

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**

**Qəhrəmanova Bahar Əlixan qızı**

**“Heydər Əliyev adına Neft Emalı” zavodu katalitik krekinq qurğusunda  
yaranan ekoloji problemlər, onun qiymətləndirilməsi və nəticələrin aradan  
qaldırılması  
mövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASIYASI**

**İxtisasın şifri və adı: 060649 “Ekologiya mühəndisliyi”**

**İxtisaslaşma: “Ətraf mühitin mühafizəsi və təbii ehtiyatlardan səmərəli  
istifadə olunması”**

**Elmi rəhbər:**

**K.ü.f.d. Veysova N.Ə.**

**BAKİ – 2023**

## Mündəricat

<b>Giriş.....</b>	<b>3</b>
<b>I Fəsil. Katalitik krekinq prosesinin texnologiyası.....</b>	<b>6</b>
1.1. Katalitik krekinq qurğusunda aparılan proseslərdə xammal və alınan məhsulların seçilib əsaslandırılması.....	7
1.2. Prosesin elmi əsasları.....	11
1.3. Prosesin texnoloji sxemi.....	20
1.4. Prosesin texnoloji sxeminin seçilib əsaslandırılması.....	23
<b>II Fəsil. Əsas ekoloji problemlər. ....</b>	<b>30</b>
2.1. Katalitik krekinq prosesində əsas aparatların izahı.....	31
2.2. Ətraf mühitin qorunması üçün görülən tədbirlər və prosesin riyazi modelinin qurulması.....	35
2.3 Ətraf mühitin qorunması məqsədi ilə katalitik krekinq prosesinin statistik modelləşdirilməsi və optimallaşdırılması.....	43
<b>Hesabat hissəsi.....</b>	<b>47</b>
<b>Nəticə və təkliflər.....</b>	<b>50</b>
<b>Ədəbiyyat siyahısı.....</b>	<b>51</b>

## Giriş

**Mövzunun aktuallığı.** Katalitik krekinq qurğusunda reaktor-regenerator eroziyaya uğradığından bu mənzillərin divarlarını xüsusi metallardan düzəldirlər. Nəticədə metalın bahalaşmasına və zavodun məhsullarının maya dəyərinin artmasına səbəb olur. Regenerator mənzilləri metal xərclərini idarə etməklə və xərcləri azaltmaqla eroziyadan qorunur. Bunun nəticəsində 2 hissəli eroziyaya qarşı təbəqə yaranır. Birinci qat izolyasiya payı istiliyin kənara verilməsinin qarşısını almaq üçündür. İkinci qat eroziyaya davamlı təbəqə və ya püskürtmə betondur. Məlumdur ki, yüksək oktanlı benzinlərin istehsalında katalitik krekinq prosesi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu baxımdan katalitik krekinq qurğusunun tərkib hissəsi olan reaktor-regenerator qurğusunun və onları birləşdirən elektrik xətlərinin korroziyadan qorunması çox vacibdir. Bunun üçün texnologiyadan istifadə etməklə daxili səthlər betonla örtülür və sonra beton quruyur.

**Tədqiqatın məqsədi.** Alüminosilikat və seolit katalizatorlarının iştirakı ilə katalitik krekinq prosesləri neft emalı sənayesində nisbətən geniş yayılmışdır. Bu proses neft emalının dərinləşdirilməsinə kömək edir.

Katalitik krekinq prosesinin əsas məqsədi təmiz oktan sayı elmi tədqiqatlara görə 90-92 olan yüksək oktanlı benzin əldə etməkdir. Katalitik krekinq prosesinin əsas məhsulları daha ağırdır və 3500 dərəcədən yuxarı neft distillatlarından benzinin yüksək oktanlı komponentlərinin alınması prosesidir.

**Tədqiqatın predmeti və obyekt.** Neftin emal üsullarından olan katalitik krekinq prosesi zamanı ətraf mühitə atılan zərərli maddələrin qarşısının alınması texnologiyalarıdır.

**Elmi yenilik.** Katalitik krekinq qurğusunda istifadə olunan qurutma prosesinin riyazi modelinin qurulması. Qurulan riyazi modelə baxılan prosesə adekvat olması yoxlanılmışdır. Riyazi modelin əmsallarının optimal qiymətlərinin tapılması üçün tətbiqi proqramın hazırlanmasıdır.

**Təcrübi əhəmiyyəti.** Araşdırmaların nəticələrinin katalitik krekinq qurğularının ətraf mühitə atılan zərərli maddələrin azaldılması və məhsuldarlığın yüksəlməsinə imkan yaradır.

**İşin müzakirəsi.** İşin əsas məzmunu “Kimya texnologiya, təkrar emal və ekologiya” kafedrasının elmi seminarlarında, bakalavr və magistrantların elmi-texniki konfranslarında 2021 və 2022 məruzə və müzakirə edilmişdir.

**İşin həcmi və strukturu.** Dissertasiya işi giriş, 3 fəsil və nəticələrdən ibarət olub, tərkibində 5 cədvəl, 9 şəkil və 3 istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısı vardır.

## İşin məzmunu

**Girişdə** - İşin aktuallığı və təcrübi əhəmiyyəti əsaslandırılmış, problemin vəziyyəti təhlil edilmiş, neft emalı prosesində yaranan ekoloji problemlər və onlardan ətraf mühitə atılan zərərli maddələrin azaldılması texnologiyaları təhlil edilmişdir.

**Birinci fəsildə** - Katalitik krekinq qurğusunda aparılan proseslərdə kimyəvi çevrilmələrin ətraf mühitə təsiri araşdırılmışdır. Burada onun müasir vəziyyəti, aspektləri və texniki tərəqqi, yanacaqda və tüstü qazlarında toksik maddələrin tərkibi, neft emal zavodları tullantılarının insana və ətraf mühitə təsiri öyrənilmişdir. Xammal və alınan məhsulların seçilib əsaslandırılması, katalitik krekinqin nəticələri, xammalın çevrilmə dərinliyi, ayrı-ayrı məhsulların çıxarı və keyfiyyəti xammalın kimyəvi və fraksiya tərkibi katalitik krekinq nəticələri ilə xarakterizə olunur. Prosesin elmi əsasları katalitik krekinq qurğularının istismar göstəriciləri, temperatur yüksəldikcə benzinin çıxımı katalitik krekinq prosesi məhsullarının temperaturdan asılılığı, benzinin çıxımı və karbohidrogen tərkibi göstərilmişdir. Katalitik krekinq prosesinin texnologiyası prosesin texnoloji sxemi prosesin texnoloji sxeminin seçilib əsaslandırılması, katalitik krekinq prosesində əsas aparatların izahı öyrənilmişdir.

**İkinci fəsildə** - Əsas ekoloji problemlər öyrənilmişdir. Ətraf mühitin qorunması üçün görülən tədbirlər, ətraf mühitin qorunması məqsədi ilə katalitik krekinq prosesinin statistik modelləşdirilməsi və optimallaşdırılması, katalitik krekinq qurğusunda istifadə olunan torkert betonun qurudulmasına həsr edilmişdir. Torkert-betonun fiziki-kimyəvi xassələri, habelə onun hazırlanması və konstruksiyası öyrənilmişdir.

Ekologiya məsələsinə də baxılmışdır. Nəticədə katalitik krekinq qurğusunda istifadə olunan qurutma prosesinin riyazi modeli qurulmuşdur. Qurulan riyazi modelin baxılan prosesə adekvat olması yoxlanılmışdır. Riyazi modelin əmsallarının optimal qiymətlərinin tapılması üçün tətbiqi proqram hazırlanmışdır.

## I Fəsil. Katalitik krekinq prosesinin texnologiyası

### 1.1. Katalitik krekinq qurğusunda aparılan proseslərdə xammal və alınan məhsulların seçilib əsaslandırılması

Bu gün neft emalı sənayesində katalitik krekinq prosesi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Katalitik krekinq prosesinin aparıldığı reaktor-regeneratorun və ya aparatın divarları aşınmanın qarşısını almaq üçün xüsusi metallardan hazırlanır. Bu proses yüksək metal xərcləri və cihazın istehsal etdiyi məhsulun maya dəyərinin artması ilə nəticələnir. Metal xərclərini və ya əsas dəyərini azaltmaq üçün reaktor-regenerator blokları eroziyaya davamlı təbəqə ilə qorunur. Eroziyaya qarşı təbəqə 2 hissədən ibarətdir: birinci qat, izolyasiya təbəqəsi istilik köçürməsinə mane olur, ikinci təbəqə isə eroziyaya qarşı təbəqə və ya beton təbəqədir. Beton qatının qurudulması çox vacib və məsuliyyətli məsələdir. Buna görə də, betonun qurudulması müəyyən edilmiş qaydalara uyğun olaraq həyata keçirilir. Bu buraxılışda yuxarıda göstərilən qurutma prosesinin riyazi modeli qurulmuş və diffuziya əmsallarının optimal qiyməti tapılmışdır. Optimal dəyərləri tapmaq üçün ən kiçik kvadratlar metodundan istifadə edilmişdir. Aliminium-silikat və seolit tərkibli katalizatorların iştirakı ilə aparılan katalitik krekinq prosesi neft emalı sənayesində nisbətən geniş yayılan və neft emalının daha da dərinləşdirilməsinə kömək edən proseslərdəndir. Elmi tədqiqat üsulu olan katalitik krekinq prosesində əsas məqsəd təmiz halda oktan ədədi 90-92 olan yüksək oktanlı benzin almaqdır.

Katalitik krekinq prosesinin əsas məhsulu 350 dərəcədən yuxarı nisbətən yüksək temperatura malik neft distillatından yüksək oktanlı benzin komponentlərinin istehsalıdır. Katalitik krekinq 470-550°C temperaturda, reaktorun sedimentasiya zonasında 0,27 MPa-a qədər aparılır və aparatın sistemindən asılı olaraq xammalın kosmik sürəti 1-120 m<sup>3</sup>-ə qədərdir. Alüminosilikatlar katalizator kimi geniş istifadə olunur. Krekinq məhsulları olduqca mürəkkəb tərkibə malikdir. Belə ki, setanın (C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>) katalitik krekinqi zamanı hər 100 molekuldan 339 molekul müxtəlif birləşmələr, o cümlədən 3-5 karbon atomlu 264 molekul karbohidrogen əldə edilir. Karbohidrogen qarışıqlarının katalitik krekinqinin nəticəsi əsasən proses şəraitindən

asıldır. Xüsusi əhəmiyyət kəsb edən temperatur və tətbiq olunan katalizatorun təsiridir.

Xam neftin katalitik krekinqi nəticəsində fiziki və kimyəvi xassələrinə görə ilkin birləşmələrdən fərqlənən birləşmələr əmələ gəlir. Xammalın növündən, istifadə olunan katalizatorndan və proses parametrlərindən asılı olaraq krekinq zamanı benzinin sıxlığı 28-58% (vt.) təşkil edir. Benzində yanaşı, digər maye məhsulların, həmçinin qaz və katalizatorun səthində koks əmələ gəlir. Katalitik krekinq zamanı, xüsusilə 500°C-dən yuxarı temperaturda neft fraksiyaları əsasən benzin və qaz məhsullarına çevrilir ki, bunlar da yüksək oktanlı benzinlərin komponentləri və ya neft-kimya prosesləri üçün oktanlı xammal kimi istifadə oluna bilər. Yüngül qaz yağları (3500dərəcəyə qədər) təkcə təkrar emal üçün deyil, həm də dizel yanacağıının tərkib hissəsi kimi və birlikdə ağır qaz yağlarında tüstü istehsalı üçün xammal kimi istifadə olunur. Prosesin və cihazın əsas göstəricisi xammalın krekinq və ya çevrilmə dərinliyidir, sonra çevrilmə dərinliyini hesablamaq üçün qazoylu 100%-ə çatdırmaq lazımdır. Tək krekinqlə xammalın emal dərinliyi 50-55%-ə, dərin krekinqlə 90%-ə çatır (çəki ilə). Termal krekinqdən metan, etan və olefinlərin aşağı emissiyaları ilə katalitik krekinq, C3 və C4 karbohidrogenlərinin tam çıxarılması və yüksək benzin tərkibi bu, katalitik krekinqin termal krekinqdən əsas üstünlüyüdür. Fraksiyanın tərkibinə görə krekinq 4 hissəyə bölünə bilər: yüngül, ağır, geniş fraksiya və ara distillyatlar. Krekinq üçün yaxşı xammal neftin və tez əriyən parafinlərin birbaşa distillə edilməsinin distillatlarıdır.

Ağır vakum distillələrində və neft qazlarında tar-asfalt maddələrinin miqdarı artdıqca, onların tərkibində koks əmələ gəlməsi də artır. Buna görə də tərkibində yüksək qatran olan mazut, xüsusən də qatran katalitik krekinqə məruz qalır. 2000°C-ə qədər qaynayan benzin fraksiyalarına krekinq xammalına icazə verilmir. Xammalın növündən, katalizatorndan və proses şəraitindən asılı olaraq katalizatornda xammalın 4,0-7,5%-i (vt.) koksa çevrilir. Krekinqdən sonra koklaşdırılmış katalizator reaktorun flaş bölməsindən keçir və təkrar emal olunur. Katalizatornda əmələ gələn koksun miqdarı da təkrar katalizatorun qidalanma nisbətindən asılıdır. Bu nisbət katalizatornda koksun miqdarını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Katalitik krekinq

reaktorları adətən 0,25%-ə qədər koks xammalı emal edir. “Katalitik krekinq üçün xammal” və “katalitik krekinq reaktoru üçün xammal” anlayışlarını aydın şəkildə ayırmaq lazımdır. Təkrar emal katalitik qaz yağının təkrar krekinqindən istifadə edilmədikdə, iki termin eyni mənə daşıyır. Əgər təkrar emaldan istifadə edilirsə, onda reaktorun xammal ehtiyatı təkcə əsas xammal kimi deyil, həm də təkrar emal kimi başa düşülməlidir. Bu xammal həm birlikdə, həm də ayrıca bölünə bilər. Motor benzinləri üçün yüksək oktanlı komponentlər istehsal edən katalitik krakerlər həmçinin səmt qazı, qeyrisabit benzin, yüngül və ağır qaz yağları istehsal edir. Katalitik krekinq məhsullarının miqdarı və keyfiyyəti emal olunan xammalın keyfiyyətindən, istifadə olunan katalizatorlardan, texnoloji rejimindən və aparatın konstruksiyasından asılıdır.

