

UOT 66. 095. 51: 66. 048. 55

GÜLAY RÜSTƏMLİ

NAFTEN-PARAFİN KARBOHİDROGENLƏRİNİN MAYE FAZADA
KATALİTİK OKSİDLƏŞMƏ PROSESİNİN TƏDQİQI

Tədqiqatın əsas istiqamətləri naften-parafinik karbohidrogenlərin oksigenlə maye faza oksidləşməsi prosesində hədəf məhsulların məhsuluna homogen və heterogen katalizatorların təsirinin öyrənilməsidir. Eyni zamanda, bu sahədə ən yeni və bir qədər ənənəvi metodlar təqdim olunur. Bu prosesdə $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ və onların müxtəlif nisbətlərdə qarışıqlarına əsaslanan katalizatorların istifadəsinə xüsusi diqqət yetirilir.

Açar sözlər: heterogen kataliz, mayefazlı oksidləşmə, sintetik neft turşuları.

Havanın oksigeni ilə maye fazada oksidləşmə reaksiyalarında istifadə olunan yeni metodların işlənilib hazırlanması incə üzvi sintez və neft-kimya sənayesi texnologiyası üçün xüsusi əhəmiyyətə malikdir [1]. Bunun əsas səbəbi proses nəticəsində alınan məhsulların müasir neft-kimya sənayesinin bir çox texnoloji proseslərinin əsasını təşkil etməsidir. Həmin məhsullara sənaye əhəmiyyətli oksigenli üzvi birləşmələrdən olan turşular, efirlər, aldehidlər, spirtlər və s. aiddir [2].

Təbii neft turşularının tətbiq sahəsinin çoxşaxəliliyi və istifadə məhdudluğu sintetik yolla sintez olunan sintetik neft turşuları (SNT) adlandırılan maddələrin sintezini zəruri edən başlıca amillərdir. Beləliklə, bu sahədə daim yeni tədqiqat istiqamətləri, yeni katalitik sistemlər araşdırılaraq öz aktuallığını hal-hazırda da qorumaqdadır.

Bu baxımdan, təqdim olunmuş icmalda neft karbohidrogenlərinin oksidləşmə prosesi, proses zamanı istifadə olunan müxtəlif yeni katalitik sistemlər tədqiq edilmişdir.

Neftin naften-parafin karbohidrogenlərinin oksidləşmə prosesində oksigenin istifadəsi onun zəif oksidləşdirici olması səbəbindən reaksiyanın aşağı temperatur və atmosfer təzyiqində aparılması üçün müxtəlifliqəndli dəyişkən valentli metal kompleksli katalitik sistemlər tələb edir [3]. Təqdim edilmiş məqalədə bu sahədə görülmə işlər nəzərdən keçirilmişdir.

[4] işdə neftin naften-parafin karbohidrogenlərinin sintetik neft turşular qarışığına oksidləşmə prosesinə katalizator kimi Cr- və Mn-asetilasetonatlar və onların müxtəlif nisbətlərdə qarışığı istifadə olunmuş, proses barbotaj tipli reaktorda, 5-6 saat müddətində, 135-140°C temperaturda, havanın verilmə sürəti 300 l/kq·saat olmaqla aparılmışdır. Reaksiyadan əldə olunan nəticələr cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 1

Cr, Mn asetilasetonat və onların qarışığı iştirakında naften-parafin
konsentratının oksidləşmə prosesinin nəticələri

№	Katalizatorun adı	Oksidatın t.ə. mqKOH/q	SNT		ONT		SNT+ONT
			Çıxım, %	T.ə. mq KOH/q	Çıxım, %	T.ə., mqKOH/q	Çıxım, %
1	Cr(asas) ₃	42	12,5	138,2	6,8	125,2	19,3
2	Mn (asas) ₂	52	14	146	10	125,2	24
3	Cr(asas) ₃ :Mn (asas) ₂ = 1:1	60,2	10,8	147,6	16	118,6	26,8
4	Cr(asas) ₃ :Mn (asas) ₂ = 2:1	61,1	11,1	151,2	15,8	116,4	26,9
5	Cr(asas) ₃ :Mn (asas) ₂ = 3:1	63,8	15	176	20	145,4	35

Qeyd: Cr(asas)₃ – Cr-asetilasetonat, Mn (asas)₂ – Mn-asetilasetonat, SNT – sintetik neft turşuları, ONT – sintetik oksi-neft turşuları.

