

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI

ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

UMUMIY KIMYOVIY TEXNOLOGIYA
bo‘yicha masalalar to‘plami

TOSHKENT – 2017

Aripova M.M. Umumiy kimyoviy texnologiya bo'yicha masalalar to'plami.–Toshkent; ToshDTU, 2017.

Masalalar to'plamida umumiy kimyoviy texnologiya fanining nazariy asoslarini puxta o'zlashtirish uchun xizmat qiluvchi masalalarning yechimlari va mustaqil ishlash uchun mashqlar keltirilgan.

Abu Rayhon Beruniy nomidagi ToshDTU ilmiy - uslubiy kengashining qarori bilan nashr etishga tavsiya etilgan.

Taqrizchilar:

Asamov M.K. - O'zMU Kimyo fakulteti dotsenti, kimyo fanlari nomzodi.

Safayev U.A. - ToshDTU "Atrof-muhit muhofazasi" kafedrasi mudiri, kimyo fanlari nomzodi, dotsent.

Kirish

Mazkur masalalar to'plamining maqsadi [2-4] ishlarda bayon qilingan kimyo – texnologik jarayonlarning asoslari, kimyoviy ishlab chiqarishlarning eng asosiy reaktorlari va namunaviy sxemalarining nazariyasi, shu bilan birga eng muhim kimyoviy mahsulotlarning xossalari hamda qo'llanishi haqidagi ma'lumotlarga bag'ishlangan ba'zi masalalarning yechimlari va mustaqil ishlash uchun mashqlar keltirishdan iborat.

O'ylaymizki, masalalar to'plamida yechimi keltirilgan masalalarni diqqat bilan o'rganish va mustaqil ishlash uchun mashqlarni yechish talabalarning mazkur fanni puxta o'zlashtirishlari uchun xizmat qiladi.

1. Qurilmaning unumdorligi, quvvati va jadalligi

Metallurgiya, energetika, mashina- va asbobsozlik qatori kimyo sanoatining rivojlanish darajasi mamlakatning iqtisodiy kuch-qudratini aniqlaydi. Huddi shuning uchun barcha rivojlangan mamlakatlarda kimyoviy texnologiyalarni takomillashtirishga, yangi texnologik jarayonlarni ishlab chiqishga, kimyoviy mashinasozlikni rivojlantirishga, ilmiy izlanishlarni mukammallashtirishga, yangi selektiv katalizatorlar yaratishga katta e'tibor beriladi.

Kimyoviy texnologiyani takomillashtirish mehnat unumdorligini oshirish, tayyor mahsulotning sifatini yaxshilash va uning tannarhini pasaytirishga yo'naltirilgan.

Kimyo texnologik tizimlar va maxsus qurilmalarning, odatda shu qurilmalarda xizmat qilayotgan ishchi o'rinlarni ko'paytirmasdan, quvvatlarini oshirish ularning unumdorligini ko'tarishga va mehnat sharoitlarini yaxshilashga olib keladi. U unumdorlik τ vaqt birligida ishlab chiqarilgan mahsulot yoki qayta ishlangan xomashyoning miqdori G bilan o'lchanadi:

$$U = G / \tau \quad (1.1)$$

Qurilmalarning o'lchamlarini va unumdorligini oshirish mablag' sarfini pasaytiradi va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish imkoniyatini yengillashtiradi.

Ishlab chiqarish jarayonining mukammal sharoitlarda qurilma unumdorligining eng yuqori (maximal) imkoniyati uning W – quvvati deyiladi. Shunday qilib:

$$W = U_{max}. \quad (1.2)$$

Masalan, kolchedan kuydirish pechlarining quvvati va unumdorligi *t/kecha - kunduz* da ifodalanadi.

Qurilmalar ishlashini jadallashtirish – o'lchamlarini kattalashtirmasdan ishlash tartibini yaxshilash hisobiga ularning unumdorligini oshirishdir. Qurilma ishlashining jadalligi J deb, uning unumdorligi U ning qurilma hajmi v yoki kesimi yuzasi S ning nisbatiga aytiladi:

$$J = U / v = G / (\tau v) \text{ yoki } J = G / (\tau S) \quad (1.3)$$

τ vaqt ichida sanoat ishlab chiqarishining ko'tarilishi mavjud ishlab chiqarishning U unumdorligiga proporsional yuz berishi aniqlangan,

ya'ni o'sish tezligi

$$u = \frac{dU}{d\tau} = kU, \quad (1.4)$$

bu yerda: k - o'sish koeffitsienti - u ham doimo o'sadi. Shunga ko'ra tozalashning yangi, samaraliroq usullarini ishlab chiqish yoki ishlab chiqarishning yangi usullariga o'tishini amalga oshirish zarur.

1-masala. Agar 15 soatda 168 t oltingugurt (IV) oksidi oksidlansa, u holda sulfat kislota ishlab chiqarish kontakt qurilmasining unumdorligini ($kg/soatda$) hisoblang. Oltingugurt (IV) oksidining oltingugurt (VI) oksidiga aylanish darajasi 97,8 %.

Yechish: G kattalik noma'lum bo'lgan (1.1) formuladan foydalanib unumdorlikni hisoblaymiz. Uni $G = m(SO_2) \cdot (SO_2)$ formula bo'yicha hisoblash mumkin, ya'ni $G = 168000 \cdot 0,978 = 164304$.

Qurilmaning unumdorligini topamiz:

$$U_{SO_2} = \frac{164304}{15} = 1095,6.$$

2 - masala. Agar bir yilda 317 ish kuni va qurilmaning ikki tizmasi ishlayotgan bo'lsa, u holda qurilmaning yillik unumdorligini (tonnada) aniqlang. Sulfat kislota ishlab chiqarish qurilmasining bitta tizmasi bir oy ichida 600 t 92 % li sulfat kislotasi ishlab chiqaradi.

Yechish: Bir kecha-yu kunduzda ishlab chiqarilgan 92 % li sulfat kislotasining massasini hisoblaymiz:

$$U_1 = \frac{6000 \cdot 2}{\left[30 - \left(\frac{365 - 317}{12} \right) \right]} = 461,54$$

bu yerda: $30 - \left(\frac{365 - 317}{12} \right)$ - bir oydagi ish kunlari soni.

92 %li sulfat kislota olish uchun qurilmaning yillik unumdorligini topamiz:

$$U_2 = 461,54 \cdot 317 = 146308$$

100 %li sulfat kislotaga qayta hisoblaganda esa:

$$U_2 = \frac{146308 \cdot 92}{100} = 134603.$$

3 -masala. Agar 1 t ammiak olish uchun 2850 m^3 azot - vadorod

qorishmasi sarflansa, u holda bir kecha-yu kunduzda qanday hajmda (metr kubda) azot va vodorod zarur bo‘ladi? Ammiak sintez minorasining yillik unumdorligi (335 ish kunida) 218 ming t .

Yechish: Ammiak sintezi $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 - \Delta H$ tenglama bo‘yicha boradi. 4 hajm azot-vodorod qorishmasiga bir hajm azot, 3 hajm vodorod to‘g‘ri keladi.

Ammiak sintez minorasining bir kecha - kunduzlik unumdorligi

$$U = \frac{218000}{335} = 650,74 \text{ } t$$

ga teng. Bir kecha - kunduzda

$$V_{N_2} = \frac{650,74 \cdot 2850}{4} = 463652,25 \text{ } m^3$$

azot,

$$V_{H_2} = \frac{650,74 \cdot 2850}{4} \cdot 3 = 1390956,7 \text{ } m^3$$

vodorod zarur.

4 - masala. Agar silvinitni maydalash uchun jadalligi $3 \text{ } t/(m^3 \cdot soat)$ bo‘lgan o‘zakli tegirmondan foydalanilsa, u holda o‘zakli tegirmonning (bir kecha kunduzdagi) unumdorligini va bir kecha kunduzda maydalangan silvinitning massasini hisoblang. Maydalash bo‘limida foydali hajmi $32 \text{ } m^3$ bo‘lgan 8 ta o‘zakli tegirmon o‘rnatilgan.

Yechish. $J = U/V\tau$ formulaga asosan, unumdorlikni jadallik orqali hisoblash uchun formula keltirib chiqaramiz: $U = JV\tau$. U holda unumdorlik $U = 3 \cdot 32 \cdot 24 = 2304 \text{ } t/soat$ bo‘ladi. Maydalangan silvinitning massasi $2304 \cdot 8 = 18432 \text{ } t$ ni tashkil etadi.

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Yilda 1 oy qurilma ishlamasligini hisobga olib, ammiak sintez minorasining yillik unumdorligini va jadalligini hisoblang. Katalizatorning ammiak sintez minorasida egallagan hajmi $3 \text{ } m^3$ ga teng. Minoraning unumdorligi $27,114 \text{ } t/soat$ ni tashkil etadi.

Javob: $217998,56 \text{ } t$; $9,038 \text{ } t/(m^3 \cdot soat)$.

2. Agar 10 kecha - kunduzda 3 ming tonna ammiak ishlab chiqarilgan bo‘lsa, u holda diametri $140 \text{ } sm$, balandligi $14 \text{ } m$ ammiak

sintez minorasining faolligini va unumdorligini hisoblang.

Javob: 300 t/kecha - kunduz yoki 12,5 t/soat; 13,45 t/kecha - kunduz yoki 0,56 t/soat.

3. Agar pechning diametri 4,2 m, balandligi 8 m, jadalligi esa 1000 kg/(m³·kecha - kunduz) bo'lsa, u holda changsimon kolchedan kuydirish pechining unumdorligini hisoblang.

Javob: 110,8 t/kecha - kunduz.

4. Kontakt qurilmaning unumdorligi 1080 t/kecha - kunduz monogidratni tashkil etadi. Qurilmaga kelayotgan gazda SO₂ ning hajm ulushi 0,075. SO₂ dan foydalanish koeffitsientini 98 % deb olib, 1 soatda qurilmaga berilayotgan (normal sharoitda) gazning hajmini aniqlang.

Javob: 139500 m³.