Yağlı qazın quruluşu karbohidrogenlərlə, xüsusən izobutanın əhəmiyyətli miqdarı ilə xarakterizə olunur. Bu əhəmiyyət yağlı qazın alkülləşmə prosesi üçün qiymətli xammal kimi səciyyələndirilir. Yüngül və ağır distillat xammalının katalitik krekinqdən alınan yağlı qazın tərkibi aşağıda göstərilib.

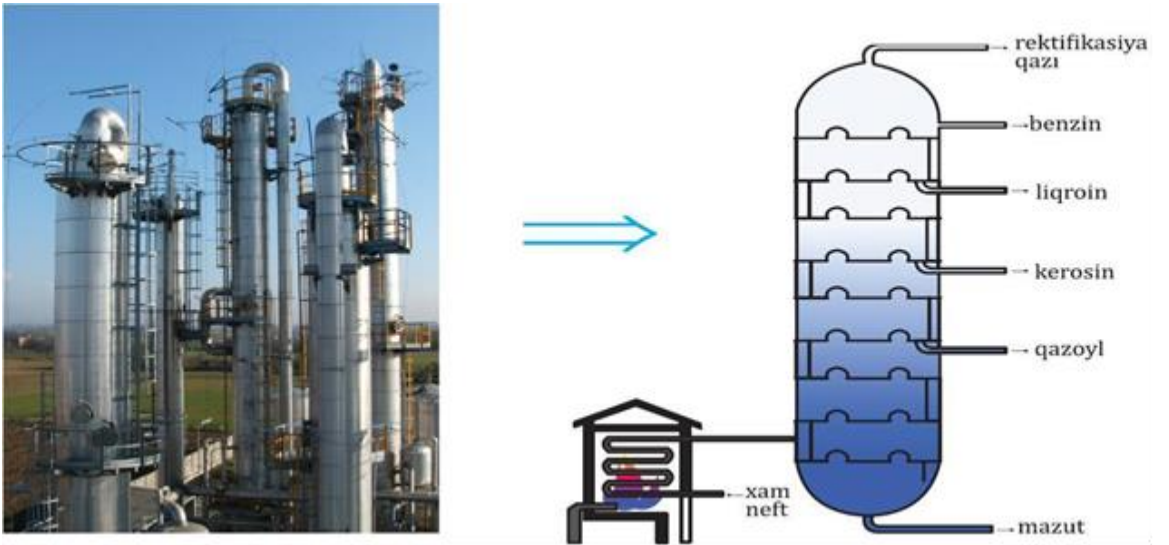
Katalitik krekinq prosesində əldə edilən qeyri sabit benzin həll olunmuş yüksək doymuş yüngül karbohidrogenləri buraxmaq üçün fiziki sabitləşməyə məruz qalır. Yüngül qazları yağlı qazlardan və qeyri-sabit benzindən təmizləmək üçün adətən adsorbsiyaqazfraksiya qurğusuna verilir. İlk 2 fraksiya yüksək oktanlı benzin komponentləri və neft-kimya prosesləri üçün polimerləşmə və alkülləşdirmə qurğularında, xammalın, həmçinin məişət və motor yanacağı kimi propan və butan istehsalı üçün istifadə edilə bilər. Neftin ikinci emalına piroliz və katalitik krekinq prosesi aiddir. Katalitik krekinq özü də iki yerə ayrılır. Termiki krekinq və katalitik krekinq. Bizim bu gün araşdırıb danışdığımız proses katalitik krekinq prosesidir. Neft emalı prosesidir və əsas məqsəd oktan ədədi 90-92 olan benzin almaqdır. Bu proses katalitik gedir, şəraiti mülayim olub xətti və şaxəli quruluşdadır. Doymamış məhsul azdır və saxlanıldıqda polimerləşmir.

Ən geniş yayılan aliminium silikat və seolit tərkibli katalizatorlarla aparılan katalitik krekinq prosesidir. Bu zaman butan və butilen fraksiyası ilə zəngin olan qaz karbohidrogenləri alınır.



Neftin krekinqi xüsusi bir reaktorda bir katalizatorun təsiri altında baş verir. Qaz, yüksək oktanlı benzin, yüngül və ağır qazoyl fraksiyaları alınır.

Prosesdə temperatur 470-500°C dərəcədədir. Qızdırılmış xammal sobadan giriş qovşağına daxil olur. Xammal orada qızdırılır və regeneratordan daxil olan katalizatorla görüşür. Reaktorun liftində krekinq baş verir. Bu zaman katalizator xammal buxarlarının köməyi ilə tutma vahidindən yuxarıya doğru hərəkət edir və daha sonra krekinq məhsulunun qarışığı və katalizator reaktora daxil olur. Burada ayırıcı tsiklonlar vasitəsilə ayrılaraq fraksiyalara ayrılmaq üçün rektifikasiya kalonuna daxil olur. Qalıqlar buxar ilə həll olunur və hava vasitəsilə bərpa olunmaq üçün bərpaediciyə göndərilir. Rektifikasiya kalonuna daxil olan qarışıq isə qaz, benzin, yüngül, ağır qazoyl fraksiyalarına ayrılır alınmış məhsullar istidəyişdiriciyə göndərilir.



***Şəkil 1.1. Rektifikasiya kalonndan ayrılan neftin fraksiyaları***

## 1.2. Prosesin elmi əsasları

Katalitik krekinqin nəticələri xammalın çevrilmə dərinliyi, ayrı-ayrı məhsulların məhsuldarlığı və keyfiyyəti ilə xarakterizə olunur. Emal dərinliyi xammaldan asılı olaraq qazın, benzinin və koksun birlikdə buraxılması ilə müəyyən edilir. Ağır xammalın emal dərinliyini səciyyələndirərkən, dizel yanacağı fraksiyasının hissəsini nəzərə almaq lazımdır.

Katalizatorun xassələri, xammalın keyfiyyəti, proses temperaturu, xammal-katalizatorla təmas vaxtı və katalizator dövrlərinin sayı katalitik krekinq prosesinə təsir edən əsas amillərdir.

Katalizatorun aktivliyinin artması müəyyən dərəcədə xammalın çevrilmə dərinliyini artırır.

Xammalın kimyəvi və fraksiya tərkibi katalitik krekinqin nəticələrinə böyük təsir göstərir. Xammalın fraksiya tərkibi ağırlaşdıqca politsiklik aromatik karbohidrogenlərin və qatranların miqdarı artır. Bu maddələr katalizatorun səthində koks şəklində toplanır və onun aktivliyinin azalmasına səbəb olur. Fəaliyyəti azaldan maddələrə azot birləşmələri və ağır metallar daxildir. Geniş vakum distillələri 0,2%-ə qədər azot ehtiva edir.

Katalitik krekinq qurğularının işinə tək-cə xammal və katalizatorlar deyil, həm də proses parametrləri təsir edir. Katalitik krekinq prosesinin əsas parametrləri temperatur, təzyiq, xammalın həcmli axın sürəti, katalizatorun işləmə dövrlərinin sayı və xammalın çevrilmə sürətidir.

Bütün növ katalitik krekinq qurğularında proses sistemdən asılı olaraq 470-550°C temperaturda, reaktorun çökmə zonasında 0,27 MPa təzyiqdə və 1-120 m<sup>3</sup> kosmik sürətlə aparılır. Temperatur yüksələndə benzin sərfiyyatı artır, maksimuma çatır, sonra isə azalır. Bu onunla əlaqədardır ki, müəyyən temperaturdan sonra benzin fraksiyasını təşkil edən karbohidrogenlər parçalanmağa başlayır. Cədvəl 1.1-də katalitik krekinq məhsullarının temperaturdan asılılıqları, benzin çıxımı və karbohidrogen tərkibi göstərilir.

Artan təzyiqlə benzinin çıxımı və onun tərkibindəki parafin karbohidrogenlərinin miqdarı artır, C1-C3 qazlarının, aromatik və olefin karbohidrogenlərinin səməresi isə azalır. Sənaye prosesində koksun kimyası ilə tanış olaq.

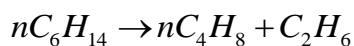
Klassik fırlanan katalitik krekinq qurğuları daha mürəkkəb resirkulyasiya edən katalitik sistemlərlə əvəz edilmişdir. Sirkulyasiya edən katalitik çeviricilər bir neçə növdə olur: Xammalın krekinqi və katalizatorun bərpası 31-1,43-102 sferik katalizator yatağında aparılır. Alkanların katalitik krekinq reaksiyalarının sürəti onların molekulyar çəkisinin artması ilə artır. Molekulunda karbon atomlarının sayı 5-dən az olan alkanlar 500-600°C temperaturda əhəmiyyətli dərəcədə dəyişmir. Beləliklə, butan, heptan, dekan və setanın 500°C-də krekinq dərinliyi müvafiq olaraq 1.4.24 və 51% təşkil edir. Normal və izoalkanların krekinq sürəti demək olar ki, eynidir. Bununla belə, izoalkanların krekinqi daha dərinə gedir, nəticədə kəmiyyət qaz məhsulları - metan, propan, izobutilen və butan əmələ gəlir. Normal alkanlar alüminosilikat katalizatorunda aşağı təzyiqlərdə izomerləşməyə daha az həssasdırlar.

## Cədvəl.1

### Müxtəlif katalizator üzərində distillat xammalın krekinqinin nəticələri

№	Göstəricilər	Katalizator					
		Kaolin gili		Seolit tərkibli			
		ilkin	alümosilikat promotoru ilə	1	2	3	4
1	Katalizatorada seolitin miqdarı, % (kütlə)	0	0	5	10	20	30
2	Aktivlik indeksi	11,3	38,3	34,8	44,7	48,8	55,8
3	Çıxım, % (kütlə) qaz, benzin, qazoyllar, koks	4,0 11,3 81,1 3,6	11,0 38,3 46,2 4,5	14,0 34,8 46,8 4,4	14,6 44,7 36,2 4,5	16,8 48,8 29,4 4,8	20,7 55,8 18,3 5,2
4	Çevrilmə dərinliyi, % (kütlə)	18,9	53,8	53,2	63,8	70,4	81,7
5	Seçiciliyi, %	3,2	8,5	7,8	9,9	10,0	10,8

Parçalanma reaksiyasına misal olaraq normal heksanın krekinqini göstərmək olar.



Aşağı molekulyar ağırlıqlı alkinlər alüminosilikat katalizatorun iştirakı ilə 4000°C-də az dəyişikliyə məruz qalır. 5000°C-də butilen krekinqi sürətlənir, onun parçalanması, izomerləşməsi, hidrogenin yenidən paylanması və polimerləşməsi reaksiyaları müşahidə olunur. Krekinq məhsulları böyük miqdarda izobutilen və 21%-ə qədər maye karbohidrogenlərdən ibarətdir. Alkin molekulu böyüdükcə polimerləşmə və parçalanma reaksiyaları daha aşağı temperatur tələb edir. Yüksək molekulyar ağırlıqlı alkinlərin katalizatorun iştirakı ilə çevrilmə reaksiyaları otaq temperaturunda başlayır. Nisbətən aşağı temperaturda alkinlər polimerləşir, yüksək temperaturda isə parçalanır. Katalitik krekinq prosesində müvafiq alkenlər yüksək temperaturda parçalanır və qoşa bağı əmələ gəlməsi və karbohidrogen skeletinin dəyişməsi ilə intensiv şəkildə areomerləşirlər. Alkenlərin molekulyar çəkisinin artması ilə izomerləşmə sürəti artır. Alüminosilikat katalizatorunun iştirakı ilə alkenlər məhsullardan ayrılan hidrogenlə doyurulur və katalizatorun səthində adsorbsiya edilir. Bu hidrogenin yenidən paylanması reaksiyası əsasən izostrukturlu karbohidrogenlərin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Bu amil krekinq məhsullarının şaxəli və doymuş karbohidrogenlərlə zənginləşdirilməsində mühüm rol oynayır. Məsələn, katalitik krekinq qazlarının izobutanla zəngin olması bu amillə bağlıdır. Naften karbohidrogenlərinin katalitik krekinqi yüksək sürətlə baş verir. Bu zaman yan zəncirin qopması və halqanın qopması nəticəsi ilə naftenlər parçalanmış olur. Tsikloheksan və onun homoloqları hidrogenin bir hissəsini doymamış birləşmələrə keçirərək aromatik karbohidrogenlər əmələ gətirir. Sadə aromatik karbohidrogenlər krekinq katalizatorlarının iştirakı ilə parçalanmır. Yan zəncirli aromatik karbohidrogenlər karbon skeletinin istənilən yerində yan zəncirdən parçalana bilər. Yan zəncirin uzunluğu və budaqlanması artdıqca parçalanma meyli də artır. Məsələn, 5000°C krekinq dərinliyi toluol üçün 1%, propilbenzol üçün 83,5% təşkil edir. Bu zaman benzol və müvafiq sahə əmələ gəlir. Naften aromatikləri tez çatlayır. Yaranan karbohidrogen qarışığında benzol və alkilbenzol tapılır. Katalitik krekinq qurğuları

üçün xammalda olan kükürd birləşmələri əsasən merkaptan və teofen sulfid şəklində olur.

Kükürd birləşmələrinin krekinq katalizatorunda çevrilmə sürətləri eyni deyil. Stabilliyə görə kükürd birləşmələri aşağıdakı ardıcılıqla düzülür: merkaptanlar, disulfidlər, sulfidlər, tiofenlər. Bu birləşmələrin molekulyar çəkisi artdıqca kükürdsüzləşmə reaksiyalarının sürəti azalır. Katalitik krekinqin maye məhsullarında kükürdün miqdarı fraksiyanın qaynama nöqtəsi artdıqca artır. Kükürd prosesində molekulda eyni sayda karbon atomu olan fərdi karbohidrogenlərin katalitik çevrilməyə müqaviməti aşağıdakı ardıcılıqla artır: uzun yan zəncirli alkenlər aromatik karbohidrogenlər alkanlar sadə aromatik karbohidrogenlər. termal krekinq zamanı müşahidə olunan ardıcılıqdan ibarətdir. Artıq qeyd edildiyi kimi, katalitik krekinq məhsullarının kimyəvi tərkibi xarakterik xüsusiyyətlərə malikdir. Benzin fraksiyası izoparafin və aromatik karbohidrogenlərlə, qaz izobutan və olefin C3-C4 və qazoyl fraksiyaları isə polisiklik karbohidrogenlərlə zəngindir. Katalitik krekinq məhsullarının tərkibinin spesifikliyi aşağıdakı səbəblərlə bağlıdır:

- istilik və katalitik krekinqin müxtəlif mexanizmləri. Termal krekinq radikal zəncir mexanizmi ilə, katalitik krekinq isə ion mexanizmi ilə baş verir.

