

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
akad. M.NAĞIYEV ADINA KATALİZ VƏ
QEYRİ-ÜZVİ KİMYA İNSTİTUTU

Əlyazma hüququnda

SƏFƏROV AQİL RAFİQ OĞLU

KREKİNG VƏ PİROLİZ QAZLARININ BİRGƏ EMALININ
KİMYA-TEXNOLOJİ KOMPLEKSİNİN OPTİMAL
LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİNİN ELMİ
ƏSASLARININ YARADILMASI

3303.01 - Kimya texnologiyası və mühəndisliyi

Texnika üzrə elmlər doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

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

BAKI – 2018

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının akad. M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun "Seolit katalizi" laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçi:

AMEA-nın akademiki,
texnika üzrə elmləri doktoru, prof.

Ağadadaş Əliyev

Rəsmi opponətlər:

AMEA-nın müxbir üzvü,
texnika üzrə elmləri doktoru, prof.

Mübariz Əhmədov

AMEA-nın müxbir üzvü,
texnika üzrə elmləri doktoru, prof.

Yavuz Rüstəmov

texnika üzrə elmləri doktoru, prof.

Əli Nağıyev

Aparıcı təşkilat:

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "Neft-kimya texnologiyası və sənaye ekologiyası" kafedrası

Dissertasiyanın müdafiəsi «___»_____2018-ci il tarixdə saat ___ AMEA-nın akad. M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun nəzdindəki D 01.021 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1143, Azərbaycan Respublikası, Bakı şəhəri, H.Cavid pr. 113; email: kqki@kqki.science.az

Dissertasiya ilə AMEA-nın akad. M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat «___»_____2018-ci il tarixində göndərilmişdir.

D 01.021 Dissertasiya
Şurasının elmi katibi, k.ü.f.d., b.e.i.

Sevər Əliyeva

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

İşin aktuallığı. Hal-hazırda fəaliyyət göstərən kimya-texnoloji komplekslərin (KTK) modelləşdirilməsi və optimal idarəetmə nəzəriyyəsi kifayət qədər yaxşı inkişaf edib. Baxmayaraq ki, bu nəzəriyyənin əsas prinsipləri mürəkkəb KTK-in modelləşdirilməsində və optimal layihələndirilməsində istifadə olunsa da, müasir dövrün yeni KTK-ə qoyulan tələblərini nəzərə alaraq (xammalın analizi; xammal, yanacaq və enerji resurslarından səmərəli istifadəsi; ekoloji effektivlik; reaktor elementlərinin vahid gücünün artırılması; iqtisadi meyarın seçilməsi, texnoloji sxemin qapalılığı; iqtisadi meyarı nəzərə almaqla reaktor elementəri arasında optimal uzlaşdırılmış material axınlarının təyin olunması və s.) bu məsələni həll etmək mümkün deyil.

Ədədiyyatda mürəkkəb KTK-in modelləşdirilməsinə və optimal lahiyələndirilməsinə aid olan məlumatlar, əsasən bu komplekslərin modelləşdirilməsi və optimal lahiyələndirilməsinin ümumi problemlərilə bağlıdır. Bu məlumatlar konkret praktiki məsələlərin həllində istifadə oluna bilməz.

Bu səbəbdən konkret qrup KTK-in modelləşdirilməsi və optimal lahiyələndirilməsinin elmi əsaslarının yaradılması və mühüm üzvi birləşmələrinin istehsalı məqsədilə təklif olunmuş krekinq və piroliz qazlarının birgə emalının yeni kimya-texnoloji kompleksinin hesablanması tətbiq olunması zərurəti yaranmışdır.

Ölkəmizdə fəaliyyət göstərən neft-kimya və neft-emalı müəssisələrini nəzərdən keçirsək qaz karbohidrogenlərinin hasilatının miqyası (katalitik krekinq və aşağıoktanlı benzinin pirolizi), onların ixtisaslı istifadəsindən əhəmiyyətli dərəcədə yüksək olduğunu görürük. Qaz karbohidrogenlərinin səmərəsiz istifadəsi və bəzən onların məşəldə yandırılması zamanı qiymətli kimyəvi xammal itirilir; neft, qaz hasilatı və emalı sahələrində ekoloji vəziyyətin pisləşməsi müşahidə edilir. Katalitik krekinq qazların tərkibində doymamış karbohidrogenlərin bütün növləri təqdim olunub, lakin onların hər birinin faiz tutumları aşağıdır. Yəni, neft-kimya sənayesi üçün krekinq qazları çox qiymətli xammal olsa da, böyük KTK-in yalnız krekinq qazları əsasında yaradılması mümkünsüzdür. Buna görə də neft-kimya müəssisələri olefinlərə olan ehtiyacları ödəmək üçün Sumqayıt zavodu "Etilen-Polietilen" EP-300 qurğusundan aşağıoktanlı benzinin pirolizi nəticəsində alınan piroliz qazlarından istifadə edilə bilər.

Yuxarıda qeyd olunanlardan aydın olur ki, katalitik krekinq və aşağıoktanlı benzinin piroliz qurğularından alınan qazlarının birgə emalı üçün böyük bir istehsalat kompleksinin yaradılmasına zərurət var. Yalnız

mürrəkkəb kimya-texnoloji sistemləri müxtəlif xammalı və aşağı investisiya qoyuluşu ilə geniş çeşiddə olan sintetik məhsulların alınmasında güclü sənayenin yaradılmasına imkan verəcək. Bununla bağlı krekinq və piroliz qazlarının birgə emalı məqsədilə yeni bir kimya-texnoloji kompleks təklif olunmuşdur. Kompleksə ölkəmizə lazımi, yeni və sənayedə mövcud olan 22 proses daxil olmuşdur (onlardan 6-sı yeni proseslərdir). KTK-in fəaliyyəti polietilenin, polistirolun, divinilstirolun, sirkə turşusunun, etilasetatın, polipropilenin, asetonun, yağ aldehidinin, metiletilketonun, poliizobutilenin və digər qiymətli məhsulların alınmasına imkan verəcək.

Bu kompleksin optimal lahiyələndirilməsinin elmi əsaslarının yaradılması təklif olunmuş KTK-in modelləşdirilməsi və optimal lahiyələndirilməsinin metodu əsasında aparılıb.

Tədqiqatın aktualığı bu işin mərhələlərinin elmi istiqamətinin ayrı-ayrılıqda AMEA-nın akad. M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun elmi-tədqiqat işlərinin tematik planına daxil edilməsilə təsdiq edilir.

İşin məqsədi. Yeni kimya-texnoloji komplekslərin optimal layihələndirilməsinin elmi əsaslarının yaradılması və alınan nəticələrin təklif olunan krekinq və piroliz qazlarının birgə emalı kompleksinin hesablanmasında tətbiq olunmasıdır.

Bu məqsədə nail olmaq üçün bir sıra ardıcıl mərhələlərdən ibarət olan KTK-in layihələndirilməsi metodu yaradılmışdır və bu mərhələləri yerinə yetirməklə kompleksin optimal uzlaşdırılmış iş rejimi təyin olunmuşdur.

Yaradılmış metod əsasında reaktor elementləri arasında yan məhsulları nəzərə almaqla elə bir optimal uzlaşdırılmış material, istilik və resikl axınlarını təyin etmək lazımdır ki (qapalı texnoloji sxem tərtib etmək məqsədilə), kompleksə daxil olan bütün proseslərin real texnoloji rejimlərini və reaktor elementlərinin qarşılıqlı əlaqələrini nəzərə almaqla iqtisadi meyarın optimal qiymətinə uyğun olsun.

Yuxarıdakıları nəzərə almaqla təklif olunmuş işin məsələsinin qoyuluşunu belə bir şəkildə göstərmək olar: krekinq və piroliz qazlarının birgə emalı üçün elə bir kimya-texnoloji kompleks hazırlamaq lazımdır ki, o, respublikanın tələbatına uyğun olan lazımi məhsulların minimal enerji və xammal sərf etməklə alınmasını mümkün etsin. Bunun üçün dissertasiya işində aşağıdakı məsələlər qarşıya qoyulur və həll edilir:

1. Məqsədli məhsulların istehsalı üçün əlverişli proseslərin seçilməsi;

2. Tam kinetik modellərin yaradılması, reaktorların optimal tiplərinin təyini və daxil olmuş proseslərin nəzəri optimallaşdırılmasının aparılması;
3. Təklif olunmuş KTK-in reaktor elementləri arasında qarşılıqlı əlaqələri nəzərə almaqla struktur sxeminin yaradılması və onun riyazi modeli əsasında tam kinetik modellərini daxil etməklə optimallaşdırılması;
4. Material, istilik balanslarını və hidrodinamika tənliklərini nəzərə almaqla KTK-in tam riyazi modelinin yaradılması;
5. KTK-in iqtisadi meyarının seçilməsi, iqtisadi-riyazi modelin yaradılması və bunların əsasında kompleksin qlobal optimallaşdırılmasının aparılması.

Sadalanmış sualların həlli əsasında kompleksin yekun formalaşmış strukturu təyin olunmuşdur.

Elmi yenilik.

- Mürəkkəb KTK-in modelləşdirilməsi və optimal lahiyələndirilməsi üçün metod işlənib hazırlanmışdır.
- Təklif olunmuş metodun əsasında kreking və piroliz qazlarının birgə emalı üçün KTK-in prinsipial texnoloji sxemi yaradılmışdır.
- Kreking və piroliz qazlarının birgə emalının KTK-in iqtisadi meyarın seçilməsi aparılıb.
- Seçilmiş iqtisadi meyarın əsasında təklif olunmuş KTK-in iqtisadi-riyazi modeli tərtib edilib.
- KTK-in iqtisadi-riyazi modelin əsasında onun qlobal optimallaşdırılması aparılıb və bütöv kompleksin optimal uzlaşdırılmış texnoloji parametrləri təyin edilib.
- Göstərilən qurğulardan toplanmış dəlillərin statistik emalı üçün metodika yaradılmış və anomal verilənlərin ləğv ilə bağlı program hazırlanmışdır. Bunların əsasında KTK-ə daxil olan kreking və piroliz qazlarının komponent tərkibinin orta qiymətlərinin hesablanması yerinə yetirilmişdir.
- Aparılmış tədqiqatların nəticəsində qiymətli neft-kimya məhsullarının alınması məqsədilə təklif olunmuş kreking və piroliz qazlarının emalı üçün KTK-in effektiv material və enerji axınlarının istifadəsini nəzərə almaqla qapalı texnoloji sxemi yaradılıb.

Elmi istiqamət. Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində kimya-texnoloji komplekslərin modelləşdirilməsi və optimal layihələşdirilməsi nəzəriyyəsinə öz töhfələrini verən elmi müddəalar göstərilib və əsaslandırılıb.

İşin praktiki əhəmiyyəti. Krekinq və piroliz qazlarının birgə emalı kimya-texnoloji kompleksinin təklif edilən metodla tədqiqindən alınan nəticələr onun optimal layihələşdirilməsində istifadə oluna bilər.

