts – naphthenates (Napht.) of Cr, Co, Ni and Mn, temperature range, reaction time and air stream rate there was determined pivotal optimal parameters of the process of the naphthenate concentrate oxidation to synthetic petroleum acids (SPA) which were Napht.Cr : Napht.Co = 3:1 ( $\Sigma=0.2\%$ ), 130-135°C, 5 hours, 300 l/h, SPA yield =23.3%. On the second stage these experimental results obtained were processed with the aid of statistical analysis methods over solving linear programming tasks. According to this approach and calculations the most following optimal profile of the process has been established as: at total yield of SPA 23.65% the reaction time must be 5 hours, acid number - 65 mgKOH/g and oxy SPA yield – 12,8%.

Based on the data of naphthenic-paraffinic concentrate oxidation the kinetic equations and general module have been deduced to be used for the aerobic oxidation processes of different hydrocarbons.

For the first time the optimization of the process of SPA production has been carried out using computer mathematical model. Modeling data obtained almost coincide with experimental parameters of the process. Thus, it has been shown that the elaborated model is right and may be purposely applied to the similar problems solution in the petrochemical technology.

**ЗАУР ЗАБИЛ ОГЛЫ АГАМАЛИЕВ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА  
ОКИСЛЕНИЯ НАФТЕНОВО- ПАРАФИНОВЫХ  
УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРИСУТСТВИИ  
КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ Cr, Co, Ni И Mn**

Специальность: 3303.01 – Химическая технология и инженерия

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора философии по технике

Баку-2015