- katalizatorun aktiv səthinin seçici sürətləndirilməsi və ikili reaksiyalar, məsələn, olefinlərin izomerləşməsi. Katalitik krekinq hidrogen katalizinin termal nümunəsidir. Xüsusi əhəmiyyət kəsb edən katalizatorun quruluşu və səthi, reaksiyaların interfeysdə baş verdiyi yerdir. Katalitik krekinqin tam xarakteristikası üçün yalnız prosesin kimyasını deyil, həm də onu müşayiət edən fiziki və kimyəvi təzahürləri nəzərə almaq vacibdir. Katalitik krekinq prosesinin mərhələləri aşağıdakı kimi xarakterizə edilə bilər:

1. Xammalın katalizatorun təhlükəsinə yetişməsi;
2. Molekulyar diffuziya üçün molekulyar katalizator;
3. Molekulyar kimyasorbsiya üçün aktiv katalizator;
4. Katalizator təsiri olan reaksiyalar;
5. Məhsul və xammalın katalizator zərərindən sorbsiya və məsamələrindən diffuziyası;

6. Krekinq məhsulları və parçalanmamış xammalın reaksiya zonasından xaric olması.

Proses rejimindən, xammalın keyfiyyətindən və katalizatorun dispersliyindən asılı olaraq diffuziya və adsorbsiya proseslərinin rolu böyük və ya az ola bilər.

Katalitik krekinqin kinetikasi birinci dərəcəli reaksiya tənliyi ilə ifadə edilir:

Burada,  $n_0$  reaktora qidalanma sürətidir;  $x$  - xammalın emal dərinliyi;  $\alpha$ -krekinq reaksiyalarının kinetik əmsalı sürət sabitinə mütənasibdir;  $\beta$ -misal.

Prosesin kinetikasını xarakterizə edən  $\alpha$ -nın qiymətini tapmaq üçün eksperimental olaraq tapılmış nöqtələrə uyğun olaraq koordinat oxundakı qiyməti kənara qoyaraq yuxarıdakı tənlik həll edilir.

$\alpha$  -əmsalı katalizatorun növündən, xammalın molekulyar çəkisindən, katalizatorun ölçüsündən və prosesin temperaturundan asılıdır. Aktivləşdirmə enerjisi və buna uyğun olaraq prosesin gedişi müəyyən bir temperatur intervalında düz xəttin mövqeyini təyin etməklə müəyyən edilə bilər.

Yüksək temperaturda çatlama diffuziya sahəsində baş verir. Kimyəvi reaksiyanın sürətini diffuziyadan temperaturun azalmasına dəyişdirmək üçün o qədər aşağı temperatur diapazonu var ki, diffuziya və kimyəvi reaksiyaların sürətlərini müqayisə etmək olar. Bu keçid zonasıdır.

Katalitik krekinqin ən çox yayılmış nəzəriyyəsi Vitmot tərəfindən irəli sürülmüş "karbonium ionu" nəzəriyyəsidir.

Turşu-qələvi katalizinin mexanizmi haqqında geniş yayılmış müasir nəzəriyyələr katalizin təbiətinin elektron şəkildə dərk edilməsi ilə birbaşa bağlıdır. İonların yüksək kimyəvi aktivliyinə görə məhsullarda ion reaksiyaları da mayələr üçün kimyəvi çevrilmələrin ən çox yayılmış növləridir. Məhsullarda ion reaksiyaları ilə radikal zəncirvari reaksiyaların rəqabəti şərtlərlə, xüsusən də pH ilə müəyyən edilir.

Tədqiqatlar göstərir ki, ion mexanizmi və heterogen kataliz baxımından molekullar bərk səthdə polimolekulyar membranda ionlara ayrılır. Bu çevrilmələr, ehtimal ki, turşu-əsas xassələri olan müxtəlif heterogen katalizatorların təsirinin əsasını təşkil edən molekulyar membranda da baş verir.

“Karbon ionu” müsbət yüklü karbon ionu deməkdir. Karbon ionu müxtəlif yollarla əldə edilə bilər. Məsələn, bir protonu ( $H^+$ ) olefinə birləşdirərək almaq olar.

Karbonium ionları həm doymamış, həm də doymuş karbohidrogenlərdən əmələ gələ bilər.

Krekinq katalizatorunun strukturu səthdə çoxlu miqdarda sərbəst protonların olması ilə xarakterizə olunur.

Adsorbsiya olunan molekulla katalitik mərkəzlərdə aktiv nöqtələr arasında yaranan əlaqənin xarakterindən asılı olaraq müxtəlif adsorbsiya növləri fərqləndirilir:

1. Fiziki adsorbsiya – adsorbsiya olunan maddə katalizatorun səthi olarsa Vander Waals qüvvələri yaranar. Buna misal olaraq müəyyən qazların və buxarların aşağı temperaturda adsorbsiyasını göstərmək olar. Fiziki adsorbsiya geri çevrilir və adsorbsiya tarazlığı tez əldə edilir.

2. Aktivləşdirilmiş adsorbsiya - bu adsorbsiya təbəqənin səthində əmələ gələn izafi valentlik qüvvəsi hesabına baş verir, fiziki adsorbsiyadan daha yüksək temperaturda aparılır və burada ləngimə ilə tarazlıq sabiti alınır.

3. Xemosorbsiya - adsorbsiya olunan maddənin molekullarının təmas səthi ilə qarşılaşdıqda baş verən kimyəvi reaksiyalar nəticəsində baş verir. Bu halda adsorbsiya olunan molekulla katalitik mərkəz arasında əlaqə çox güclü olur.

Qazların, buxarların və mayələrin fiziki adsorbsiyası zamanı molekul kifayət qədər aktivləşdirilə bilməz. Aktivləşdirilmiş adsorbsiya prosesində reaktivlərin hamısı və ya bir hissəsi kifayət qədər aktivləşdirildikdə kimyəvi reaksiyalar asanlaşdırılır. Katalizin baş verməsi üçün səthin tam aktivləşməsi lazım deyil, çünki onun “faydalı hissəsinin” aktivləşməsi reaksiyanın davam etməsinə imkan verir. Atomun təbəqə səthində doyma dərəcəsi onun kristal qəfəsdə yerləşdiyi mövqedən asılıdır. Əgər atom qəfəsin hamar səthində yerləşirsə, onda o, yalnız səthə perpendikulyar olan müstəvidə doymamış olur.

Atom səthdə deyil, qalayda olduqda, o, böyük doymusuzluğa malikdir, çünki səthlə az təmasda olur. Nəticədə atomun adsorbsiya qabiliyyəti artır.

Aktivləşdirilmiş adsorbsiyanın kvant-mexaniki təhlili aktiv mərkəzlərin həndəsi cəhətdən düzgün mövqedə olduğunu təsdiq edir. Alkenlər və aromatik karbohidrogenlər katalizatorun səthində adsorbsiya edildikdə sərbəst protonla



birdəşərək karbon ionunu əmələ gətirirlər. Hidrogen ionları parafin molekulundan ayrıldıqda hələ də karbonium əmələ gəlir:

Karbon ionlarının izomerləşmə reaksiyaları xarakterikdir, ikiqat və üçlü izostrukturların meydana gəlməsinə səbəb olur. Bundan əlavə, karbon ionları da parçalanma reaksiyalarına meyllidir.

Sənaye katalitik krekinq proseslərinin məhsulları olan qaz və benzin fraksiyalarının əmələ gəlməsinin səbəbi həm də karbon ionlarının parçalanmağa meyllidir.

Katalizatorun səthində krekinq reaksiyaları baş verir. Reaksiya istiqaməti katalizatorun səthindən, xammalın növündən və prosesin parametrlərindən asılıdır.

Katalizatorun regenerasiyası zərurəti krekinq nəticəsində katalizatorada koksun əmələ gəlməsi ilə əlaqədar prosesin mühüm xüsusiyyətidir. Krekinq prosesi üçün təbii və ya süni yüksək inkişaf etmiş daxili səthə malik məsaməli bərk alüminosilikat katalizatoru istifadə olunur.

İlk krekinq katalizatoru kimi turşu gillərdən istifadə edilmişdir. Daha sonra onlar 30 il istifadə edilən daha aktiv və seçici amorf alüminosilikatlar ilə əvəz olundu. Katalitik krekinq texnologiyasının inkişafının mərhələlərindən biri kimi 60-cı illərdə işlənilib hazırlanmış və 70-ci illərdə geniş istifadə olunan seolit tərkibli katalitik alüminosilikat katalizatorlarının istifadəsi hesab edilməlidir.

Sənaye katalizatorlarının tərkibi və xassələri. Təbii alüminosilikatların analoqları olan X və Y tipli seolitlər katalitik krekinq üçün optimal xüsusiyyətlərə malikdir.

Koksun yanmasının intensivliyinin müəyyən edilməsi praktiki baxımdan da vacibdir. Y tipli seolit katalizatorlarının istilik dayanıqlığı yüksəkdir. Bu katalizatorların tərkibində olan nadir torpaq metalları da koksun yanmasına katalitik təsir göstərir. Katalizatorun mexaniki gücü də krekinq prosesinə əhəmiyyətli təsir göstərir.

Müasir katalitik krekinq qurğularında katalizator davamlı olaraq isti yataq və ya pnevmatik daşıyıcı borular vasitəsilə işləyir. Belə hallarda katalizator hissəcikləri sürtünməyə məruz qalır və ya hissəciklər bir-biri ilə toqquşur və ya boruların divarlarına toxunur. Nəticədə katalizator yeyilir və parçalanır.



Katalitik qırıntılar və toz isti yatağın və ya pnevmatik nəql borusunun işinə mane olur. Boruda təzyiq düşməsi artır. Beləliklə, katalizator qalıqları və toz sistemdən çıxarılaraq yeni katalizatorla əvəz olunur. Azot birləşmələri benzin emissiyalarının nisbi azalmasına səbəb olur.

Seolit katalizatorları amorf alüminosilikatlardan daha çox orqanometalik birləşmələrə və əsas azot birləşmələrinə davamlıdır.

Əsas məsələlərin böyük diametri onlarda xam molekulların yayılmasına və reaksiya məhsullarının əks diffuziyasına kömək edir. Tipik olaraq, bu seolitlər Na və Ca-nın x tipli formalarında istehsal olunur. Bundan əlavə, Na amorf alüminosilikatlarda katalitik zəhər rolunu oynadığından onu  $H^+$ ,  $NH^{4+}$  və ya polivalent kationlar əvəz edir.

Emal zamanı belə əvəzetmə termini müşahidə edildikdə aktiv kütləsindən 1000 dəfə yüksək seçiciliyə malik ilkin amorf katalizator alınır. Yalnız təmiz seoliddən ibarət olan belə katalizatorlar baha qiymətə və çox yüksək aktivliyə malik olduğundan mövcud qurğularda istifadə edilmir.

Bununla belə,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  və ya amorf katalizatorlara nisbətən az miqdarda seolitə əlavə edilməsi yüksək aktiv, seçici və sabit katalizatorlar əldə etməyə imkan verir. Bu katalizatorların əsas xüsusiyyətlərini nəzərdən keçirək. Neftin katalitik krekinqində hədəf məhsul kimi benzin fraksiyası əldə edilir. Bu fraksiyanın məhsuldarlığı katalizatorun katalitik aktivliyi əvəzinə "fəaliyyət indeksi" termini ilə ifadə edilir. Sintetik alüminosilikat katalizatorları üçün aktivlik indeksi 32-35, amorf katalizatorlar üçün 42, kristal seolitlər üçün 43-55 təşkil edir. Katalizatorların aktivliyi onların fiziki və kimyəvi xassələrindən, həmçinin kimyəvi tərkibi ilə müəyyən edilən texnologiyadan asılıdır.

Katalizatorun aktivliyi aşağı olduqda, xammalın çevrilmə sürəti azalır. Düzdür, çevrilmə sürətini katalizatorların temperaturu, təzyiqi və miqdarını artırmaqla, həmçinin qidalanma məkanının sürətini azaltmaqla artırmaq olar. Lakin katalizator kifayət qədər aktiv olmadıqda, belə kompensasiya istehsal qabiliyyətinin pisləşməsinə səbəb ola bilər. Quraşdırmanın düzgün işləməsi ilə katalizatorun təsiri 0,2% -dən çox deyil.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, katalitik krakerlər karbohidrogen qazları, maye məhsullar və koks istehsal edir.

