



UDK:544.473:662.754

**Jasur SHUKUROV,**  
Samarqand davlat universiteti tayanch doktoranti  
E-mail: shukjasni@gmail.com

SamDU professori, t.f.d N.Fayzullaev taqrizi asosida

### SIMULATION OF THE PROCESS OF OBTAINING DIMETHYL ETHER

#### Annotation

The article considers the process of modeling the production of methanol and dimethyl ether. The amount of substances at the outlet of the reactor was analyzed by the chromatographic method. The determination of DME, methanol, water is carried out on a Porapak T column. The mathematical description of the industrial apparatus does not take into account the inhibition of diffusion in the pores of the catalyst, and large catalyst granules are considered as objects with a certain effective activity. In a laboratory experiment, fine enough granular fractions were used to determine the actual activity.

**Key words:** Synthesis gas, methanol, DME dimethyl ether, temperature, dehydration, conversion, catalyst, mathematical modeling.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ДИМЕТИЛЭФИРА

#### Аннотация

В статье рассмотрен процесс моделирования производства метанола и диметилового эфира. Количество веществ на выходе из реактора анализировали хроматографическим методом. Определение ДМЭ, метанола, воды проводят на колонке Порapak Т. При математическом описании промышленного аппарата не учитывается торможение диффузии в порах катализатора, а крупные гранулы катализатора рассматриваются как объекты с определенной эффективной активностью. В ходе лабораторного эксперимента использовались достаточно мелкие зернистые фракции, чтобы была определена фактическая активность.

**Ключевые слова:** Синтез-газ, метанол, диметиловый эфир ДМЭ, температура, дегидратация, конверсия, катализатор, математическое моделирование.

### DIMETILEFIR OLISH JARAYONINI MODELASHTIRISH

#### Annotatsiya

Maqolada metanol va dimetilefir olish jarayonlarini modelashtirish jarayoni ko'rib chiqildi. Reaktordan chiqishda moddalar miqdori xromatografik yo'l orqali tahlil qilindi. DME, metanol, suvni aniqlash Porapak T li kolonkada o'tkaziladi. Sanoat apparatining matematik tavsifida katalizator g'ovaklaridagi diffuzion ingibirlanish hisobga olinmaydi va yirik katalizator granulalari ma'lum bir samarali faoliyatga ega bo'lgan ob'ektlar sifatida qaraladi. Laboratoriya tajribasi davomida etarlicha mayda donador fraksiyalardan foydalanilgan, shuning uchun haqiqiy faollik aniqlanadi.

**Kalit so'zlar:** Sintez-gaz, metanol, dimetilefir DME, harorat, degidratlash, konversiya, katalizator, matematik modelashtirish.

**Kirish.** Hozirgi vaqtda jahonda dimetil efir dizel yoqilg'isiga muqobil energiya manbai sifatida qaralmoqda. Sintez-gazdan dimetilefir sintezi bevosita yoki bilvosita usullarda amalga oshiriladi. Dimetilefirning bevosita sintezi uchun ikki xil: metanol sintezi katalizatori va metanolni degidratlash katalizatorini saqllovchi kompozitsiyalar ishlatiladi. Dimetil efir-dimetilsulfat, metilatsetat va etilen, propilenlar kabi kimyoviy moddalar ishlab chiqarish uchun muhim kimyoviy xomashyo hisoblanadi, shuningdek aerazolli ballonlar uchun ekologik jihatdan xavfsizdir. Dimetilefir fizik xossalari bo'yicha suyuqlashtirilgan neft gazlarga o'xshash va mos ravishda xuddi shu sharoitlarda saqlanishi mumkin, oson tashiladi. Dimetilefir etilen, propilenlar ishlab chiqarishda metanolni almashtirish sifatida foydalanilishi mumkin. Dimetilefiri yoqilg'i yoki yoqilg'iga qo'shimcha sifatida ishlatish kislorodning yuqori miqdori va dimetilefirning molekulyar tuzilishida C-C bog'lari yo'qligi tufayli mashinalardan chiqayotgan chiqindi gazlarning atrof-muhitni ifloslantirishini kamaytiradi[1].

**Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili.** Dunyoda olib borilayotgan tadqiqotlar shuni ko'rsatmoqdaki, tarkibida uglerod bo'lgan turli xom ashyoni qimmatbaho kimyoviy mahsulotlarga qayta ishlash mumkin. Qayta ishlash g'oyalaridan biri - bu xom ashyoni (ko'mir, neftni qayta ishlash zavodlaridan gaz, tabiiy gaz, maishiy chiqindilar va boshqalar) oksidlab, is gazi va vodorodga aylantirishdir [5]. Is gazi va vodorodni oksigenatlarga (metanol yoki dimetil efirga) aylantirish mumkin, ular uglevodorodlar [6] yoki qimmatbaho kimyoviy mahsulotlar sintetik manbai bo'lishi mumkin [7]. Sintez-gazdan dimetilefir olinishi jarayonining eng ko'p tarqalgan aralash katalizatorlar metanol sintezi katalizatorlari aralashmasi, jumladan  $ZnO \cdot CuO \cdot Al_2O_3$  va degidratlanish kislotali  $ZnO \cdot Cr_2O_3 \cdot Al_2O_3$  katalizatorlari hisoblanadi[8]. Reaksiya mexanizmi va  $ZnO \cdot CuO \cdot Al_2O_3$  katalizatorning har bir komponentining funksiyasi ishlar [9] da ko'rib chiqilgan. Spirtning dimetilefirga degidratlanishi uchun  $ZnO \cdot Cr_2O_3 \cdot Al_2O_3$ , alyumosilikat va  $ZnO \cdot CuO \cdot Al_2O_3$  tarkibli katalizatorlarning fizik-kimyoviy va katalitik xossalari oldinroq tadqiq qilingan va ishlarda tavsiflangan [10]. YUKS asosidagi katalizatorlarning sintezi, tekstur xarakteristikalarini va qo'llanilishi [11] ishlarda batafsil yoritilgan.

**Tadqiqot metodologiyasi.** Metanol sintezi uchun quyidagi tarkibdagi yuqori faollikka ega bo'lgan  $ZnO \cdot CuO \cdot Al_2O_3 \cdot ZrO_2$ /YUKS va  $ZnO \cdot CuO \cdot Al_2O_3$ /YUKS katalizatorlaridan foydalanildi. Reaktordan chiqishda moddalar miqdori xromatografik yo'l orqali tahlil qilindi. Katalitik eksperimentlarni o'tkazish uchun ikki oqimli quvurlar: 0,5-2,5 MPa

bosimlar oralig'ida va 0,2-0,6 MPa (past bosim qurilmasi) oralig'ida ishlash uchun foydalanildi. Reaktorning ichki diametri 12 mm, termopara kanali tashqi diametri 3 mm. 0,6 g massali katalizator tortimi, 0,26-0,316 mm li fraksiya foydalanildi. Katalizator qavatli harorati zanglamaydigan po'latdan (devor qalinligi 0,24 mm) qilingan ikkita termoparalar orqali (kiritishda va qavatdan chiqishdagi termopara diametri 1 mm) o'lchanadi. DME, metanol, suvni aniqlash Porapak T li kolonkada o'tkaziladi. Katalizatorni faollashtirish azot-vodorodli oqimda o'tkazildi ( $\approx 2$  hajm.%  $H_2$   $N_2$  da, sarf  $\approx 2$  l/soat). Katalitik eksperimentlar o'tkazishda sintez-gaz tarkibi, hajm.%: CO – 21,8;  $SO_2$  – 5,2;  $N_2$  – 5,3;  $H_2$  – 67,7.

