УДК: 665.123.2; 621.892.26/.274

ПАРАФИН УГЛЕВОДОРОДЛАРИНИ КАРБОН КИСЛОТАЛАРГАЧА ОКСИДЛАШ ЖАРАЁНИДА КАТАЛИЗАТОРЛАРНИНГ АҲАМИЯТИ

Хўжақулов Камолиддин Рамазонович
Жумабоева Элнура Набижон қизи
Бухоро муҳандислик-технология институти
+99890-712-20-07, Email: zehniddin2012@mail.ru

Аннотация: Ушбу мақолада турли хил таркибли нормал парафин углеводородларини оксидлаш жараёнида катализаторларнинг роли ва аҳамияти ўрганилган. Тадқиқотни олиб боришда жараённинг реакция механизмлари очиб берилган, оксидлаш жараёнини катализаторсиз ва катализатор иштирокида амалга оширишда ҳосил бўладиган мақсадли маҳсулотларнинг кислота, эфир ва карбонил сонлари ўзгаришлари кинетикалари ўрганилган.

Калит сўзлар: нефт, парафин углеводородлари, оксидлаш, индукцион давр, радикал, реакция, катализатор, карбон кислота.

Аннотация: В данной статье изучена роль и значение катализаторов в процессе окисления нормальных парафиновых углеводородов различного состава. В ходе исследований были выявлены реакционные механизмы процесса, изучена кинетика изменения кислотного, эфирного и карбонильного числа целевых продуктов, образующихся в процессе окисления без катализатора и в присутствии катализатора.

Ключевые слова: нефть, парафиновые углеводороды, окисление, индукционный период, радикал, реакция, катализатор, карбоновых кислот.

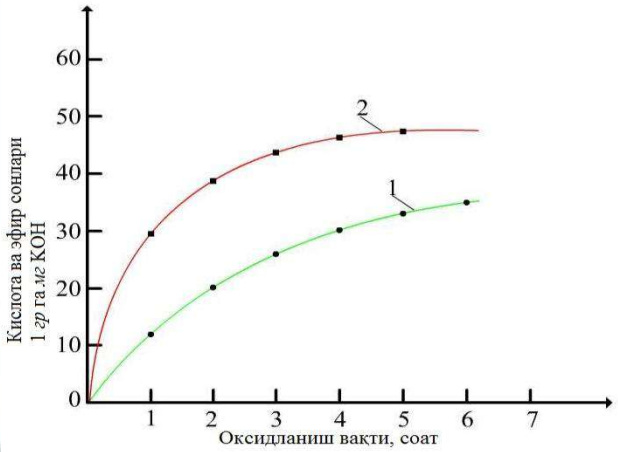
Abstract: In this state, the role and significance of catalysts and oxidation processes of normal paraffin hydrocarbons of various compositions are determined. During the study, reaction mechanistic processes were identified, the kinetics of changes in the acid, ester and carbonyl number of target products formed in oxidation processes without a catalyst and in the presence of a catalyst were studied.

Key words: oil, paraffinic hydrocarbons, oxidation, induction period, radical, reaction, catalyst, carboxylic acids.

Парафинни сезиларли даражада оксидланишини 165-170 °С да олиб бориш мумкин, аммо ҳосил бўлган маҳсулот қуюқ сариқ рангга эга ва унда эфирга ўхшаш маҳсулотларнинг тўпланиши кислоталарнинг тўпланишидан устун туради (1-расм); шунинг учун бундай оксидланиш маъқул эмас, чунки карбон кислоталарининг ҳосил бўлиши кескин пасаяди ва уларнинг сифати ёмонлашади. Ҳароратнинг 120-130 °С гача пасайиши оксидланиш маҳсулотларининг нисбатини ўзгартирмайди, балки индукцион даврини

ISSN 3030-3907

кўпайтириш орқали ҳам, бошланган жараёнда кислота тўпланиш тезлигини пасайтириш орқали ҳам реакция тезлигини пасайтиради.



1-расм. 165-170 °С ҳароратда оксидланадиган парафиннинг кислота ва эфир сони ўзгариши. 1-кислота сони; 2-эфир сони.