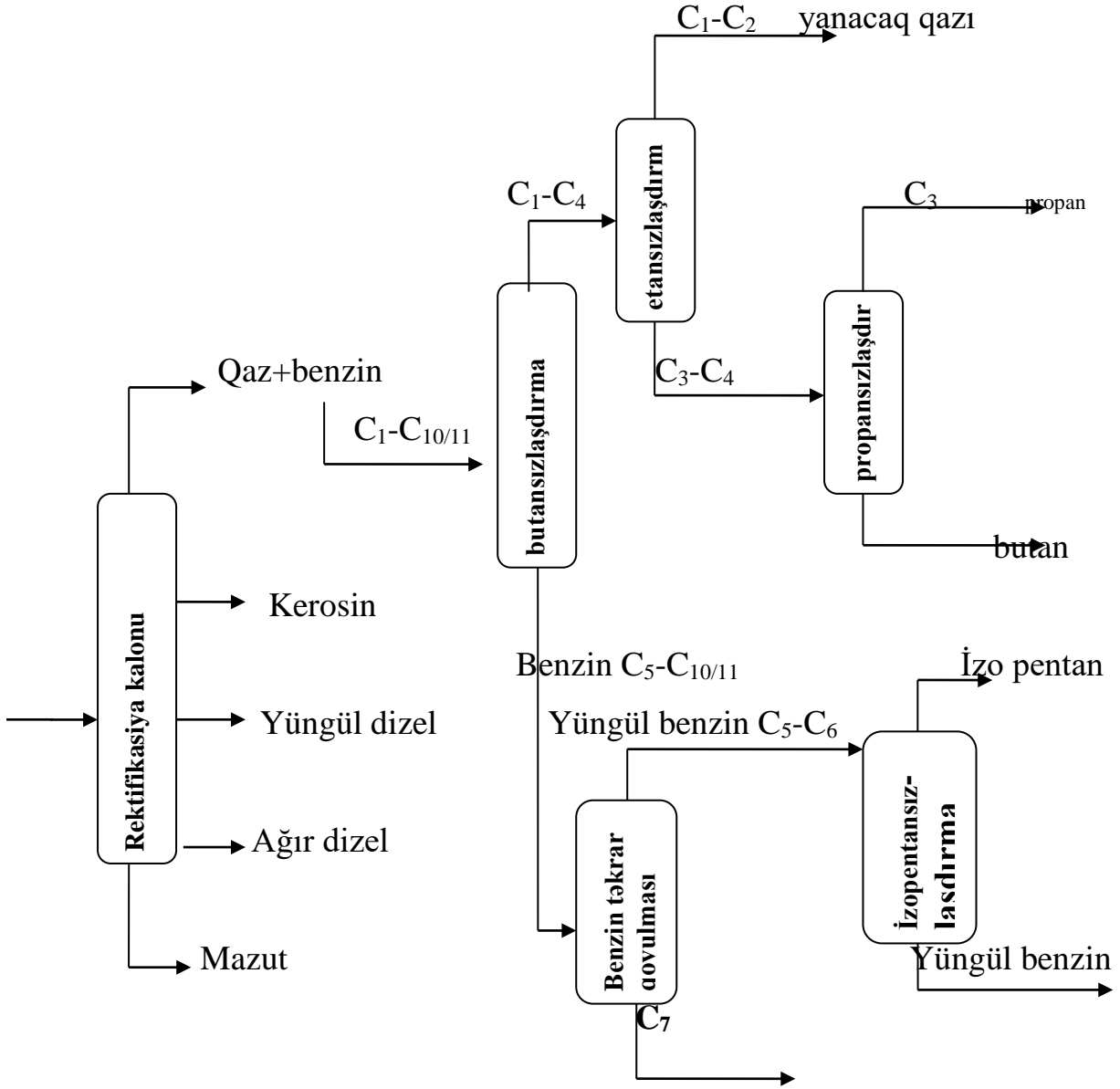
Karbohidrogen qazlarında daha çox ağır karbohidrogenlər (əsasən C4) olur. C4-də izobutan və butilenlər daha çox olur. Bu prosesdə alınan maye məhsullar benzin, yüngül və ağır qazoyl fraksiyalarından ibarətdir. Xammal daha aktiv və seçici olan seolit tərkibli katalizatorla emal benzin benzinin gücləndirilməsi, qazoyl fraksiyalarının əlavə edilməsi azalır. Bu vaxt həm də məhsulların keyfiyyəti dəyişdirilir. Lifttipli reaktorlarda tam saxlandığı üçün benzinin temperaturu olefinlərin əlavəsini artırır.

Düzləşdirici lift reaktorlarına isti yataq aparatı əlavə edildikdə parçalanma reaksiyaları daha da güclənir. Nəticədə məhsulda olefinlərin miqdarı azalır və aromatik karbohidrogenlərin miqdarı artır.

Seolit katalizatoru ilə işləyərkən yüngül qazoyl fraksiyasında aromatik karbohidrogenlərin miqdarı artır. Bu, bu fraksiyanın dizel yanacağı kimi istifadəsinə imkan vermir. Həqiqətən, yüngül qaz yağı fraksiyasında çox miqdarda aromatik karbohidrogenlər olduqda, onun setan sayı azalır. Bu fraksiya dizel yanacağı kimi ya dezodorasiya (təmizləmə) və ya setan sayını artırmaq üçün dərin hidrogenləşdirmə yolu ilə istifadə olunur. Ağır qazoyl fraksiyasında həmçinin çoxlu miqdarda aromatik karbohidrogenlər var. Bu fraksiyadan xammal kimi istifadə edərək elektrod koksu əldə etmək olar.

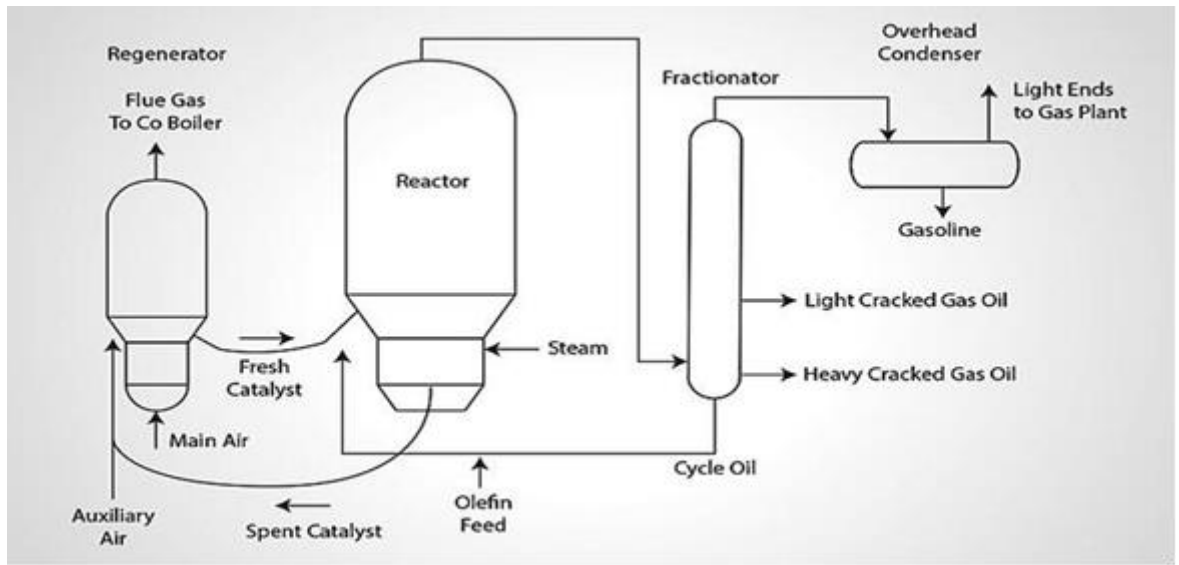
Seolit katalizatorları ilə aparılan proseslərin əksəriyyəti istilik ayrılması ilə izomerləşmə reaksiyalarıdır. Seolit reaktorları daha aktivdir və daha yüksək seçiciliyə malikdir.

### 1.3. Prosesin texnoloji sxemi



## Şəkil. 2.1. Katalitik krekinq prosesinin texnoloji sxemi.

Regeneratorda katalizatorun reaktora nəql olunması üçün kifayət edən minimal təzyiqin saxlanması elektrik enerjisinə qənaət etməyə imkan verir. Lakin aparatların belə yerləşməsi zamanı reaktor-regenerator blokunun hündürlüyü 60-70 sm-ə çatır, bu da kapital xərclərini və metal istehlakını artırır. Pnevmatik nəqliyyat sistemini sadələşdirmək üçün reaktor və regeneratörü eyni oxda yerləşdirməklə bu xətlərdən birini qısaltmaq olar. Regenerator dibdə yerləşdiyi üçün orada təzyiq saxlanılır ki, bu da regenerasiyaya müsbət təsir göstərir. Lakin bu halda hava ötürücülərinin gücünü artırmaq lazımdır.



Reaktor və regeneratörün şaquli yerləşdiyi zavodların itkilərindən biri OrthoFlow zavodudur. Yenilənmiş katalizator öz axını ilə, sərf olunan klapanlı pnevmatik qaldırıcı ilə hərəkət edir. Cihazların şaquli şəkildə yerləşdirilməsi cihazın hündürlüyünü 45-50 m-ə qədər artırırsa da, daha yığcamdır.

Reaktor aşağıdakı zonalardan ibarətdir:

- 1) reaksiya zonası;
- 2) buxarlanma zonası;
- 3) çökmə zonası.

1. Reaksiya zonası - bu "sıxılmış faza" və ya isti yatağın tutduğu həcm adlanır.
2. Buxarlanma zonası - işlənmiş qaz katalizatorunda karbohidrogen buxarlarının buxarlandığı yer.

3. Çökmə zonası - reaksiya məhsullarının buxarlarının katalizator hissəciklərindən ayrıldığı yer. Katalitik toz nəhayət siklon separatorlarında reaksiya məhsullarından təmizlənir. Çökmə hissəsinin üstündə siklon separatorları quraşdırılır.

Regenerasiya edilmiş isti katalizator və xammal regenerasiya zonasına fasiləsiz əlavə edilir. Katalizator yalançı təbəqə ilə birlikdə paylayıcı şəbəkədən və ya buxarlandırıcı injektordan gələn buxar axını ilə yaradılır. Qatın həcmi katalizatorun reaktorda qalma müddətindən 2-10 dəqiqə hesablanır. Bundan əlavə, aparatın diametri elə olmalıdır ki, yataqda buxar sürəti 0,4-0,7 m/s olsun.

Reaksiya müddətini təyin edən "isti təbəqə"nin hündürlüyü xammalın keyfiyyətindən, aktivliyindən və katalizatordan asılıdır.

#### **1.4. Prosesin texnoloji sxeminin seçilib əsaslandırılması**

Yüksək keyfiyyətli xammal və aktiv katalizator minimum təbəqə səviyyəsini tələb edir və reaktorda "isti təbəqə"nin sıxlığı 400-450 kq/m<sup>3</sup> təşkil edir.

İstifadə olunmuş katalizator davamlı olaraq buxarlanma bölməsinə axıdılır. Katalizatorların zəif buxarlanması xammal və koks itkilərinin artmasına, hidrogen miqdarının artmasına səbəb olur. Hidrogen miqdarı artdıqca regenerasiya üçün hava sərfi də artır. Buna görə də buxarlanma qurğusunun işinə xüsusi diqqət yetirilməlidir. Bu, əsasən reaktorun özünün dizaynı ilə bağlıdır. Məsələn, OrthoFlow reaktorlarında buxarlanma bölməsi reaktorun ortasında silindrik formaya malikdir. Eqzoz katalizatoru divardakı çatlardan daxil olur.

Buxarlandırıcı bölmədə su buxarının köməyi ilə isti təbəqə yaradılır. Bu sahədə katalizatorun qalma müddəti 1-3 dəqiqədir. Buxar sərfi katalizatordan asılı olaraq 0,2-0,7%-ə qədərdir.

Reaktorun çökmə hissəsinin hündürlüyü orada siklonların yerləşdiyi yerdən və onların səmərəli işləməsindən asılıdır. Bir qayda olaraq, çökdürən hissənin diametri reaktorun reaksiya qarışığının diametrinə bərabərdir. Bəzi hallarda katalizatorun keçiriciliyini azaltmaq üçün çökmə zonası müəyyən qədər genişləndirilir. Yeni təchiz olunmuş qurğularda katalizator tozunu məhsul buxarları ilə tutmaq üçün diametri 0,5 m və ya daha çox olan siklon-separatorlardan istifadə edilir. Siklon separatorları bir, iki və bəzən üç pilləli ola bilər.

Seolit katalizatorunun istifadəsi reaktor qurğusunun dizaynını əhəmiyyətli dərəcədə dəyişdirdi. Seolitlərin yüksək aktivliyi ənənəvi psevdo-maye yatağından imtinaya və lift və ya kombinasiyalı reaktorlardan istifadəyə səbəb olmuşdur. Nümunə olaraq, seolit katalizatorunda krekinq prosesinin modifikasiyalarını göstərmək olar.

- 1) lift reaktorunda krekinq;
- 2) iki lift - reaktorda çat;
- 3) qaldırıcı reaktorun və psevdovina təbəqəsinin ardıcıl krekinqləri;
- 4) Pseudomaye su anbarında qaldırıcı və paralel qaldırıcı və qırılma.

Dərin təkrar emal krekinqi tələb olunduqda 2-ci variant nadir hallarda istifadə olunur, 3 və 4-cü variantlar isə daha çox yayılmışdır.

Demək olar ki, bütün istifadə olunan obyektlər yenidən qurulub.

Bir qayda olaraq, regeneratörün diametri reaktörün diametrindən böyükdür. Bu onunla bağlıdır ki, 1 kq koksun yanması zamanı çox miqdarda hava (11-12 kq) sərf olunur. Regenerasiya temperaturunda (620-670°C) və aşağı təzyiqdə bu hava həcmi reaktorda buxarın həcmi əhəmiyyətli dərəcədə üstələyir. Bəzi qurğuların regeneratörü dizayn baxımından reaktora yaxındır. Regeneratör dizaynının mühüm elementi hava girişidir.

Regeneratörü reaktordan fərqləndirən əsas xüsusiyyət hava təchizatı üçün lazım olan paylayıcı quruluşdur. Bir çox bitkilərdə katalizator hava ilə regeneratörə verilir. Regeneratörə verilən ümumi havanın 25%-i katalizatorun daşınması üçün, 75%-i isə yanma üçün istifadə olunur.

Regenerasiya üçün müntəzəm hava paylanması vacibdir. Əks halda, katalizator itkiləri artır. Oksigen təbəqədən keçir və CO çöküntü zonasında yanır. Regeneratörün yuxarı hissəsində iki mərhələli və tez-tez üç mərhələli siklonlar birləşdirilir. Regeneratörün yuxarı hissəsində CO-nun yanması baca qazlarında olan oksigen miqdarı ilə idarə olunur. Psevdo qatında krekinq proseslərinin dezavantajı rejimin ideal qarışdırma rejiminə yaxınlığıdır. Nəticədə katalizatordan istifadə dərəcəsi aşağıdır. Dezavantaj, rejimin ideal qarışdırma rejiminə uyğun olmasıdır. Bu reaktorda psevdomonad təbəqənin bütün həcmi plitələr arasında paylanır. Bu zaman buxarlar və qazlar katalizatora əks istiqamətdə hərəkət edirlər. Mərhələli reaktor regenerasiya intensivliyini 9-12 dəfə, krekinq intensivliyini isə adi haldan 2-3 dəfə artırmağa imkan verir.

Qatın hissələrə bölünməsi buxarın və katalizatorun aktivliyini artırır. Katalizatorun və xam buxarların tərs axını təzə katalizatorun katalitik cəhətdən sabit buxarla təmasda olmasına imkan verir, nisbətən sərf olunmuş katalizator isə qeyri-sabit buxarlarla təmasda olur.