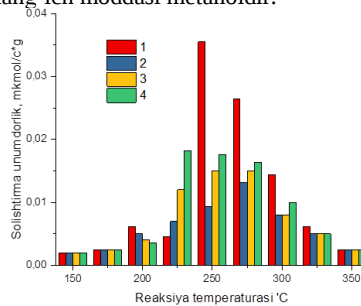
Kontakt vaqti, s-kg<sub>kat</sub>/l formula bo'yicha aniqlandi:  $\tau = 3600m/V_{kir}$ ,

bu erda m – tortim massasi, kg; - normal sharoitlarga keltirilgan xomashyo bo'yicha yuklama, l/soat. Metanolning DME ga konversiyasi formula bo'yicha aniqlandi:  $X_{CH_3OH} = 2C_{DME} \cdot 100 / (2C_{DME} + C_m)$ ,

Bu erda  $C_{DME}$ ,  $C_m$  – mos ravishda reaktordan chiqishda DME va metanol hajmiy konsentratsiyalari.

**Tahlil va natijalar.** Ushbu ishda bu katalizatorlarni aralashtirishning turli usullari sinovdan o'tkazildi: granulalarning mexanik aralashmasi, katalizatorlarning mayda fraksiyalari aralashmasi - keyingi tabletkalar bilan, shuningdek keyingi tabletkalar bilan titrlash tegirmonida qayta ishlangan katalizatorlar aralashmasi (1, 2-rasm).  $ZnO \cdot CuO \cdot Al_2O_3 \cdot ZrO_2 \cdot CaO$ /bentonit katalizatorlari (metanol va kislota-asos) aralashmasi unumdorligining - temperaturadan va katalizator birikmalarining og'irligiga bog'liqligi ko'rsatilgan. Xususan, rasmda ko'rsatilgan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, metanol katalizatorining ulushi ortishi bilan (bir xil yuklanish hajmi bilan), hosil bo'lgan dimetil efirning konsentratsiyasi juda ko'payadi. Bu degidratlanish yo'li tezligining boshlang'ich modda - metanol konsentratsiyasiga kuchli bog'liqligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, kislota-asos katalizatorining katta qismi hali dimetil efir aralashmasining yuqori ishlashini ta'minlamaydi, chunki metanolning past konsentratsiyasida uning degidratlanish darajasi ham past bo'lib chiqadi.

Aralashmaning umumiy unumdorligini alohida katalizatorlar uchun qayta hisoblash shuni ko'rsatadiki, kislota-asos katalizatorining ulushi oshishi bilan uning o'ziga xos unumdorligi pasayadi. Shu bilan birga, metanol katalizatorining ishlashi, hosil bo'lgan dimetilefir miqdorini hisobga olgan holda, individual metanol katalizatoriga nisbatan taxminan doimiy va kattaroq bo'lib qoladi, chunki metanolni kislota-asosli katalizatorida qayta ishlashda uning metanol katalizatorida hosil bo'lish tezligi oshadi va dimetil efir hosil bo'lishining boshlang'ich moddasi metanoldir.



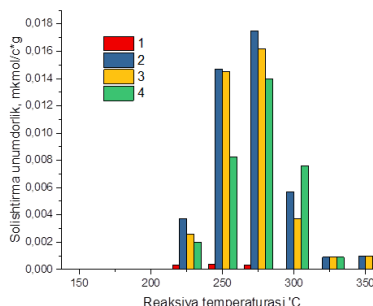
**1-rasm.** Metanol bo'yicha  $ZnO \cdot CuO \cdot Al_2O_3 \cdot ZrO_2 \cdot CaO$ /bentonit katalizator solishtirma unumdorligining reaksiya haroratiga bog'liqligi (metanol sintezi rejimi): 1-  $ZnO \cdot CuO \cdot Al_2O_3 \cdot ZrO_2 \cdot CaO$  /bentonit- toza;

2-  $ZnO \cdot CuO \cdot Al_2O_3 \cdot ZrO_2 \cdot CaO$  -granulalar aralashmasi;

3-  $ZnO \cdot CuO \cdot Al_2O_3 \cdot ZrO_2 \cdot CaO/Al_2O_3$  tabletkalangan;

4-  $ZnO \cdot CuO \cdot Al_2O_3 \cdot ZrO_2 \cdot CaO /SiO_2$  tabletkalangan.