Ўзгарувчан валентли металл бирикмаларининг қўшилиши оксидланиш тезлигига таъсир қилади. Кўп йиллик изланишлари ва амалий тажрибалари марганец бирикмаларидан парафинни карбон кислоталарига оксидланишини тезлаштирувчи восита сифатида ишлатиш энг мақбул деган хулосага келади. Улардан калий перманганат биринчилардан бўлиб ишлатилган. Парафиннинг кислоталаргача оксидланишида калий перманганатнинг ролини аниқлаш унинг нафақат оксидланиш даражаси ва ҳосил бўлган маҳсулотларнинг таркибига таъсир қилишини, балки ўзи ҳам бир қатор ўзгаришларга дуч келишини кўрсатади [1]. Шунинг учун “катализатор” атамаси синтетик карбон кислоталар ишлаб чиқариш саноатида шартли равишда қўлланилади. Калий перманганатнинг таъсирини у билан оксидланган парафин ёки ажралиб чиққан атомар кислород ва парафин ўртасидаги кимёвий реакция билан изоҳлаш мумкин эмас, чунки ишлатилган калий перманганат миқдори билан оксидланиш даражаси ўртасида тўғридан-тўғри боғлиқлик йўқ. Унинг қулай, жуда кичик ва қатъий белгиланган миқдори мавжуд бўлиб, у максимал оксидланиш даражасини таъминлайди.

Катализатор калий перманганатнинг ўзи эмас, балки ундан ҳосил бўлган маҳсулотлардир. Соф парафинининг оксидланиш қобилиятини, шунингдек, 130 °С да калий перманганат билан ишланган ва марганец оксидларидан тўлиқ тозаланган бир хил парафинни батафсил ўрганиш ва 0,3% калий перманганат иштирокида парафиннинг оксидланиш қобилияти билан олинган натижаларни таққослаш [2] марганец оксиди ажратилмаган парафин энг тез оксидланади. Уларнинг миқдори камайганлиги сабабли, парафин оксидланиш даражаси пасаяди ва соф парафин деярли ўзгармайди. Парафинни калий перманганатнинг сувли эритмаси билан 130 °С да ва кислород иштирокисиз аралаштирганда, пероксидлар ҳосил бўлмайди. Улар фақат атмосфера