Müəllifin şəxsi iştirakı. Elmi tədqiqatın məqsədi, istiqaməti və məsələnin qoyuluşu birbaşa müəllif tərəfindən təyin edilmişdir. O, hesablamaların aparılmasında, alınmış nəticələrin analizi, müzakirəsi və sistemləşdirilməsində, əsas elmi müddələrin dürüst ifadə edilməsində birbaşa iştirak edib.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıda göstərilən respublika və beynəlxalq konfranslarda məruzə edilmiş və müzakirə olunmuşdur: D.İ.Mendeleyev adına Rusiya Kimya Cəmiyyətinin II Beynəlxalq konfransı, Moskva, 2010; XXIV Beynəlxalq elmi konfrans – Texnika və texnologiyada riyazi metodlar – MMTT-24, Saratov, 2011; IX Ümumrusiya elmi-texniki konfrans – Elmi tədqiqatlarda, sənayedə, təhsildə və ekologiyada informasiya sistemləri və modellər, Tula, 2011; Beynəlxalq iştiraklı kimya texnologiyası sahəsi üzrə IV Ümumrusiya konfransı XT-12, Moskva, 2012; Akademik Y.H.Məmmədəliyev adına VIII Beynəlxalq konfransı, 2012; Kimya texnologiya və ətraf mühütün müdafiəsi üzrə aktual məsələlərinə həsr olunmuş Ümumrusiya konfransı, Novoçeboksarsk, 2012; XXV Beynəlxalq elmi konfrans – Texnika və texnologiyada riyazi metodlar – MMTT-25, Volqoqrad, 2012; Akademik M.F.Nağıyevin 105 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfrans, Bakı, 2013; Fundamental və tətbiqi elmlərin aktual problemlərinin həllində multidissiplinar yanaşmanın rolu mövzusunda aid gənc alimlərin və mütəxəssislərin I Beynəlxalq elmi konfransı, Bakı, 2014; Gənc alimlərin Ümumrusiya elmi-praktiki konfransı "Texnosferada ekologiya və təhlükəsizlik: müəssir problemlər və onların həlli yolları", 2014, Yurqa; Akademik T.N.Şahtaxtinskiyinin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika elmi konfransı, Bakı, 2015; Beynəlxalq elmi konfrans – "Elmi qış mühazirələri", Kiyev, 2016; VI Beynəlxalq elmi konfrans "Kimya termodinamika və kinetika", Tver, 2016; Akademik M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika elmi konfrans, Bakı, 2016.

İşin nəşri. Dissertasiya mövzusu üzrə əsas nəticələr 53 elmi əsər, o cümlədən 29 məqalə ölkədə və xarici jurnallarda nəşr edilmişdir.

Dissertasiyanın həcmi və quruluşu. Dissertasiya işi girişdən, 6 fəsildən, nəticələrdən, əlavələr bölməsindən və istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiyanın məzmunu 273 səhifədə kompüter mətni şəklində şərh olunmuş, o cümlədən 37 şəkildən və 42 cədvəldən

ibarətdir. Ədəbiyyat siyahısı 270 adda istinaddan təşkil olunmuşdur, əlavələr isə 24 səhifədə öz əksini tapıb.

Dissertasiyanın fəsilələrinin adları avtoreferatın müvafiq bölmələrinin adlarına oxşardır.

I. Krekinq və piroliz qazlarının emalı KTK-in optimal layihələşdirilməsi metodu

Dissertasiya işinin birinci fəslində təklif olunmuş metodun tam təfərrüatı ilə izahı göstərilib. Bu metodun krekinq və piroliz qazlarının birgə emalı kompleksinin hesablanmasında tətbiqinin nəticələri və müzakirələri sonrakı fəsilələrdə təqdim olunub.

Yaradılan KTK-in layihələşdirilmə metodu aşağıdakı ardıcıl mərhələləri yerinə yetirməklə reallaşdırılır:

1. KTK-ə daxil olan krekinq və piroliz qazlarının tərkibindəki komponentlərin orta qiymətlərinin təyin edilməsi məqsədilə statistik emalın aparılması.
2. Təklif olunan KTK-in analizi və sintezi. Bunun əsasında Respublikaya lazımı olan məhsulların alınması məqsədilə kompleksə yeni və sənayedə mövcud olan prosesləri daxil etməklə onun prinsipial sxeminin hazırlanması.
3. KTK-in bütün proseslərinin tam kinetik modellərinin hazırlanması, onların əsasında reaktorların optimal tiplərinin seçilməsi, reaktor elementləri arasında ilkin material və resirkulyasiya axınlarının paylaşdırılması və bütün proseslərin material balanslarının ilkin hesablanması.
4. Reaktor elementlərinin tam kinetik modelləri əsasında bütöv kompleksin riyazi modelinin qurulması.
5. Bütün altsistemlərin lokal kriteriyalarını nəzərə almaqla və məqsədli məhsulların maksimal məhsuldarlıqlarını təmin etməklə kompleksin riyazi modeli əsasında optimal uzlaşdırılmış material axınlarının təyin edilməsi.
6. KTK-in ilkin optimallaşdırma nəticələri əsasında hər bir prosesin tam riyazi modelinin hazırlanması.
7. Reaktor elementləri arasında material və resirkulyasiya axınlarının dəqiq paylaşmasının təyin edilməsi məqsədilə kompleksin bütöv altsistemlərin tam riyazi modelləri əsasında və iqtisadi meyarı nəzərə almaqla onun global optimallaşdırılmasının aparılması.

Təklif olunmuş mərhələlərin nəticələri dissertasiyanın müvafiq fəsilələrində müzakirə olunur.

II. Sənaye dəlillərinin statistik emalı

KTK-in layihələşdirilməsi ilk növbədə bura daxil olan krekinq və piroliz qazlarının miqdarları haqqında məlumat olmasını tələb edir. Kütlə axınlarının hesablanması üçün Etilen-Polietilen zavodunun EP-300 piroliz qurğularının və H.Əliyev adına Bakı Neft Emalı Zavodunun katalitik krekinq Q-43-107M qurğusunun istehsalat güclərini kompleksə daxil olan qazların komponent tərkibinə vurmaq lazımdır. Qeyd etmək lazımdır ki, qazların komponent tərkibi müəyyən səbəblərə görə tez-tez dəyişir və təsadüfi hal daşıyır. Yalnız çoxlu sayda sənaye dəlillərin əsasında, onların statistik emalı nəticəsində krekinq və piroliz qazlarının düzgün orta komponent tərkibini müəyyənləşdirmək olar. Lakin toplanmış sənaye dəlillərinin sıralarında anomal nöqtələrə, yəni ümumi kütlədən kifayət qədər fərqlənən qiymətlərə rast gəlmək olar.

Bu yanlışlıqları aradan qaldırmaq məqsədilə üç siqma qaydasının istifadəsilə təsadüfi qiymətlərin normal paylanması qanununa və əsas komponentlər metoduna əsasən sənaye dəlillərin emalı metodikası yaradılmışdır.

Təsədüfi qiymətlərin normal paylanma qanunu ən geniş yayılmış və ümumi qanunlardan biridir. Bu qanuna əsasən analizin nəticələrinin ehtimal sıxlığının eyni tipli hamar əyrisilə təsvir etmək olar. Analitik formada normal paylanma qanunu aşağıdakı ehtimal sıxlığı ilə xarakterizə olunur:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Təsədüfi qiymətlərin paylanma qanununa və üç siqma qaydasına əsasən anomal qiymətlərin kənarlaşdırılması aparılmışdır. Bunun üçün aşağıdakı prosedur təklif olunmuşdur:

- $\Delta_{\max} = x_{\max} - Me$ təyin olunur, burada x_{\max} – seçmədə olan anomal qiymətdir, Me – bütün seçmənin medianasıdır;
- müqaisə aparılır

$$|\Delta_{\max}| > cS_x, \quad (2)$$

burada c – üç siqma qaydasına uyğun olaraq 1 və 3 arasında dəyişən konstantdır. Bu konstantı Student kriteriyası – t vasitəsilə hesablanması təklif olunur. Bərabərsizlik (2) yerinə yetirilirsə, o zaman müşaidə olunan qiymət x_{\max} kənarlaşdırılır. Orta kvadratik meyletmə S_x hər dəfə qalan seçmə üzrə aparılır. Bu prosedur anomal qiymətlərin kənarlaşdırılmasının birinci mərhələsidir. İkinci mərhələ isə əsas komponentlər metodu vasitəsilə aparılır. Son zamanlar bu metod böyük maraq qazanıb. Buna sübut

olaraq bu metodun dünyada tanınmış SPSS, MathCad, Matlab, Origin proqram paketlərinin son versiyalarına daxil edilməsini göstərmək olar.

Əsas komponentlər metodu – informasiyanın həcmnin minimal itkisini gözləməklə məsələnin ölçüsünün azaldılması əsas üsullarından biridir. Əsas komponentlərin hesablanması kovariasiya matrisasının həqiqi qiymətlərinin və həqiqi vektorların hesablanması ilə aparılır.

Əvvəlcə verilənlərin standartlaşdırılması aparılır. Bunun üçün ilk növbədə bütün dəlillər üzrə parametrlərin orta qiymətləri \bar{x}_j və onların orta kvadratik meyilmələri D_j aşağıdakı düsturlarla hesablanır:

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n}, \quad j = \overline{1, k} \quad (3)$$

$$D_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}{n-1}} \quad (4)$$

Burada x_{ij} i -təcrübəsində j -parametrinin eksperimental qiymətidir; n – təcrübələrin ümumi sayı. \bar{x}_j və D_j bütün verilənlər massivinin mərkəzləşdirilməsi və normallaşdırılması üçün istifadə olunur. Normallaşdırılmış matrisanın elementinin qiyməti olacaq

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sqrt{D_j}} \quad (5)$$

Bundan sonra artıq standartlaşdırılmış qiymətlərdən ibarət olan matrisa əsasında kovariasiya matrisası qurulur. Bunun üçün dispersiyaları (variasiyaları) σ_{jj}^2 və kovariasiyaları (x_1, x_j) , $j = \overline{1, k}$ təyin etmək lazımdır.

Yəni ki

$$A = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \text{cov}(x_1, x_2) & \dots & \text{cov}(x_1, x_j) \\ \text{cov}(x_2, x_1) & \sigma_2^2 & \dots & \text{cov}(x_2, x_j) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \text{cov}(x_j, x_1) & \text{cov}(x_j, x_2) & \dots & \sigma_{jj}^2 \end{pmatrix} \quad (6)$$

harada A – kovariasiya matrisasıdır, $\text{cov}(x_1, x_j)$ – kovariasiya (və ya kovariasiya momenti). Kovariasiya aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\text{cov}_{xx_j} = M\{[x - M(x)][x_j - M(x_j)]\} \quad (7)$$

Ardınca $\det(A - \lambda I) = 0$ xarakteristik tənliyi həll etməklə kovariasiya matrisinin (A) həqiqi qiymətləri hesablanır. I – ($k \times k$) bir ölçülü matrisdir. A matrisinin həqiqi qiymətlərinin təyini üçün xarakteristik tənliyi hesablamaq lazımdır

$$|A - \lambda E| = \begin{vmatrix} a_{11} - \lambda & a_{12} & \dots & a_{1j} \\ a_{21} & a_{22} - \lambda & \dots & a_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{j1} & a_{j2} & \dots & a_{jj} \end{vmatrix} = 0 \quad (8)$$

Kvadrat tənliyini həll etməklə λ_j ($j = \overline{1, r}$) kökləri təyin olunur. Bunlar A matrisinin həqiqi (xarakteristik) qiymətləridir. Bu qiymətlərin cəmi, dispersiyaların cəmini təşkil edəcək.