Cədvəl 1-dən bu nəticəyə gəlmək olar ki, adları sadalanan katalizatorlar eyni kütlə miqdarında istər ayrı-ayrılıqda, istər qarışıq şəkildə verilsə də, SNT+ONT-nin çıxımında ən yüksək nəticə məhz katalizatorların – $\text{Cr}(\text{asas})_3:\text{Mn}(\text{asas})_2=3:1$ kütlə nisbətində qarışığı istifadə olunduğu zaman müşahidə olunur (bu qiymət 35% təşkil etmişdir).

Oksidləşmə sahəsində görülən digər [5] işində Senoman neftinin naften karbohidrogenlərinin maye fazada aerob oksidləşmə prosesi öyrənilmişdir. Proses zamanı 200-300°C-lik fraksiyadan ayrılmış naften karbohidrogenləri 120-140°C temperaturda Mn- və K-stearatların iştirakı ilə oksidləşdirilmişdir (qatılıq $1,2 \cdot 10^{-2}$ mol/l). Reaksiya nəticəsində turşu ədədi 190 mqKOH/q olan SNT və ONT qarışığının çıxımı 25% təşkil etmişdir.

[6] tədqiqatında isə “Velebit” (keçmiş Yuqoslaviya, Voevodina rayonu) neftinin orta fraksiyası $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{-H}_2\text{SO}_4$ katalitik sistemlərin iştirakı ilə 65°C temperaturda, Cr-un miqdarı 4% və mühit $\text{pH} = 3$ ($\text{H}_2\text{O}+\text{H}_2\text{SO}_4$) olmaqla oksidləşmə prosesi tədqiq olunmuşdur. Tədqiqatçılar tərəfindən oksidləşdirici kimi 2% ozonla doyurulmuş oksigendən istifadə olunan proses 20% çıxımla turşu-efir qarışığının alınması ilə nəticələnmişdir.

Eyni zamanda oksidləşmə prosesində istifadə üçün katalizator olaraq sintez olunmuş keçid metalların asetilasetonatlarının 2,4 dinitrofenil hidrazin komplekslərindən də tədqiqatlarda istifadə olunmuş və əldə edilmiş nəticələr [7] işində öz əksini tapmışdır.

Cədvəl 2

Naften-parafin karbohidrogenlərinin Me-asetilasetonatların 2,4-dinitrofenilhidrazinlə komplekslərinin iştirakı ilə oksidləşmə prosesinin nəticələri (katalizatorun xammala görə miqdarı 0,2% kütlə)

Katalizatorun adı	Oksidatın T.ə., mqKOH/q	SNT		ONT		SNT+ONT
		Çıxım, %	T.ə., mqKOH/q	Çıxım, %	T.ə., mqKOH/q	
Mn(asas) ₂ -ün 2,4 dinitrofenil hidrazinlə kompleksi	77	18	153	16	143	34
Cr(asas) ₃ -nün 2,4 dinitrofenil hidrazinlə kompleksi	51,8	13,2	139,4	10	135,37	23,2
Co(asas) ₂ -nün 2,4 dinitrofenil hidrazinlə kompleksi	52,5	15	146,47	11	105	26

Beləliklə, aparılan tədqiqatlara əsasən belə nəticəyə gəlmək olar ki, nitroradikal liqandlı kompleksin sistemə əlavəsi katalitik aktivliyi yüksəldir, reaksiyada sürət, selektivlik və aktivləşmə kimi amillərə müsbət mənada təsir edərək alınan məhsulun çıxımını artırır.

[8] tədqiqat işində ilk dəfə olaraq Tayvanda sintez edilmiş beşnövəli $[\text{Co}_5(\text{tpda})_4\text{Cl}_2]$ və $[\text{Ni}_5(\text{tpda})_4\text{Cl}_2]$ komplekslərinin katalitik iştirakı ilə Bakı neftlərinin qarışığından ayrılmış dizel distillatının aromatsizləşdirilməsi və parafinsizləşdirilməsindən alınan naften karbohidrogenləri qarışığı oksidləşdirilmişdir. Oksidləşmə prosesi 130-135°C-də, hava sərfiyyəti 0,03 m³/kq·saat, katalizatorun miqdarı 0,08% küt. olmaqla 5 saat müddətində aparılmış və Co-kompleksin iştirakı ilə 27,4% çıxımla, Ni-kompleksin iştirakı ilə isə 16% çıxımla SNT alınmışdır.