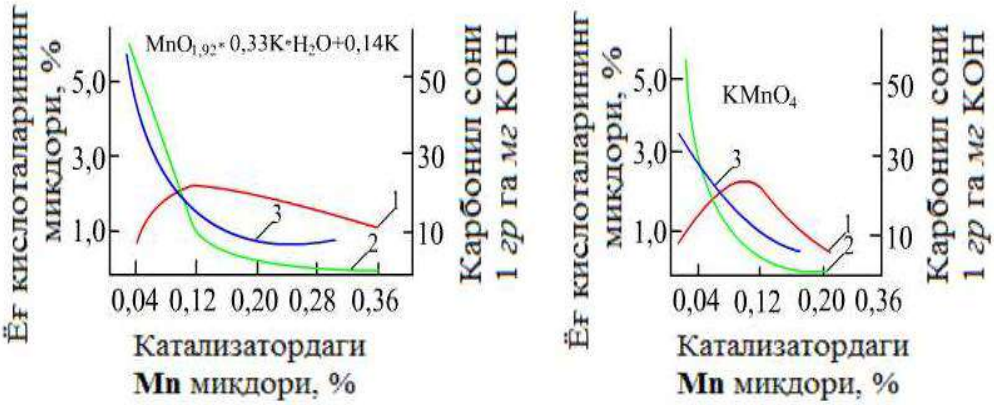
ISSN 3030-3907

кислороди ва фаол марганец оксидларининг бир вақтда таъсирида ҳосил бўлади. Парафинни калий перманганат билан аралаштиргандан сўнг ажратилган марганец оксидларини ўрганиш шуни кўрсатдики, улар марганец диоксиди MnO_2 эмас, балки қисман унинг миқдори камаяди; улар $MnO_{1,86}$ эмпирик формуласига мос келади ва улар таркибида эркин ва боғланган ишқор мавжуд. С витамини ишлаб чиқариш жараёнида диацетонсорбозани калий перманганат билан ишқорий муҳитда оксидлаш жараёнида чиқиндилар сифатида ҳосил бўлган марганец диоксиди эмпирик формулага мос келадиган таркибига эга $MnO_{1,92}$ 0,33К .H_2O + 0,14К. У таркибидаги парафинни карбон кислоталаригача оксидланиш катализатори сифатида муваффақиятли ишлатилади. Оксидланиш жараёнида калий перманганатдан фойдаланганда ўртача оксидланиш вақти (0,07% Mn) 20 соатни ташкил этди ва витамин саноатининг бундай чиқиндиларидан фойдаланганда (0,1% Mn) 18 соатгача камайди 1 т учун парафин истеъмоли кислоталар C_{10}-C_{20} биринчи ҳолатда 1883 кг ни, иккинчисида 1888 кг ни ташкил этди. Никотин кислота ишлаб чиқаришда чиқинди сифатида ҳосил бўлган марганец диоксиди таркибида витамин саноати чиқиндиларига яқин, аммо этарли миқдордаги ишқорни ўз ичига олмайди. Парафинни карбон кислоталаригача оксидлаш учун катализатор сифатида ишлатилади. Фаол катализаторни марганец оксиди гидратидан ёки бойитилган пиролюзитдан олиш мумкин [3]. Амалдаги катализаторнинг абсолют миқдори ҳам, таркибидаги марганец ва калийнинг нисбати ҳам оксидланиш жараёнининг тезлигига ва ҳосил бўлган кислоталарнинг сифатига сезиларли таъсир кўрсатади.

Марганец ва калийнинг нисбати доимий бўлган (1:1) калий перманганатдан фойдаланганда, ишлатиладиган катализатор миқдорининг ошиши билан кислота тўпланиш тезлиги биринчи бўлиб ошади [4], марганец бўйича 0,070-0,105% консентрациясида максималдан ўтади ёки калий перманганат учун 0,2-0,3% ни ташкил қилади ва кейин у кескин тушади (5-расм, эгри чизиқ 1). Оксидланган маҳсулотнинг карбонил сони (эгри чизиқ 2) ва ундан ажратилган карбон кислоталари (эгри чизиқ 3) миқдори доимий равишда камайиб боради, бу катализатор миқдорини кўпайтиришнинг олинган кислоталар сифатига фойдали таъсирини кўрсатади. Аммо калий перманганат миқдори 0,3% дан ошганда (0,105%, марганецни ҳисобга олсак), оксидланган аралашмада 35% карбон кислоталари тўплангунча оксидланиш вақти жуда кўпаяди, калий перманганатнинг катта миқдори амалда ишлатилмайди. Марганецнинг калийга нисбати доимий, аммо калий перманганат (1: 1) га қараганда икки баравар паст (1: 0,5) бўлган катализатор (С витамини ишлаб чиқариш чиқиндилари) сифатида фаол марганец диоксидидан фойдаланганда, худди шу расм олинган. Ушбу катализатордан

ISSN 3030-3907

фойдаланганда оксидланиш жараёнининг тормозланиш таъсири унчалик кучли эмас (2-расм). Шунинг учун, бу ҳолда кислоталарнинг сифатини яхшилаш учун калий перманганат (0,07-0,1% марганец) ишлатилгандан кўра бир оз кўпроқ катализатор истеъмол қилишни (0,1-0,2% марганец) тавсия этиш мумкин. Барча ҳолатларда, ишлатиладиган катализатор миқдорининг кўпайиши билан, бириктирилмайдиган моддаларнинг карбонил сони кескин камаяди, гидроксил сони эса деярли ўзгармайди, бу эса қайтиб углеводородлардан спиртли ичимликларни ажратиб олиш жараёни учун жуда муҳимдир.