Katalitik krekinq qurğuları bəzən xammalın və ya məhsulların təmizlənməsi prosesi ilə birləşdirilir. Beləliklə, 43-107 katalitik krekinq qurğusunun texnoloji sxeminə aşağıdakı bölmələr daxildir:

- vakum distilatının hidro təmizlənməsi;
- katalitik krekinq;
- məhsulun rektifikasiyası və qazın fraksiyalaşdırılması

Katalitik krekinq qurğusu seolit katalizatoru üzərində işləyir və 50%-ə qədər yüksək oktanlı benzin komponentinin, dizel yanacağı komponentlərinin bir hissəsinin, ağır qazoyl və karbohidrogenlərin və qaz komponentlərinin istehsalını təmin edir. Xammalın hidrotəmizlənməsi krekinq məhsullarının məhsuldarlığını artırmağa və koks məhsuldarlığını azaltmağa imkan verir. Məsələn, hidrotəmizlənmiş xammalın krekinqi zamanı benzin fraksiyasının məhsuldarlığı 8% artır, koksun isə 20% azalır. Təzə yem və təkrar emal isti plitəyə qədər davam edən bir lift reaktorunda çatlanır və katalizator iki zonalı regeneratorda bərpa olunur.

Reaktor və regeneratörün istilik balansını bir-biri ilə sıx bağlıdır. Katalizator tərəfindən reaktora verilən istilik aşağıdakı tənliklə verilir:

$$Q_{kat} = G_{kat} C_{kat} (t_{rek} - t_r), \quad (1)$$

burada,  $G_{kat}$  - dövr etdirilən katalizatorun kütləsi, kq/saat;

$C_{kat}$  - katalizatorun istilik tutumu.

Bunu  $C_{kat} = 1,25 kC / (kq \cdot K)$  qəbul etmək olar.

$t_{rek}$  - regeneratörün,  $t_r$  - reaktorun temperaturudur,  $^{\circ}S$ .

Əgər regeneratörə daxil olan soyuq havanın entalpiyasını nəzərə almasaq, o zaman regeneratördə koksun yanma istiliyi regenerasiya edilmiş katalizator və qaz yanma məhsulları arasında paylanır:

$$Q_{yis} = G_{kat} C_{kat} (t_{rek} - t_r) + G_{ym} C_{ym} t_{rek} \quad (2)$$

burada,  $G_{ym}, C_{ym}$  - müvafiq olaraq yanma məhsullarının kütləsi, kq/saat və istilik tutumudur,  $kC / (kq \cdot ^{\circ}S)$



Buradan koksun məhsuldarlığı və onun istilik tutumu məlum olur. Baca qazlarının miqdarı koksun yandırılması üçün istifadə olunan havanın miqdarına əsasən hesablanır.

Reaktorda və regeneratorda temperatur adətən eksperimental məlumatlar əsasında əvvəldən götürülür. Daha sonra katalizatorun kütləsi (2) tənliyindən hesablanır və katalizatorun reaktora verdiyi istilik (1) tənliyindən tapılır.

Katalizator reaktoruna daxil olan istilik xammalın krekinq temperaturuna qədər qızdırılması və krekinq reaksiyalarının aparılması üçün istifadə olunur:

$$Q_{kat} = Q_{km} - Q_{xm} + Q_r \quad (3)$$

burada,  $Q_{km}$  - krekinq məhsulları ilə reaktordan gedən istilik, kC/saat;

$Q_{xm}$  - xammal ilə reaktora gələn istilik, kC/saat;

$Q_r$  - reaksiya istiliyidir.

(3) tənliyində  $Q_{xm}$  naməlum olur. Bu, reaktora daxil olan istiliklərin fərqi ilə tapılır. Sonra  $Q_{xm}$ ,  $G_{xm}$  onda xammalın entalpiyası ( $q_{xm}$ ) tapılır.

Seolit tərkibli katalizatorların aktivliyi amorf alüminium – silikat katalizatorlarının aktivliyindən yüksək olur.

43-107 qurğusunun prinsiplial texnoloji sxemi aşağıdakı kimidir.

Hidrotəmizləmə bölməsi vasitəsilə xammal stabilləşdirildikdən sonra istilik dəyişdiricilərində və boru sobasında qızdırıldıqdan sonra hidrotəmizləmə zamanı baş verən işıq reaksiyalarını yerindən tərpətmək üçün sütuna daşınır. Sütunun dibindən götürülən >209 qalıq təzyiqi olan qalıq nasos boru sobasına, oradan isə lift vasitəsilə reaktorun girişinə verilir. Reaktorda temperatur 515-545<sup>0</sup>C, təmas müddəti bir neçə saniyədir. Burada regeneratordan regenerasiya olunmuş katalizator lift reaktorunun ucundakı tıxac vasitəsilə reaktora daxil olur. Buxarlandırıcının səmərəliliyini artırmaq üçün buxarlayıcılarla təchiz olunmuş buxarlandırıcı bölməyə tökülən katalizator adsorbsiya olunmuş karbohidrogenlərdən azad edilmişdir. Adsorbsiya edilmiş karbohidrogenlərdən

təmizlənmiş katalizator buxarlanma bölməsindən regeneratorda daxil olur. Regenerator 700°C temperatur və 2,5 MPa təzyiq saxlayır.

Koksun yanmasının intensivliyi 80 kq/t, layda qazların sürəti 0,9-1 m/s-dir.

Yanma məhsulları utilizasiya qazanından və elektrostatik çöküntülərdən keçir və qazlarda tozun miqdarı 80 mq/m<sup>3</sup>-ə qədər azalır. Çatlamış məhsulların buxarları distillə sütununun aşağı hissəsinə daxil olur.

Benzin, karbohidrogen qazları və su buxarı sütunun yuxarı hissəsindən çıxarılır, sütunun dibinə isə reaktora qaytarılan katalizator məhlulu üçün çamur kimi çıxış edir. Suspenziyadan ayrılan qalıq maye sütunundan çıxarılır. Bu katalitik krekinq qalıq yem komponenti kimi istehsal üçün uyğun deyil, çətin koklaşdırılan politsiklik aromatik karbohidrogenlərdir, lakin koklaşma prosesi üçün ideal xammaldır. Sütundakı həddindən artıq istilik, sütunun altındakı dövrənin tərs axını ilə çıxarılır. Suvarma istiliyi su buxarını yaratmaq üçün istifadə olunur.

Baca qazlarının tərkibində 5-7%-ə qədər karbonmonoksid var, qalan hissəsi inert qazlardır - azot, karbon qazı və su buxarı. Tullantı istilik qazanı dəm qazını yandırmaq və onu karbon qazı və su buxarına çevirmək üçün istifadə olunur.

Tullantı istilik qazanı silindrik sobadan və buxar qızdırıcısından ibarətdir. Baca qazları tangensial istiqamətdə bacaya daxil olur. CO qazları olan bir boruya qaz lampası da quraşdırılmışdır. Krekinq qurğusunun regeneratordakı hidravlik örtükdən istifadə edərək qazan sobasına və bacaya qoşulur. CO tərkibli qazı alovlandırmaq üçün tullantı istilik qazanının soba temperaturu 1000°C olmalıdır.

Bəzi qurğular katalizator tozunu tamamilə tutmaq üçün elektrik filtrindən istifadə edir. Cihaz yüksək gərginlikli elektrik enerjisi ilə işləyir. Baca qazlarında olan katalizator tozu cihazın daxilindəki elektrodlardan keçərək ionlaşır və toplayıcı elektrodada çökür.

Bəzi qurğular katalizator tozunu tamamilə tutmaq üçün elektrik filtrindən istifadə edir. Cihaz yüksək gərginlikli elektrik enerjisi ilə işləyir. Baca qazlarında olan katalizator tozu cihazın daxilindəki elektrodlardan keçərək ionlaşır və toplayıcı elektrodada çökür.

Çöküntü elektrodları xüsusi mexaniki çəkiclə təchiz edilmişdir. Bu çəkiclər vaxtaşırı elektrostatik çöküntünün divarlarına vurur və çökmüş katalizator tozunu elektrostatik çöküntünün bunkerinə tökür. Filtrdəki qazların temperaturu 200-3000 °C-ə çatır. Baca qazları resirkulyasiya qazanından və nəmləndiricidən sonra gəlir.

Qurğuda üçpilləli tsiklonlar işlədikdə tüstü qazları katalizator tozlarından tamamilə təmizlənir. Belə hallarda elektrik süzgəcindən istifadə edilmir.

Katalitik krekinq qurğuları tez-tez digər cihazlarla birləşdirilir. Bu cür aqreqlərə həmçinin katalitik krekinq qurğularından vakum distillyatların hidrotəmizlənməsi, katalitik krekinqlə alınan reaksiya məhsullarının distillə edilməsi üçün qurğular və qaz fraksiyalaşdırma qurğuları daxildir. Katalitik krekinq qurğusu seolit tərkibli katalizatorla işləyir ki, bu da 50%-ə qədər yüksək oktanlı benzin əldə etməyə imkan verir. Bundan əlavə, zavod dizel yanacağı komponenti (yüngül qazoyl), ağır qazoyl (yanma, qurutma və ya koklaşma prosesləri üçün yanacaq) və karbohidrogen qazları istehsal edir. Bu qazlar quru qazdan (yanacaqdan) ibarətdir; butan-butilen fraksiyası (alkilləşmə prosesi üçün xammal) və propan-propilen fraksiyası (polipropilen istehsalı üçün xammal).

Xammalın ilkin hidrotəmizlənməsi məqsədli məhsulların məhsuldarlığını artırmaqla koks məhsuldarlığını azaldır.

Hidrogen katalitik krakerdə təzə yem və təkrar emal ya birlikdə, ya da ayrı-ayrılıqda parçalanır. Çatlama prosesi lift reaktorunda başlayır və isti yataqda bitir. Katalizatorun bərpası iki mərhələli regeneratordən istifadə etməklə həyata keçirilir.

Müasir sənaye katalitik krekinq qurğuları aşağıdakı növlərə bölünür:

1. Mobil iri katalizatorlarla işləyən qurğular (hissəciklərin orta diametri 2-5 mm).
2. İsti yataqda toz katalizatoru olan qurğular (maksimum hissəcik ölçüsü 120-150 µm)
3. Birbaşa (lift) reaktorları olan qurğular.

Daha aktiv seolit katalizatoru ilə isti yataqda krekinq zamanı xammalın bir hissəsi reaksiya mühitinə çatmadan əvvəl pnevmatik boru kəmərinə çatlanır.

Bu cihazların əsas cihazlarından biri təzyiqli sobadır. Buna hava qızdırıcısı da deyilir.

Belə cihazlarda yanacaq atmosferdən yuxarı təzyiqdə yandırılır. Qızdırılan havanın müqavimətini aradan qaldırmaq üçün katalizator yatağında yüksək təzyiq tətbiq olunur.

Təzyiqli soba iki hissədən ibarətdir. Yanma kamerası və qarışdırma kamerası ümumi korpusda birləşdirilir. Yanma kamerasında maye və ya qazlı yanacaq yandırılır. Təzyiqli sobada inert qaz hasil etmək nəzərdə tutulduqda, yanacağın yandırılması üçün verilən havanın miqdarı nəzəri məbləğə yaxın olmalıdır.

Katalitik krakerlərdə olduğu kimi, havanı qızdırmaq üçün təzyiq ocağından istifadə edildikdə, yanma kamerasında artıq hava nisbəti artırıla bilər.

Təzyiqli ocak karbon poladdan hazırlanmışdır. Ocağın və istilik kameralarının divarları odadavamlı kərpiclə örtülmüşdür. Cihaz xaricdən istilik izolyasiyası ilə izolyasiya edilmişdir.

Reaktor və regeneratorun paralel yerləşdirilməsi ilə üç təzyiq ocağının istifadə olunacağı güman edilir. Onlardan biri regenerasiya üçün verilən havanı qızdırmaq, digər ikisi isə cihazı işə saldıqda pnevmatik nəqliyyat xəttinə çatdırmaq üçün nəzərdə tutulub. Sistem, həddindən artıq təzyiq riskini nəzərə alaraq, təzyiq ocağında təhlükəsizlik klapan ilə təchiz edilmişdir.

Təzyiqli ocak su qızdırıcılarında da istifadə olunur.

## II Fəsil. Əsas ekoloji problemlər

### 2.1. Katalitik krekinq prosesində əsas aparatların izahı

Katalitik krakerlər reaktor-regenerativ eroziyaya məruz qaldıqları üçün bu mənzillərin divarlarını xüsusi metallardan düzəldirlər. Bu, metalın bahalaşmasına və zavodun istehsal etdiyi məhsulların maya dəyərinin artmasına səbəb olur. Metal istehlakını və əsas dəyərini azaltmaq üçün reaktor-regeneratorun otaqları eroziyaya qarşı təbəqə ilə qorunur. Eroziya əleyhinə təbəqənin bu təbəqəsi 2 hissədən ibarətdir.

İzolyasiyanın ilk təbəqəsi istilik köçürməsinin qarşısını almalıdır.

İkinci qat eroziyaya davamlı təbəqə və ya püskürtmə betondur. Bu texnika NII Neftmaş tərəfindən hazırlanmışdır.

Seolit katalizatorlarının aktivliyi amorf alüminosilikat katalizatorlarından daha yüksəkdir. Bu o deməkdir ki, prosesdə daha kiçik reaktorlardan istifadə edilə bilər. Bunun qarşısı iki mülahizə ilə alınır: birincisi, reaktor bölməsində krekinq reaksiyalarının sürəti katalizatorun regenerasiya sürətini, yəni koksun yanma sürətini üstələyir. Digər tərəfdən, krekinq sistemlərində katalizator həm də daşıyıcı rolunu oynayır. Regeneratorda ekzotermik reaksiyaların istiliyinin endotermik reaksiyaların baş verdiyi reaktora ötürülməsi proses rejimini pozur.

İzolyasiya qatına başlamazdan əvvəl 50x50 kvadratmetr ölçülü metal lövhələr bir-birindən 25 sm məsafədə aparatın gövdəsinə qaynaqlanır və diametri 70 mm və uzunluğu 170 mm olan metal qurğular qaynaqlanır. Bu əməliyyatın sonunda regeneratordakı 150 mm qalınlığında izolyasiya təbəqəsi, reaktora isə 100 mm qalınlığında izolyasiya təbəqəsi vurulur.

Adsorbsiya edilmiş karbohidrogenlərdən təmizlənmiş katalizator buxarlanma bölməsindən regeneratordakı daxil olur. Regenerator 700°C temperatur və 2,5 MPa təzyiq saxlayır.

Koksun yanmasının intensivliyi 80 kq/t, layda qazların sürəti 0,9-1 m/s-dir.