$AX = \lambda X$ tənliyini həll etdikdən sonra və həqiqi qiymətləri almaqla korrelyasiya matrisinin həqiqi vektorlarının qiymətləri hesablanır. Onları aldıqdan sonra əsas komponentlərin matrisası qurulur

$$u = \{u_{ij}\}, \quad i = \overline{1, r}; \quad j = \overline{1, k}, \quad (9)$$

burada u_{ij} – həqiqi vektorların istiqaməti üzrə nöqtələrin koordinatlarıdır:

$$u_{ij} = \sum_{l=1}^r \tilde{x}_{il} a_{lj}, \quad l = \overline{1, r} \quad (10)$$

$a_{lj} - j$ həqiqi vektorun l elementidir.

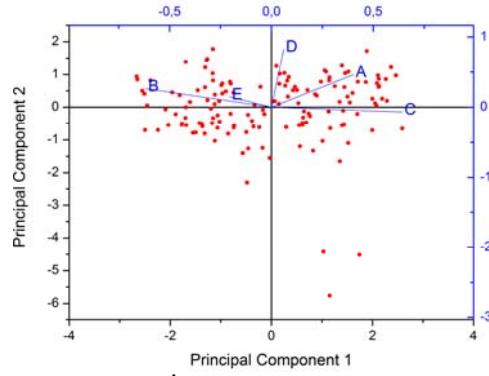
Beləliklə başlanğıc koordanatı müşaidə olan nöqtələrin mərkəzində yerləşdirməklə yeni bir k -ölçülü sistem qurulmuşdur (şək. 1).

Anomal verilənlərin kənarlaşdırılması üçün dəlillər toplusunun mərkəzindən müşaidə olunan nöqtələrə qədər çoxölçülü məsafələrin statistik qiymətləri hesablanır. Bu hesablama Hotelling testi adlanır.

$$T^2 = n(\bar{X} - \mu_0)^T A^{-1}(\bar{X} - \mu_0), \quad (11)$$

burada $\bar{X} = [\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_j]^T$; $\mu_0 = [\mu_1^0, \mu_2^0, \dots, \mu_j^0]^T$.

Hər bir müşaidə nöqtəsi üçün bu məsafələri hesablamaqla və üç siqma qaydasını tətbiq etməklə, məsafələrin ən yüksək qiymətlərə malik olan nöqtələr kənarlaşdırılır.



Şək.1. İlk iki əsas komponent vasitəsilə verilənlərin qrafiki görünüşü.

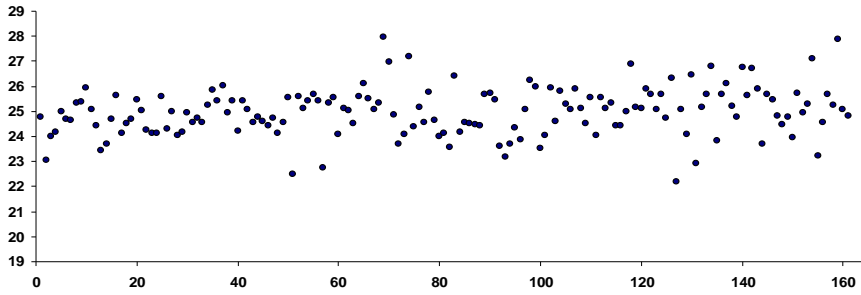
Anomal verilənlərin kənarlaşdırılmasından sonra paylanmanın normallığı üzrə yoxlanılması aparılır. Müsbət nəticə alındıqda qaz komponentinin orta qiymətinin hesablanması aparılır. Bunun üçün qalan etibarlı qiymətlərin toplusu üzrə çoxölçülü xətti reqressiya analizi tətbiq etməklə giriş (idarəetmə parametrləri) və çıxış parametrləri arasında korelyasiya asılılıqlarının təyini aparılır. Bu asılılıqlar əsasında qaz komponentlərin düzgün orta qiymətləri hesablanır. Asılılığın forması belə bir şəkildə nəzərdə tutulur:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k , \quad (12)$$

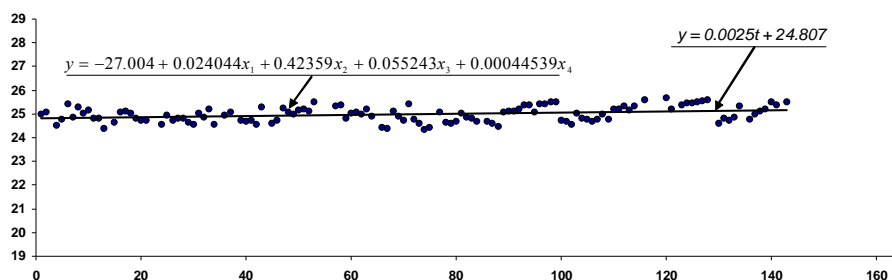
burada k – faktorların miqdarı, $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$ – ən kiçik kvadratlar metodu vasitəsilə təyin etdiyimiz reqressiya tənliyinin əmsalları.

Yuxarıda göstərilmiş reqressiya tənliyi əsasında əldə etdiyimiz nəzəri qiymətlərlə $y = kx + b$ düsturuna görə komponentin yekun b – düzgün orta qiymətinin hesablanması məqsədilə xətti reqressiya analizi aparılır.

Şəkil 2-də və şəkil 3-də müvafiq olaraq ilkin sənaye dəlillərinin statistik emaldan əvvəl və emaldan sonra qalan qiymətlər göstərilib.



Şək. 2. Etilen qazı üçün ilkin sənaye dəlilləri.



Şək. 3. 12-ci düstura müvafiq olaraq etilən qazın çıxımının hesablanmış qiymətləri və bu komponentin orta qiymətini göstərən regressiya xətti – y oxu ilə kəsişmə nöqtəsi – (24.807).

Təklif olunmuş metodika piroqazın bütün komponentlərinə tətbiq olunmuşdur. Piroqazın hesablanmış komponent tərkibinin miqdarlarının orta qiymətlərinin nəticələri cədvəl 1-də göstərilib.

Cədvəl 1

Piroqazın komponent tərkibinin miqdarının orta qiymətləri, % küt.

H ₂	0.9414	C ₂ H ₂	0.2033
CO	0.1271	C ₄ H ₆	5.0629
CO ₂	0.0179	∑C ₄	5.1197
CH ₄	14.442	∑C ₅ -∑C ₇	6.6221
C ₂ H ₆	3.2483	C ₆ H ₆	11.927
C ₂ H ₄	24.807	C ₇ H ₈	5.8832
C ₃ H ₈	0.6016	∑C ₈	3.6885
C ₃ H ₆	13.983	∑C ₉ +	3.2083
C ₃ H ₄	0.1167	∑	100%

Qeyd etmək lazımdır ki, krekinq-qazlar üçün tətbiq olunmuş metodika piroliz qazlarına tətbiq olunmuş metodikadan bir qədər fərqlənir. Məsələ bundadır ki, krekinq-qurğularının rejim parametrləri praktiki olaraq zamana görə dəyişmir, piroliz qazlarının çıxımlarına isə müxtəlif dəyişən amillər təsir edir (sobanın iş vaxtı və temperaturu, benzinin və buxarın giriş qiymətləri). Buna görə krekinq qazları üzrə sənaye dəlillərində olan anomal verilənlərinin kənarlaşdırılması üçün çoxölçülü analiz tətbiqinə ehtiyac yox idi. Bu qazların hesablanmış komponent tərkibinin miqdarlarının orta qiymətlərinin nəticələri cədvəl 2-də göstərilib.

Cədvəl 2

Krekinq-qazın komponent tərkibinin miqdarının orta qiymətləri, % küt.

CO+ CO ₂	0.01	C ₃ H ₈	6.450
H ₂	0.346	<i>i</i> C ₄ H ₈	9.574
CH ₄	4.364	<i>n</i> C ₄ H ₈	23.365
C ₂ H ₄	4.017	<i>i</i> C ₄ H ₁₀	20.386
C ₂ H ₆	3.770	<i>n</i> C ₄ H ₁₀	5.010
H ₂ S	0.107	ΣC ₅ H ₁₀	0.178
C ₃ H ₆	21.578	<i>i</i> C ₅ H ₁₂	0.752

Beləliklə krekinq və piroliz qazlarının komponentlərinin orta qiymətlərinin nəticələrini, qurğuların istehsalat güclərinə vurmaqla, təklif olunmuş KTK-ə daxil olan kütlə axınlarının qiymətlərini təyin edə bildik. Bu məlumatı əldə edərək KTK-in analizinə və sintezinə keçid aldıq.

III. KTK-in prinsiplial-texnoloji sxeminin analizi və sintezi.

Kompleksə daxil olan proseslərin tam kinetik modellərinin qurulması və onların nəzəri optimallaşdırılmasının aparılması.

KTK-in optimal layihələndirilməsinin ikinci mərhələsinə əsasən analiz və sintez məsələsi Respublikanın bazarında məqsədli məhsullarının lazımı miqdarda alınmasının ən uyğun topologiyasının seçiminə gətirib çıxardır, yəni KTK-in struktur sxeminin sintezinə.

Bu məsələnin həlli aşağıdakı bəndlərin yerinə yetirilməsini nəzərdə tutur:

- Seçilmiş məqsədli məhsulların və onların miqdarca lazımı tələbatını göstərməklə müvafiq reyestrin hazırlanması;
- Seçilmiş məqsədli məhsulların alınması üçün KTK-ə iqtisadi və ekoloji baxımından ən rəşional proseslərin seçilməsi və daxil edilməsi;
- KTK-ə daxil olan qaz kütlə axınlarının reyestrində göstərilmiş məqsədli məhsulların məhsuldarlıqlarını təmin etmək üçün kompleksin material balansının təxmini (stexiometrik) hesablanması. Bu mərhələdə KTK-ə daxil olan proseslərin hesablanmasında kinetikanın istifadəsi tələb olunmur, məhsulların çıxımlarını çevrilmə dərəcələri ilə

təyin etmək kifayətdir ki, onların axın istiqamətlərini izləməklə yekunda məqsədli məhsulların lazımı miqdarda alınması təsdiq edilsin.