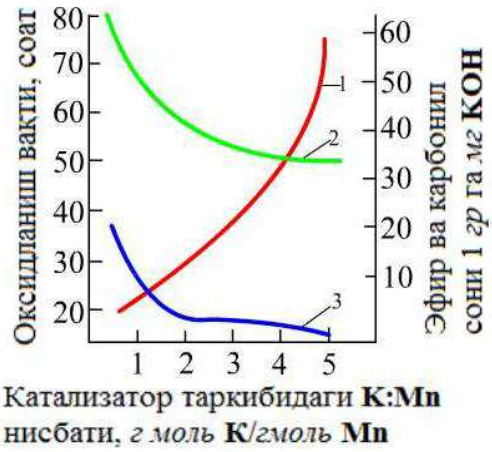
2-расм. Парафин 1 соат оксидлангандан сўнг кислотанинг карбонил сони ва оксидатнинг карбонил сони, карбон кислотаси миқдорини қўлланиладиган катализатор таркиби ва миқдорига боғлиқлиги: 1-карбон кислотаси; 2-оксидат карбонил сони; 3-карбон кислотаси карбонил сони.

Марганец миқдори доимий (0,07%) ва ўзгарувчан **К: Mn** нисбати 0,5 дан 5 гача бўлган катализаторлардан фойдаланганда индукцион даври ва оксидланиш вақти 1 г гача 70 мг **КОН** кислота сонига кўпаяди (3-расм, эгри чизиқ 1). ва оксидланган маҳсулот сифати яхшиланади; бу ҳолда оксидатнинг эфири ва карбонил сони камаяди. **К:Mn** нисбати 1 дан юқори бўлса, оксидланишнинг индукцион даври ошади ва занжир реакциясининг ривожланиши секинлашади. Шунинг учун этарли даражада юқори сифатли оксидланиш маҳсулотини олиш учун 1,5 дан 1 гача бўлган қулай нисбати **К: Mn** ни қатъий риоя қилиш керак [5].

Оксидланиш жараёнидаги катализаторнинг фаоллиги кўп жиҳатдан калий перманганат эритмаси ёки фаоллаштирилган марганец оксидларининг сувли суспензиясини парафиннинг оксидланадиган аралашмаси билан аралаштириш ва қайтарилмайдиган моддаларни аралаштириш шартларига боғлиқ [6]. Шунинг учун, барқарор ва қулай оксидланиш натижаларини олиш учун катализаторни оксидланадиган углеводородлар билан аралаштиришнинг

ISSN 3030-3907

мақбул режимини қатъиян кузатиш зарур - у 120 °С ҳарорат ва 1,5 соат вақтда кузатилди. Бу оптимал режимдан чиқиш индивидуал оксидланиш жараёнлари тезлиги ва олинган оксидланган маҳсулотлар сифатидаги ноқулайликларни келтириб чиқаради.



3-расм. Парафин оксидланиш вақтининг 1 гр га 70 мг КОН кислота сонига, катализатордаги K:Mn нисбатига эфир ва карбонил сонининг боғлиқлиги:

1-парафиннинг оксидланиш вақти; 2-эфир сони; 3-карбонил сони.

Парафинни карбон кислоталарига оксидланишининг ҳақиқий катализатори марганец ва калий бирикмаларидан энг оксидланган массада ҳосил бўлганлиги ва бутун жараён давомида зарур бўлганлиги сабабли, уни бутун оксидланиш жараёнида жорий этиш мақсадга мувофиқ эди.

Марганец стеаратидан фойдаланиб, парафин оксидланишининг индукцион даври қисқароқ, камроқ катализатор қўшилиши аниқланди: 0,005% **Mn** да индуцион даври 1 соат, 0,01% **Mn** - 2,5 соат ва 0,05% да **Mn** - 4,5 с) га тенг. Шунинг учун, дастлаб оз миқдордаги катализаторни киритган маъқул. Бошқа томондан, оксидланиш реакциясининг соатига иссиқлик эффектининг катталиги катализатор миқдори ошиши билан ортади. Буни қуйидаги маълумотлардан кўриш мумкин:

Mn миқдори,% ……	0,01	0,02	0,05	0,10
Реакциянинг иссиқлик эффекти, ккал/г ……	8,0	11,7	16,0	21,0

Шунинг учун, реакция жараёнида катализатор миқдорини кўпайтириш мақсадга мувофиқдир [7]. Аммо бу маълумотлар, кислоталарнинг пайдо бўлишига эмас, балки фақат кислородни олиш жараёнининг интенсивлигига боғлиқдир.