2. Kimyoviy texnologiyaning ekologik muammolari

Havo va suv havzalarini muhofazalash, tuproqni himoyalash, flora va faunani saqlash hamda qayta tiklash zamonaning muhim muammosidir. Bizning mamlakatimizda biosferani sanoat tashlanmalaridan himoyalashning bir nechta yo'nalishlari ishlab chiqilgan: xomashyodan to'liq kompleks foydalanishga asoslangan chiqindisiz texnologiyalarni va ishlab chiqarishning yopiq tizimini yaratish; oqovasiz ishlab chiqarishlarni yaratish yo'li bilan sanoat oqovalari hajmini kamaytirish; yoqilg'i yondirishning gazsimon tashlanmalari bilan biosferani ifloslantirishni kamaytirish bo'yicha tadbirlar o'tkazish; ishlayotgan korxonalarda ishlab chiqarish chiqindilari va tashlanmalarini utilitatsiyalash va zararsizlantirish usullarini ishlab chiqish. Gaz va oqova suvlarni tozalashning asosiy masalasi gazlar hamda oqova suvlar tarkibidagi zaharli qo'shimchalarni ruxsat etilgan konsentratsiya (REK) gacha olib kelish. REKga yetishish mumkin bo'lmagan holda tozalash yo'li bilan ba'zan zaharli moddalarni ko'pkarra qayta – qayta eritish yoki qo'shimchalarni atmosferaning yuqori qatlamlariga olib chiqarish uchun gazlarni baland tutun mo'rilari orqali chiqarib tashlanadi. Mo'rilarning balandligi va boshqa omillarga bog'liq holda atmosferaning quyi qatlamlarida qo'shimchalarning konsentratsiyasini nazariy aniqlash atmosferada turbulent diffuziya qonunlari bilan

bog‘liq. Havoning yer ustki qatlamida qo‘shimchalarning bo‘lishiga bog‘liq mo‘rining balandligi ushbu emperik formula bilan aniqlanadi:

$$H = 12,5 \sqrt{\frac{M}{P\partial K \cdot \sqrt[3]{\frac{V\Delta T}{N}}}} \quad (2.1)$$

bu yerda: M – atmosferaga tashlanayotgan zararli moddalarning miqdori, g/s ; V – tashlanma gazlar hajmi, m^3/s ; ΔT - chiqayotgan gaz va atrof-muhit havosi haroratlari orasidagi ayirma, $^{\circ}C$; N – tashlanma gazlar chiqayotgan mo‘rilar soni. Agar mo‘rining formula bo‘yicha hisoblanayotgan balandligi juda katta bo‘lsa, u holda tashlanma gazlarni maxsus tozalash amalga oshiriladi va keyin mos balandlikdagi mo‘ri orqali atmosferaga chiqariladi. Havoning yer ustki qatlamida qo‘shimchalarning konsentratsiyasini *REK*dan yuqori bo‘lmasligini ta‘minlovchi, bu moddalarning atmosferaga ruhsat etilgan tashlanmasi (*RET*) ushbu formula bo‘yicha taqriban hisobdanadi:

$$RET = \frac{REKH^2 \sqrt{V\Delta t}}{AFm} \quad (2.2)$$

bu yerda: A – havoda zararli moddalarning tik yoki gorizontal tarqalish sharoitini aniqlovchi koeffitsient; F - atmosferada zararli moddalarning sedimentatsiyalanish tezligini aniqlovchi koeffitsient (Cl_2 , HCl , HF gazlar uchun $F=1$); m – gazning mo‘ri og‘zidan chiqish sharoitini hisobga oluvchi koeffitsient. m koeffitsientni ushbu formula bo‘yicha hisoblash mumkin:

$$m = \frac{1,5 \cdot 10^3 v(r)d}{H^2 \Delta t} \quad (2.3)$$

bu yerda: $v(r)$ - gazning mo‘ridan chiqishidagi o‘rtacha tezligi, m/s ; d – mo‘ri diametri, m .

Sanoat oqovalari organik qo‘shimchalarining suv havzalariga va ularga tutash hududlarga zararli ta’sirlari turli-tumandir va kislorodning kimyoviy hamda biokimyoviy iste’moli (mos ravishda *KKI* va *KBI*) bilan o‘lchanadi. *KKI* deganda $1mg$ moddani CO_2 , H_2O ga yoki $1 dm^3$ suv tarkibidagi organik qo‘shimchalarni oksidlash uchun zarur bo‘lgan kislorod miqdori tushuniladi. *KKI* standart usul bo‘yicha aniqlanadi: oksidlovchi sifatida kaliy dixromati ($K_2Cr_2O_7$) qo‘llaniladi, kumush

sulfat katalizatori ishtirokida olib boriladi. *KBI* – suvning organik qo‘shimchalar bilan ifloslanishi, shuningdek suv tozalashning asosiy ko‘rsatkichidir. *KBI* - suv tarkibidagi turg‘un bo‘lmagan organik moddalarning ma’lum vaqt oralig‘ida aerob biokimyoviy oksidlash uchun sarflangan kislorodning miqdori. *KBI* aniqlangan vaqtga bog‘liq holda KBI_5 (besh kecha - kunduz uchun) va nihoyat barcha biologik oksidlanuvchi moddalar parchalanganda $KBI_{to‘l}$ farqlanadi.

Oqova suvni tozalashning mavjud usullari mexanik, fizik-kimyoviy, biologik va termikka bo‘linadi. Qo‘shimchalarning turli-tumanligi va ular tarkibining murakkabligi sababli odatda oqova suvlarni tozalashning kompleks usullaridan foydalaniladi.

5 - masala. Havoning yer ustki qatlamidagi oltingugurt (IV) oksidining konsentratsiyasi *REK* ($0,5 \text{ mg/m}^3$) dan oshmasligi uchun mo‘ri qanday balandlikda bo‘lishi kerak? Oltingugurt (IV) oksidining hajmiy ulushi 0,05 % bo‘lgan yoqilg‘i tashlanma gazi tutun mo‘riga 130°C haroratda $300 \text{ m}^3/\text{soat}$ tezlikda kiradi. Havoning harorati 20°C .

Yechish. Mo‘rining mumkin bo‘lgan minimal balandligini (2.1) formula bo‘yicha hisoblaymiz. Buning uchun atmosferaga tashlanayotgan zararli modda (SO_2) miqdori

$$M = \frac{300 \cdot 0,05 \cdot 64}{100 \cdot 360 \cdot 22,4} = 115,2$$

ni; tashlanayotgan gazning hajmi

$$V = \frac{300}{360} = 0,84$$

ni va chiqayotgan gaz va atrof havo haroratlari orasidagi ayirmani: $130 - 20 = 110^\circ\text{C}$ topish zarur.

U holda mo‘rining balandligi

$$H = 12,5 \sqrt{\frac{115,2}{0,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,84 \cdot 110}{1}}}} = 90 \text{ m}$$

bo‘ladi.

6 - masala. Tutun mo'riining balandligi 100 m va uning diametri 0,7 m bo'lganda, superfosfat zavodi hududida havoning yer ustki qatlamidagi vodorod ftoridining konsentratsiyasini *REK* ($0,05 \text{ mg/m}^3$) dan oshmasligini ta'minlovchi vodorod ftoridining *RET* ni aniqlang. Gaz tashlanmasining hajmi $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ga teng. Havoda tarqalish koeffitsienti 160, sedimentatsiya koeffitsienti 1 ga teng. Mo'ridan gaz chiqishining o'rtacha tezligi $0,4 \text{ m/s}$. Chiqayotgan gaz harorati 40°C , atmosferaniki esa 23°C .

Yechish. (3.2) ifodada mo'ri og'zidan chiqish sharoitini hisobga oluvchi noma'lum koeffitsientni (2.3) formula bo'yicha topish mumkin:

$$m = \frac{1,5 \cdot 1000 \cdot 0,4^2 \cdot 0,7}{10000 \cdot 17} \approx 1$$

U holda

$$RET = \frac{0,05 \cdot 10000 \cdot \sqrt{0,6 \cdot 17}}{160 \cdot 1 \cdot 1} = 9,93 \text{ g/s}$$

7 -masala. Agar aerotenk qatlamining balandligi 4 m, solishtirma yuklamasi esa 2500 g/m^3 bo'lsa, u holda *KBI* bo'yicha aerotenk ishining jadalligini va uning eng chegaraviy yuklamasini aniqlang. Radiusi 6 m bo'lgan biofiltrning unumdorligi tozalanayotgan oqova suvning $8000 \text{ m}^3/\text{kecha-kun.ga}$ teng.

Yechish. Aerotenk ishlashining jadalligini topamiz:

$$J = \frac{8000}{3,14 \cdot 6^2} = \frac{8000}{113} = 79$$

KBI bo'yicha chegaraviy yuklamani hisoblash uchun $V = \pi r^2 h$ formula bo'yicha filtr qatlamining hajmini aniqlash zarur. Mos qiymatlarni qo'yib $V = 3,14 \cdot 36 \cdot 4 = 452 \text{ m}^3$ olamiz. U holda *KBI* bo'yicha filtrning chegaraviy yuklamasi $452 \cdot 2500 = 1130000$ yoki $1,13 \cdot 10^6 \text{ g}$ bo'ladi.

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Sanoatlashgan shahar havosidagi uglerod (II) oksidining maksimal ruhsat etilgan konsentratsiyasi 8 soat ichida 10 mg/m^3 dan oshmasligi kerak. Konsentratsiya darajasi shunday bo'lganda o'lchami

2,5×15×40m bo'lgan binodagi uglerod (II) oksidining massasini aniqlang.

Javob: 15 g CO.

2. Atmosferaga tashlanayotgan oltingugurt (IV) oksidining bir qismi sulfat kislotasiga aylanadi. 0,5 mol SO₂, 1,0 mol O₂ va cheklanmagan miqdordagi H₂O dan qanday miqdordagi H₂SO₄ hosil bo'lishi mumkin? Havoda qanday miqdordagi sarflanmagan oltingugurt (IV) oksidi qoladi?

Javob: 2 mol, sarflanmagan SO₂ 3 mol.

3. Hususan, katta shaharlar troposferasini va umuman atmosferasini muhim ifloslantiruvchilarining kimyoviy formulasini yozing. Ifloslantiruvchilarning paydo bo'lish sabablarini ko'rsating.

4. Atmosferani ifloslantiruvchi oltingugurt (IV) oksidining asosiy manbalarini va uni ushlab qolish mumkin bo'lgan turli usullarni keltiring.

3. Kimyo texnologik jarayonlarda muvozanat

To'g'ri va teskari jarayonlarning tezliklari tenglashadigan, buning natijasida o'zaro ta'sir qiluvchi tizimlarda komponentlarning nisbati jarayonning borish sharoiti o'zgarmaguncha o'zgarmay qoladigan barcha qaytar jarayonlar muvozanatga intiladi. Harorat, bosim, reaksiyaga kirishuvchi moddalarning konsentratsiyasi kabi texnologik parametrlar o'zgarganda muvozanat buziladi va jarayon yangi muvozanat boshlanguncha u yoki bu yo'nalishda borishi mumkin. Kimyoviy reaksiyadagi muvozanat holati miqdoran massalar ta'siri qonuni (MTQ) bilan tavsiflanadi:

o'zgarmas haroratda va muvozanat mavjud bo'lganda reaksiya mahsulotlarining ta'sirlanuvchi massalari ko'paytmasining boshlang'ich moddalarning ta'sirlanuvchi massalari ko'paytmasiga nisbati o'zgarmas kattalikdir.