Yuqorida aytib o'tilganidek, metanol parchalanish reaksiyasida  $ZnO \cdot CuO \cdot Al_2O_3 \cdot ZrO_2 \cdot CaO$ /bentonit katalizatorlarining faolligi, biroq jarayonning selektivligi ham sezilarli darajada o'zgaradi. Faqat dimetil efirning hosil bo'lishi misning kam konsentratsiyali namunalarda kuzatiladi (1,0 mas. %gacha), katalizatoridagi mis tarkibining oshishi bilan reaksiya mahsulotlarida metan, so'ngra metil formiatning konsentratsiyasi oshadi. Sanoat reaktorini loyihalash, uning ishlashining xavfsiz va maqbul rejimlarini tanlash uchun jarayonni modellashtirishni o'tkazish kerak. Ushbu maqolada keltirilgan matematik tavsif ikki fazali modelga asoslangan bo'lib, unda reaktivlarning oqim hajmida va katalizatorlar yuzasida konsentratsiyasi ko'rib chiqiladi. Katalizator bilan oqim orasidagi temperatura farqi hisobga olinmaydi, chunki sanoat katalizi sharoitida issiqlik berish koeffitsienti ancha yuqori bo'lib, katalizator materialining issiqlik o'tkazuvchanligi zarrachalarning qizishini ta'minlaydi. Agar kerak bo'lsa, model katalizator qatlamidan sovutish yuzasiga issiqlikni olib tashlashni hisobga oladi, bu reaktor devori yoki issiqlik almashinuvi naychalari bo'lishi mumkin. Sanoat apparatining matematik tavsifida katalizator g'ovaklaridagi diffuzion ingibirlanish hisobga olinmaydi va yirik katalizator granulalari ma'lum bir samarali faoliyatga ega bo'lgan ob'ektlar sifatida qaraladi. Laboratoriya tajribasi davomida etarlicha mayda donador fraksiyalardan foydalanilgan, shuning uchun haqiqiy faollik aniqlanadi.



**2-rasm.** Dimetilefir bo'yicha  $ZnO \cdot CuO \cdot Al_2O_3 \cdot ZrO_2 \cdot CaO$ /bentonit katalizator solishtirma unumdorligining reaksiya haroratiga bog'liqligi (metanol sintezi rejimi): 1-  $ZnO \cdot CuO \cdot Al_2O_3 \cdot ZrO_2 \cdot CaO$  /bentonit- toza;

2-  $ZnO \cdot CuO \cdot Al_2O_3 \cdot ZrO_2 \cdot CaO$  -granulalar aralashmasi;

3-  $ZnO \cdot CuO \cdot Al_2O_3 \cdot ZrO_2 \cdot CaO/Al_2O_3$  tabletkalangan;

4- ZnO·CuO· Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·ZrO<sub>2</sub>·CaO/SiO<sub>2</sub>tabletkalangan.

Kimyoviy reaksiyalarning stexiometriyasi bo'yicha jarayonda ishtirok etuvchi komponentlar ro'yxati va ularning oqimlarining o'zgarishi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Alohida komponentlar oqimini hisoblash