Саноат шароитида оксидланиш оксидланган массага қисмларга киритилган 0,2% калий перманганат иштирокида дастлабки парафин ва қайтариладиган совунланмайдиган моддалар аралашмасидан иборат (оксидланиш бошланишидан 0,05%; 1 г учун 13,6 мг **КОН** кислота сонида 0,075% ва 1 г учун 37,7 мг **КОН** кислота сонида 0,075%), олинган

ISSN 3030-3907

кислоталарнинг сифати одатдаги оксидланишдаги кислоталарнинг сифатидан 125-105 ° С да 0,2% калий перманганат иштирокида фарқ қилмаслигини кўрсатди [8]., бу тенг шароитларда индивидуал оксидланиш жараёнлари давомийлигининг ўзгаришига боғлиқ бўлиб, у 10% га кам бўлиб чиқди. Шунинг учун, калий перманганатни пропорционал миқдорда беришни тавсия қилиш учун ҳеч қандай сабаб йўқ, айниқса бу инструментал қийинчиликлар ва оксидловчи колоннада сувнинг қўшимча буғланиши билан боғлиқ.

Парафиннинг оксидланиш жараёнида катализатор аста-секин гетерогендан бир хил ҳолатга ўтади. Калий совунлари мавжуд бўлганда марганец совунларининг оксидлар юзасидан мураккаб комплекс бирикмалар кўринишидаги эритмага ўтиши тезлашади. Калий совунлари бу комплексни барқарорлаштиради ва эритмадан тушишининг олдини олади. Оксидланган массада бундай бир хил катализаторнинг мавжудлиги кислота ҳосил бўлишининг энг юқори тезлигини ва минимал карбонил ва эфир сонлари билан энг юқори сифатли оксидланиш маҳсулотини ишлаб чиқаришни таъминлайди [9]. Саноат томонидан тўпланган тажриба, калий перманганат катализатори парафин оксидланиш жараёнида карбон кислоталари ҳосил бўлишида икки баравар рол ўйнаганлигини тасдиқлайди. Оксидланишнинг дастлабки босқичида у занжир реакциясини бошлаш орқали жараённи тезлаштиради. Кейинги даврда асосий рол оксидланадиган парафинда эритилган калий перманганат комплексларига тегишли бўлиб, улар гидропероксидларнинг кейинги парчаланиш жараёнини тезлаштиради ва тартибга солади ва карбон кислоталарининг энг тез шаклланишини ва ён маҳсулотларнинг минимал даражада тўпланишини таъминлайди. Ушбу катализаторнинг оксидланишни тартибга солиш қобилияти, уни оксидланиш жараёнини азот диоксиди, хлор, озон, бромли водород, радон, эркин радикаллар, ултратовуш, ютиладиган β- ва γ-нурланиш ва бошқа энергетик таъсирлар каби инициаторларидан ажратиб туради [10], фақат углеводород қўшилишига кислороднинг занжирли реакциясини бошлайди, аммо кейинги конверция жараёнини тартибга солмайди. Ушбу инициаторлардан фойдаланилганда, реакциянинг якуний маҳсулотларини катализсиз оксидланиш реакцияси маҳсулотларидан деярли фарқ қилмайди (1-жадвал).

Парафинни карбон кислоталарига оксидланишининг доимий жараёнини саноат миқёсида амалга ошириш учун ҳар иккала функцияни (кислота ҳосил бўлиш жараёнини бошлаш ва тартибга солиш) бажаришга қодир бўлган эрувчан катализатор энг катта қизиқиш уйғотади, бу оксидланган массанинг қурилмадан қурилмага эркин оқишини олдини олмайди.

ISSN 3030-3907

Оксидланиш жараёнини эрувчан марганец ва калий нафтенатлар иштирокида ўтказиш бўйича таклифлар олдиндан маълум. Аммо нафтенатларнинг киритилиши етарлича сифатли синтетик карбон кислоталари ишлаб чиқарилишини таъминламайди [11].