Bu o'zgarmas K kattalik muvozanat konstantasi deyiladi. K konstantani hisoblaganda p_i – komponentlarning parsial bosimlari, c_i – konsentratsiyalari yoki n_i – mollar sonidan foydalanish mumkin. Mos ravishda K_p ; K_c ; K_n miqdorlar olinadi. Sintez reaksiyasi misolida muvozanat konstantalari uchun ifodalarni ko'raylik:



bu yerda: a, b, d –stexiometrik koeffitsientlar; ΔH – o‘zgarmas bosimda reaksiyaning issiqlik effekti. $(-\Delta H / d) = q_p$ -maqsadli mahsulotning bir moliga o‘tkazilgan issiqlik. Bunday xildagi reaksiyani modeldek hisoblash mumkin, chunki u SO_2 va CO ni oksidlanishi, ko‘plab gazlarni (SO_3, SO_2, CO_2) suv bilan absorbsiyasi; NH_3 va HCl gazlarining sintezi; spirtlarni, yuqori molekular birikmalarni olish va shunga o‘xshash jarayonlar uchun xosdir.

Agar A, B va D moddalar gazlar bo‘lsa, u holda

$$K_p = \frac{p_D^{*d}}{p_A^{*a} p_B^{*b}} = \left| \begin{array}{l} const \\ T = const \end{array} \right. \quad (3.1)$$

bu yerda: p_i^* – komponentning muvozanat parsial bosimi.

Agar ta’sir qiluvchi massa sifatida muvozanat konsentratsiyasi c_i^* olinsa, u holda

$$K_c = \frac{c_D^{*d}}{c_A^{*a} c_B^{*b}} = \left| \begin{array}{l} const \\ T = const \end{array} \right. \quad (3.1a)$$

agar n_i^* – muvozanat mollar soni olinsa, u holda

$$K_n = \frac{n_D^{*d}}{n_A^{*a} n_B^{*b}} = \left| \begin{array}{l} const \\ T = const \end{array} \right. \quad (3.1b)$$

agar N_i^* – muvozanat molar ulushlari olinsa, u holda

$$K_N = \frac{N_D^{*d}}{N_A^{*a} N_B^{*b}} = \left| \begin{array}{l} const \\ T = const \end{array} \right. \quad (3.1d)$$

K_p, K_c, K_n va K_N muvozanat konstantalari o‘zaro oddiy munosabatlar bilan bog‘langan:

$$K_p = K_n (RT)^{\Delta n}, \quad (3.2)$$

$$K_p = K_n \left(\frac{RT}{V} \right)^{\Delta n} \quad (3.2a)$$

$$K_p = K_n P^{\Delta n} \quad (3.2b)$$

bu yerda: T – absolyut harorat, R – molar gaz doimiysi, V – gazli aralashma hajmi; P – gazli aralashmaning umumiy bosimi, Δn – reaksiyada qatnashayotgan gazsimon moddalarning mollar sonining o‘zgarishi.

Shunday qilib, (a) reaksiyasi uchun

$$\Delta n = d - (a + b) \quad (3.3)$$

Agar reaksiyaga kirishayotgan moddalardan biri juda ortiq ishlatilsa (masalan, gidrolizda suvning konsentratsiyasi; havoda kuydirishda kislorodning parsial bosimi va shunga o‘xshash), u holda bu ortiqcha komponentning konsentratsiyasini (parsial bosimni) o‘zgarmas kattalik deb hisoblash mumkin. Bunda muvozanat konstantasi uchun ifoda, masalan (a) model reaksiyasi uchun B komponentning ortiqchaligida

$$K'_p = K_p p_B^{*b} = \frac{p_D^{*d}}{p_A^{*a}} = \begin{cases} const \\ T = const \end{cases} \quad (3.4)$$

ko‘rinishga ega.

Muvozanat konstantasini hisoblash tajriba ma’lumotlari bo‘yicha yoki normal kimyoviy yaqinlik bo‘yicha amalga oshiriladi:

$$\Delta G_T^\circ = -RT \ln K_p \quad (3.5)$$

yoki

$$\Delta F_T^\circ = -RT \ln K_c \quad (3.6)$$

bu yerda: ΔG_T° va ΔF_T° o‘zgarmas bosim va hajmda erkin energiyalar yoki mos ravishda izobarik- va izoxorik-izotermik potentsiallar.

$$\Delta G_T^\circ = \Delta H_T^\circ - T \Delta S_T^\circ \quad (3.7)$$

bo‘lgani uchun, bu yerda: ΔS_T° – kimyoviy aylanishda tizim entropiyasining o‘zgarishi, (3.5) va (3.7) tenglamalarni birgalikda yechib, K_p uchun ushbu ifodani olamiz:

$$\lg K_p = \frac{T\Delta S_T^\circ - \Delta H_T^\circ}{19,1T} \quad (3.8)$$

bu yerda: $19,1 \approx R \cdot 2,3 = 8,31 \cdot 2,3$.

Ko'p sonli kimyoviy aylanishlar uchun standart sharoitdagi muvozanat konstantalari jadval yoki nomogramma ko'rinishda fizik-kimyoviy ma'lumotnomalarda keltirilgan.

K muvozanat konstantasining haroratga bog'liqligi izobar tenglama bilan ifodalanadi:

$$\frac{d \ln K_p}{dT} = \frac{\Delta H^\circ}{RT^2} \quad (3.9)$$

bu yerda: ΔH° – 1mol moddaga (mahsulotga yoki asosiy boshlang'ich moddaga) o'tkazilgan issiqlik effekti.

T_1 haroratda ma'lum K_{p_1} bo'yicha va o'zgarmas bosimda reaksiyaning ma'lum issiqlik effekti q_p da, T_2 haroratda noma'lum muvozanat konstantasi K_{p_2} ni taqriban aniqlash uchun

$$\lg \frac{K_{p_2}}{K_{p_1}} = \frac{\Delta H^\circ}{2,3R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (3.10)$$

tenglama qo'llaniladi, bu yerda: $R = 8,32 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ molar gaz doimiysi. Uning qiymatini (2.10) tenglamaga qo'yib,

$$\lg \frac{K_{p_1}}{K_{p_2}} = \frac{\Delta H^\circ (T_2 - T_1)}{19,1T_1T_2} \quad (3.11)$$

tenglamani olamiz. (3.10) va (3.11) tenglamalar (3.9) tenglamani ΔH° ning o'zgarmas qiymatida (T_1 haroratda) integrallab olingan va shuning uchun ΔH° ning ozgina o'zgarishiga mos kelgan haroratlar oralig'ida qo'llanilishi mumkin. Haroratni yetarlicha o'zgartirganda K_p ni hisoblash uchun

$$\lg K_p = \frac{a}{T} + bT + cT^2 + \dots + K_1 \quad (3.12)$$

ko'rinishdagi tenglama qo'llaniladi, bu yerda: a, b, c – turli reaksiyalar uchun ma'lumotnoma adabiyotida keltirilgan konstantalar. B, c konstantalarning qiymatlari juda kichik bo'lganidan, texnik hisoblashlar uchun ko'pincha

$$\lg K_p = \frac{a}{T} + K_1 \quad (3.13)$$

ko‘rinishdagi formulalar qo‘llaniladi, bu yerda: $a = \Delta H^\circ / 2,3R$.

8- masala. Stexiometrik miqdorga nisbatan H_2 ni 10 % ortig‘i bilan amalda oshrilayotgan vodorod xlorid sintezida qurilmadan chiqayotgan gaz tarkibida 80 % HCl bor. Berilgan shartlarda K_c kattalikni hisoblang.

Yechish. $NaCl$ suvli eritmaning elektrolizida hosil bo‘ladigan xlor va vodoroddan vodorod xlorid sintezi amalga oshiriladi.

Vodorod ekzotermik reaksiya



bo‘yicha xlorida yonib bitadi. Sintez, boshlang‘ich aralashmada jarayonni havfsizligini va xlorini to‘liq ishlatilishini ta‘minlovchi vodorodning 5-10 % dan ortiq bo‘lganda, 2300–2400 °C haroratda pechda amalga oshiriladi.

Shartga asosan 1 *mol* xlorga 1,1 *mol* vodorod to‘g‘ri keladi. Jarayon hajmining o‘zgarishsiz borayotgani uchun, aralashmaning muvozanat holatidagi hajmi 2,1 *mol*ni tashkil etadi. Muvozanatli aralashmaning tarkibi

$$HCl \dots\dots\dots 2,1 \cdot 0,8 = 1,68$$

$$Cl_2 \dots\dots\dots 1 - \frac{1,68}{2} = 0,16$$

$$H_2 \dots\dots\dots 1,1 - \frac{1,68}{2} = 0,26$$

$$K_c = \frac{[HCl]^2}{[H_2][Cl_2]} = \frac{\left[\frac{1,68}{2,1}\right]^2}{\left[\frac{0,16}{2,1}\right]\left[\frac{0,26}{2,1}\right]} \approx 69.$$

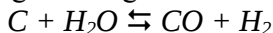
9 - masala. Agar $\lg \frac{P_{H_2O}}{P_{CO}P_{H_2}}$ mos ravishda 1,67 va 0,13 bo‘lsa,

toshko‘mirni suv bug‘i bilan $t_1 = 500^\circ C$ va $t_2 = 700^\circ C$ haroratda

gazlashtirish jarayonida uglerod (II) oksidining muvozanatdagi chiqishini aniqlang. $P = 10,1 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ (1 at).

Yechish. Toshko‘mirning (har qanday qattik yoqilg‘ining) gazifikasiyasi – kislorod yoki suv bug‘i bilan butunlay oksidlanmagan ko‘mirning organik qismi yonuvchi gazga aylanuvchi yuqori haroratli geterogen jarayondir.

Toshko‘mirning suv bug‘i bilan gazlashtirish jarayoni tenglamasini



ko‘rinishda ifodalash mumkun.

Aralashmadagi uglerod oksidining muvozanatdagi tarkibini X_p bilan belgilaylik. U holda

$$K_p = \frac{P_{CO}P_{H_2}}{P_{H_2O}} = \frac{X_p^2}{1 - 2X_p}$$

500 °C haroratda

$$\lg K'_p = 1,67, \quad K'_p = 46,7, \quad K_p = \frac{1}{46,7} = 0,0214;$$

$$\frac{X_p^2}{1 - 2X_p} = 0,0214.$$

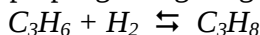
$$X_p + 0,0428X_p - 0,0214 = 0; \quad X_p^{500} = 0,12.$$

700 °C haroratda

$$\lg K'_p = -0,13, \quad K'_p = 0,74, \quad K_p = \frac{1}{0,74} = 1,35;$$

$$X_p^2 + 2,7X_p - 1,35 = 0; \quad X_p^{700} = 0,42.$$

10- masala. Propilenni propangacha gidrogenlash



reaksiyasining muvozanat konstantasini 327 °C haroratda toping.

Yechish. ΔH° bilan $P = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bosimda va absolyut nolda boruvchi standart reaksiya uchun entalpiyaning o‘zgarishini ΔH_0° bilan belgilaylik. U holda

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ - \Delta H_0^\circ + \Delta H_0^\circ$$

yoki

$$\frac{\Delta G^{\circ}}{T} = \Delta \left(\frac{G^{\circ} - H_0^{\circ}}{T} \right) + \frac{\Delta H_0^{\circ}}{T}$$

Bu tenglamadan muvozanatni hisoblashda barcha reagentlar uchun $\frac{G - H_0^{\circ}}{T}$ kattalikni va absolyut nolda reaksiyaning ΔH_0° issiqlik effektini berish zarur.