Cədvəl 3

Naften-izoparafin konsentratının Co və Ni komplekslərin Cr naftenatla qarışığı iştirakında oksidləşmə prosesinin nəticələri

№	Katalizator adı	Katalizatorun miqdarı, % kütlə	Oksidatın turşu ədədi, mq KOH/q	SNT		ONT	
				Çıxım, %	T.ə., mq KOH/q	Çıxım %	T.ə., mq KOH/q
1	Cr naft.+ Co komp.	0,08%(0,06%+0,02%)	50,8	21,3	148,2	5,4	136
2	Cr naft.+ Ni komp.	0,08%(0,06%+0,02%)	52	19,9	135,4	3	132,4
3	Cr naft.+ Co komp.	0,07%(0,05%+0,02%)	47,3	19,8	138,8	5,8	132
4	Cr naft.+ Ni komp.	0,07%(0,05%+0,02%)	51,6	19,6	130,2	4,5	128

Növbəti tədqiqatlarda isə ilk dəfə olaraq naften-izoparafin konsentratının oksidləşməsi zamanı katalizator kimi Cr naf.+Co komp. və Cr naf.+ Ni-komp. katalitik sistemləri götürülmüşdür ki, bu da katalizator istifadəsini bir neçə dəfə aşağı salmaqla müsbət nəticələr əldə etməyə imkan vermişdir. Cədvəl 3-dən də göründüyü kimi 1 və 2-ci təcrübələrdə katalizatorlar qarışığı xammala nəzərən 0,08% küt. götürülməklə, 21,3 və 19,9% çıxımla SNT alınması kimi qənaətbəxş nəticələr əldə olunmuşdur. Nanoölçülü komplekslərin və Cr-naftenatın birgə iştirakı ilə sintetik neft turşularının sintezi reaksiyaları tədqiq edilmişdir [9].

Beləliklə, katalizatorlar qarışığının oksidləşmə prosesində sinergetik effekt göstərməsi səbəbindən məqsədli məhsulların çıxımı nəzərəcarpacaq dərəcədə yüksəlmişdir.

Bundan başqa [10] işində neft karbohidrogenlərinin aerob oksidləşməsi prosesində katalizator kimi montmorillonit (MMT), [11] işində isə metal saxlayan ditiofosfatlaşdırılmış (DTF) MMT kimi müxtəlif katalitik sistemlər tədqiq olunmuşdur. Sintez olunan DTF-MMT əsasında alınmış Mn kompleksi 140°C temperaturda, 100 l/s hava axını sürətində, 5,5 saat müddətində Azərbaycan neftləri qarışığının 220-350°C-lik fraksiyasının oksidləşmə prosesində katalizator kimi istifadə olunmuşdur. Prosesin sonunda əldə edilən, turşu ədədi 30 mqKOH/q olan oksidatdan 24% çıxımla SNT alınmışdır. Reaksiyaya məxsus digər bir xüsusiyyət ONT-nin demək olar ki, alınmaması olmuşdur.

[12] işində isə ilk dəfə olaraq reduksiya olunmuş qrafen oksidin dənəvər və tozşəkilli formaları heterogen katalizator kimi naften-parafin karbohidrogenlərinin oksidləşmə prosesində müxtəlif reaksiya müddətlərində və kütləcə müxtəlif miqdarlarda götürülərək sınaqdan keçirilmişdir. Nəticələr ümumiləşdirilərək cədvəl 4-də qeyd olunmuşdur.

Cədvəl 4-də verilmiş SNT ilə ONT-nin çıxım və turşu ədədləri qiymətlərindən, başlanğıc və reaksiya sonunda alınmış məhsulların aparılmış müəyyən fiziki-kimyəvi analiz metodlarının nəticələrindən məlum olduğu kimi, eyni reaksiya şəraitində hər iki katalizator üçün optimal reaksiya müddəti 5 saat olmuşdur.