Yanma məhsulları utilizasiya qazanından və elektrostatik çöküntülərdən keçir

və qazlarda tozun miqdarı 80 mq/m<sup>3</sup>-ə qədər azalır. Çatlamış məhsulların buxarları distillə sütununun aşağı hissəsinə daxil olur.

Benzin, karbohidrogen qazları və su buxarı sütunun yuxarı hissəsindən çıxarılır və sütunun alt hissəsi reaktora qaytarılan məhlul katalizatoru üçün çöküntü rolunu oynayır. Şlamdan ayrılmış qalıq maye sütundan keçir. Bu indeks, ümumiyyətlə, katalitik krekinq üçün yem kimi istifadə üçün yararlıdır, çünki o, kokslaşmaya meyilli polisiklik aromatik karbohidrogenlərdən ibarətdir, lakin kokslaşma prosesi üçün görünən yemdir. Sütundakı həddindən artıq istilik sütunun altındakı reflü dövründən keçir. Termal suvarma su buxarının istehsalı üçün istifadə olunur.

Bütün daxili səth üzərində metal çubuqlar 20-25 mm izolyasiya payından çıxır. İzolyasiya 1 hissə gil, 1 hissə şamot, 0,5 hissə sement (qlükoza), 0,5 hissə tikinti sementindən ibarətdir. Bundan sonra metal tozların quraşdırılmasına başlanılır. Qab-qacaq üçün torların ölçüləri 500x500-dür. Yemək ızqaralarının ölçüləri metal çubuqlara qaynaqlanır. Hündürlükdə, hər 3 m-də, metalın genişlənməsini nəzərə alaraq, qalan pelvik məşlər arasında 5 mm məsafə qoyulur. Aparat qab torlarının bütün səthi ilə örtüldükdən sonra qab torları həm çubuqlar, həm də qaynaqlarla birləşdirilir. Pelvik məşləri qarışdırdıqdan sonra eroziyaya davamlı təbəqə tətbiq olunur. Bu eroziyaya davamlı təbəqə aşağıdakı komponentlərdən ibarətdir:

3 hissə karoptdan (2 hissə böyük hissəcik, 1 hissə kiçik hissəcik), 1 hissə sementdən (qlükoza), 1 hissə tikinti sementindən və içməli sudan bir sement məhlulu hazırlayır və pelvik tozların içini doldurur. Bu təbəqənin qalınlığı 20-25 mm-dir.

Bu işlər başa çatdıqdan sonra qoruyucu təbəqə vurulur və beton qat qurudulur. Bunun üçün cihazın lyukları bağlanır. Distillə sütunu ilə birləşdirən xətt boyunca bir bölmə yerləşdirilir.

D-201-də tüstü qazının çıxışı bağlanıb və çatlamış məhsulların distillə kolonuna daşınma xəttində atmosfərə lyuk açılır. Hava kompressoru işə salınır, hava brülördən -201 keçir və regeneratara məcbur edilir.

Solenoid klapanlar TCV 2-104, LCV 2-181, hidroklapanlar TCV 20-10% katalizator ötürmə xətlərində açıqdır.

1) Birinci mərhələdə temperaturu 10-15<sup>0</sup>C sürətlə 1200<sup>0</sup>C-ə çatdırmaqla temperatur 48 saat saxlanılır;

2) temperaturu 8-100<sup>0</sup>C-dən 1500<sup>0</sup>C-dək artıraraq, bu temperaturu 72 saat saxlamaq;

3) 200<sup>0</sup>C-də temperaturu 8-100<sup>0</sup>C-ə çatdırmaqla bu temperaturu 48 saat saxlamaq;

4) 5000<sup>0</sup>C-də temperaturu 8-150<sup>0</sup>C-ə qaldıraraq bu temperaturu 72 saat saxladıqdan sonra bu temperatur, qurutma prosesi bitdikdən sonra temperatur 20-25<sup>0</sup>C aşağı salınır. 150-200<sup>0</sup>C-yə çatdıqda yanğın söndürülür, üfləyici-kompressor saxlanılır. Cihazın linzaları açılır və təbii soyutma prosesi başa çatdıqdan sonra 0,5 kq ağırlığında beton təbəqəsi yoxlanılır. (Zərbə zamanı təbəqədə çatlar əmələ gəlmirsə). Eyni zamanda, qaz, liqnin, polimerlər və əsas məhsul - baza aviasiya benzini alınır.

Katalitik emal sayəsində aviasiya benzini motor benzininə nisbətən daha az olefin və daha çox aromatik karbohidrogen ehtiva edir ki, bu da onun sabitliyinə və yüksək oktan sayına səbəb olur.

Baza aviasiya benzininin oktan sayı emal edilmiş xammalın xüsusiyyətlərindən və proses şəraitindən asılı olaraq motor üsuluna görə 82-85-dir. Yüksək oktanlı komponentlər (5-50) və hər kq benzin üçün 2,5-3,3 q antiknock agentini üçün kommersiya aviasiya benzininə 0,004-0,005 antioksidant II-oksidifenilamin əlavə edilir.

Avtomobil benzininin istehsalı üçün əsas xammal 300-550<sup>0</sup>C temperaturda vakumla emal və ya bir qədər dar diapazonda qaynama yolu ilə əldə edilən yağ distilləsidir. Katalitik krekinq qurğularında alınan benzin komponentlərinin oktan sayı motor üsulu ilə 78-82, tədqiqat üsulu ilə 88-94, 0,8 ml/1l mazut əlavə edildikdə 95-99-dur. Katalitik krekinq qurğularının istismarı təcrübəsi göstərmişdir ki, xammal naften karbohidrogenlərlə zəngin olduqda yaranan benzirlərin oktan sayı yüksək olur. İlkin xammalın krekinq dərinliyi, reaktorun iş zonasında temperatur və qaz neftinin resirkulyasiya nisbəti artdıqca yaranan benzinin oktan sayı artır.

Bəzi hallarda, turş yağlardan əldə edilən çatlamış xammalı nəmləndirmək məqsəduyğundur. Təmizlənmiş xammaldan alınan məhsullarda kükürd birləşmələrinin minimum miqdarına görə əlavə təmizlənməyə ehtiyac yoxdur.

Bundan əlavə, hidrotəmizlənmiş xammal prosesi daha ciddi şəkildə həyata keçirməyə və hədəf məhsulu - daha yüksək qiymətə benzin əldə etməyə imkan verir. Turş yağı vakum distillatının katalitik krekinqi ilə əldə edilən maye məhsulların xassələri Cədvəl 2-də verilmişdir. Neftin ilkin emalı proseslərində alınan analoji fraksiyanın məhsulları ilə müqayisədə yüngül katalitik qazoyl (səh. 175-200). (320-3500C) kükürdün və aromatik karbohidrogenlərin (55%-ə qədər) çox olması səbəbindən aşağı setan sayı (25-ə qədər). Bununla belə, yüngül qazoylun tökülmə nöqtəsi xammaldan xeyli aşağıdır. Ciddi rejim və artan resirkulyasiya yüngül qazoyl hasilatının azalmasına, aromatik karbohidrogenlərin miqdarının artmasına və setan sayının artmasına səbəb olur.

Q.b. 320-340<sup>0</sup>C, q.s. 470-ə qədər olan distillat, katalitik krekinq prosesinin qalıq maye məhsuludur. Onun keyfiyyəti əsasən texnoloji rejimdən və yüngül qazoyl prosesinin temperaturundan asılıdır. Adətən çox miqdarda mexaniki birləşmələr və sera ehtiva edir.

Cədvəl 2

Yağlı qazın tərkibi

№	Komponentlər	Xammal (% kütlə)	
		yüngül	ağır
1	hidrogen	0,80	13,65
2	metan	3,20	13,65
3	etilen	0,25	13,65
4	etan	2,40	13,65
5	propilen	10,75	13,30
6	propan	11,70	10,85
7	izobutilen	1,00	3,65
8	n-butilen	12,00	11,50
9	izobutan	23,40	19,75
10	n-butan	5,80	8,75
11	aminlər	7,20	18,55
12	izopentan	15,50	18,55
13	n-pentan	10,00	18,55



Katalitik krekinq prosesindən alınan stabil benzinlər yüksək keyfiyyətli avtomobil və bəzən aviasiya benzinləri istehsal etmək üçün istifadə olunur.

İlkin neft emalından 240-360°C diapazonunda qaynayan kerosin-dizel fraksiyaları aviasiya benzinlərinin istehsalı üçün xammal kimi istifadə olunur. Əvvəlcə qaynama temperaturu 220-245°C olan katalitik təmizlənməli motor benzini alınır. Stabilləşmədən sonra motor benzini katalitik təmizlənməyə məruz qalır. Bu zaman qaz, nafta, polimerlər və s.

Bir çox katalitik kraker xammal kimi geniş çeşiddə vakum distillələri və digər ağır xammallardan istifadə edir. Əsas məqsəd yüksək oktanlı benzin və ya onun komponentlərini almaqdır.

Bəzi zavodlar karbürətorlu mühərriklər üçün reaktiv yanacaq emal edir. Belə benzin kommersiya dərəcəli iki mərhələli krekinq qurğularında yüngül xammalın emalı zamanı alınan benzin əsasında istehsal olunur.

İlk xammaldan (fr. 200-350°C) krekinq yolu ilə ağır mühərrik benzinləri (b.w. – 240°C) alınır. Bundan əlavə, 240°C-dən yuxarı temperaturda buraxılan qaz və fraksiya ayrılır və katalizatorun səthində koks toplanır. Yüngül xammalı qəbul edərkən koksun miqdarı xammalın çəkisinin 1,5-2%-dən çox olmur.

Katalizatorla təkrar təmas nəticəsində reaktiv yanacaq üçün komponent alınır. Bu benzinin avtomobil benzinindən əsas fərqi tərkibində olefinlərin azalması və aromatik karbohidrogenlərin miqdarının artmasıdır.

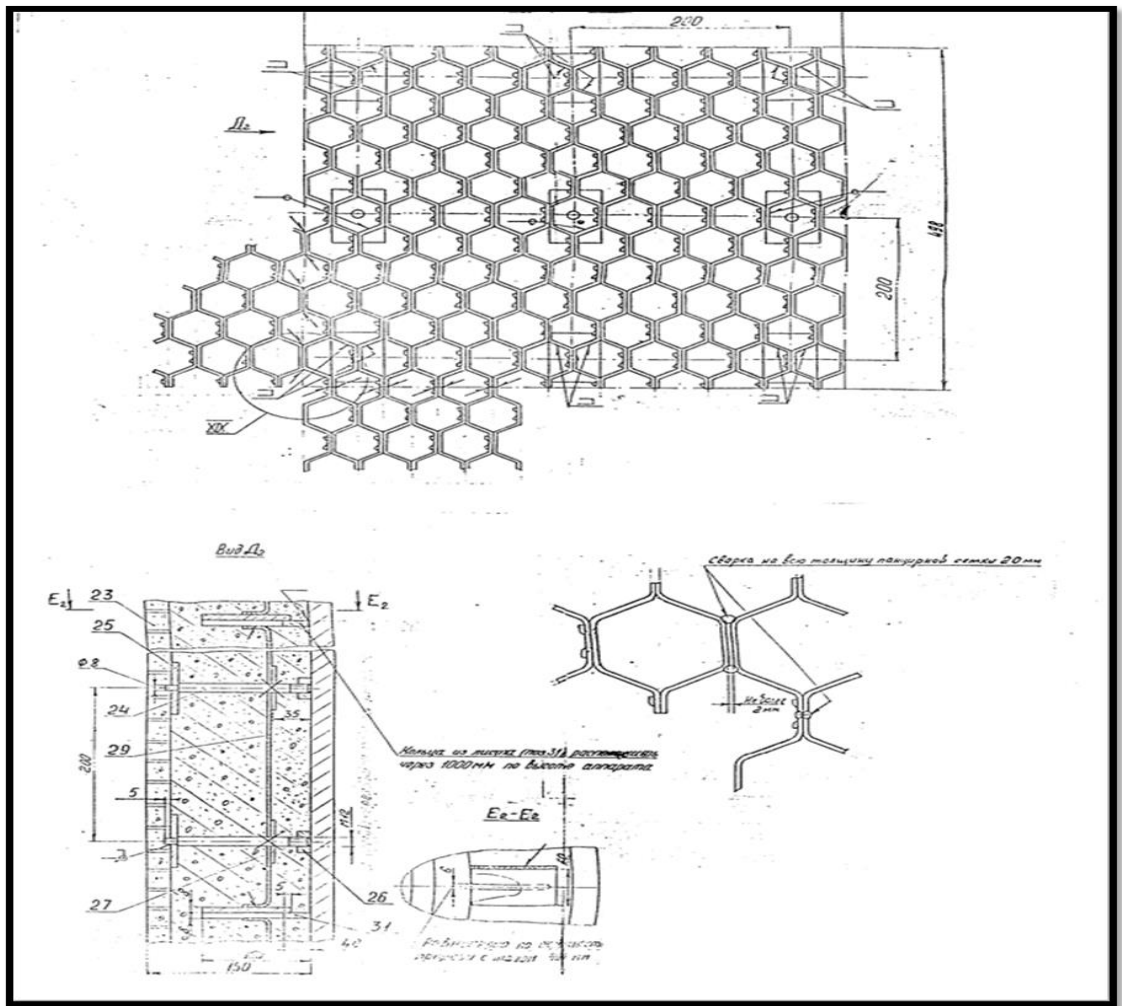
## 2.2. Ətraf mühitin qorunması üçün görülən tədbirlər və prosesin riyazi modelinin qurulması

Ətraf mühitin mühafizəsi təbii sərvətlərdən səmərəli istifadə və hasilata, habelə yerin flora və faunasının müxtəlifliyinin qorunmasına yönəlmiş kompleks tədbirlər sistemidir. Ətraf mühitin mühafizəsi üzrə mühafizə tədbirlərinin həyata keçirilməsində əsas yer bütün tullantıların və qalıqların zərərsizləşdirilməsi və emalına aiddir.