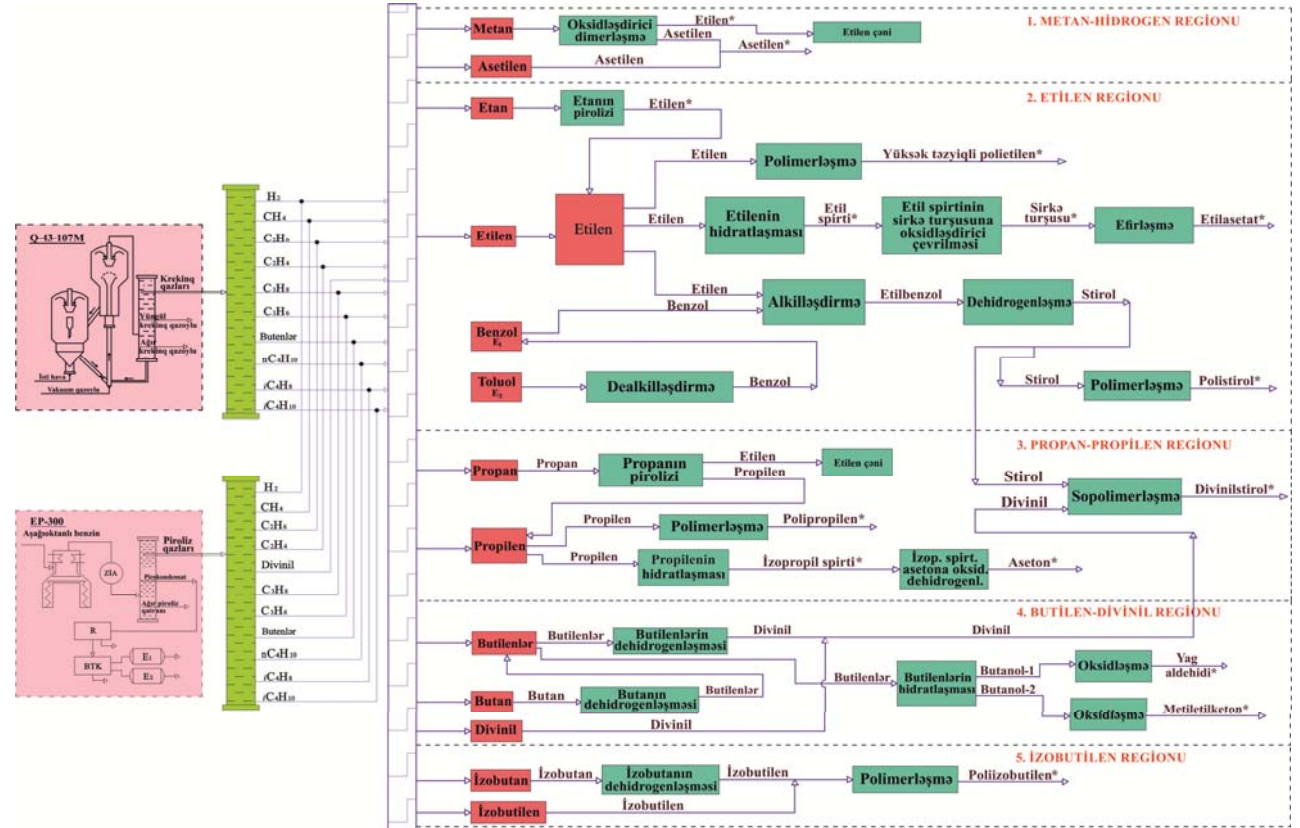
Bu bəndlərin yerinə yetirilməsi neft-kimyə məhsulları bazarının marketing analizinin aparılmasını tələb edir. Bazarı təhlil edərkən müxtəlif mənbələrdən məlumatlar istifadə olunub: Azərbaycan Dövlət Statistika Komitəsinin, Azərbaycan İqtisadiyyat Nazirliyinin statistik və analitik materialları; neft-kimyə şirkətlərinin istehsal və maliyyə fəaliyyəti haqqında rəsmi məlumatlar; yerli və xarici elmi ədəbiyyat məlumatları; müxtəlif istehsal müəssisələrin sənədləri.

Krekinq və piroliz qazlarının kompleksə daxil olan ümumi kütlə axınlarının hesablanmış qiymətlərinə və Respublika bazarının konyukturasının təhlilinə əsasən ölkəyə lazım olan mühüm məqsədli məhsullarının seçimi aparılmışdır. Bu məhsulların alınması üçün kompleksə yeni və sənayedə mövcud olan proseslər daxil edilmişdir (bütövlükdə 22 proses).

Praktiki olaraq kompleksə daxil olan bütün yeni proseslər akad. M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun "Seolit katalizi" laboratoriyasında ekoloji təmiz və yüksək effektivli seolit katalizatorları əsasında yaradılıb. Bu proseslər sənayedə mövcud olan yüksək təzyiqdə və temperaturda aqressiv katalitik maddələrin iştirakı ilə aparılan analogi proseslərdən fərqli olaraq daha yumşaq şəraitdə (atmosfer təzyiqində, aşağı temperaturda), yüksək çevrilmə dərəcəsilə və məqsədli məhsullara görə yüksək selektivliklərlə aparılır. KTK-də seolit katalizatorları əsasında yaradılmış yeni proseslərin daxil edilməsi kompleksin ekoloji təhlükəsizliyinin yaxşılaşdırılmasına və iqtisadi effektivliyinin artmasına imkan verəcək.

Yaradılmış metodun ikinci mərhələsinin nəticəsi olaraq məqsədli məhsulların və bu məhsulların alınması üçün müvafiq proseslərin seçilməsini, KTK-in struktur sxeminin sintezini və onun topologiyasının düzgünlüyünün təsdiqlənməsi üçün material balansının təxmini hesablanmasını aid etmək olar. Layihələndirilən KTK-in təklif olunan sxemi şəkil 4-də təqdim olunub. Bu sxem regionlar üzrə bölgünü göstərməklə lazım olan məqsədli məhsulların çıxışlarını təmin edən prosesləri daxil edir.

Təklif olunan KTK-in optimal layihələndirilməsinin ümumi konsepsiyası determinik yanaşma əsasında qurulur. Burada kompleksə daxil olan proseslərin tam kinetik modelləri KTK-in riyazi modelləşdirilməsinin və optimal layihələndirilməsinin əsasını təşkil edir.



Şək. 4. Kimya-texnoloji kompleksinin sxemi.

KTK-in proseslərinin kimyəvi reaksiyalarının sürətlərini ümumi şəkildə göstərək. KTK-də əmələ gələn j -komponentinin cəm sürəti bütün k -proseslərinin i -reaksiyalarında vektor şəklində aşağıdakı kimi yazılır:

$$(r_j)_k = \sum_{i=1}^{22} k_i f_j(\bar{c}_i) \quad (13)$$

Tədqiqat işinin üçüncü mərhələsində kompleksə daxil olan yeni proseslər üçün reaktorların optimal tiplərinin seçilməsi aparılır. Məlumdur ki, kimyəvi reaktorlarda hidrodinamik rejimi xarakterizə edən modellərin əsas növlərinə ideal sıxışdırma və ideal qarışdırma aiddir. Burada proseslər müvafiq olaraq sıxışdırma və qarışdırma reaktorlarda aparılır.

Prosesin axan tipli ideal qarışdırma reaktorunun kinetik modelini aşağıdakı kimi göstərmək olar:

$$\frac{1}{\tau_k} (C_j^{\text{BX}} - C_j) = \left\{ \alpha_{ij} \sum_{i=1}^m w_i \right\}_k ; \tau_k = \left\{ \frac{V}{N_0} \right\}_k, \quad (14)$$

ideal sıxışdırma reaktoru üçün isə:

$$\frac{dC_j}{dV_k} = \left\{ \alpha_{ij} \sum_{i=1}^m w_i \right\}_k, \quad (15)$$

burada α_{ij} – j -komponentinin i -reaksiyasının stexiometrik koeffisientləri, C_j – j -komponentinin konsentrasiyası, w_i – k -prosesin i -reaksiyasının mərhələ sürətləri, τ_k – k -prosesin kontakt vaxtı, V_k isə k -reaktor elementinin həcmidir.

Kinetik modellər (14), (15) vasitəsilə proses reaktorların hər iki tipində tədqiq olunur və lazımı çevrilmə dərəcələrində onların həcmələri müqayisə olunmaqla reaktorun optimal tipinin seçimi aparılır.

Həmçinin tədqiqat işinin bu mərhələsində (üçüncü mərhələ) KTK-ə daxil olan proseslərin kinetik modelləri əsasında nəzəri optimallaşdırılması aparılır. Nəzəri optimallaşdırılmasının əsas məqsədi reaktor elementinin maksimal məhsuldarlığa nail olmaq üçün prosesinin optimal iş rejimlərinin təyin edilməsidir. Bunu aşağıdakı qaydada yazmaq olar:

$$\max Q_k = \{T, v, C_0, \theta, \tau\}_k, \quad (16)$$

burada Q_k – k -reaktorunun məhsuldarlığı, T – temperaturu, v – həcm sürəti, C_0 – reagentlərin ilkin konsentrasiyası, θ – reaktora daxil olan reagentlərin mol nisbətləri, τ isə kontakt vaxtıdır. Təbii olaraq, kompleksin

hər bir prosesi üçün idarəetmə parametrlərinə özünə məxsus olan məhdudiyətlər qoyulur.

KTK-ə daxil olan bəzi proseslər reaktor-regenerator sistemində aparılır. Belə proseslərin riyazi modelinin yaradılmasında reaktor və regenerator elementlərini qarşılıqlı əlaqələrini nəzərə almaqla vahid bir sistem şəklində baxmaq lazımdır. Bu cür proseslərin riyazi model əsasında optimallaşdırılması üçün aşağıdakı optimallaşdırma meyarı təklif olunur:

$$\max \bar{Q} = \{ T_{r,0}^{(1)}, G_{\text{uk}}, \tau, t_R, \nu, B, \bar{C}_i, T_R \}, \quad (17)$$

burada B – regeneratorda yanacaq qazın sərfiyyatı, \bar{Q} – məqsədli məhsula görə reaktorun məhsuldarlığı, $T_{r,0}^{(1)}$ – reaktorda katalizatorun və qazın temperaturu, T_R – regeneratorun temperaturu, t_R – regenerasiya vaxtı, G_{uk} isə dövriyyədə olan katalizatorun miqdarıdır.

Bütün məqsədli məhsullara görə proseslərin optimal gediş şəraitlərini və onlara uyğun olan məhsuldarlıqlarını təyin etdikdən sonra reaktorlara giriş reagentlərinin sənaye miqyasında hesablanması aparılır. Beləliklə, kinetik modellər vasitəsilə aparılmış nəzəri optimallaşdırma əsasında reaktor elementlərinin hər biri ayrı-ayrılıqda baxıldıqda reagentlərin və məhsulların giriş və çıxış miqdarları təyin olunur.

Müxtəlif reaktor elementlərinə giriş reagentlərinin miqdarları KTK-ə daxil olan individual karbohidrogen qazlarının ardıcıl hərəkət axınlarına görə və sxemin sonunda məqsədli məhsulların alınması ilə təyin olunur. Şəkildə görüldüyü kimi, KTK-də yalnız məqsədli məhsulların bir reaktor elementindən digərinə keçidi baş verir. Lakin proseslərin gedişi zamanı kifayət qədər yan məhsulların alınması səbəbindən kompleksin son struktur sxeminin tərtibi məsələsini, bu məhsulların məqsədəuyğun istiqamətlərini təyin etmədən həll etmək olmaz. Yan məhsulları onların sonrakı çevrilmələri ilə bağlı müvafiq regionlara göndərməklə, bütün məqsədli məhsullar üzrə maksimal məhsuldarlığı təmin etmək olacaq.