Belə ki, məhz bu müddət ərzində oksidləşmə prosesinin selektivliyi artmışdır. Eyni zamanda nanoölçülü reduksiya olunmuş qrafen oksid katalizatorunun hər iki forması üçün ən əlverişli kütlə miqdarı 0,1% olmuşdur ki, bu miqdarda RQO-1 katalizatorunun iştirakında məqsədli məhsulların çıxımı 35% olduğu halda, RQO-2-də bu miqdar 36,2% olmuşdur. Bunun səbəbi isə eyni şərait və müddət ərzində aparılan reaksiyalarda RQO-2 katalizatorunun quruluşundan asılı olaraq, səth sahəsinin daha böyük olmasıdır.

Cədvəl 4

Reduksiya olunmuş dənəvər (RQO-1) və tozşəkilli (RQO-2) qrafen oksidin iştirakı ilə naften-parafin karbohidrogenlərinin oksidləşmə prosesinin nəticələri
($t=135-140^{\circ}\text{C}$, hava-300 l/kq·saat)

Reaksiya müd., saat	Katalizator miqdarı, % kütlə	Oksidat	SNT		ONT		SNT+ONT
		T.ə., mq KOH/q	T.ə., mq KOH/q	Çıxım, %	T.ə., mq KOH/q	Çıxım, %	Çıxım, %
RQO-1							
5	0,05	58,2	139,5	13	119,5	9	22
5	0,07	59	140,8	13,8	120	14,2	28
5	0,1	66,7	155	14,0	115,2	21,0	35,0
5	0,15	66	140,5	15	112	17,2	32,2
5	0,2	63	141,8	13,2	115	14,1	27,3
RQO-2							
2	0,1	18	110,7	6	105,5	3	9
3	0,1	31,56	121,2	7,5	110,8	7	14,5
4	0,1	51,5	146,9	16,2	112,3	17	33,2
5	0,1	66,7	155	15	115,2	21,2	36,2
6	0,1	68,5	154,5	12,3	116,8	24,8	35,1
7	0,1	68,2	152,8	6,3	116,2	28,7	35

[13] işində neftin naften-parafin karbohidrogenlərinin aerob oksidləşməsi zamanı katalitik sistem kimi ilk dəfə olaraq, nano- $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -in Mn, Cr, Co kimi metallarla modifikasiyaları istifadə olunmuşdur. Belə ki, aparılan təcrübələrin hər birində oksidləşmə prosesi xammal olaraq Azərbaycan neftləri qarışığının $190-330^{\circ}\text{C}$ temperaturda qaynayan fraksiyası götürülərək aromatisizləşdirildikdən sonra, 5 saat müddətində, $135-140^{\circ}\text{C}$ temperatur olmaqla aparılmışdır. Reaksiyalar katalizatorların hər birindən xammala nəzərən 0,2% kütlə miqdarında götürülməklə həyata keçirilmişdir. Oksidləşmə prosesi zamanı alınan SNT və ONT-nin çıxımı katalizatorların sintezi zamanı nano $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -in alınmasında stabilləşdirici olaraq monoetanolamin (MEA) deyil, dietanolamin (DEA) istifadə olunduqda və modifikasiya üçün Mn-la Cr metallarının duzları götürülən katalizatorların 3:1 nisbətində mexaniki qarışıq şəklində istifadəsində nəticələr daha yüksək olur. Reaksiya nəticəsində ayrılan sintetik və oksid neft turşularının çıxımlarına nəzər saldıqda nəticələrdə yaranan bu cür müsbət fərqin səbəbi isə stabilləşdirici kimi dietanolamin istifadə olunduqda nano $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -də yaranan məsamələrin həcm böyüklüyü və digər tərəfdən modifikasiyada istifadə olunan Mn və Cr metallarının oksidləşmə prosesi müddətində yaratdığı sinergetik effektdir. Tədqiqatlar davam etdirilərək nano $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -in alınmasında stabilləşdirici olaraq MEA və DEA istifadə edilərək, metalın kütləcə miqdarı 10%-dən 20%-ə qədər artırılmaqla alınmış modifikat aromatisizləşdirilmiş dizel fraksiyasının havanın oksigeni ilə oksidləşdirilməsi prosesində heterogen katalizator kimi istifadə olunmuşdur. Öldə olunan nəticələrdən görüldüyü kimi, metal duzlarının kütləcə 10%-dən 20%-ə artırılması neft turşularının çıxımına da müsbət təsir edir. Belə ki, cədvəldə qeyd olunan SNT + ONT-nin çıxımı üçün orta qiymət 36,28% təşkil etmişdir. Modifikasiya zamanı götürülən metal duzlarının kütləcə miqdarının daha çox istifadəsi metal ionlarının miqdarının

artmasına səbəb olmuşdur ki, bu da metal ionlarının daha çox məsələlərə yerləşməsi və aktiv mərkəzlərin sayının artması ilə nəticələnmişdir [14].