| N <sub>o</sub> | Tarkiblar                        | Oqimlar, kmol/s                                                                     |
|----------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1              | CO                               | $X_1^n = X_1^{n-1} + \Delta X_{12} - \Delta X_{24}$                                 |
| 2              | CO <sub>2</sub>                  | $X_2^n = X_2^{n-1} + \Delta X_{51} - \Delta X_{12} + \Delta X_{24}$                 |
| 3              | H <sub>2</sub>                   | $X_3^n = X_3^{n-1} - 3\Delta X_{51} - \Delta X_{12} + \Delta X_{24}$                |
| 4              | H <sub>2</sub> O                 | $X_4^n = X_4^{n-1} + \Delta X_{51} - \Delta X_{12} + \Delta X_{24} - \Delta X_{24}$ |
| 5              | CH <sub>3</sub> OH               | $X_5^n = X_5^{n-1} + \Delta X_{51} - 2\Delta X_6$                                   |
| 6              | CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub> | $X_6^n = X_6^{n-1}$                                                                 |
| 7              | CH <sub>4</sub>                  | $X_7^n = X_7^{n-1}$                                                                 |
| 8              | H <sub>2</sub>                   | $X_8^n = X_8^{n-1}$                                                                 |

$X_1^n$  - komponenti oqimining  $n$  -bosqichdagi qiymati, (1)  
differensial tenglamalar tizimini sonli usullar bilan echish dasturlari.

- $\Delta X_{51}$  – birinchi yunalish bo'ylab CH<sub>3</sub>OH oqimining oqishi
- $\Delta X_{12}$  – ikkinchi yunalish bo'ylab CO oqimining oqishi
- $\Delta X_6$  – uchunchi yunalish bo'ylab CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub> oqimining oqishi
- $\Delta X_{24}$  – to'rtinchi yunalish bo'ylab CO<sub>2</sub> oqimining oqishi

Reaksiya aralashmasidagi komponentlarning konsentratsiyasi:

$$N_1 = X_1 / \Sigma X_1 \text{ mol}$$

Turli katalizatorlardagi asosiy komponentlar: CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>OH, CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub> oqimlarining o'zgarishini aks ettiruvchi issiqlik va material balanslarining differensial tenglamalari quyidagicha yoziladi:  $\frac{dX_{51}}{dv_c} = W_1(1 - \varepsilon^{MK})$ ;

$$\frac{dX_{12}}{dv_c} = W_2(1 - \varepsilon^{MK}); \quad \frac{dX_6}{dv_c} = W_3(1 - \varepsilon^{KO}) \quad (1)$$

$$\frac{dT}{dv_c} = -1/\Sigma X_1 c_{p1} \left( \sum_{k=1,2} \Delta H_{rk} \cdot W_k (1 - \varepsilon^{MK}) + \sum_{k=3,4} \Delta H_{rk} \cdot W_k (1 - \varepsilon^{MO}) - K_T S_T (T - T_k) \right)$$

Dastlabki shartlar:  $v_c = 0, V = V_0, N_1 = N_{10}, C_1^n = C_{10}, T = T_0$ ,

bu erda  $\varepsilon^{MK}$  - metanol katalizatorining g'ovakligi:

$$\varepsilon^{MK} = \varepsilon + (1 - \varepsilon)\xi^{KO}$$

$\xi^{KO}$  - kislotasos katalizatorining g'ovakligi: (2)

$$\varepsilon^{KO} = \varepsilon + (1 - \varepsilon)(1 - \xi^{KO}) \quad (3)$$

bu erda  $\xi^{KO}$  - kislotasos katalizatorining yukning umumiy hajmidagi ulushi:

$$\xi^{KO} = \frac{v^{KO}}{v^{KO} + v^{MK}} \quad (4)$$

bu erda  $v^{KO} + v^{MK}$  - metanol va kislotasos katalizatorining yuklanish hajmi;

$\Delta H_{rk}$  - berilgan katalizatorlarda -chi yunalish bo'ylab ketayotgan reaksiya tufaylitizim talpiyasining o'zgarishi;

$c_{p1}$  - komponentlarning haqiqiy issiqlik sig'imi, kJ/kmol·K:

$$c_{p1} = a_i + b_i T + c_i T^2 + c_i' / T^2 \quad (5)$$

Buyo'nalishlar uchun reaksiya tezligi quyidagicha yoziladi.