IV. Proseslərin tam kinetik modelləri əsasında kompleksin riyazi modelinin tərtibi və onun optimallaşdırılması

Mürəkkəb kimya-texnoloji sistemlərdə xammalın, həmçinin qurğular arasında resikl axınlarının düzgün paylanması və istifadəsinin əvvəlki mərhələdə həll olunduğu kimi, yəni reaktor elementlərinin ayrı-ayrılıqda lokal şəkildə optimallaşdırılması kifayət etmir. Belə sistemlərdə kompleksi bütöv şəkildə, onun reaktor elementləri arasında qarşılıqlı əlaqələri nəzərə

almaqla optimallaşdırılması tələb olunur. Bu məqsədlə işin bu mərhələsində (dördüncü mərhələ) proseslərin tam kinetik modelləri əsasında KTK-in riyazi modeli qurulur. Həmçinin yan məhsulların məqsəduyğun istiqamətləri həll olunur.

KTS-in riyazi modeli üç hissədən ibarətdir: 1) fərdi reaktor elementlərinin riyazi modelləri toplusundan; 2) KTS-in texnoloji əlaqələrinin strukturunun tənlik sistemlərindən – funksional məhdudiyyətlərdən (tənliklər və bərabərsizliklər); 3) texnoloji rejim parametrlərinin qiymətlərinə qoyulan sistem məhdudiyyətlərindən.

KTS-in hər bir k-elementinin riyazi modeli aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$\bar{Y}^{(k)} = \bar{F}^{(k)}(\bar{X}^{(k)}, U^{(k)}); \quad k = \overline{1, N}. \quad (18)$$

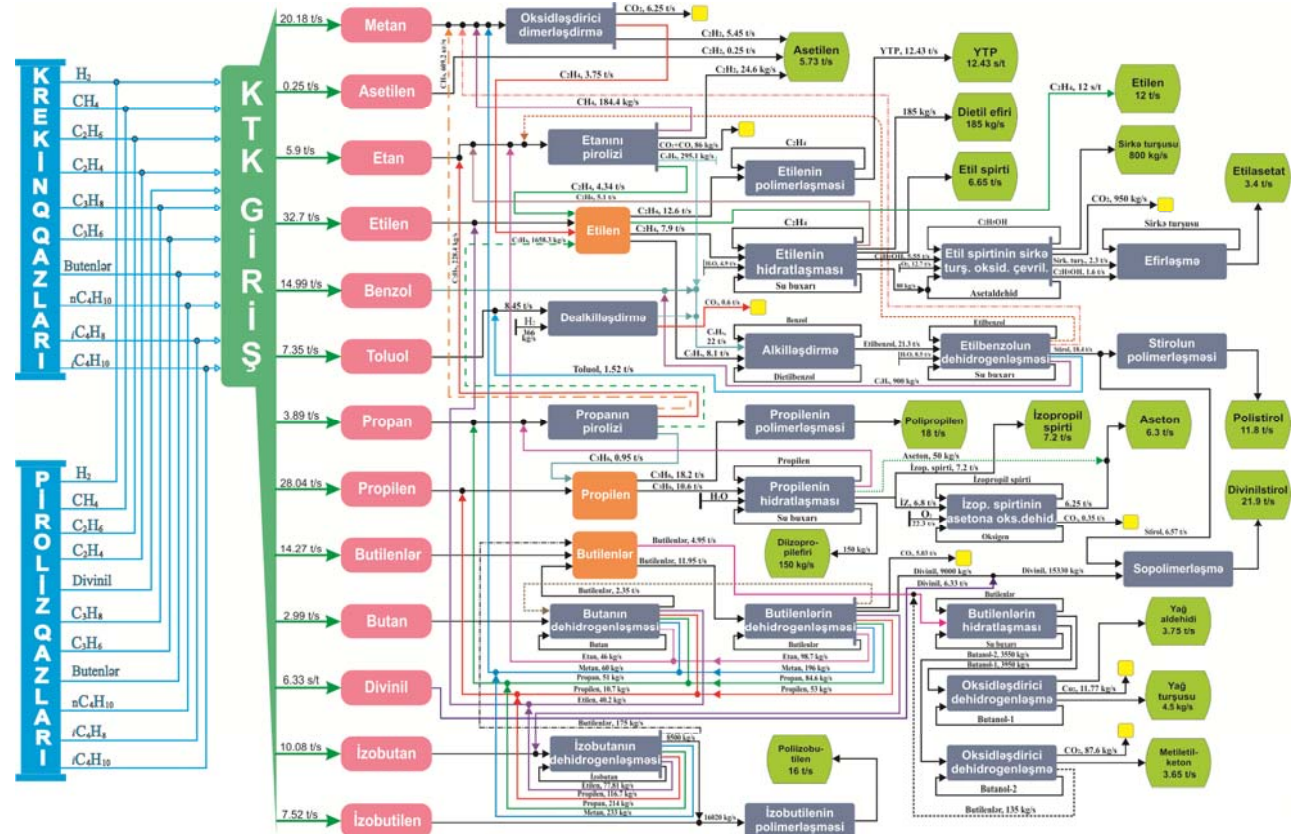
burada $\bar{Y}^{(k)} = (y_1^{(k)}, \dots, y_m^{(k)})$; $\bar{X}^{(k)} = (x_1^{(k)}, \dots, x_n^{(k)})$; $\bar{U}^{(k)} = (u_1^{(k)}, \dots, u_r^{(k)})$; $n(m)$ – \bar{X} giriş (\bar{Y} çıxış) dəyişənlərinin vektorlar ölçüləri; r – \bar{U} idarəetmə dəyişənlərinin vektor ölçüsü; N – KTS-in elementlərinin sayı.

$\bar{Y}^{(k)}$ və $\bar{X}^{(k)}$ dəyişənlərinin vektorları k-elementinin texnoloji axınlarının giriş və çıxış parametrlərinin vektorlarına uyğundurlar, idarəetmə dəyişənlərinin vektoru isə KTS-in elementinin konstruktiv və texnoloji parametrlərini əks etdirir. Bu parametrləri dəyişməklə k-elementinin iş fəaliyyətinə təsir etmək olar. Beləliklə KTK-in riyazi modelinin yaradılması üçün kompleksə daxil olan bütün proseslərin riyazi modellərinin (tam kinetik modellərinin) mövcudluğu zəruridir.

KTK-in riyazi təsviri üçün həmçinin budaqlarda funksiyaları göstərmək lazımdır. Bu funksiyaların vasitəsilə kompleksin bir elementdən digərinə keçid zamanı parametrlərinin dəyişkənliyini xarakterizə etmək mümkün olacaq:

$$\bar{X}_k = A \bar{Y}_{k-1} \quad (19)$$

Budaqlarda olan əlaqə tənlikləri – prosesləri və həmçinin regionları bir birilə bağlayan material axınlarının tənlikləridir. Buna görə əlaqə tənliklərini düzgün göstərilməsi üçün KTK-in axınlarının material balansını düzgün təyin etmək lazımdır. Bu da, öz növbəsində, kompleksin yekun strukturunun müəyyən edilməsini tələb edir. Bu məqsədlə tədqiqat işinin 4-cü mərhələsində yan məhsulların məqsəduyğun istiqamətləri həll olunmuşdur. Yan məhsulları münasib regionlara göndərməklə KTK-in qapalı texnoloji strukturu yaradılmışdır (Şəkl. 5).



Şək. 5. Kompleksin qapalı texnoloji sxemi.

Resirkulyasiya nəzəriyyəsinə və təklif olunan KTK-in struktur sxemində əsasən əlaqə tənliklərini aşağıdakı düsturlarla ifadə etmək olar:

– Sabit rejimdə hər bir reaktor elementi üçün resirkulyat kimi bütün çevrilməmiş xammal istifadə olunarsa, onda ümumi yükləmənin miqdarı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$g_n = \alpha g_n + g_0 \quad (20)$$

– əgər resirkulyat kimi çevrilməmiş xammalın ξ' payı istifadə olunarsa, onda resirkulyatın miqdarı aşağıdakı düsturla tapılır:

$$g_R = \alpha g_n - (1 - \xi') g_0 \quad (21)$$

– (20)-ə əsasən ümumi yükləmənin miqdarı belə hesablanır:

$$g_n = g_0 + \alpha g_n - (1 - \xi') g_0 \quad (22)$$

KTK-in parametrlərinin məhdudiyətlər çoxluğu kompleksdə hər bir reaktor elementində gedən proseslərin sərhəd şərtləri kimi göstərilə bilər. Bunlar istehsalatın təhlükəsizliyi və reallaşdırılması şərtləri baxımından parametrlərinə qoyulan bərabərsizlik məhdudiyətləridir.

Bu məhdudiyətləri KTK-in hər bir reaktor elementinin giriş, çıxış və idarəetmə parametrlərinin dəyişmə diapazonu şəklində göstərmək olar:

$$\begin{aligned} X_{k,\min} &\leq X_k \leq X_{k,\max} \\ U_{k,\min} &\leq U_k \leq U_{k,\max} \\ Y_{k,\min} &\leq Y_k \leq Y_{k,\max} \end{aligned} \quad (23)$$

Təklif olunmuş metodun dördüncü mərhələsinin yekunu olaraq KTK-ə daxil olan proseslərin tam kinetik modelləri və material axınlarının balans tənlikləri əsasında onun sonrakı optimallaşdırılması məqsədilə riyazi modelinin yaradılmasıdır.

Metodun beşinci mərhələsi KTK-in riyazi modeli əsasında proseslərin tam kinetik modellərini istifadə etməklə kompleksin optimallaşdırılmasını nəzərdə tutur.

Bu mərhələdə optimallaşdırılmanın əsas məqsədi KTK-in bütün reaktor elementlərinin maksimal məhsuldarlıqlarını təmin edən optimal iş rejimlərinin təyin edilməsidir, yəni:

$$\sum_{k,i=1}^{22} Q_{ki} = \sum_{k,i=1}^{22} A_{ki} \cdot N_0 \cdot M_{ki} \rightarrow \max, \quad (24)$$

burada A_{ki} – k-reaktor elementinin i-məqsədli məhsulun çıxışıdır; M_{ki} – k-reaktor elementinin i-məqsədli məhsulun molekulyar çəkisidir; N_0 – xammalın mol sürəti; Q_k – KTK-in k-elementinin məhsuldarlığıdır.

Məqsədli məhsulların çıxışları sistemin əsas parametrlərinin funksiya-
larıdır və k-prosesinin kinetik tənlikləri ilə təyin olunurlar:

$$A_{ki} = f_{ki} \{T_k, P_k, \theta_k, V_k\} \quad (25)$$

burada T_k – k-reaktor elementinin temperaturu, P_k – sistemin təzyiqi, θ_k –
ilk reagentlərin mol nisbətləri, V_k – xammalın həcm sürətidir.