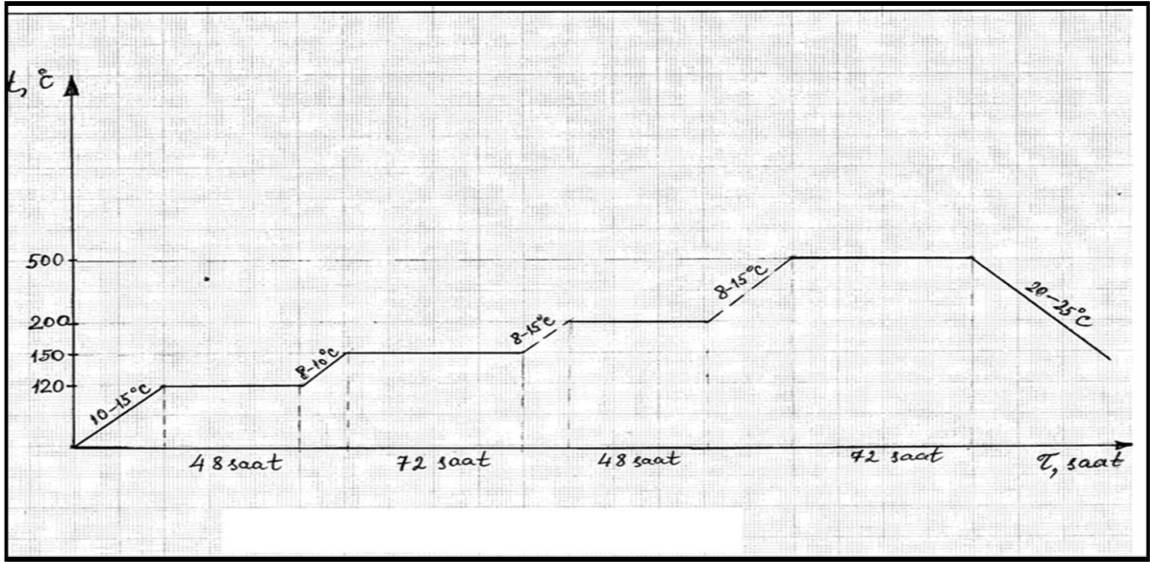
Ən çox katalitik krekinq qurğusunda ətraf mühiti zərərli maddələrlə çirkləndirən reaktor-regenerator blokudur. Reaktor-regenerator blokunda əsas yüksək oktan ədədli benzin alınması prosesi gedir. Yəni siz katalitik krekinq qurğusunda reaktor-regenerator blokunu nə qədər çox dərindən təhlil edib elmi əsaslarla öyrənmiş olsanız, bir o qədər də ətraf mühitə atılan zərərli maddələrin miqdarı azalar. Nədir burada ətraf mühiti çirkləndirən? Reaktor-regenerator blokunun daxilində gedən proses çox aqressiv bir mühitdir. Yəni o tez bir zamanda reaktor-regenerator blokunda dəşik açır, yəni korroziyaya uğrayır. 1 mm korroziyaya uğramış metal bir neçə saatın içində 10-20 sm-ə qədər böyüyə bilər. Nəticədə reaktor-regeneratorun daxilində olan neft məhsulları o dəşikdən ətraf mühitə yayılır. Həm qurğu dayanır, həm də ətraf mühitə külli miqdarda zərərli maddələr keçir. Neft yerə yayılır, texnoloji proses pozulur, texnoloji prosesin də pozulması nəticəsində ətraf mühitə zərərli maddələr buraxılır. Bunun qarşısını almaq üçün reaktor-regenerator blokunda nəql xətlərində Torkert betondan istifadə olunur.

Torkert beton həm reaktorun həm regeneratorun, həm nəql xətlərində, həm də daxilinə çəkilir. Torkert beton həmçinin xarici səthinə də tökülür ki, reaktor-regenerator xətləri qorunsun, korroziyaya uğramasın. Çünki korroziyaya uğrayanda 1-2 saat içərisində boru da dəşilir, reaktor-regenerator da dəşilir. Nəticədə, texnoloji proses dayanır. Həm iqtisadi cəhətdən, həm ekoloji cəhətdən, həm də vaxt nöqteyi-nəzərdən müəssisə çox zərər görür. Torkert betonun düzəldilməsi Moskvanın Elmi-Tədqiqat İnstitutu tərəfindən xüsusi metodika ilə

hazırlanır. Bu xüsusi metodika nədir? Birincisi, yüksək keyfiyyətli sementdən istifadə edilir, təmiz sudan, kvars qumlarından istifadə edilir. Xüsusi arakəsmələrdən torlardan istifadə edilir. O torların üzərinə beton tökülür. O betonun tökülməsi və quruması zamanı xüsusi qurudulma üsulundan istifadə edilir. Zamandan asılı olaraq temperaturun dəyişməsi: hər 10-15 dəqiqədən bir az artırılırlar, sonra bir az, sonra get-gedə azaldırlar. Burada məqsəd odur ki, torkert beton elə tökülsün ki, həm aparatın daxili, həm xarici səthlərinə elə tökülsün ki, orada deşik olmasın.



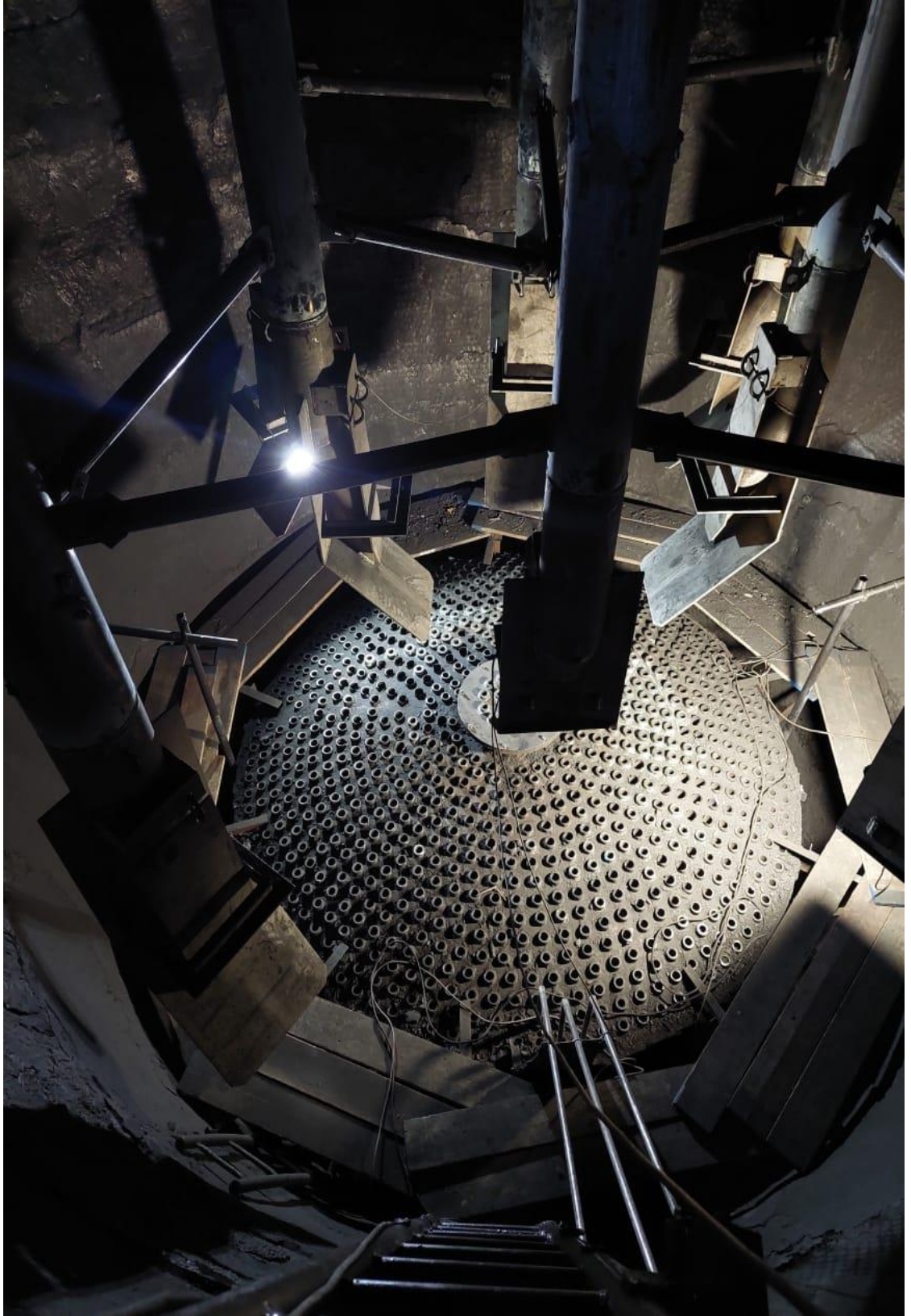
**Şəkil 2.1. Torkert beton sxemi**



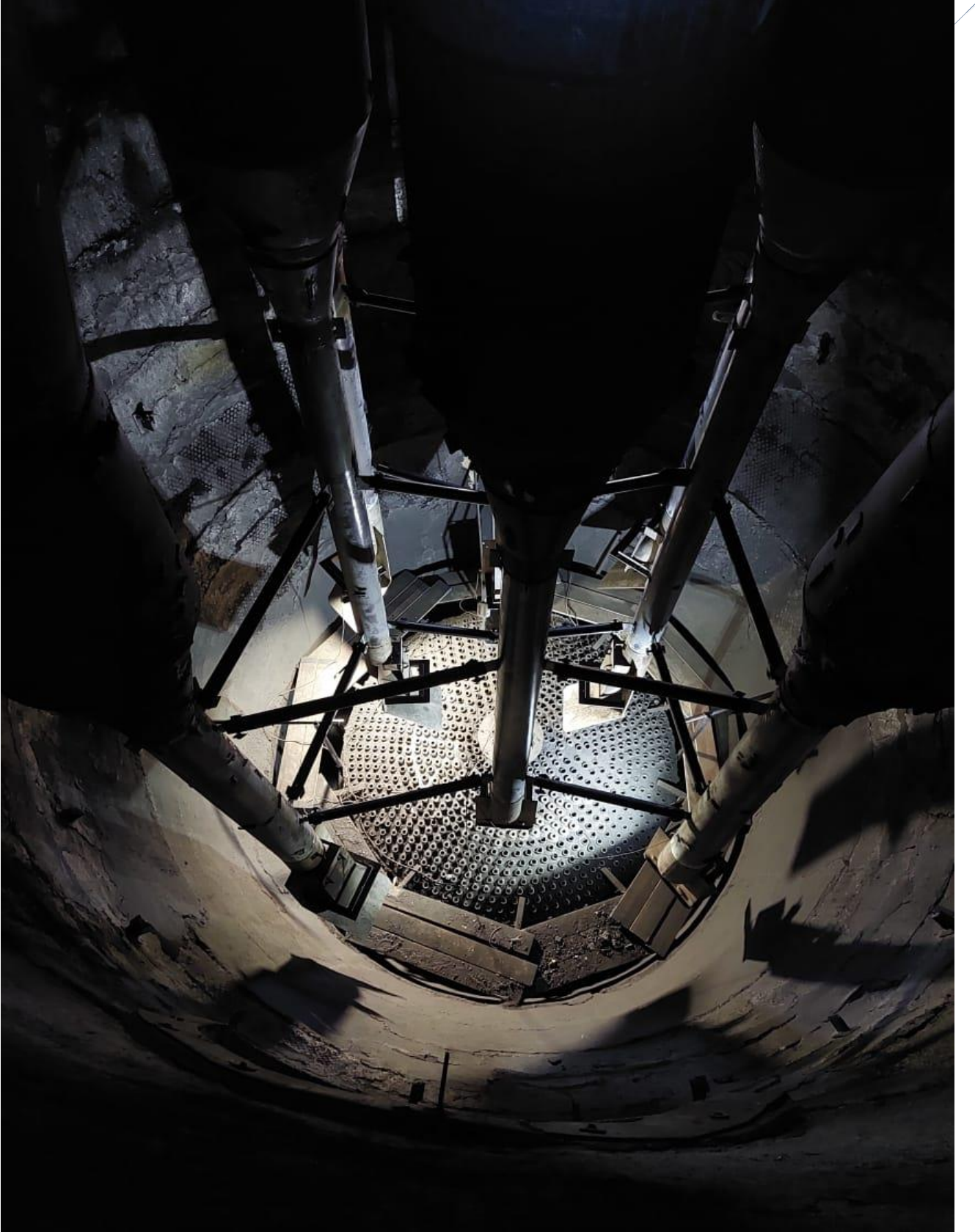
**Şəkil 2.2. Torkert betonun qurudulmasında temperturun zamandan asılıq qrafiki**

Torkert betonu qurudularkən proses fasiləli olaraq davam edir. Beləki qrafikə baxdıqda görürük ki, temperaturu  $10-15^{\circ}\text{C}$  dərəcə artıraraq  $120^{\circ}\text{C}$  dərəcəyə çatana qədər qızdırırıq sonra 48 saat fasilə, daha sonra yenidən  $8-10$  dərəcə artırırıq temperaturu və 72 saat fasilə verdikdən sonra  $8-15^{\circ}\text{C}$  dərəcə temperatur artırılıb yenidən 72 saat fasilə verilir proses fasiləli olaraq davam edir bu onu daha davamlı edir.





*ŞƏKİ.2.3. Heydər Əliyev adına Neft emal zavodunda reaktor regenator qurgusunun torkert beton olan real görüntüsü*



*ŞƏKİL2.4. Heydər Əliyev adına Neft emal zavodunda reaktor regeneratör qurgusunun torkert beton olan real görüntüsü*





***ŞƏKİL.2.5. Heydər Əliyev adına Neft Emalı Zavodunda reaktor regenator qurgusunun torkert beton olan real görüntüsü***



***ŞƏKİL2.6. Heydər Əliyev adına Neft Emalı Zavodunda reaktor regenator qurgusunun torkert beton olan real görüntüsü***

Torkert betonu ən uyğun variantdır, çünki eroziyadan qorunma vacibdir. Torkert betonu çox qənaətcildir. Ona görə də betonun əyirilməsinə üstünlük verirəm.

Torkert betonunda tam çatlama prosesi yoxdur. Avadanlıq eroziyadan tam qorunur.



### **2.3. Ətraf mühitin qorunması məqsədi ilə katalitik krekinq prosesinin statistik modelləşdirilməsi və optimallaşdırılması**

Son illərdə sudan istifadə üçün qapalı sistemlər, az tullantılı texnoloji proseslər, tullantısız istehsal və s. kimyəvi-texnoloji üsullar yaradılmışdır. Qara və əlvan metallurgiya, atom energetikası, neft kimyası, elektronika və xalq təsərrüfatının digər sahələrində biosferin mühafizəsində kimyəvi-texnoloji üsullardan geniş istifadə olunur. Ətraf mühiti qorumaq üçün nəzərdə tutulmuş məhsulların istehsalı da vacibdir. Bunlara ilk növbədə aktivləşdirilmiş karbon və digər adsorbentlər, koagulyantlar, flokulyantlar, katalizatorlar, müxtəlif qələvilər, materiallar və s.