Cədvəl 5

Naften-parafin karbohidrogenlərinin 20% kütlə miqdarında Mn-, Cr-, Co-duzları ilə modifikasiya olunmuş γ -Al₂O₃-in katalitik iştirakı ilə maye fazada aerob oksidləşmə prosesinin nəticələri

Katalizator, 0,2% kütlə	Oksidat		Alınan məhsullar					
	T. ə., mqKOH/q	Çıxım, %	SNT		ONT		SNT+ONT, %	Sabunlaşmayan hissə, %
			T. ə., mqKOH/q	Çıxım, %	T. ə., mqKOH/q	Çıxım, %		
C-1	50	98,1	132	18,54	112,9 3	15,5	34,04	65,96
C-2	53,1	98,2	135,97	17,2	121,4 2	15	32,2	67,8
C-3	56,73	96	118	18,5	109,5 7	15,2	33,7	66,3
D-1	62	98	125,8	25,2	100,8	15,4	40,6	59,4
D-2	48	98,4	132,76	22,55	120,5 7	16,57	39,12	60,88
D-3	53,6	97	128,2	23	118	15	38	62

Qeyd: C – stabiləşdiricisi kimi MEA-dan, D isə stabiləşdiricisi kimi DEA-dan istifadə edilməklə alınmış nano γ -Al₂O₃; C-1, C-2, C-3, uyğun olaraq, C-nin, D-1, D-2, D-3 isə D-nin, uyğun olaraq, Mn-, Cr- və Co-duzları ilə modifikasiyalardır.

Beləliklə, müxtəlif homogen və heterogen katalizatorların iştirakı ilə maye fazada neft fraksiyalarından ayrılmış naften-parafin karbohidrogenlərinin oksidləşməsi, oksidləşmə məhsullarının tərkibinin, strukturunun və miqdarının, bundan başqa, həmin reaksiyaların mexanizmi ilə yanaşı reaksiyada istifadə olunan katalizatorların xarakteristikasının müəyyən edilməsi istiqamətində bir çox tədqiqatlar aparılmışdır. Lakin oksidləşmə məhsullarının geniş tətbiq sahəsinə malik olması xüsusiyyəti bu sahədə yeni, keyfiyyətə yüksək katalitik sistemlərin işlənilib hazırlanması məsələsini daim aktual edir.

ƏDƏBİYYAT

1. Yamaguchi K., Mizuno N. Heterogeneously catalyzed liquid-phase oxidation of alkanes and alcohols with molecular oxygen // New Journal of Chemistry, 2002, № 26 (8), pp. 972-974.
2. Литвинцев И.Ю. Процессы окисления в промышленной органической химии // Соросовский образовательный журнал, 2004, т. 8, № 1, с. 24-31.
3. Liang X., Hu B., Yuan Y. et al. Optimization of aerobic oxidation of cyclohexane catalyzed by metalloporphyrins // J. Chem. Ind. and End. (China), 2007, v. 58, № 3, pp. 794-798.