Məhdutiyyətləri (23) və optimallaşdırma meyarını nəzərə almaqla (25)
yaradılmış riyazi model əsasında optimal rejimləri təyin etmək üçün baş-
lanğıc qiymətlər kimi üçüncü mərhələnin nəzəri optimallaşdırılması zamanı
alınan qiymətlərdən istifadə olunmuşdur. KTK-in optimallaşdırılmasının
aparılması üçün Rozenbrok üsulundan (fırlanan koordinatlar üsulu) istifadə
olunmuşdur.

V. Proseslərin tam riyazi modelləri əsasında KTK-in riyazi modelinin yaradılması

Prosesin kinetik modelinin yaranmasında laborator qurğusunda apa-
rılan kinetik eksperimental tədqiqatlar, reaksiyanın getmə mexanizmi haq-
qında müəyyən hipotezanın irəli sürülməsində mühüm rol oynayırlar. Lakin
laborator qurğusunda izotermik rejimin saxlanması kifayət qədər asandır
və sənaye qurğusundan fərqli olaraq temperatur və qatılıq gradiyentləri,
kütlə və istilik keçirilmələri nəzərə alınmırlar. Buna görə proseslərin kinet-
tik modelləri əsasında nəzəri optimallaşdırılmanın aparılması zamanı
məqsədli məhsulların çıxışları maksimaldırlar.

Bu mərhələdə material axınlarının paylanması daha dəqiq alınması
üçün, proseslərin kinetik tənliklərindən əlavə istilik və hidrodinamika
tənliklərini nəzərə almaqla tam riyazi modelləri yaradılmışdır.

KTK-ə daxil olan proseslərin əsas tiplərinin riyazi modellərini aşağı-
dakı kimi göstərmək olar. Belə ki, tərənəmzə laylı katalizatorla olan
reaktorların riyazi modelinin ümumi görünüşü aşağıdakı kimi yazılır:

$$D_3 \left(\frac{\partial^2 C_i}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial C_i}{\partial R} \right) - q \frac{\partial g_i}{\partial l} + \sum_{j=1}^m v_{ij} r_j(\bar{c}_i, T) = 0 \quad (26)$$

$$\alpha_3 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial T}{\partial R} \right) - q C_p \frac{\partial T}{\partial l} + \sum_{j=1}^m Q_j r_j(\bar{c}_i, T) = 0 \quad (27)$$

burada D_3 – effektiv diffuziya əmsalı; R – radial koordinat; g – kütlə
qatılığı; v_{ij} – j-reaksiyanın i-maddəsinin stexiometrik əmsalı; q – kütlə

axının sürəti; r_j -reaksiyasının sürəti; α_3 – tərpənməz layın effektiv istilik-keçirmə xassəsinin əmsalı; Q_j – j -reaksiyasının istilik effektivliyidir.

Bəzi proseslər reaktor-regenerator blokunda dövr edən qaynar katalizator layında aparılır. Bu proseslər üçün özək tipli modellərdən istifadə olunur.

Belə modelin qurulmasında aşağıdakı şərtlər qəbul olunur: reaktor ayrı olan paralel qoşulmuş iki zonalı özəklərdən (pseudoseksiyalardan) ibarətdir; özək daxilində diskret (qovuşlu) fazada hidrodinamik rejim ideal sıxışdırma rejiminə, fasiləsiz (qatı) fazada qaza və bərk katalizatora görə isə ideal qarışdırmaya yaxındı; hər bir özəkin daxilində diskret və fasiləsiz fazalar arasında qaz mübadiləsi baş verir; qovuşlarda az miqdarda kiçik bərk hissəciklərin olması və yaxud heç olmaması kimyəvi çevrilmənin fasiləsiz fazada olduğunu göstərir.

Diskret fazada i -komponenti üçün reaktorun n -özəyin qəfəsdən z -məsafəsində olan prosesi təsvir edən tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$Q(1-q)\frac{dC_B^i}{dz} = -\frac{Q_M^i}{H}(C_B^i - C_{H,n}^i), \quad (28)$$

fasiləsiz fazanın material balansını üçün

$$Qq(C_{H,(n-1)}^i - C_{H,n}^i) = Q_M \Delta H_n C_{H,n}^i - Q_M \Delta H_n \frac{1}{H_n - H_{n-1}} \int_{(n-1)H}^{nH} C_B^i(z) dz + \frac{G_k^{(1)}}{N} \sum (r_\infty)_j \quad (29)$$

i -komponenti üçün n -özəyin çıxışında ümumi qatılıq

$$C_n^i = (1-q)C_{B,n} + qC_{H,n}, \quad (30)$$

istilik balansının tənliyi

$$C_{P,K} G_{HK} (T_{k,n+1}^{(1)} - T_{k,n}^{(1)}) = N_0 C_{P,\Gamma} (T_{k,n}^{(1)} - T_{k,n-1}^{(1)}) + \sum_{j=1}^k N_{0,i} (\alpha_n^i - \alpha_{n-1}^i) Q_{P,j} + Q_{\text{not}} \Delta H_i \quad (31)$$

$$C_{P,K} \cdot G_{HK} (T_{k,n+1}^{(1)} - T_{k,n}^{(1)}) = a\hbar (T_{k,n}^{(1)} - T_{\Gamma,n}^{(1)}), \quad (32)$$

sərhəd şərtlərini nəzərə almaqla:

$$C_{H,0}^i = C_B^i = C_0^i; \quad T_{k,0}^{(1)} = T_{k,m}^{(2)} \quad (33)$$

burada Q – xammalın həcm sürəti; q – fasiləsiz fazadan keçən qazın payı;

Q_M^i – fazalar arası mübadilənin sürəti; C_B^i və C_n^i – i -komponentinin qovuşlu və qatı fazalarda qatılığı; H – qaynar layın hündürlüyü; N – özəklərin sayı; $C_{P,K}$ və $C_{P,\Gamma}$ – qazın və katalizatorun istilik tutumları; $Q_{P,j}$ – j -reaksiyasının istilik tutumları; α^i – i -komponentinin çevrilmə

dərəcəsi; $T_k^{(i)}$ və $T_r^{(i)}$ – reaktorda katalizatorun və qazın temperaturu; N_0 – başlanğıc reagentlərinin mol sürətləri; \hbar – istilikkeçirmə əmsalı; a – fazaların səthayırıcı həcm vahidi.

Anoloji qaydada regeneratörün m-özkədə gedən prosesin tənlikləri qurulur.

Bu mərhələnin yerinə yetirilməsi KTK-in iqtisadi meyarını nəzərə almaqla onun global optimallaşdırılmasında istifadə olunan proseslərin tam riyazi modellərinin qurulmasına gətirib çıxartdı.

VI. İqtisadi meyarı nəzərə almaqla KTK-in qlobal optimallaşdırılması

Müasir kimya-texnoloji istehsalatlar qarşılıqlı təsirlə olan qurğulardan ibarət olan bir sistem təşkil edirlər. Qurğuların ayrı-ayrılıqda digər qurğularla əlaqələrini nəzərə almadan optimallaşdırılması, KTK-in bütövlükdə iş fəaliyyətinin heç də optimal nəticəsinə gətirməyəcək. Buradan kimya-texnoloji sistemlərin bütönlükdə qurğuların qarşılıqlı əlaqələrini nəzərə almaqla qlobal optimallaşdırılması məsələsi yaranır.

KTK-in qlobal optimallaşdırılması məsələsinin riyazi modeli reaktor elementlərinin riyazi modelləri toplusundan, KTK-in bütün reaktor elementləri arasında material və isitilik axınlarının tənliklərindən, proseslərdə baş verən rejim parametrlərinə funksional asılılıqlar şəklində qoyulan məhdudiyyətlərdən, qurğuların konstruktiv xüsusiyyətlərindən, xammala olan imkanlarından, başlanğıc şərtlərindən və həmçinin KTK-in optimal iş fəaliyyətini əks etdirən məqsəd funksiyasından ibarətdir.

KTK-in layihələndirilməsi mərhələsində iqtisadi səmərəliliyin qiymətləndirilməsinin ən tam göstəricisi gəlir normasıdır. O, faizlə ifadə olunan hazır məhsul satışından əldə edilən gəlirin onların istehsalı üçün xərclərə olan nisbətinin göstəricisidir və aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$H_n = \frac{\sum_{i \in I_{np}^k} c_i g_i^k - \sum_{k=1}^{22} \left(\sum_{i \in I_k^+} c_i g_{i0} + S \right)}{\sum_{k=1}^{22} \left(\sum_{i \in I_k^+} c_i g_{i0} + S \right)} \cdot 100\% , \quad (34)$$

burada $\sum_{i \in I_{np}^k} c_i g_i^k$ – hazır məhsul satışından olan gəlir; $\sum_{i \in I_k^+} c_i g_{i0}$ – xammala olan xərclər; S – bütün kompleks üzrə ümumi istismar xərcləri.

S -miqdarının hesablanması aşağıdakı məcmu üzrə aparılır:

$$S = S_T + S_C,$$

burada S_T, S_C – müvafiq olaraq dəyişən və daimi xərclərin qiymətləridir.

KTK-in səmərəliliyinin qiymətləndirilməsində gəlir normasının (34) bir sıra müəyyən üstünlüklərini nəzərə alaraq, bu ifadə kompleksin optimallaşdırılması üçün iqtisadi meyar kimi qəbul edilmişdir.

Onda KTK-in qlobal optimal layihələndirilməsinin məsələsi onun tam iqtisadi-riyazi modeli əsasında reaktor elementləri arasında elə bir optimal uzlaşdırılmış material, istilik və resirkulyasiya axınlarının müəyyən edilməsilə bağlıdır ki, onlar iqtisadi meyarın qiymətini maksimum təmin edəcəklər, yəni:

$$H_n \rightarrow \max \quad (35)$$

Beləliklə, beşinci fəsilə təqdim olunmuş proseslərin texnoloji parametrlərinə bərabərsizlik şəklində qoyulan məhdudiyətləri nəzərə almaqla KTK-in bütün reaktor elementlərinin riyazi modelləri və seçilmiş optimallaşdırma meyarı ilə birlikdə KTK-in tam iqtisadi-riyazi modelini təşkil edir.

İstehsal olunan məhsulun gəlir normasının hesablanmasında qəbul olunmuşdur ki, dəyişən və daimi xərclərin cəmi ($S_T + S_C$) xammala olan xərclərinin 25%-ni təşkil edir.

Qlobal optimallaşdırma məsələsinin həlli üçün dinamik proqramlaşdırma metodundan istifadə olunmuşdur. Ümumi şəkildə KTK-in k -reaktor elementi üçün dinamik proqramlaşdırma prinsipi aşağıdakı tənliklə ifadə olunur:

$$f_k(C_{k+1}) = [P'_k + f_{k-1}(C_k)]_{\max} \quad (36)$$

Nəticədə təklif olunan KTK-in hər bir k -prosesinin optimal iş rejimləri, konkret olaraq k -prosesində alınan i -məqsədli məhsula görə məsuldarlıqların qiymətləri (Q_{ki}) və k -reaktorunun çıxışında istilik axınlarının gücləri (Q'_k) göstərilib. İstilik axınının gücü aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

$$Q'_k = \frac{\Delta H_k \cdot Q_{ki} \cdot 1000}{M_{ki} \cdot 3600} \quad (37)$$

burada ΔH_k – k -prosesin istilik effektividir; M_{ki} – k -reaktorunun i -məqsədli məhsulun molekulyar çəkisidir.