$\frac{G^{\circ} - H_0^{\circ}}{T}$ ning qiymati spektroskopik ma'lumotlar ΔH_0° esa kalorimetrik ma'lumotlar asosida aniqlanadi. Bundan tashqari bu kattaliklar uchun hisob tenglamalariga egamiz. Bu tenglamalar asosida jadvallar tuzilgan.

Moddalar hosil bo'lishining standart issiqliklarining jadvaldagi ma'lumotlaridan foydalanib, Gess tenglamasi bo'yicha quyidagini topamiz:

$$\begin{aligned} \Delta H_0^{\circ} &= (\Delta H_0^{\circ})_{C_3H_8} - [(\Delta H_0^{\circ})_{C_3H_8} + (\Delta H_0^{\circ})_{H_2}] = \\ &= 81600 - (35100 + 0) = -116700 \text{ kJ}. \end{aligned}$$

600 K da

$$\begin{aligned} \Delta \left(\frac{G^{\circ} - H_0^{\circ}}{T} \right) &= \left(\frac{G^{\circ} - H_0^{\circ}}{T} \right)_{C_3H_8} - \left[\left(\frac{G^{\circ} - H_0^{\circ}}{T} \right)_{C_3H_6} + \left(\frac{G^{\circ} - H_0^{\circ}}{T} \right)_{H_2} \right] = \\ &= -264 - [(-266) + (-122)] = 124 \\ R \ln K_p &= - \left[124 + \left(\frac{-116700}{600} \right) \right] = 72, \\ \lg K_p &= + \frac{72}{2,3 \cdot 8,31} = 3,787 \end{aligned}$$

Tajriba ma'lumotlariga asosan $\lg K_p = 3,79$, bu hisoblangan kattalik $K_p = 6160 = 6,16 \cdot 10^3$ ga to'g'ri keladi.

11- masala. Agar butanning butilenga aylanish reaksiyasi $C_4H_{10} \rightleftharpoons C_4H_8 + H_2$ ning 1100 K haroratda muvozanat konstantasi $1,67 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, reaksiya entalpiyasi $\Delta H^{\circ} = -44451,4 \text{ J/mol}$ ga teng bo'lsa, u holda 1000

K haroratda va $1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bosimda butanning butilenga aylanishida muvozanat darajasini aniqlang.

Yechish:

$$\lg \frac{K_{p_1}}{K_{p_2}} = \frac{\Delta H^\circ (T_2 - T_1)}{19,1T_1T_2}$$

formulaga asosan 1000 K haroratda K_{p_1} va muvozanat chiqishi x_m orasidagi bog'liqlikni aniqlovchi formulani keltirib chiqaramiz. Faraz qilaylik muvozanat boshida C_4H_{10} 1 *mol*ni tashkil qilsin. Shartga asosan x_m *mol* butan reaksiyaga kirishdi va shuncha butilin va vodorod hosil bo'ladi. 1- x_m butan qoldi, aralashmaning hammasi esa 1- $x_m + 2 x_m = 1 + x_m$ *mol*.

Har bir reaksiyaning parsial bosimi:

$$p_{C_4H_{10}} = \frac{1 - x_m}{1 + x_m} P; \quad p_{C_4H_8} = \frac{x_m}{1 + x_m} P; \quad p_{H_2} = \frac{x_m}{1 + x_m} P.$$

U holda

$$K_p = \frac{p_{H_2} p_{C_4H_8}}{p_{C_4H_{10}}} = \frac{x_m^2}{(1 + x_m)(1 - x_m)}$$

yoki

$$K_p = \frac{x_m^2}{1 - x_m^2}$$

$$\text{Bundan} \quad 0,344 \cdot 10^5 = \frac{x_m^2}{1 - x_m^2} 1,01 \cdot 10^5 \quad \text{yoki} \quad 0,344(1 - x_m^2) = x_m^2,$$

$$x_m = 0,51.$$

12 –masala. Agar H_2 uchun parsial bosim 74252,9 Pa , N_2 uchun esa 53385,1 Pa bo'lsa, qanday parsial bosimda 500 °C haroratda NH_3 , N_2 va H_2 bilan muvozanat holatda bo'ladi? 500 °C da $N_2(r) + 3H_2(r) \rightleftharpoons 2NH_3(r)$ reaksiya uchun muvozanat konstantasi $K_p = 1,45 \cdot 10^{-5}$.

Yechish:

$$K_p = \frac{p_{NH_3}^2}{p_{N_2} \cdot p_{H_2}^3} = 1,45 \cdot 10^{-5}.$$

K_p , p_{N_2} va p_{H_2} larning qiymatlari berilgani uchun muvozanat konstantasining ifodasidan p_{NH_3} qiymati:

$$p_{NH_3}^2 = K_p \cdot p_{N_2} \cdot p_{H_2}^3 = \\ = (1,45 \cdot 10^{-5}) \cdot (53385,1) \cdot (74252,9)^3 \approx 4,094 \cdot 10^{14},$$

yoki

$$p_{NH_3} = \sqrt{4,094 \cdot 10^{14}} \approx 2,023 \cdot 10^7$$

ni topish mumkin.

Nazorat savollari

1. Le Shatlye tamoyili qanday jarayonlar uchun qo'llaniladi?
2. Muvozanat vaziyatiga qanday omillar ta'sir qiladi?
3. Haroratning ko'tarilishi ekzo – va endotermik qaytar jarayonlarga qanday ta'sir qiladi?
4. Hajm kamayishi va ortishi bilan gaz fazasida boradigan qaytar jarayon muvozanatiga bosim qanday ta'sir qiladi?
5. Boshlang'ich modda konsentratsiyasi mahsulotning muvozanat chiqishiga qanday ta'sir qiladi?

4. Texnologik jarayonning tezligi, aylanish darajasi va sarf koeffitsienti

Oqimli reaktorda jarayonning vaqti τ reaksiyon hajmning H balandligini (uzunligini) reagentlar oqimi w tezligining nisbatiga teng, shuningdek τ reaksiyon v hajmning reagentlar aralashmasi V_a sarfining nisbati bilan ifodalanadi, ya'ni

$$\tau = H / w = v / V_a. \quad (4.1)$$

Ishlab chiqarish jarayonining tezligi mos qurilmalarning unumdorligini, o'lchamlarini va ularning sonini aniqlaydi.

Jarayonning tezligi boshlang'ich moddaning aylanish darajasi x bo'yicha, τ vaqtda x_n mahsulotning chiqishi bo'yicha yoki keyinchalik batafsil tahlil qilinadigan jarayonning tezlik konstantasi orqali aniqlanadi.

Aylanish darajasi asosiy boshlang'ich modda bo'yicha aniqlanadi.

Boshlang'ich aralashmada stexiometriyaga qarshi kam miqlorda ishtirok etgan, odatda moddalar ichida eng qimmat, u bo'yicha hisob olib boriluvchi modda asosiy boshlang'ich modda deyiladi.

Aylanishining umumiy darajasi x aylangan A moddaning G_{A_y} massasini uning boshlang'ich aralashmadagi umumiy G_{A_b} massasiga nisbati kabi aniqlanadi:

$$x = G_{A_y} / G_{A_b}, \quad (4.2)$$

G_{A_y} maqsadli D mahsulotga va oraliq mahsulotlarga (agar ular hosil bo'lsa) aylangan A moddaning massasini o'z ichiga oladi. Gaz fazali jarayonlar uchun aylanishning (konversiyaning) umumiy (haqiqiy) darajasi odatda, reaksiya sababli aralashma hajmining o'zgarishiga tuzatish koeffitsienti β bilan boshlang'ich moddaning reaktorga kirishda va undan chiqishda tajribada o'lchangan hajmiy konsentratsiyalari c_{A_v} va c_{A_o} bo'yicha aniqlanadi:

$$x = \frac{c_{A_b} - c_{A_o}}{c_{A_b}} \quad (4.3)$$

Jarayon tezligining asosiy formulalari. Kimyo-texnologik jarayonning u tezligini turli kattaliklarining vaqt bo'yicha hosilalari bilan ifodalash mumkin. Bekami - ko'st siqib chiqarishga yaqin tartibda boruvchi oddiy qaytar jarayonlar uchun, ya'ni bir o'q bo'ylab (bo'ylanma) aralashtirishda, G mahsulotning miqdori, reaksiyaga kirishuvchi aralashmadagi mahsulotning c_{mah} konsentratsiyasi, ixtiyoriy boshlang'ich moddaning c_b konsentratsiyasi va x aylanish darajasi vaqt orasida o'zgaradi. Kichik $d\tau$ vaqt davomida jarayonning tezligini tavsiflovchi, barcha kattaliklar mos ravishda dG , dc_{mah} , $-dc_b$, dx , ya'ni jarayonning u tezligini

$$u = \frac{dG}{d\tau} = \frac{dc_{mah}}{d\tau} = -\frac{dc_b}{d\tau} = \frac{dx}{d\tau} \quad (4.4)$$

ko'rinishda ifodalash mumkin.

Oqimli reaktorlarda reaksiyon aralashmaning ma'lum V_a (m^3/s) sarfida jarayonning vaqti reaktorning v hajmiga proporsional:

$$\tau = v / V_a \quad (4.5)$$

Shuning uchun (4.4) ifodalarni quyidagicha yozish mumkin:

$$u = V_a \frac{dG}{dv} ; V_a \frac{dc_{mah}}{dv} ; -V_a \frac{dc_{\delta}}{dv} ; V_a \frac{dx}{dv} \quad (4.6)$$

Agar reagentlar oqimining chiziqli w tezligi o'zgarmas bo'lsa, u holda reaktor (odatda tik silindr) kesimining doimiyligida jarayon vaqti reaksiyon hajmning H balandligiga proporsional, ya'ni

$$\tau = H/w \quad (4.7)$$

Bundan jarayon tezligini

$$u = w \frac{dG}{dv} = w \frac{dc_{mah}}{dH} \text{ va hokazo} \quad (4.8)$$

ko'rinishda ifodalash mumkinligi kelib chiqadi.

Ishlab chiqarishni yoki alohida reaktorni loyihalashtirishda aniqlovchi kattalik odatda reaksiyon hajm v yoki vaqt τ hisoblanadi. Bunda, tajriba ma'lumotlari asosida olingan qo'llanilayotgan hisoblash formulalarida, reaksiyon aralashma $V_{a(t,P)}$ ning asosiy ishini bajaradigan haroratida va bosimida, reaksiyon fazaning haqiqiy v_h hajmi qo'yilishi mumkinligini e'tiborga olish kerak. U holda jarayonning haqiqiy vaqti

$$\tau_h = v_h / V_{a(t,P)} \quad (4.9)$$

hosil bo'ladi.