Çirkab suların və qaz tullantılarının təmizlənməsində perspektivli sahələrdən biri membran üsullarından istifadədir. Çirklənmə mənbələrini müasir mütəxəssislər vəziyyətdən asılı olaraq operativ və fəvqəladə çirklənmə mənbələrinə bölürlər. Əməliyyat çirklənməsinin mənbələri də öz növbəsində 3 böyük qrupa bölünür.

I qrup texnologiyanın qeyri-kamilliyi nəticəsində yaranan çirklənmə mənbələrini birləşdirir. Belə ki, neft emalı zavodlarında I qrup atmosfer havasının çirklənməsi mənbələrinə katalitik krekinq (koks yanması), kükürd istehsalı (qalıq  $H_2S$  istehsalı), butil istehsalı, sintetik yağ turşularının istehsalı və s. proseslər daxildir. Əsas texnoloji, sintetik, suyun çirkləndirilməsi tullantılarının mənbələrinə neftin elektrikle duzsuzlaşdırılması, neft məhsullarının emalı, oksidləşmə prosesi, neftin selektiv emalı prosesləri daxildir.

II qrup çirklənmə mənbələri texnoloji səxlərin əsas avadanlıqlarından və köməkçi binalardan ibarətdir. Avadanlığın çirkləndirici təsiri texnoloji prosesdən asılı deyil, yəni dizayn qüsurlarının nəticəsidir.

II qrup çirklənmə mənbələrinə texnoloji qurğuların sobaları, barometrik çənlər, neft və neft məhsullarının saxlanması üçün çənlər, çökdürmə çənləri, quruducular daxildir.

Bir çox katalitik krakerlər xammal kimi geniş çeşiddə vakum distillatlarından və digər ağır xammallardan istifadə edirlər. Əsas məqsəd yüksək oktanlı benzin və ya onun komponentlərini almaqdır.

Bəzi zavodlar karbürətorlu mühərriklər üçün reaktiv yanacaq emal edir. Belə benzinlərin əmtəə nişanları yüngül xammalın ikipilləli krekinq qurğularında emal edilməsi nəticəsində alınan benzinlər əsasında hazırlanır.

İlk xammaldan (fr. 200-350°C) krekinq yolu ilə ağır mühərrik benzini (b.w.-240°C) alınır. Bundan əlavə, 240° C-dən yuxarı temperaturda buraxılan qaz və fraksiya əldə edilir və katalizatorun səthində koks toplanır. Yüngül xammalı qəbul edərkən koksun miqdarı xammalın çəkisinin 1,5-2%-dən çox olmur. Burada istehsal olunan benzinin keyfiyyəti NEZ-in ikinci mərhələsində əlavə olaraq yaxşılaşdırılır.

Katalizatorla yüksək təmas nəticəsində reaktiv yanacaq üçün komponent alınır. Bu benzinin avtomobil benzinindən əsas fərqi tərkibində olefinlərin azalması və aromatik karbohidrogenlərin miqdarının artmasıdır. Bu benzin fraksiyasının qaynama temperaturu 165°C-dir. Aktivlik indeksi 43-44 olan ASNU-1 seolit katalizatorundan istifadə edərkən krekinqin birinci mərhələsi aşağıdakı rejimdə aparılır.

Reaktorda temperatur 465°C, kosmik sürət 0,67h<sup>-1</sup>, ikinci mərhələnin rejimi müvafiq olaraq 468°C və 0,46h<sup>-1</sup>-dir.

Manqışlak neftinin (aşağı kükürlü parafin neft) kerosin-qaz neft fraksiyasının iki mərhələli krekinq məhsullarının məhsuldarlığı aşağıda təqdim olunur.

Cədvəl 3

<b>Xammalın kütləsinə nisbətə</b>		
1.	C <sub>4</sub> -ə qədər qaz	28
2.	İzobutan	12,48
3.	Butilenlərin cəmi	2,62
4.	Təyyarə komponenti (C <sub>5</sub> – 165°C)	35,7
5.	240°C- dən yüksək fraksiya (I pillədə)	18,2
6.	165°C- dən yüksək fraksiya (II pillədə)	13,4
7.	Katalizator səthinə yığılmış koks	3,2
8.	İtki	1,5

Aşağıda qurğuda alınan yanacaqların keyfiyyət göstəriciləri göstərilir

Cədvəl 4

Yanacaqda keyfiyyət göstəriciləri

Göstəricilər	Moto-benzin	Təyyarə komponenti
Oktan ədədi (motor üsulu ilə) təmiz halda	62,3	-
1kq yanacağa 2,9 q TEQ əlavə etdikdə oktan ədədi	-	100
1kq yanacağa 2,9 q TEQ əlavə etdikdə, çeşidliyi	-	127
Qrup karbohidrogen tərkibi, %kütlə:		
doymamış karbohidrogenlər		
aromatik karbohidrogenlər	11,0	2,6
naften karbohidrogenlər		
parafin karbohidrogenlər	28,5	40,3
	4,1	2,9
	56.4	54,2

Yuxarıda deyilmişdir ki, katalitik krekinq qurğuları karbohidrogen qazları, maye məhsullar və koks istehsalı edir.

Karbohidrogen qazlarında daha çox ağır karbohidrogenlər (əsasən C4) olur.

C4 daha çox izobutan və butilen ehtiva edir. Bu prosesdə alınan maye məhsullar benzin, qazoylun yüngül və ağır fraksiyalarından ibarətdir. Xammalı daha aktiv və selektiv seolit katalizatorları ilə emal etdikdə benzin fraksiyasının miqdarı artır, qazoyl fraksiyalarının miqdarı isə azalır. Eyni zamanda, bu məhsulların keyfiyyəti dəyişir.

Lift reaktorlarında temperaturun yüksək olması səbəbindən benzində olefinlərin miqdarı artır.

Düzləşdirici lift reaktorlarına isti yataq aparatı əlavə edildikdə çatlama reaksiyaları daha da güclənir. Nəticədə məhsulda olefinlərin miqdarı azalır və aromatik karbohidrogenlərin miqdarı artır.

Seolit katalizatoru ilə işləyərkən yüngül qazoyl fraksiyasında aromatik karbohidrogenlərin miqdarı artır. Bu, bu fraksiyanın dizel yanacağı kimi istifadəsinə imkan vermir. Həqiqətən, yüngül qaz yağı fraksiyasında çox miqdarda aromatik karbohidrogenlər olduqda, onun setan sayı azalır. Bu fraksiya dizel

yanacağı kimi ya dezodorasiya (təmizləmə) və ya setan sayını artırmaq üçün dərin hidrogenləşdirmə yolu ilə istifadə olunur. Ağır qazoyl fraksiyasında həmçinin çoxlu miqdarda aromatik karbohidrogenlər var. Bu fraksiyadan xammal kimi istifadə edərək elektrod koksu əldə etmək olar.

Kükürlü, çox atomlu və yüksək kükürlü xammalların hidrotəmizlənməsi üçün xammalın katalitik krekinq məhsullarının keyfiyyəti aşağıda verilmişdir (cədvəl 4).

Katalitik krekinq prosesində alınan maye məhsulların keyfiyyət göstəriciləri (turş yağlardan vakum distillə): S = 1,75%: Seokar-2 analizatoru; : bir).

Cədvəl 5

Katalitik krekinq prosesində alınan maye məhsulların keyfiyyət göstəriciləri

Göstəricilər	Benzin fr. q.b.-195 <sup>0</sup> C	fr.195- 270 <sup>0</sup> C	fr.270- 350 <sup>0</sup> C	fr. >35 0 <sup>0</sup> C
Sıxlıq $\rho_4^{20}$ , kq/m <sup>3</sup>	737,8	901,5	940,4	992,3
Oktan ədədi (1 kq yanacağa 0,82 q TEQ əlavə etdikdə)				
Motor üsulu ilə	83,6	-	-	-
Elmi-tədqiqat üsulu ilə	94,2	-	-	-
Kükürdün miqdarı, %(kütlə) :	0,15	2,01	2,53	2,71
Qrup karbohidrogen tərkibi, %(kütlə) :				
olefinlər	31,2	9,7	10,6	-
naftenlər	2,8	7,2	8,8	-
parafinlər	45,8	23,1	29,4	-
aromatiklər	20,2	60,0	51,2	-

## 5. Hesabat hissəsi

Məlumdur ki, yüksək oktanlı benzinlərin istehsalında katalitik krekinq prosesi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu baxımdan katalitik krekinq qurğusunun tərkib hissəsi olan reaktor-regenerator qurğusunun və onları birləşdirən elektrik xətlərinin korroziyadan qorunması çox vacibdir. Bunun üçün texnoloji avadanlıqları korroziyadan qorumaq üçün xüsusi texnologiyadan istifadə etməklə daxili səthlər betonla örtülür. Sonra beton quruyur. Qurutma kütlə ötürmə prosesi olduğundan, kütlə ötürülməsini bildirən xüsusi törəmə diferensial tənliklə yazılır.

$$\frac{\partial m}{\partial \tau} = D \frac{\partial^2 m}{\partial x^2} \quad (1)$$

burada  $m$  - materialın nəmliyi;

$D$  – diffuziya əmsalı.

Tutaq ki, başlanğıc tənlik  $C_1$ -ə bərabərdir və o səth üzrə bərabər paylanıbdır.

Başlanğıc və sərhəd şərtləri aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$m = 1 \quad \tau = 0 \quad (2)$$

$$m = 0 \quad \tau = \infty \quad (3)$$

$$m = 0 \quad x = 0 \quad (4)$$

$$m = 0 \quad x = 2R \quad (5)$$

(1) tənliyinin (2)-(5) şərtlərini ödəyən həllini tapaq. Qəbul edək ki,  $m = i, \varphi - \psi$  hasilində ifadə etmək olar. Burada  $\varphi$  yalnız  $x$ -ci  $\psi$  isə  $\tau$ -nın fraksiyasıdır.

Nəzərə alsaq ki,  $m = \varphi \cdot \psi$  onda (1) tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$\varphi \frac{d\psi}{d\tau} = D \frac{d^2\varphi}{dx^2} \psi \quad (6)$$

və ya

$$\frac{1}{\varphi} \frac{d^2\varphi}{dx^2} = \frac{1}{D\psi} \frac{d\psi}{d\tau} \quad (7)$$

Təyminata görə  $\varphi$  -  $x$ -dan adısı deyildir.

Həmçinin,  $x$  dəyişdikcə tənliyin sağ tərəfi sabit qalır. Analoji olaraq, sol tərəf dəyişdirildikdə dəyişməz qalır. Tənliyin hər iki tərəfi eyni sabitə bərabərdir. Bu sabiti

(-kg2) ifadə etsək, adi diferensial tənliklər adlanan 2 tənlik alırıq. Tənliklərin ümumi inteqralı aşağıdakı kimi olacaqdır.

$$\varphi = C_1 - \cos kx + C_2 \sin kx$$

$$\psi = C_3 \cdot e^{-Dk^2\tau}$$

Axtarılan m funksiyası (6) və (7) funksiyalarının hasili kimi təyin olunur.

$$m = \varphi \cdot \psi = C_3 \cdot e^{-Dk^2\tau} C_1 \cos kx + C_2 \sin kx$$

Funksiya (3) şərtini ödəyir, o həm də (4) şərtini ödəyir, əgər  $C_1=0$  olarsa, ona görə də tənliyin (3) və (4) şərtlərini ödəyən həlli

$$m = C_4 \cdot e^{-Dk^2\tau} \sin kx$$

olacaq.

Bu da k-nı təyin etməliyə imkan verir:

$$k = \frac{n\pi}{2R}$$

burada n – istənilən tam ədəddir.

Beləliklə, (1) differensial tənliyinin (2)-(5) başlangıç və sərhəd şərtlərini ödəyən həllini aldıq:

$$m = C_4 \cdot e^{-D \frac{n^2\pi^2\tau}{4R^2}} \sin \frac{n\pi x}{2R} \quad (8)$$

(8) tənliyində n-ə istənilən qiymət vermək olar. Məsələn,  $n = 1, n = 2, n = 3$  və s. Ancaq (1) tənliyi xətti differensial tənlikdir. İstənilən rəqəmin cəmi, həmçinin onun həlli olacaq. Bu halda yazmaq olar.

$$m = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot e^{-D \frac{n^2\pi^2\tau}{4R^2}} \sin \frac{n\pi x}{2R} \quad (9)$$

$A_n$  - sabit kəfiyyətlərdir. Elə seçilir ki, (2) şərti ödənilsin.

$$A_n = \left[ 1 - (-1)^n \right] \frac{2}{n\pi}$$

(9) tənliyində  $r = \frac{D\tau}{R^2}$  - dir.

(8) tənliyində n-ə istənilən qiymət vermək olar.

(9) tənliyinin  $A_n$  və  $D$  sabitlərinin yuxarıda göstərilən (2)-(5) şərtlərini ödəyən qiymətlərinin tapılması ən kiçik kvadratlar üsulu ilə tapılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki,  $A_n$ -nin və  $D$ -nin optimal qiyməti:

$$A_n = 2,4$$

$$D = 3,8 \cdot 10^{-17} q/q$$

## Nəticə və təkliflər

Buraxılış katalitik krekinq qurğusunda istifadə olunan əyirici betonun qurudulmasına həsr olunub.

Torkert betonunun fiziki-kimyəvi xassələri, eləcə də hazırlanması və konstruksiyası öyrənilmişdir.

Ekologiya məsələsinə də baxılıb.

Nəticədə katalitik krekinq qurğusunda qurutma prosesinin riyazi modeli işlənilib hazırlanmışdır. Yaradılmış riyazi modelin baxılan prosesə uyğunluğu yoxlanılıb.

Riyazi modelin əmsallarının optimal qiymətlərini tapmaq üçün tətbiqi proqram hazırlanmışdır.

Bu, gələcəkdə cihazın işini yaxşılaşdırmağa böyük kömək edə bilər.



## Ədəbiyyat

1. В.П. Суханов. «Каталитические процессы в нефтепереработке» Москва, «Химия», 1979.
2. Егорова Г.М. «Химия нефти» Москва, «Химия», 1965.
3. Q.İ.Səfərov, A.C.Məmmədov «Neft və qaz emalının texnologiyası», Bakı, «Maarif», 2000.