4. Abbasov V.M., Əliyeva L.İ., Əfəndiyeva L.M., Əhmədbəyova S.F., və b. Neftin naften-parafin karbohidrogenlərinin sintetik neft turşuları qarışığına oksidləşmə prosesinə Cr- və Mn-asetil-asetonatların katalitik təsiri // *Kimya problemləri jurnalı*, 2019, № 1 (17), s. 105-111.
5. Mal'kovskii P.A., Zainullov M.R., Minkhairov M.F. et al. Oxidation of naphthenic hydrocarbons of senomanion condensate // *Petroleum Chemistry*, 2003, № 43 (1), pp. 46-49.
6. Cirinnova V.S., Miljkovic D.A., Repic S. Synthesis of Petroleum Acids by the Catalytic Oxidation of Medium Distillates of Naphthenic Crude Oil // *Petroleum Chemistry*, 1992, № 32 (6), pp. 448-453.
7. Aliyeva L.I., Efendiyeva L.M., Babanly N.N., Guliyev A.D., Abbasov V.M.. Reactivity of β -diketonates of metals with variable valencies and their nitroderivatives in liquid-phase oxidation reaction of naphthenic hydrocarbons // *PPOR*, vol. 20, №. 4, 2019, pp. 389-400.
8. Аббасов В.М., Шай-Минг П., Эфендиева Л.М. и др. Получение нафтенных кислот при каталитическом участии пятиядерного комплекса // *Процессы нефтехимии и нефтепереработки*, 2009, № 3-4 (39-40), с. 252-254.
9. Аббасов В.М., Зейналов Э.Б., Алиева Л.И. и др. Синтез нафтенных кислот путем окисления нафтенных концентратов в присутствии тетра (трипиридилдиамин) пента-Ni (Co)-дихлоридов // *Экологический вестник России*, 2011, № 9, с. 24-27.
10. Onaka M., Seki T., Masui Y. Recent studies on solid acid catalysis and solid base catalysis for fine chemicals synthesis // *Journal of synthetic organic chemistry (Japan)*, 2005, № 63 (5), pp. 492-502.
11. Nuriyev L.H., Əliyeva A.Z., Rəfiyeva S.R. və b. Mn-saxlayan montmorillonitin katalitik iştirakı ilə sintetik neft turşularının alınması // *Azərbaycan neft təsərrüfatı*, 2016, № 5, s. 34-37.
12. Aliyeva L.I., Abbasov V.M., Afandiyeva L.M. et al. Optimization of aerobic oxidation of naphthene-paraffinic hydrocarbons separated from diesel fraction // *PPOR*, 2018, v. 19, № 3, pp. 245-254.
13. Abbasov V.M., Aliyeva L.I., Afandiyeva L.M., Ibrahimov H.J. et al. Aerobic oxidation of naphthene-paraffinic hydrocarbons of petroleum in the presence of γ -Al₂O₃ modified by transition metals // *PPOR*, 2020, v. 21, № 1, pp. 80-89.
14. Rüstəmli G.Y. Keçid metalları ilə modifikasiya olunmuş nano γ -Al₂O₃ katalitik sistemlərinin iştirakı ilə neftin naften-parafin karbohidrogenlərinin aerob oksidləşmə prosesinin tədqiqi // *Azerbaijan journal of chemical news*, 2020, v. 1, № 1, pp. 77-84.

*AMEA Y.H. Məmmədəliyev adına
Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu
E-mail: gulayrustemli.94@mail.ru*

Gulay Rustamly

STUDY OF THE CATALYTIC PROCESS OF OXIDATION OF THE NAPHTHENE-PARAFFINIC HYDROCARBONS IN LIQUID PHASE

The main research areas are the study of the impact of homogeneous and heterogeneous catalysts on the yield of target products in the process of liquid-phase oxidation of the naphthene-paraffinic hydrocarbons with oxygen, and are present at the same time the latest and

several traditional methods in this area. Special attention is paid to the use of γ - Al_2O_3 -based catalysts and their mixtures in different proportions in the process.

Keywords: *heterogeneous catalysis, liquid phase oxidation, synthetic petroleum acids.*

Гюлай Рустамлы

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ НАФТЕНО-ПАРАФИНОВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ЖИДКОЙ ФАЗЕ

Основными направлениями исследований являются изучение влияния гомогенных и гетерогенных катализаторов на выход целевых продуктов в процессе жидкофазного окисления нафтенно-парафиновых углеводородов кислородом, и одновременно представлены новейшие и несколько традиционные методы в этой области. В процессе особое внимание уделяется использованию катализаторов на основе γ - Al_2O_3 и их смесей в различных пропорциях.

Ключевые слова: *гетерогенный катализ, жидкофазное окисление, синтетические нефтяные кислоты.*

(Texniki elmlər doktoru, professor Hikmət İbrahimov tərəfindən təqdim edilmişdir)

Daxilolma tarixi: İlkin variant 15.04.2021

Son variant 18.05.2021