Normal sharoitga keltirilgan, shartli haqiqiy vaqt quyidagicha bo'ladi:

$$\tau_{h(n.sh.)} = v_h / V_{a(n.sh)} \quad (4.10)$$

Ko'pincha hisoblash formulalarida, haqiqiy emas, balki qurilmaning ichki qismlarini o'z ichiga oluvchi, masalan, nasadkali minoralarda nasadkaning hajmi, katalitik reaktorlarda qattiq katalizatorlarning hajmi, suyuqlikli reaktorlarda suyuqlik ustidagi bo'sh hajm va shunga o'xshash umumiy yoki sohta reaksiyon v_{um} hajm ishlatiladi. U holda jarayonning ish vaqtidagi

$$\tau_s = v_{um} / V_{a(t,P)} \quad (4.11)$$

yoki normal sharoitdagi

$$\tau_{s(n.sh)} = v_{um} / V_{a(n.sh)} \quad (4.12)$$

sohta vaqt hosil bo'ladi.

Loyihalashtirishda, odatda, qiyin hisobga olinadigan omillarga vaqt zahirasi qabul qilinadi, ya'ni (4.12) ifodaga zahira koeffitsienti ξ kiritiladi. U holda

$$\tau = \xi(v/V_a) \quad (4.13)$$

Jarayon tezligi tenglamasida belgilovchi (asosiy) kattaliklar k – jarayonning tezlik konstantasi, Δc – jarayonni harakatlantiruvchi kuch, shuningdek, v – reaksiyon hajm kattaligi bo‘lishi mumkin. Demak, vaqt bo‘yicha mahsulot miqdorining ortishi bilan ifodalanuvchi jarayon tezligi

$$u = dG/d\tau = k v \Delta c \quad (4.14)$$

tenglama bo‘yicha aniqlanadi. Reaksiyon hajm o‘zgarmasligida

$$u = \frac{1}{v} \frac{dG}{d\tau} = k \Delta c \quad (4.15)$$

$$u = dc_{mah}/d\tau = k \Delta c \quad (4.16)$$

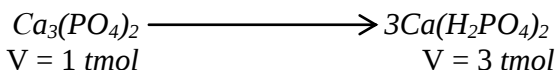
tenglama bilan ifodalangan jarayon tezligining qiymati (4.15) tenglamadagi u tezlikka teng.

$$u = \frac{dx}{d\tau} = k \Delta c \quad (4.17)$$

tenglamaga o‘tganda odatda boshqa o‘lchovlar ishlatiladi (Δc – o‘lchovsiz kattalik) va shuning uchun u ning qiymatlari o‘zgaradi. (4.15 – 4.17) tenglamalarda τ yoki k izlanayotgan kattaliklar: τ soniya yoki soatlarda ifodalanadi, bunda k ni s^{-1} yoki (soat) $^{-1}$ larda ifodalash tavsiya qilinadi.

13 -masala. Massasi 1 t va $Ca(H_2PO_4)_2$ ning massa ulushi 0,90 bo‘lgan qo‘shsuperfosfat olish uchun $Ca_3(PO_4)_2$ ning massa ulushi 0,80 bo‘lgan fosforning sarf koeffitsientini aniqlang.

Yechish: Fosforitning sarf koeffitsienti uning massasini 1 t qo‘shsuperfosfatning nisbatiga teng. Fosforit massasini topish uchun fosfor va qo‘shsuperfosfat orasidagi stexiometrik munosabatni sxematik yozamiz:



Moddaning massasi uning molar massasi aralashmasidagi modda soniga va uning molar ulushlari ko‘paytmasiga teng. Fosfatning molar massasini aniqlaymiz: $M_r(Ca_3(PO_4)_2) = 3A_r(Ca) + A_r(P) + 8A_r(O) = 310$; $M_r(Ca_3(PO_4)_2) = 310$; $M(Ca_3(PO_4)_2) = 310 \text{ g/mol}$ yoki $310 \cdot 10^{-6} \text{ t/mol}$. Qo‘shsuperfosfatning molekular massasini aniqlaymiz:

$$M_r(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = A_r(\text{Ca}) + 4A_r(\text{H}) + 8A_r(\text{O}) + 2A_r(\text{P}) = 234;$$

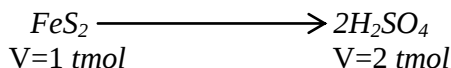
$$M_r(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = 234; M(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = 234 \text{ g/mol}$$

yoki $234 \cdot 10^{-6} \text{ t/mol}$. 1 t massadagi qo'shsuperfosfat tarkibidagi $(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2)$ ning massasi $G_{\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2} = 1 \cdot 0,9 = 0,9$ ga teng bo'ladi.

Digidrofosfat kalsiy moddasining miqdori $V = 0,9/234 \cdot 10^{-6} = 3846$. Sxemaga asosan kalsiy fosfatning massasi ham $G = 3846 \cdot 310 \cdot 10^{-6} = 0,396$ bo'ladi. Massa ulushi 0,8 bo'lgan kalsiy fosfat tarkibidagi fosforit massasini topamiz: $G_{\text{fosforit}} = 0,396/0,8$. Bundan sarf koefitsienti $F_s = 0,495$ bo'ladi.

14 - masala. Massasi 1 t bo'lgan 70 % sulfat kislotasi eritmasini olish uchun FeS_2 ning massa ulushi 0,84 bo'lgan temir kolchedanining sarf koefitsientini aniqlang.

Yechish: Temir sulfid va sulfat kislotasi orasidagi stexiometrik munosabatni yozamiz:



Temir disulfid va sulfat kislotasining molar massasini aniqlaymiz.

$M_r(\text{FeS}_2) = A_r(\text{Fe}) + 2A_r(\text{S}) = 120$; $M_r(\text{FeS}_2) = 120$; $M(\text{FeS}_2) = 120 \text{ g/mol}$ yoki $120 \cdot 10^{-6} \text{ t/mol}$. $M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2A_r(\text{H}) + A_r(\text{S}) + 4A_r(\text{O}) = 98$; $M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$; $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ g/mol}$ yoki $98 \cdot 10^{-6} \text{ t/mol}$. 1 t eritma tarkibidagi sulfat kislotasi massasini hisoblaymiz: $G_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1 \cdot 0,7 = 0,7 \text{ t}$ va sulfat kislota moddasining miqdori:

$V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,7/98 \cdot 10^{-6} = 7142$. Stexiometrik sxemaga asosan temir disulfidi moddasining miqdori 3571 mol, massasi esa $G_{\text{FeS}_2} = 120 \cdot 3571 \cdot 10^{-6} = 0,428$. Yo'qotishni hisobga olib $G_{\text{FeS}_2} = 0,428/0,93 = 0,460$, bu yerda: 0,93 – bir va qotishlarning massa ulushlari orasidagi ayirma ($1 - 0,07 = 0,93$). Tarkibida massa ulushi 0,84 temir disulfidi bo'lgan temir kolchedanining massasini topamiz: $G_{\text{temir kolched.}} = 0,460/0,84 = 0,548$. Sarf koefitsientini aniqlaymiz: $F_e = 0,548/1 = 0,548$.

15 - masala. CaO ning massa ulushi 0,94, parchalanmay qolgan CaCO_3 niki 0,012 va aralashmaniki 0,048 bo'lgan sondirilmagan ohak olish uchun CaCO_3 ning massa ulushi 0,89 bo'lgan ohaktoshning sarf

koeffitsientini hisoblang.

Yechish. Ma'lumki, $F_s = m(\text{ohaktosh})/1 \text{ t}$ (so'ndirilgan ohak).

Reaksiya tenglamasini yozamiz: $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2 + \Delta H$. CaCO_2 va CaO larni molar massasini aniqlaymiz: agar $M_r(\text{CaCO}_3) = 100,1$ bo'lsa, u holda $M(\text{CaCO}_3) = 100,1 \text{ g/mol}$ yoki $100 \cdot 10^{-6} \text{ t/mol}$ bo'ladi. Xuddi shunday, agar $M_r(\text{CaO}) = 56,1$ bo'lsa, u holda $M_r(\text{CaO}) = 56,1 \text{ g/mol}$ yoki $M(\text{CaO}) = 56 \cdot 10^{-4} \text{ t/mol}$ bo'ladi. 1 t so'ndirilmagan ohak tarkibidagi kalsiy oksidi moddasining massasini hisoblaymiz: $G_{\text{CaO}} = 1 \cdot 0,94 = 0,94$. Kalsiy oksidining miqdori $v_{\text{CaO}} = 0,94 / 56 \cdot 10^{-4} = 16857$ bo'ladi. Reaksiya tenglamasiga binoan kalsiy karbonat moddasining miqdori ham 1685 *mol*ga teng, uning massasi esa $G_{\text{CaCO}_2} = 16857 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \approx 1,68$.

Masalaning shartiga ko'ra hamma ohaktosh termik parchalanmaydi (0,012 massa ulushi qoladi), faqat uning $0,89 - 0,012 = 0,878$ qismi parchalanadi. Kalsiy karbonat massa ulushli ohaktoshning massasi $G_{\text{ohaktosh}} = 1,68 / 0,878 \approx 1,91$. Bundan ohaktoshning sarf koeffitsienti $F_s = 1,91$ bo'ladi.

16 - masala. Agar bevosita gidratatsiya usuli bilan gidrotatorga 16,5 *mol* etilen berilsa, u holda etilenning aylanish darajasini hisoblang. Harorat 290°C va bosim $7 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ bo'lganda berilgan etilenning 13,2 *mol* qismi gidratatsiyalanadi.

Yechish. Etilenning aylanish darajasi (4.1) formula bo'yicha hisoblanadi va $x_A = \frac{13,2}{16,5} = 0,8$ ni tashkil etadi.

17 - masala Tiosulfat kislotasidan oltingugurt olish bo'yicha tajriba qurilmasida aniqlandiki, $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3(e-a) = \text{H}_2\text{SO}_3(e-a) + \text{S}(Q)$ reaksiya bo'yicha hosil bo'ladigan oltingugurt suspenziyasining bir xil zichligiga

20 °C haroratda 100 s da va 30 °C haroratda 45 sek da erisxiladi. 40 °C haroratda o'sha zichlikka ega oltingugurt suspenziyasi hosil bo'lish vaqtini (sekundlarda) va faollanish energiyasini (J/mol da) hisoblang.

Yechish: Faollanish energiyasini

$$E_f = 19,14 \frac{T_2 T_1}{T_2 - T_1} \lg \frac{k_2}{k_1}$$

yoki

$$E_f = 19,14 \frac{303 \cdot 293}{303 - 293} \lg \frac{1/45}{1/110} = 65960$$

formula bo'yicha hisoblaymiz. Faollanish energiyasini bilib, 40 °C haroratda suspenziya hosil bo'lish vaqtini (sekundda) aniqlash mumkin:

$$\tau = 65960 = 19,14 \frac{303 \cdot 313}{313 - 303} \lg \frac{1/\tau}{1/45} = 19,5.$$

18 - masala. Agar yutilish ko'effitsienti $2,1 \cdot 10^{-4} Pa$, jarayonning harakatlantiruvchi kuchi $p = 773,26 Pa$, absorberning zahira ko'effitsienti $\alpha = 1,2$ ekani ma'lum bo'lsa, u holda monogidratli absorbyerda: oltingugurt (VI) oksidining yutilish tezligini aniqlang. Keramik poydevor sirtining yuzi $100 m^2$, absorberning balandligi $14 m$, uning diametri esa $6 m$.