$$W_1 = k_1 \frac{K_1 P_{CO_2}^n P_{H_2}^n}{K_1 P_{CO_2}^n + K_2 P_{H_2O}^n + K_1 K_2 P_{CO_2}^n P_{H_2O}^n} - \left( 1 - \frac{\varphi_1}{K_{p1}} \right); \quad \varphi_1 = \frac{P_{met}^n P_{H_2O}^n}{P_{CO_2}^n P_{H_2}^n}, MPa^{-2} \quad (6)$$

$$W_2 = -k_2 \frac{K_2 P_{CO}^n P_{H_2O}^n}{K_1 P_{CO}^n + K_2 P_{H_2O}^n + K_1 K_2 P_{CO_2}^n P_{H_2O}^n} - \left( 1 - \frac{\varphi_2}{K_{p2}} \right); \quad \varphi_2 = \frac{P_{CO_2}^n P_{H_2}^n}{P_{CO}^n P_{H_2O}^n} \quad (7)$$

$$W_3 = k_3 \frac{K_M P_M^{n2}}{(1 + 2(K_M P_M^{n2})^{\frac{1}{2}} + K_V P_V^n)^4} - \left( 1 - \frac{\varphi_3}{K_{p3}} \right); \quad \varphi_3 = \frac{P_{DIMETILEFIR}^n P_{H_2O}^n}{P_{met}^{n2}} \quad (8)$$

$$W_4 = -k_4 \frac{K_2 P_{CO}^n P_{H_2O}^n}{K_1 P_{CO}^n + K_2 P_{H_2O}^n + K_1 K_2 P_{CO_2}^n P_{H_2O}^n} - \left( 1 - \frac{\varphi_2}{K_{p2}} \right); \quad \varphi_2 = \frac{P_{CO_2}^n P_{H_2}^n}{P_{CO}^n P_{H_2O}^n} \quad (9)$$

Bu erda

$P_i^n$  - komponentlarning qisman bosimlari;

$\varphi_{1,2,3}$  - reaksiya stexiometriyasiga muvofiq komponentlarning qisman bosimlarining nisbati;

$K_{pi}$  - mos keladigan reaksiyalarning muvozanat konstantalari;

$k_{1,2,3,4}$  - berilgan yo'nalish uchun reaksiya tezligi konstantalari.

Moddanning o'tish tezligining ma'lum katalizatoridagi kimyoviy reaksiya tezligiga tengligi sharti:

$$\beta_i S_c (C_{iMK}^n - C_i) = (1 - \varepsilon^{MK}) W_{iMK} \quad (10)$$

$$\beta_i S_c (C_{iKO}^n - C_i) = (1 - \varepsilon^{KO}) W_{iKO} \quad (11)$$

bu erda:  $C_i$  - oqim hajmidagi  $i$  - komponentning konsentratsiyasi, kmol/m<sup>3</sup>;

$C_i^n$  - katalizator yuzasida  $i$  - komponentning konsentratsiyasi, kmol/m<sup>3</sup>;

$S_c$  - katalizator qatlamining yuzasi, m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>;

$\beta$  - massa uzatish koeffitsienti, m/s:

$$\beta_1 = \frac{Nu_{D1} D_{M1}}{d_e}, \frac{m}{s} \quad (12)$$

$$Nu_{D1} = 0,395 \cdot Re_e^{0,64} \cdot Pr_{di}^{0,33} \quad (13)$$

$Nu_{D1}$  - Nusselt diffuziya mezoni;

$D_{M1}$  - molekulyar diffuziya koeffitsienti, m<sup>2</sup>/s;

$d_e$  - ekvivalent diametr, m.

$$P_{iMK}^n = P_i + \frac{RT}{10^3 \beta_i S_c} \sum_{k=1,2} W_k (1 - \varepsilon_{MK}) v_{ik}, MPa \quad (14)$$

$$P_{iKK}^n = P_i + \frac{RT}{10^3 \beta_i S_c} \sum_{k=3,4} W_k (1 - \varepsilon_{MK}) v_{ik}, MPa \quad (15)$$

$P_i = N_i \cdot P_{Uzum}$  MPa - oqim hajmidagi komponentlarning qisman bosimlari.