Kompleksin optimallaşdırılmasından alınan nəticələrin tətbiqindən illik effektivliyin hesablanması aparılmışdır. Bu zaman kompleksin fəaliyyətindən əldə edilən gəlir norması 21% təşkil etmişdir.

Reaktor elementləri üçün təyin edilmiş texnoloji rejimlər və reaktor elementlərinin çıxışında alınan məhsullarının tərkibi və onların istilikləri

kompleksin bütün proseslərinin effektiv layihələşdirilməsində istifadə edilə bilər.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Kreking və piroliz qazlarının emalı kompleksinin optimal layihələşdirilməsi misalında kimya-texnoloji sistemlərin modelləşdirilməsi və optimal layihələşdirilməsi üçün yeddi ardıcıl mərhələnin yerinə yetirilməsindən ibarət olan yeni metod işlənib hazırlanıb.
2. Kreking və piroliz qurğularından toplanmış sənaye dəlillərinin emalı məqsədilə statistik emal metodikası yaradılıb. Bu metodika əsasında KTK-ə daxil olan kreking və piroliz qazlarının tərkibinin orta qiymətləri hesablanıb.
3. İstehsal ehtiyaclarını nəzərə almaqla KTK-in analizi və sintezi aparılmış, bunun nəticəsində kreking və piroliz qazların birgə emalı kompleksinin struktur sxemi tərtib olunub, lazımı olan məhsulların istehsalı üçün kompleksə yeni və sənayedə mövcud olan məqsədəuyğun proseslərin daxil edilməsi məsələsi həll olunub (ümumilikdə 22 proses təyin edilib).
4. KTK-ə daxil olan proseslərin tam kinetik modelləri tərtib olunub. Bu modellər əsasında reaktorların optimal tipləri seçilib, konstruktiv ölçüləri hesablanıb və proseslərin optimal iş rejimləri təyin olunub.
5. Bütün proseslərin tam kinetik modelləri əsasında KTK-in riyazi modeli qurulub və kompleksin qapalı texnoloji sxemi tərtib olunub.
6. Kompleksin proseslərin tam kinetik modellərini daxil edən riyazi modeli əsasında onun optimallaşdırılması aparılıb; KTK-nin reaktor elementlərinin bütün məqsədli məhsullara görə maksimal məhsuldarlığını təmin etmək üçün proseslərin optimal iş rejimləri təyin olunub.
7. KTK-ə daxil olan hər bir prosesin kinetik modellərini, istilik balanslarını və hidrodinamika tənliklərini nəzərə almaqla tam riyazi modelləri qurulub. Bu modelləri və reaktor elementləri arasında əlaqə tənlikləri ilə birgə vahid sistem tənliyinə daxil etməklə KTK-in tam riyazi modeli yaradılıb.
8. KTK-in tam riyazi modeli, seçilmiş iqtisadi meyarı və optimallaşdırılma metodu (dinamik proqramlaşdırılma) əsasında kompleksin global optimallaşdırılması aparılıb. Bunun nəticəsində məqsədli məhsullara görə gəlir normasının maksimumlaşdırılması-na yəni

iqтisadi səmərəliliyin xeyli artmasına gətirib çıxaran kompleksin optimal uzlaşdırılmış material axınları təyin edilib.

9. Krekinq və piroliz qazlarının birgə emalı kompleksinə daxil olan proseslər bütün texnoloji sxemin qapalılığını, material və enerji axınlarının effektiv istifadəsini təmin edir.

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

1. Алиев А.М., Таиров А.З., Сафаров А.Р., Залова Т.А. Экономическая оценка эффективности процессов получения уксусной кислоты и этилацетата по комбинированной технологии // Журн. хим. проб. Баку. 2007, №1, с.80-82.
2. Алиев А.М., Таиров А.З., Сафаров А.Р. Кинетика и механизм парофазной каталитической этерификации уксусной кислоты этиловым спиртом / XXV Всероссийская школа-симпозиум молодых ученых по химической кинетике, Москва, 2007, с.68.
3. Таиров А.З., Сафаров А.Р. Получение уксусной кислоты на основе модифицированного природного цеолита-клиноптилолита / Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов», Москва, 2007, с.75.
4. Таиров А.З., Сафаров А.Р., Абдуллаев А.Р. Разработка математической модели парофазной каталитической этерификации уксусной кислоты этиловым спиртом / Материалы научной конференции посв. столетнему юбилею чл. корр. Академии Наук Азербайджана Г.Х.Эфендиева. Баку, 2007, с.204.
5. Алиев А.М., Таиров А.З., Сафаров А.Р., Балаев И.В. Теоретическая оптимизация процесса парофазного каталитического окисления этилового спирта в уксусную кислоту // Журн. хим. проб. Баку, 2007, №3, с.485-489.
6. Алиев А.М., Таиров А.З., Сафаров А.Р. Разработка экономико-математической модели процессов получения уксусной кислоты и этилацетата по комбинированной технологии / Тезисы докладов науч. конф. посв. 100-летию юбилею акад. М.Ф.Нагиева. Баку-2008, с.16-18.
7. Алиев А.М., Сафаров А.Р., Балаев И.В., Шпурова С.Ф. Решение обратной задачи химической кинетики с использованием

- программного пакета MATLAB. Азерб. хим. журн. 2009, №1, с.16-20.
8. Сафаров А.Р., Алиев А.М., Таиров А.З., Балаев И.В., Принципиальная технологическая схема комбинированной технологии получения уксусной кислоты и этилацетата // Журн. хим. проб. Баку, 2010, №1, с.90-93.
 9. Сафаров А.Р. Эффективность использования программного пакета MATLAB для решения систем дифференциальных уравнений для химико-технологических систем // Журн. хим. проб. Баку, 2010, №2, с. 215-219.
 10. Алиев А.М., Таиров А.З., Алиев Ф.В., Сафаров А.Р. Технологическое оформление процессов получения уксусной кислоты и этилацетата по комбинированной схеме / «Инновационные хим. технологии и биотехнологии материалов и продуктов». II Международная конф. Российского Хим. Общ. им. Д.И.Менделеева. Москва, 2010, с.6-8.
 11. Алиев А.М., Сафаров А.Р., Бабаев А.И., Таиров А.З. Разработка комбинированной технологии получения этилацетата // Хим. пром. сегодня. Москва, 2010, №12, с.37-42.
 12. Сафаров А.Р., Алиев А.М., Таиров А.З., Исмаилов О.А. Применение теории рециркуляции для оптимального проектирования химико-технологической системы / Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-24. Сборник трудов. ТОМ 3, Секция 3, Саратов – 2011, с.36-38.
 13. Сафаров А.Р., Алиев А.М., Таиров А.З., Гусейнова А.М., Исмаилов О.А. Расчет конструктивных размеров реакторных элементов комбинированной технологии получения уксусной кислоты и этилацетата // Фундаментальные и прикладные проблемы науки. Том 3. Материалы VI Международного симпозиума. Москва, 2011, с. 223-229.
 14. Сафаров А.Р., Алиев А.М., Таиров А.З., Исмаилов О.А. Комбинированная технология процессов получения уксусной кислоты и этилацетата / XIX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Волгоград, 25-30 сентября 2011 г. Тезисы докладов. Том 4. с. 254.
 15. Сафаров А.Р., Алиев А.М., Таиров А.З., Гусейнова А.М. Технологическое оформление процессов получения уксусной кислоты и этилацетата по комбинированной технологии / Информационные системы и модели в научных исследованиях,

- промышленности, образовании и экологии. Доклады IX Всероссийской научно-технической конференции. Изд. «Инновационные технологии» ТУЛА 2011. с. 12-13.
16. Сафаров А.Р., Алиев А.М., Таиров А.З., Гусейнова А.М. Оптимальное проектирование химико-технологической системы процессов получения уксусной кислоты и этилацетата с использованием теории рециркуляции // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. Москва, Изд. «ЦНИИТЭнефтехим», 2012, №3, с. 33-38.
 17. Сафаров А.Р., Алиев А.М., Таиров А.З., Гусейнова А.М. Разработка химико-технологического комплекса по переработке крекинг-газов / IV Всероссийская конференция по химической технологии с международным участием ХТ'12. 18-23 марта, Москва, 2012, том 2, с. 341-343.
 18. Сафаров А.Р., Алиев А.М., Таиров А.З., Алиев Ф.В., Исмаилов О.А. Крекинг в пироллиз газларынын кимья-техноложы емалы комплексинин йарадылмасы / Материалы VIII Бакинской Международной Мамедалиевской конференции по Нефтехимии. 3-6 октября. Баку, 2012. с. 168-169.
 19. Сафаров А.Р., Алиев А.М., Таиров А.З., Гусейнова А.М. Перспективы развития рационального использования газов крекинга и пироллиза / Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды. Сборник материалов Всероссийской конференции (г. Новочебоксарск, 25-26 октября 2012 г.), с. 185-186.
 20. Сафаров А.Р., Алиев А.М., Таиров А.З., Гусейнова А.М. Статистическая обработка нефтезаводских данных / Математические методы в технике и технологиях - ММТТ-25. Сборник трудов. Секция 3, Волгоград 2012, с. 97-101.
 21. A.R.Səfərov, Əliyev F.V., Əliyeva X.A., Osmanova İ.İ. Krekinq qazlarının komponent tərkibinin göstəricilərinin orta qiymətlərinin təyini / Akad. M.F.Nağıyevin 105 illiyinə həsr olunmuş elmi konfransın materialları. I cild. Bakı 2013, s.165-168.
 22. Сафаров А.Р., Алиев А.М., Османова И.И., Алиев Ф.В. Методика статистической обработки нефтезаводских данных // Азерб. хим. журн. 2013, №2, с.44-55.
 23. Алиев А.М., Сафаров А.Р., Алиев Ф.В., Алиева Х.А. Способ определения усредненных показателей покомпонентного состава крекинг-газов // Азерб. хим. журн. 2013, №3, с.9-15.