Yechish. Yutilish tezligini butun poydevor sirtining yuzi F noma'lum bo'lgan $U = kF\Delta P$ formula bo'yicha topamiz. F ni topish uchun absorberning hajmini $V = \frac{1}{4}\pi d^2 h$ formula bo'yicha aniqlashimiz zarur. Berilgan qiymatlarni formulaga qo'yib,

$$V \approx \frac{1}{4} 3,14 \cdot 6^2 \cdot 14 = 395,64$$

ni olamiz. Poydevorning umumiy va uning foydali sirtini hisoblaymiz.

$$F = 395,64 \cdot 110 = 43520,4; \quad F_f = \frac{43520,4}{1,2} = 36267.$$

U holda $\Delta P_1 = 2,1 \cdot 10^{-4} 773,26 \cdot 36267 \approx 5889,2$.

19 - masala. Temir katalizator ishtirokida ammiakning sintezi $40000 m^3 / soat$ hajmiy tezlikli, diametri $1,4 m$ va balandligi $13 m$ bo'lgan minorada bormoqda. Katalizator minora hajmining $0,6$ qismini egallagan deb hisoblab, azotvodorod aralashmasining katalizator bilan to'qnashish vaqtini (soatda) va 2 soat davomida minora orqali o'tuvchi gazning hajmini (metr kubda) aniqlang.

Yechish. Azotvodorod aralashmasining katalizator bilan to'qnashish vaqtini aniqlaymiz: $\tau = \frac{1}{v_h}$ yoki $\tau = \frac{1}{40000} = 4 \cdot 10^{-4}$. Bir soat

davomida sintez minorasi orqali o'tuvchi aralashmaning hajmi

$V_{p'} = V'_{kat} \cdot v_h$. Katalizatorning hajmi $V'_{kat} = \frac{\pi d^2 h}{4} \cdot 0,6$, u holda

$V_p = \frac{\pi d^2 h}{4} \cdot 0,6 \cdot 40000$. Son qiymatlarini formulaga qo'yib,

$$V_p \approx \frac{3,14 \cdot 1,4^2 \cdot 13}{4} \cdot 0,6 \cdot 40000 = 480043,2$$

ni topamiz. 2 soat davomida minora orqali o'tuvchi aralashmaning hajmi $480043,2 \cdot 2 = 960086,4$ ga teng bo'ladi.

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. $CaCO_3$ ning massa ulushi $0,85$ bo'lgan ohaktoshni kuydirish yo'li bilan hosil qilinadigan $1 t$ so'ndirilmagan ohakka ohaktoshning sarf koeffitsientini hisoblang. So'ndirilmagan ohakning tarkibi (massa ulushlarda): $CaCO_3$ $0,95$, CaO $0,012$, aralashma $0,028$.

Javob: $2,03$.

2. H_2SO_4 ning massa ulushi $0,92$ bo'lgan sulfat kislotasi eritmasi olish uchun oltingugurtning massa ulushi $0,48$ bo'lgan kolchedanning sarf koeffitsientini hisoblang. Ishlab chiqarish yo'qotishlarining massa ulushi $0,08$.

Javob: $0,68$.

3. $P_2O_{5\text{umum}}$ ning massa ulushi 0,214 bo'lgan oddiy superfosfat olish uchun yuborilayotgan ($P_2O_{5\text{umum}}$ ning massa ulushi 0,394) fosforitning aylanish darajasini aniqlang.

Javob: 0,543.

4. Agar NH_3 va NO ning aylanish darajasi 0,96, ularning absorbsiyalanish darajasi esa 0,93 bo'lsa, u holda 1 t monogidrat uchun NH_3 va havo sarfini hisoblang. Bunda havo sarfini uning ortiqchasisiz hisobga olsh lozim.

Javob: 289 kg va 4550 m^3 .

5. Mahsulotning chiqishi va jarayonning tanlovchanligi

Jarayonning tanlovchanlik xususiyati (selektivligi) deb, maqsadli mahsulotga aylangan asosiy boshlang'ich modda miqdorini aylangan moddalar umumiy miqdorining nisbatiga aytiladi.

Maqsadli D mahsulotdan boshqa bir yoki bir necha N oraliq mahsulotlar hosil bo'luvchi kimyoviy jarayonlarni



balans tenglamasi¹ bilan ifodalab, tanlovchanlik xususiyatining

$$S = \frac{G_{A \rightarrow D}}{G_{A \rightarrow D} + G_{A \rightarrow N}} \quad (5.1)$$

ifodasini olamiz, bu yerda: $G_{A \rightarrow D}$ maqsadli D mahsulotga aylangan asosiy boshlang'ich A moddaning miqdori, $G_{A \rightarrow N}$ – oraliq mahsulotga (yoki ishlab chiqarish chiqindilariga) aylangan A moddaning miqdori.

Tanlovchanlik xususiyatini A moddaning aylanish darajasi orqali ham aniqlash mumkin:

$$S = x_{A \rightarrow D} / x_A, \quad (5.2)$$

bu yerda: $x_{A \rightarrow D}$ – A moddaning maqsadli D mahsulotga aylanish darajasi; x_A – A moddaning umumiy aylanish darajasi:

¹ Moddiy balansni tuzish uchun foydalaniladigan reaksiyalarning umumiy tenglamasi balans tenglamasi deyiladi.

$$x_A = \frac{G_{A \rightarrow D} + G_{A \rightarrow N}}{G_{A_0}}. \quad (5.3)$$

Olingan mahsulot miqdorining reaksiya to'liq o'tganda hosil bo'lishi mumkin bo'lgan modda miqdoriga nisbati mahsulotning chiqishi deyiladi. Hisoblashda mahsulot chiqishining uch ko'rinishi qo'llaniladi: x_{mah} umumiy, x_m muvozanat va x_n nazariy chiqishi.

Mahsulotning x_{mah} umumiy chiqishi olingan maqsadli mahsulotning G_D miqdorini (a) yoki (b) reaksiya bo'yicha boshlang'ich A mahsulotni maqsadli D mahsulotga to'liq aylanganda maksimal chiqadigan mahsulot miqdori G_m ning nisbati

$$x_{mah} = G_D / G_m \quad (5.4)$$

kabi hisoblanadi.

Qaytar reaksiyalar uchun mahsulotning muvozanatdagi chiqishi

$$x_m = G_D^* / G_m \quad (5.5)$$

formula bo'yicha aniqlanadi, bu yerda: G_D^* – muvozanat holatda olingan mahsulotning miqdori. Qaytmas jarayonlar uchun $x_m=1$; qaytar uchun $x_{mah} \leq x_m \leq 1$.

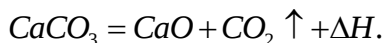
Qaytar jarayonlarni to'liqroq baholash uchun, haqiqatda olingan mahsulot miqdori G_D ni muvozanat holatida olish mumkin bo'lgan mahsulot miqdori G_D^* ning nisbatiga teng, x_n nazariy chiqishdan (muvozanatdagi chiqishdan) foydalaniladi:

$$x_n = G_D / G_D^* = G_D / G_m x_m \quad (5.6)$$

Aylanish darajasi va mahsulotning chiqishi ko'p parametrlarga bog'liq, ya'ni qator aniqlovchi o'zgaruvchilarning $x=f(T, P, \tau, c_A, c_B, c_D, \dots)$ nohiziqli funksiyasi bo'ladi.

20 - masala. $CaCO_3$ ning massa ulushi 0,90 bo'lgan 100 kg ohaktoshdan qanday massadagi CaO olish mumkin?

Yechish. Reaksiya tenglamasini yozamiz:



100 kg ohaktosh tarkibida bo'lgan kalsiy karbonat massasini hisoblaymiz:

$$G_{CaCO_2} = \frac{100 \cdot 90}{100} = 90.$$

90 kg $CaCO_3$ dan hosil qilish mumkin bo'lgan CaO ning massasini aniqlaymiz:

$$G_{CaO} = \frac{90 \cdot 56}{100} = 54,4,$$

bu yerda: 100 va 56 - $CaCO_3$ va CaO larning nisbiy molar massasi.

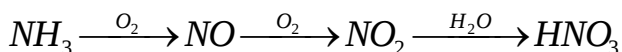
Agar ishlab chiqarish jarayoni bir necha bosqichlardan tashkil topgan va ularning har biri ma'lum chiqishga mos kelsa, u holda butun jarayon bo'yicha tayyor mahsulotning umumiy chiqishi

$$\Sigma_x = \left(\frac{x_1}{100} + \frac{x_2}{100} + \dots + \frac{x_n}{100} \right) \cdot 100 \quad (5.7)$$

tenglama bilan ifodalanadi, bu yerda: $x_1, x_2, \dots, x_n$ - ishlab chiqarish jarayonining ayrim bosqichlari bo'yicha mahsulotning chiqishi.

21 - masala. Ammiakni oksidlab, HNO_3 ning massa ulushi 0,65 bo'lgan 1 t nitrat kislotasini ishlab chiqarish uchun 186,2 kg NH_3 sarflanadi. HNO_3 ning chiqishi va ammiak bo'yicha sarf koeffitsientini aniqlang.

Yechish: 1 t 65 % li nitrat kislotasi tarkibida 650 kg HNO_3 bo'ladi. Nitrat kislotasi massasini hisoblashni ushbu



sxema bo'yicha olib boramiz.

Nazariy jihatdan 17 kg NH_3 dan 63 kg HNO_3 olinishi kerak, amalda massasi 186,2 kg sarflangan NH_3 dan esa suvsiz HNO_3

$$G_{HNO_3} = \frac{186,2 \cdot 63}{17} = 690$$

hosil bo'ladi, ya'ni 65 % li HNO_3 :

$$G_1 = \frac{690 \cdot 100}{65} = 1060.$$

Demak, nitrat kislotasining chiqishi

$$x_{mah} = \frac{650 \cdot 100}{690} = 94,2$$

ni tashkil etadi.

Ammiak bo'yicha sarf ko'effitsienti

$$F_s = \frac{186,2}{650} = 0,286.$$

Chiqish amalda har doim 100 % dan kichik, chunki ishlab chiqarish jarayonida reaksiyaning to'liq bo'lmasligi tufayli va har xil turdagi tozalash amallari natijasida foydali komponentning yo'qotilishi yuz beradi. Ishlab chiqarish jarayoni qancha mukammal bo'lsa, chiqish shuncha 100 % ga yaqin va tayyorlanayotgan mahsulot birligiga xomashyo sarfi kam bo'ladi.