2-jadval

Katalizator qatlamidagi massa uzatish koeffitsientlarini baholash

| $V, \text{nm}^3/\text{s}$ | $t, ^\circ\text{C}$ | $P, \text{MPa}$ | $u, \text{m/s}$ | $Dm, \text{m}^2/\text{s}$ | $\beta, \text{m/s}$ | $Re$  | $Pr_D$ |
|---------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|---------------------|-------|--------|
| 14000                     | 230                 | 8,5             | 0,098           | $6,88 \cdot 10^{-7}$      | $4,396 \cdot 10^3$  | 469,5 | 0,953  |
| 21000                     | 340                 | 30,0            | 0,047           | $5,94 \cdot 10^{-7}$      | $2,74 \cdot 10^3$   | 412,3 | 0,683  |

**Xulosa va takliflar.** Shunday qilib, metanol va dimetilefir olish jarayonlari modellashtirildi. Shu bilan birga, metanol katalizatorining ishlashi, hosil bo'lgan dimetilefir miqdorini hisobga olgan holda, individual metanol katalizatoriga nisbatan taxminan doimiy va kattaroq bo'lib qoladi, chunki metanolni kislota-asosli katalizatorida qayta ishlashda uning metanol katalizatorida hosil bo'lish tezligi oshadi va dimetil efir hosil bo'lishining boshlang'ich moddasi metanoldir. Matematik tavsif ikki fazali modelga asoslangan bo'lib, unda reaktivlarning oqim hajmida va katalizatorlar yuzasida konsentratsiyasi ko'rib chiqiladi. Agar kerak bo'lsa, model katalizator qatlamidan sovutish yuzasiga issiqlikni olib tashlashni hisobga oladi, bu reaktor devori yoki issiqlik almashinuvi naychalari bo'lishi mumkin. Sanoat apparatining matematik tavsifida katalizator g'ovaklaridagi diffuzion ingibirlanish hisobga olinmaydi va yirik katalizator granularlari ma'lum bir samarali faoliyatga ega bo'lgan ob'ektlar sifatida qaraladi.

#### ADABIYOTLAR

1. Fornell R., Berntsson T., and Åsblad A., Energy, 2013, vol. 50, p. 83.
2. Wang, Z., He, T., Qin, J., Wu, J., Li, J., Zi, Z., Liu, G., Wu, J., and Sun, L., Fuel, 2015, vol. 150, p. 386.
3. Baliban, R.C., Elia, J.A., and Floudas, C.A., Ind. Eng. Chem. Res., 2013, vol. 52, p. 3381.
4. Li, Y., Wang, T., Yin, X., Wu, C., Ma, L., Li., Renewable Energy, 2010, vol. 35, p. 583.
5. Markova N.A., Bukina Z.M., Ionin D.A., Kolesnichenko N.V., and Khadzhiev S.N., Neftekhimiya, 2016, vol. 56, p. 639.
6. Ilias S. and Bhan A., ACS Catal., 2013, vol. 3, p. 18.
7. Volnina E.A., Kipnis M.A., and Khadzhiev S.N., Neftekhimiya, 2017, vol. 57, p. 243.
8. Mamadoliev I.I., Fayzullaev N.I. Optimization of the activation conditions of high silicon zeolite // International Journal of Advanced Science and Technology, 2020, 29(3), str. 6807–6813
9. Buronov F., Fayzullaev N. Synthesis and application of high silicon zeolites from natural sources // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2022. – T. 2432. – № 1. – S. 050004.
10. Aslanov S.C., Fayzullaev, N.I. Catalytic synthesis of S2-S4-alkenes from dimethyl ether // International Journal of Engineering Trends and Technology, 2021, 69(4), str. 67–75.
11. Bukhorov A.Q., Fayzullaev N.I. Kinetic laws of dimethyl ether synthesis in synthesis gas // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2022. – T. 2432. – № 1. – S. 050012.