24. Сафаров А.Р., Гусейнова А.М., Исмаилов О.А., Алиева Х.А. Определение необходимых количеств компонентов свежего сырья при обеспечении постоянства их соотношения в общей загрузке реактора // Азерб. хим. журн. 2014, №1, с.74-77.
25. Алиев А.М., Сафаров А.Р., Гусейнова А.М. Расчет материального баланса региона химико-технологического комплекса по переработке газов крекинга и пиролиза // Хим. Пром. СПб, 2014, т. 91, №4, с. 192-210.
26. Алиев А.М., Сафаров А.Р., Гусейнова А.М. Расчет материального баланса бутулен-дивинилового и изобутиленового регионов ХТК по совместной переработке газов крекинга и пиролиза // Хим. Пром. СПб, 2014, т. 91, №7, с. 353-376.
27. Алиев А.М., Матиев К.И., Гусейнова А.М. Разработка кинетической модели процесса парофазного каталитического окисления изопропилового спирта в ацетон // Азерб. хим. журн. 2014, №4, с. 9-17.
28. Сафаров А.Р. Кинетика реакции окисления изопропилового спирта в ацетон / “Fundamental və tətbiqi elmlərin (yer, texnika və kimya elmləri) aktual problemlərinin həllində multi-dissiplinar yanaşmanın rolu” mövzusunda gənc alim və mütəxəssislərin I Beynəlxalq Elmi Konfransı. 15-16 oktyabr, 2014. с. 439-440.
29. Сафаров А.Р., Гусейнова А.М. Химико-технологический комплекс по переработке газов крекинга и пиролиза / «Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения». Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. 27-28 ноября 2014, Юрга. с. 68-71.
30. Сафаров А.Р. Расчет материального баланса процесса прямой гидратации этилена и конструкционных размеров гидрататора // Журн. хим. проблем. 2015, №3, с. 298-305.
31. Алиев А.М., Матиев К.И., Агаев Ф.А., Бахманов М.Ф., Сафаров А.Р., Агаева Р.Ю. Кинетика селективного окислительного дегидрирования бутанола-2 в метилэтилкетон на модифицированном цеолитном катализаторе CuZnPdCaA // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. Москва, Изд. «ЦНИИТЭнефтехим», 2015, №10, с. 19-24.
32. Сафаров А.Р., Алиев А.М., Гусейнова А.М., Османова И.И. Этиленовый регион химико-технологического комплекса по

- переработке газов крекинга и пиролиза // Азерб. хим. журн. 2015, №3, с. 38-52.
33. Сафаров А.Р., Алиев А.М., Гусейнова А.М., Османова И.И. Материальный баланс химико-технологического комплекса // Азерб. хим. журн. 2015, №4, с. 32-44.
 34. Алиев А.М., Сафаров А.Р., Гусейнова А.М., Исмаилов О.А., Алиева Х.А. Методика проектирования химико-технологического комплекса по переработке газов крекинга и пиролиза / Респуб. научная конференция, посвященная 90-летию юбилею академика Тогрула Шахтагинского, Баку, 2015, с. 72.
 35. Алиев А.М., Сафаров А.Р., Гусейнова А.М., Исмаилов О.А., Алиева Х.А. Схема химико-технологического комплекса по переработке газов крекинга и пиролиза. Респуб. научная конференция, посвященная 90-летию юбилею академика Тогрула Шахтагинского, Баку, 2015, с. 73.
 36. Алиев А.М., Сафаров А.Р., Гусейнова А.М. Расчет предварительного материального баланса химико-технологического комплекса по переработке газов крекинга и пиролиза // Хим. пром. сегодня. Москва. 2016, №3, с.16-28.
 37. Алиев А.М., Алиев Ф.В., Сафаров А.Р., Гусейнова А.М. Моделирование кинетики каталитического окислительного превращения метана в этилен и ацетилен в двухступенчатом реакторе // Хим. пром. сегодня. Москва. 2016, №2, с.12-19.
 38. Сафаров А.Р. Математическое описание процесса окисления бутанола-2 в метилэтилкетон // Журн. хим. проблем 2016, №1, с. 107-115.
 39. Сафаров А.Р., Алиев А.М., Алиев Ф.В. Математическое описание процесса димеризации метана // Журн. хим. проблем. 2016, №2, с. 192-198.
 40. Сафаров А.Р., Алиев А.М. Кинетическая модель и теоретическая оптимизация процесса окислительной димеризации метана / Международная научная конференция – Зимние научные чтения, Киев, 2016, с. 40-45.
 41. Алиев А.М., Сафаров А.Р., Османова И.И., Гусейнова А.М. Моделирование и оптимизация химико-технологического комплекса по переработке газов крекинга и пиролиза / Материалы Респуб. Научн. конф., посвящ. 80-летию юб. Института Катализа и Неорганической Химии им. М.Нагиева, 15-16 ноября 2016, с.384-385.

42. Алиев А.М., Мамедов Э.М., Сафаров А.Р., Османова И.И., Гусейнова А.М. Интенсификация процесса пиролиза бензина / Материалы Респуб. Научн. конф., посвящ. 80-летнему юб. Института Катализа и Неорганической Химии им. М.Нагиева, 15-16 ноября 2016, с. 208-209.
43. Сафаров А.Р., Алиев А.М. Кинетика окислительного превращения бутанола-2 в метилэтилкетон / VI Междун. науч. конференция "Химическая термодинамика и кинетика", Тверь, 2016, с. 235-236.
44. Алиев А.М., Сафаров А.Р. Разработка математической модели химико-технологического комплекса по совместной переработке газов крекинга и пиролиза и его глобальная оптимизация // Азерб. Техн. Унив., 2016, Т.2, №2, с.250-257.
45. Алиев А.М., Сафаров А.Р., Османова И.И. Метод оптимального проектирования химико-технологического комплекса по совместной переработке газов крекинга и пиролиза // Азерб. хим. журн. 2016, №4, с. 11-18.
46. Safarov A.R. Modeling and optimization of chemical-technological complex for processing of cracking and pyrolysis gases // Журн. хим. проблем 2016, №4, с.421-429.
47. Алиев А.М., Сафаров А.Р., Османова И.И., Мамедов З.А., Исмаилов О.А. Интенсификация процесса пиролиза бензина с учетом рециркуляции // Азерб. хим. журн. 2017, №1, с.20-29.
48. Сафаров А.Р., Алиев А.М., Алиева Х.А. Математическая модель окислительного превращение бутанола-1 в масляный альдегид / VII Междун. науч. конф. "Химическая термодинамика и кинетика", Великий Новгород, 2017, с. 263-264.
49. Əliyev A.M., Əliyev F.V., Ağayev F.A., Mətiyev K.İ., Yarıyev V.M., Səfərov A.R. Metanın 1,4-butandiola oksidləşdirici çevrilmə reaksiyası / Akad. Bəhadur Zeynalovun 100 illik yubileyinə həsr olunan "Neft-kimya sintezi və mürəkkəb kondensləşmiş sistemlərdə kataliz" beynəlxalq elmi-texniki konfrans. Bakı, 2017, с.128.
50. Алиев А.М., Сафаров А.Р., Мамедов З.А., Османова И.И., Гусейнова А.М. Моделирование и оптимизация совмещенного процесса пиролиза бензина, этана и пропана // Химия и технология топлив и масел. Москва, 2017, №3, с.27-32.
51. Алиев А.М., Сафаров А.Р., Гусейнова А.М. Расчет этиленового региона химико-технологического комплекса по переработке

- газов крекинга и пиролиза // Теоретические основы химической технологии. Москва, 2017, №4, с.397-410.
52. Алиев А.М., Сафаров А.Р., Гусейнова А.М. Расчет химико-технологического комплекса по переработке газов крекинга и пиролиза на основе кинетических моделей процессов // Теоретические основы химической технологии. Москва, 2017, №5, с.596-581.
53. Əliyev A.M., Əliyev F.V., Mətiyev K.İ., Ağayev F.A., Səfərov A.R. 1,4-butandiolun alınma üsulu. /Azərbaycan Respublikası Patenti BPT: C07C 2/84, 2/82,31/20, B01J 21/16, 23/02, 23/34.

САФАРОВ АГИЛЬ РАФИГ ОГЛЫ
РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ
ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ГАЗОВ КРЕКИНГА И ПИРОЛИЗА

РЕЗЮМЕ

Предложен метод моделирования и оптимального проектирования химико-технологических систем, состоящий из семи последовательных этапов, возможность применения которого доказана на примере разработанного нового ХТК по переработке газов крекинга и пиролиза. Разработана методика для проведения статистической обработки нефтезаводских данных, получаемых с установок крекинга и пиролиза, на основе которой определен усредненный состав газов, поступающих в ХТК. С учетом нужд производства проведен анализ и синтез ХТК, в результате которых разработана структурная схема ХТК по совместной переработке газов крекинга и пиролиза; определена целесообразность включения в него как новых, так и действующих процессов, производящих эти продукты (всего 22 процесса). Для всех процессов ХТК разработаны полные кинетические модели и на их основе выбраны оптимальные типы реакторов, рассчитаны их конструктивные размеры и определены оптимальные режимы функционирования. На основе полных кинетических моделей всех участвующих процессов составлена математическая модель всего ХТК и разработана замкнутая технологическая схема комплекса. На основе математической модели всего ХТК, включающей полные кинетические модели всех выбранных процессов, проведена его оптимизация; выявлены оптимальные режимы ведения процессов, обеспечивающие максимальную производительность ХТК по всем целевым продуктам. Составлены полные математические модели каждого процесса ХТК, включающие, помимо кинетических моделей, уравнения тепловых балансов и гидродинамики; при объединении их в единую систему уравнений совместно с уравнениями связей между реакторными элементами получена полная математическая модель ХТК. На основе полной математической модели и выбранных экономического критерия и метода оптимизации проведена глобальная оптимизация ХТК, в результате которой определены оптимально согласованные материальные потоки всего комплекса, приведшие к максимизации нормы прибыли по всем целевым продуктам, т.е. к значительному увеличению экономической эффективности работы ХТК.

SAFAROV AGIL RAFIQ
THE CHEMICAL-TECHNOLOGICAL COMPLEX
FOR PROCESSING OF CRACKING AND PYROLYSIS GASES

SUMMARY

Has been proposed the method for modeling and optimal design of chemical-technological systems consisting of seven consecutive stages. The possibility of using this method has been proved by the example of the newly developed chemical-technological complex (CTC) for the processing of cracking and pyrolysis gases. The methodology has been developed for carrying out statistical processing of refinery data obtained from cracking and pyrolysis units on the basis of which has been determined the average composition of gases entering into the CTC. Taking into account the needs of production has been done the analysis and synthesis of CTC, as a result of which the structural scheme of the CTC for the joint processing of cracking and pyrolysis gases has been developed; has been determined the expediency of including both new and existing processes that produce these products (total number are 22 processes). For all processes of CTC have been developed complete kinetic models and on their basis have been chosen the optimal types of reactors, calculated their constructive dimensions and optimal operating modes of each processes. Based on the complete kinetic models of all the participating processes, the mathematical model of the entire CTC has been created and developed a closed technological scheme of the complex. Based on the mathematical model of the entire CTC, which includes the complete kinetic models of all the processes has been carried out its optimization; the optimal modes of process were revealed, providing the maximum performance of CTC for all the target products. Including in addition to kinetic models the equations of thermal balances and hydrodynamics the complete mathematical models of each processes of CTC have been created; combining them into a single system of equations together with the equations of connections between the reactor elements, has been developed the full mathematical model of the CTC. Based on the complete mathematical model, selected economic criterion and optimization method has been carried out the global optimization of the CTC, as a result of which the optimally agreed material flows of the entire complex were determined, leading to a maximization of the rate of return of the target products, i.e. to a significant increase of the economic efficiency of the proposed CTC.

Sifariş № 2. Tirajı 100 nüsxə

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası
Geologiya və Geofizika İnstitutunun mətbəəsi.
Bakı, H.Cavid pr. 119, Tel.: 539-39-72

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ
им. акад. М.НАГИЕВА**

На правах рукописи

САФАРОВ АГИЛЬ РАФИГ ОГЛЫ

**РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ
ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ГАЗОВ КРЕКИНГА И ПИРОЛИЗА**

3303.01 – Химическая технология и инженерия

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

БАКУ – 2018