22 - masala. Agar CaO ning massa ulushi 0,85 bo'lgan massasi 1 t ohak olish uchun $CaCO_3$ ning massa ulushi 0,94 bo'lgan massasi

1,7 t ohaktosh sarflangan bo'lsa, u holda mahsulot chiqishini (foizlarda) hisoblang.

Yechish: Reaksiya tenglamasini yozamiz: $CaCO_3 = CaO + CO_2 + \Delta H$.
1 t ohak tarkibidagi CaO ning massasini hisoblaymiz:
 $G_{CaO} = 1 \times 0,85 = 0,850$.

0,850 t CaO olish uchun zarur bo'lgan kalsiy korbanat massasini aniqlaymiz:

$$G_{CaCO_3} = 0,850 \frac{100}{56} = 1,518.$$

$CaCO_3$ hisoblangan massasiga mos ohaktoshning massasini topamiz:

$$G_{ohaktosh} = \frac{1,518}{0,94} = 1,614.$$

Mahsulotning chiqishi

$$x_{mah} = \frac{100 \cdot 1,614}{1,700} = 95$$

ni tashkil etadi.

23 - masala. Formaldegid olish uchun metil spirtini kumush katalizatorida oksidlash zarur: $CH_3OH + 0,5O_2 = HCHO + H_2O$. Bu

asosiy reaksiyadan tashqari chumoli kislotasi, uglerod (IV) oksidi, metan va boshqa mahsulotlar hosil qiluvchi boshqa qo'shimcha reaksiyalar ham boradi. Faraz qilaylik, oksidlanish uchun 3,2 *kmol* formaldegid, 0,8 - (jami) qo'shimcha mahsulot hosil bo'ldi va 0,6 *kmol* oksidlanmagan metil spirti qoldi. Metil spirtining aylanish darajasi $x(CH_3OH)$, formaldegid chiqishi (x_{HCHO}) va formaldegid bo'yicha jarayonning tanlovchanligi S_{HCHO} ni topish zarur.

Yechish. Aylanish darajasini aniqlaymiz. Buning uchun reaksiyadan keyin qolgan 0,6 *kmol* reaksiyaga kirishmagan spirtning miqdorini uning boshlang'ich miqdori 3,2 *kmol*dan ayirish zarur. Berilgan qiymatlarni (5.3) formulaga qo'ysak

$$x_{CH_3OH} = \frac{3,2 - 0,6}{3,2} \approx 0,81$$

bo'ladi.

Formaldegidning chiqishini hisoblaymiz. Agar metil spirtining hammasi *HCHO* ga aylansa, u holda formaldegidning maksimal miqdori hosil bo'ladi. Reaksiya tenglamasiga binoan 1 mol spirtidan 1 *mol* formaldegid hosil bo'ladi. Shuning uchun formaldegidning mumkin bo'lgan maksimal miqdori 3,2 *kmol*, amalda esa 1,8 *kmol* hosil bo'ladi. Demak

$$x_{HCHO} = \frac{1,8}{3,2} = 0,5 \cdot 100 = 56\%.$$

Formaldegid bo'yicha tanlovchanlikni topamiz. Hosil bo'lgan mahsulotlarning umumiy miqdori formaldegid miqdori 1,8 *kmol* va qo'shimcha mahsulotlar miqdori 0,8 ning yig'indisiga tang. U holda formaldegid bo'yicha tanlovchanlik

$$\varphi_{HCHO} = \frac{1,8}{1,8 + 0,8} \approx 0,69$$

bo'ladi.

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Agar benzinning rektifikatsiyasi chiqishining massa ulushi 0,25 bo'lgan sof benzol bersa, yu holda 50 t benzol olish uchun qanday massadagi bevosita haydash benzini kerak bo'ladi? Javob: 200 t.

2. Agar oltingugurt to'liq yonib bitsa, u holda S ning massa ulushi 0,45 bo'lgan kolchedanni kuydirishda hosil bo'lgan qurumning massasini aniqlang. Javob: 0,719 kg.

3. 1 t a) chiqishning massa ulushi 0,96 bo'lgan 60 % li;
b) chiqishning massa ulushi 0,90 bo'lgan 45 % li va c) chiqishning massa ulushi 0,95 bo'lgan 55 % li HNO_3 olish uchun NH_3 ning sarf koeffitsientini hisoblang. Javob: a) 0,169; b) 0,135; c) 0,1477 t.

4. Agar sulfat kislotasi olish uchun S ning massa ulushi 0,49 ga teng oltingugurt kolchedani olingan bo'lsa, u holda 1t oltingugurt kolchedanidan 0,952 t 76 %li sulfat kislotasi hosil bo'lgan deb, sulfat kislotasi chiqishini aniqlang. Javob: $x_{mah} = 90,4\%$

5. Alyuminiy ishlab chiqarishda har bir tonnasi uchun Al_2O_3 ning massa ulushi 0,945 bo'lgan 2 t ga yaqin glinazyom (alyuminiy oksidi) sarflanganda alyuminiy chiqishni hisoblang. Alyuminiy tarkibida qo'shimchalar bo'lmasligini hisobga olish kerak. Javob: 94 %.

6. Jarayon tezligini oshirish usullari

Jarayon tezligini oshirish uchun belgilovchi Δc , k va $F(v)$ kattaliklarini oshirish usullarini topish kerak.

Bosimning ortishi reagentlarning konsentratsiyalarini ko'tarilishiga olib keladi. Bosimning ta'siri kinetik tenglamalar bilan aniqlanadi. (4.16) tenglama bilan o'xshashligidan foydalanib gaz fazasidagi gomogen jarayon tezligini

$$u = \frac{dp_p}{d\tau} = k\Delta p \quad (6.1)$$

formula bilan ifodalash mumkin, bu yerda: p_p – gaz almashtirishdagi mahsulotning parsial bosimi; Δp – jarayonning harakatlantiruvchi kuchi. Model reaksiya uchun



Agar (r) reaksiya qaytmas yoki muvozanat holatidan uzoqda borsa

$$\Delta p = p_A^{a_1} p_B^{b_1} \quad (6.2)$$

har bir komponentning parsial bosimi umumiy P bosimiga va shu komponentlarning aralashmadagi N_i molar ulushiga proporsionaldir: $p_A = N_A P$ va $p_B = N_B P$. Bundan

$$u = \frac{dp_p}{d\tau} = \beta P^n \quad (6.3)$$

kelib chiqadi, bu yerda: β – reaksiyaning tezlik konstantasiga va jarayonning harakatlantiruvchi kuchiga bog‘liq koeffitsient; P – o‘lchovsiz bosim, ya’ni haqiqiy bosimning normalga nisbati; $n = a_1 + b_1$ – reaksiyaning umumiy tartibi.

Lekin bosimning ortishi reaksiya tartibi n ning o‘zgarishiga va k ning kamayishiga olib kelishi mumkin. Gaz komponentining qattiq yoki suyuq fazaga adsorbsiyalanishi, absorbsiyalanishi, kondensatlanishi va boshqa o‘tish jarayonlari uchun

$$u = \frac{dG}{d\tau} = kF\Delta p \quad (6.4)$$

Muvozanat holatiga yaqinda boruvchi, gaz fazasidagi, qaytar jarayonlar uchun ((g) model reaksiyaga moslab) (6.2) tenglamadagi harakatlantiruvchi kuch

$$\Delta p = (p_A - p_A^*)^{a_1} (p_B - p_B^*)^{b_1} \quad (6.5)$$

formula bilan ifodalanadi. Komponentlarning muvozanat parsial p_A^* va p_B^* bosimlari (konsentratsiyalari)ning qiymatlari gazli aralashmaning berilgan tarkibi uchun ma’lum muvozanat konstantalari bo‘yicha hisoblanadi. Molar ulushlarda ifodalangan muvozanat konstantasining bosimga bog‘liqligi (3.2b) tenglama bo‘yicha

$$K_N = K_p P^{-\Delta n}$$

tenglama bilan aniqlanadi, bu yerda: Δn – reaksiya gaz komponentlari mollar sonining o‘zgarishi.

Absorbsiyalanish, adsorbsiyalanish, kondensatlanish jarayonlari

$\Delta C = c - c^*$ kabi ifodalanadi. Suyuq fazaning haroratini pasaytirib, uning ustidagi gaz (bug‘) komponenti bug‘larining parsial bosimi pasaytiriladi, ya’ni C^* kichiklashadi, mos ravishda Δc harakatlantiruvchi kuch va jarayonning umumiy u tezligi ortadi. Desorbsiyalanish va bug‘lanish jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi $\Delta C = c^* - c$ kabi ifodalanadi.

Reaksiya mahsulotlarini reaksiyon zonadan chiqarish, qaytar reaksiyaning $u = \overset{\rightarrow}{u_1} - \overset{\leftarrow}{u_2}$ umumiy tezligi $\overset{\leftarrow}{u_2}$ ni kamayishi hisobiga oshiradi yoki C^* kattalikning kichiklashishi yoki butunlay yo‘qotilishi hisobiga geterogen jarayonning $\Delta C = c - c^*$ harakatlantiruvchi kuchini oshiradi.

Jarayonning tezlik konstantasini oshirishga o‘zaro ta’sir qilayotgan tizimning haroratini ko‘tarish; katalizatorlarni qo‘llash; reaksiyaga kirishuvchi massalarning aralashtirishini kuchaytirish bilan (tizimni turbulentslash bilan) erishish mumkin.

Jarayonning umumiy tezligi harorat ko‘tarilganda biror chegaragacha ortadi. Bunday teskari yoki oraliq reaksiyalarning tezliklari katta ahamiyatga ega bo‘ladi, aniqrog‘i tezlik konstantalari k_2 , k , k'' ortadi. Kinetik sohada boruvchi ko‘plab jarayonlar uchun reaksiyaga kirishuvchi massalarning haroratining reaksiyaning tezlik konstantasiga ta’siri ushbu

$$k = k_0 e^{-\frac{E}{RT}} \quad (6.6)$$

Arrenius formulasi bilan aniqlanadi, undan hisoblashlarda foydalanish uchun uni logarifmlanadi va odatda

$$2,3 \lg \frac{k_2}{k_1} = \frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (6.7)$$

ko‘rinishiga keltiriladi, bu yerda: k_0 , k_1 , k_2 , mos ravishda eksponensial oldidagi ko‘paytma va mos absolyut T_1 va T_2 haroratlardagi reaksiyaning tezlik konstantalari, e - natural logarifm asosi;

E - reaksiyaga kirishuvchi moddalarning faollanish energiyasi, J/mol ; R - molar gaz doimiysi va u $8,3 J/(mol \cdot K)$ ga teng.

Faollanish energiyasi E ni ko‘p talab qiluvchi bir bosqichli

jarayonni, e_1 , e_2 , va hokazo faollanish energiyalari E dan anchagina kichik bo'lgan, ikki yoki undan ortiq bosqichli jarayon bilan almashtirish natijasida katalizatorlar kimyoviy reaksiyalarni tezlashtiradi.

Katalitik reaksiyalarning faollanish energiyasi E_k ni (6.7) Arrenius tenglamasidan hisoblash mumkin.