1-жадвал

Тажриба қурилмасида парафини 125 °С да оксидлаш натижасида ажратилган карбон кислотасининг сифати

Кўрсаткичи	Катализаторсиз	0,36 % NO_2, иницирлаш
Кислота сони, 1 г учун мг КОН	176,2	175,9
Эфир сони 1 г учун мг КОН	45,4	48,6
Карбонил сони 1 г учун мг КОН	44,5	50,7
Петролей эфирида эримаган таркиб, %	14,5	13,6

Бундан ташқари, киритилган нафтен кислоталари оксидланиш маҳсулотларида қолади, уларнинг сифатини ёмонлаштиради. Франке ва Шмидт [12] калий перманганат ёки унинг оксидланишдан олинадиган маҳсулотларидан ва карбон кислоталари ёки оксидатдан фаол эрувчан катализатор тайёрлаш усулини таклиф қилдилар, уни сўнгра оксидланиш колоннасига киритдилар. Бундай махсус тайёрланган катализатордан фойдаланиш оксидланиш ҳароратини 100-103 °С гача камайтириш, оксидланиш сифатини кескин яхшилаш, дистилланган кислоталарнинг унумдорлигини хом кислоталар вазнининг 90 фоизигача ошириш ва дистиллаш қолдиғи миқдорини дастлабки хомашёга нисбатан 8,5-9,0 фоизгача камайтириш имконини беради. Илмий текшириш тажриба заводида фаол эрийдиган катализатор оксидатни 130 °С да 10% сувли калий перманганат эритмаси ёки витаминлар саноатидан чиқадиган марганец эквиваленти миқдорида қуруқ кукун шаклида ишланганда олинган. Кейинги ҳолатда калий ва марганец совунларининг мол нисбатини 1:1 га етказиш учун калий гидроксидини қўшиб қўйиш керак. Қатиқ нефт парафинини оксидлаш жараёнининг нормал ўтишини ва юқори сифатли оксидланишини 0,12 масс.% миқдорида катализаторнинг сарфи таъминлайди. Эрийдиган катализаторни олишнинг ушбу усули саноат миқёсида Навоий электрокимё комбинатида ўзлаштирилмоқда.

Икки валентли марганецнинг ҳар қандай сувда эрийдиган тузидан фаол эрийдиган катализаторни калий перманганат совунларини бириктирилмайдиган моддалар иштирокида тайёрлаш орқали олиш мумкин

ISSN 3030-3907

[13]. Бунинг учун, синтетик C_{17}-C_{20} карбон кислоталарининг оғирлик қисмига тузланмайдиган икки қисми қўшилади, аралаш 80-90 °С да калий гидроксиднинг 20% сувли эритмаси билан нейтирапланади ва унга сувда эрувчан марганец тузининг ҳисобланган миқдори 20% қўшилади. Сув чўктириш йўли билан ажралиб туради. Ёғсизланмайдиган муҳитдаги карбон кислоталарининг калий перманганат совунлари 2,0-4,5% марганецни ўз ичига олган ва оксидланиш катализатори сифатида ишлатишга тайёр бўлган 45-46 °С гача бўлган қаттиқ массадир. Ярим завод шароитида бундай катализаторни синаб кўриш шуни кўрсатдики, оксидланиш давомийлиги ва оксидланган маҳсулот сифати калий перманганатдан фойдалангандан фарқ қилмайди. C_{10}-C_{20} фракцияси кислоталарининг рентабеллиги одатдаги (60,3—61,2%) оралиғида бўлади. Иккала катализатор ишлатилганда ҳам қайта ишланган парафиндан кислоталарнинг бир хил рентабеллиги катализатор билан киритилган кислоталар сезиларли даражада деструктив оксидланишдан ўтмаганлигини ва йўқолмаганлигини кўрсатади. Аммо бундай катализатордан фойдаланганда синтетик карбон кислоталар ишлаб чиқариш заводининг унумдорлиги катализаторни тайёрлаш учун кислоталарни йўқотиш ҳисобига 3,5-4,5% га камаяди. Шунинг учун, оксидланган парафин ёрдамида эрувчан катализаторни тайёрлаш фойдалироқ бўлади, чунки у кислоталарга қараганда арзонроқ ва таркибида кислоталар ҳам, сақланмайдиган моддалар ҳам мавжуд. Бу катализаторни тайёрлаш харажатларини камайтиради ва уни етарлича юқори фаоллик билан олади [14]. Калий перманганат ва марганец диоксиднинг катта танқислигига қарамай, ҳар қандай икки валентли марганец тузларидан эрувчан катализаторни тайёрлаш ҳозирда фойдаланилаётган ва қурилиши режалаштирилган барча синтетик карбон кислоталар ишлаб чиқариш заводлари учун катализатор беради. Юқори сифатли маҳсулот ва оксидланиш жараёнини узлуксиз ўтказиш имкониятини берадиган махсус тайёрланган эрувчан фаол калий-марганец катализаторидан фойдаланишнинг мақсадга мувофиқлиги шубҳасиздир.

Фойдаланилган адабиётлар

1.Khujakulov, K., Mavlanov, B., Fozilov, S., Niyozova, R., & Komilov, M. (2021, September). Synthesis and research of fatty acids based on local secondary petroleum products. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 839, No. 4, p. 042073). IOP Publishing.

2. Khujakulov, K. R., Narzullaeva, A. M., Rayimov, Z. X., Niyozova, R. N., Jamilova, N. Q., & Raxmonov, B. O. (2020). Analysis of Physical and Mechanical Properties of Skin Oil Based on Secondary Petroleum Products. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, *7*(11), 15908-13.

ISSN 3030-3907

3. Нарзуллаева, А. М., Хужакулов, К. Р., Фозилов, С. Ф., & Мавлонов, Б. А. (2020). Анализ состава различных нефтей и возможности использования твердого парафина в получении синтетических жирных карбоновых кислот. *Universum: технические науки*, (3-2 (72)), 52-56.
4. Маджидов, А. А., Фозилов, С. Ф., Хужакулов, К. Р., Каримова, С. А., & Исломова, Ф. А. (2022). Получение синтетических жирных кислот на основе н-алканов. *Science and Education*, *3*(6), 462-467.
5. Хужакулов, К. Р., Нодиров, А. А., & Саъдуллаева, Д. (2020). ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЯНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ЖИРОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЖИРОВАНИЯ КОЖИ. *ВВК*, *91*, 936.
6. Турсунов, Х. Ш., Фозилов, С. Ф., Хужакулов, К. Р., & Мавланов, Б. А. (2020). Воздействие на окружающую среду и человека процессов обработки кожи и меха. In *Современные технологии композиционных материалов* (pp. 232-235).
7. Narzullaeva, A. M., Khujakulov, K. R., Tursunova, D. H., & Teshaeva, M. S. (2020). Study of the Influence of the type of the catalyst on the technological process of hydration of higher fatty acids into alcohols, optimal parameters of the process, the industry of use of higher alcohols. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, *7*(11), 15954-8.
8. Хужакулов, К. Р., Ниёзова, Р. Н., Исломов, У. У. У., & Махмудов, А. Ж. (2020). Изменение жира в коже в процессе ее хранения и эксплуатации. *Universum: технические науки*, (12-4 (81)), 94-96.
9. Ниёзова, Р. Н., Хужакулов, К. Р., & Фозилов, С. Ф. (2020). Модификация синтетического жира и применение его для жирования кож. *ВВК*, *79*, 600.
10. Нарзуллаева, А. М., Хужакулов, К. Р., Вохидов, Э. А., & Фозилов, С. Ф. (2020). ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ К ЖИРОВАНИЮ ОПЕРАЦИЙ. *ВВК 79*, 582.
11. К.Р.Хўжақулов Нефть парафинлари асосида карбон кислоталар синтези ва сурков мойлари ишлаб чиқариш саноатида қўлланилиши “O‘zbekiston neft va gaz” ilmiy-texnika jurnali 2 / 2023 / aprel, may, iyun. 53-58 б.
12. Хужакулов К.Р., Шодмонов Х.Ш. Фракционный состав карбоновых кислот, полученые на основе парафиновых углеводородов // «Tabiiy fanlar sohasidagi dolzarb muammolar va innovasion texnologiyalar» мавзусида халқаро илмий амалий-конфиренция материаллар тўплами 80-82 б.
13. Ашуров, Ф. Б., Хужакулов, К. Р., Ашуров, Ф. Ф., & Курбанов, С. (2016). Основные направления развития производства синтетических моющих средств в Республике Узбекистан. *Молодой ученый*, (4), 17-19.

ISSN 3030-3907