24 - masala. 400°C haroratda kimyoviy reaksiyaning tezligi 450°C haroratdagidan 10 marta kichik. Agar harorat o'zgarishi bilan harakatlantiruvchi kuch o'zgarmasa, jarayonning faollanish energiyasi qanday bo'ladi?

Yechish: Jarayonning tezligi

$$u = k\Delta c$$

tenglama bilan aniqlanadi.

Harorat o'zgarganda tezlik konstantasi k

$$k = k_0 e^{-E/RT_2}$$

tenglama bo'yicha o'zgaradi:

400°C haroratda

$$u_1 = k_1 \Delta c$$

450°C haroratda

$$u_2 = k_2 \Delta c$$

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{k_2}{k_1} = \frac{k_0 e^{-E/RT_2}}{k_0 e^{-E/RT_1}} = e^{-E/R(1/T_1 - 1/T_2)}$$

Bundan

$$\frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \lg e = \lg 10$$

$$\frac{E}{8,31} \left(\frac{1}{673} - \frac{1}{723} \right) \lg e = 1$$

$$E = 174000 \text{ kJ/mol.}$$

25 - masala. Boshlang'ich konsentratsiyasi $25,4 \text{ mol/l}$ bo'lgan vodorod peroksidi katalitik parchalanadi. 10 daqiqadan keyin eritmada H_2O_2 $13,4 \text{ mol/l}$, 20 daqiqadan keyin $7,08 \text{ mol/l}$, 30 daqiqadan keyin esa

3,8 mol/l qoladi. Reaksiya tartibini va reaksiyaning tezlik konstantasini aniqlang.

Yechish: Faraz qilamiz reaksiya birinchi tartib bo'yicha borayotgan bo'lsin. Reaksiyaning tezligi

$$\frac{dX_m}{d\tau} = k(a - X_m),$$

bundan

$$k = \frac{2,3}{\tau} \lg \frac{a}{a - X_m}$$

Vaqtning har xil momentlari uchun k ning qiymatini topamiz:

$$k_1 = \frac{2,3}{10} \lg \frac{25,4}{13,4} = 0,0634 \text{ min}^{-1}$$

$$k_2 = \frac{2,3}{20} \lg \frac{25,4}{7,08} = 0,0638 \text{ min}^{-1}$$

$$k_3 = \frac{2,3}{30} \lg \frac{25,4}{3,81} = 0,0633 \text{ min}^{-1}$$

Hisoblashga ko'ra k o'zgarmas miqdor bo'lib qoladi. Shuning uchun, $k = 0,0625$ o'rtacha qiymatida vodorod peroksidining parchalanish jarayoni birinchi tartibli

$$\frac{dX_m}{d\tau} = 0,0635(a - X_m)$$

tenglama bilan ifodalanadi.

26 - masala. 60 °C haroratda 10 daqiqa ichida benzol peroksidi dietil efirga aylanishi (birinchi tartibli reaksiya) 75,2 % da bo'ladi. Reaksiyaning tezlik konstantasini hisoblang.

Yechish:

$$u = -\frac{dC_A}{d\tau} = k[C_A]$$

tenglamaga asosan

$$k = \frac{2,3}{\tau} \lg \frac{a}{a - X_m} = \frac{2,3}{10} \lg \frac{100}{24,8} = 0,14 \text{ min}^{-1}.$$

Nazorat savollari va mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Nima uchun sanoatda qattiq modda va gaz yoki suyuqlik orasida reaksiya o'tkazganda qattiq moddaning sirtini kattalashtirish zarur?

2. Qaytar ekzotermik, qaytar endotermik va qaytmas reaksiyalar olib borishda eng maqbul harorat tartibi qanday?

3. A moddaning konsentratsiyasi 10 % ga kamayganda $A(r)+B(r)+C(r)=D(r)$ kimyoviy reaksiyaning tezligi boshlang'ich paytdagi tezlikka nisbatan necha marta o'zgaradi (kamayadi yoki ortadi)? Moddalarning boshlang'ich konsentratsiyasi quyidagiga teng: $[A]=1$, $[B]=2$, $[C]=0,8 \text{ kmol/m}^3$.

Javob: 1,23 marta kamayadi.

4. Ikki gazsimon moddalarning aralashmasi hajm bo'yicha A moddaning 40 % ni va B moddaning 60 % ni o'z ichiga oladi. Agar gaz aralashmasining bosimi 2 marta ortsa, $A(r)+B(r)=C(r)$ kimyoviy reaksiyaning tezligi qanday o'zgaradi?

Javob: 4 marta ortadi.

5. Agar gazning sarfi $V_{um}=15500 \text{ m}^3/\text{soat}$, zahira koeffitsienti $\alpha = 1,3$, kontaktlanish vaqti $\tau = 0,12$ bo'lsa, u holda vannadiyli katalizatorlarda SO_2 ning SO_3 ga oksidlanish reaktorining foydali hajmini aniqlang.

Javob: $0,675 \text{ m}^3$.

6. Agar kontaktlanish vaqti 0,25 s bo'lsa, u holda SO_2 ning SO_3 ga oksidlash uchun katalizator hajmini aniqlang. Gazning sarfi

$10280 \text{ m}^3/\text{soat}$.

Javob: $0,71 \text{ m}^3$.

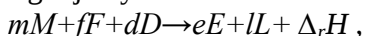
7. Texnologik hisoblar

Moddiy va energetik balans. Moddiy va energetik balans tuzishni yangi ishlab chiqarishlarni loyihalashtirishda, shuningdek mavjudlarining ishini tahlil qilishda amalga oshiriladi. Moddiy balans moddalar massasining saqlash qonunini ifodalaydi:

Har qanday tutash tizimda reaksiyaga kirishuvchi moddalarning massasi reaksiya natijasida hosil bo'lgan moddalarning massasiga teng.

Bu ixtiyoriy texnologik jarayonning moddiy balansiga muvofiq holda texnologik amalga kiruvchi moddaning massasi - kirish, uning natijasida hosil bo'lgan moddalar massasiga - chiqishiga teng. Moddiy balans - texnologik jarayonning ko'zgusidir. Jarayon qanchalik batafsil o'rganilgan bo'lsa, moddiy balansni shuncha to'liqroq tuzish mumkin. Moddiy balans parallel va oraliq reaksiyalarini hisobga olgan holda asosiy umumiy reaksiya tenglamasi bo'yicha tuziladi. Chunonchi, amaliyotda sof moddalar bilan emas balki murakkab kimyoviy va mexanik tarkibli xomashyo bilan ishlashga to'g'ri kelgani uchun moddiy balans tuzish uchun komponentlar massasini hisobga olishga to'g'ri keladi. Buning uchun tahlil natijalaridan foydalaniladi.

Faraz qilaylik texnologik jarayon:



sxema (balans tenglamasi) bo'yicha boruvchi kimyoviy reaksiyaga asoslangan bo'lsin, bu yerda: M, F, D - boshlang'ich xomashyo; E, L - asosiy va oraliq mahsulotlar; m, f, d, e, l - stexiometrik koeffitsientlar; $\Delta_r H$ - kimyoviy reaksiyaning issiqlik effekti.

Moddiy balans ko'proq tayyor (asosiy) mahsulotning massa birligida tuziladi. Bu G_E kg asosiy mahsulotni olish uchun G_M, G_F va G_D kg xomashyoni ishlatish zarurligini bildiradi. Bunda G_L kg oraliq mahsulot hosil bo'lishi muqarrar. U holda moddiy balans tenglamasi

$$G_M + G_F + G_D = G_E + G_L + G_{yo'q}, \quad (7.1)$$

bo'ladi, bu yerda: $G_{yo'q}$ - kimyoviy aylanishlarning to'liqmasligi, shunindek xomashyo va tayyor mahsulotni tashishda, saqlashdagi mexanik yo'qotishlar sababli yuzaga kelgan xomashyo, tayyor mahsulotlarni unumsiz xarajatlari.

G_E va G_L larni hisoblash uchun (4.14) – (4.22) turdagi kinetik tenglamalar qo'llaniladi. Odatda barcha moddiy hisoblar umumiy jadvalda keltiriladi.

Energetik balans energiyaning saqlanish qonuni asosida tuziladi: tutash tizimida barcha turdagi energiyalarning yig'indisi o'zgarmasdir.

Odatda kimyo-texnologik jarayonlarda issiqlik balansi tuziladi. Issiqlik balansiga muvofiq holda energiyaning saqlanish qonunini quyidagicha bayon qilish mumkin:

issiqlikning ishlab chiqarishning berilgan siklga kirishi shu siklning

o'zida uning sarfiga aynan teng bo'lishi kerak.

Bunda qurilmaga berilayotgan va kimyoviy reaksiya yoki fizik o'zgarish natijasida ajralib chiqayotgan (yutilayotgan) butun issiqlik; jarayon yoki qurilmaga kiritiluvchi va undan chiquvchi har bir komponent bilan berilayotgan issiqlik, shunindek atrof-muhit bilan issiqlik almashish ham hisobga olinishi kerak.

Xuddi moddiy balansiga o'xshab, issiqlik balansi formulalar va jadvallar, diagrammalar ko'rinishida ifodalaniladi. Issiqlik balansi tenglamasiga quyidagi kattaliklar kiradi:

- 1) Q_f – jarayonga yoki qurilmaga kiruvchi moddaning fizik issiqligi;
- 2) Q_r – kimyoviy reaksiya natijasida ajralib chiqayotgan issiqlik;
- 3) $Q_{f.o'}$ – moddaning fizik o'zgarish (fizik absorbsiya, kristallizatsiya va shunga o'xshash) natijasida ajralib chiqayotgan issiqlik;
- 4) Q_q – qurilmaga (yoki jarayonga) tashqaridan beriladigan issiqlik, masalan qizdirish.

Qayd qilingan kattaliklar kirayotgan moddalarni tashkil qiladi.

Issiqlik sarfini quyidagi kattaliklar tashkil qiladi:

- 1) Q_f' – qurilmadan yoki jarayondan chiqayotgan mahsulotlarning fizik issiqligi;
- 2) Q_r' – endotermik reaksiyaga sarflanadigan issiqlik;
- 3) $Q_{f.o'}'$ – fizik o'zgarish (suyultirish, bug'latish, desorbsiya va hokazo) natijasida yutiluvchi issiqlik;
- 4) Q_y – atrof-muhitga yo'qotilgan issiqlik.

Shunday qilib issiqlikning ($Q_r, Q_{f.o'}$) ajralib chiqishi va ($Q_f', Q_{f.o'}'$) yutilishi bilan jarayonlarning bir vaqtda borishi uchun tuzilgan issiqlik balansining to'liq tenglamasi:

$$Q_f + Q_r + Q_{f.o'} + Q_q = Q_f' + Q_r' + Q_{f.o'}' + Q_y \quad (7.2)$$

ko'rinishini oladi.

(7.2) tenglamadagi har bir kattalikni aniqlash texnologik jarayonni hisoblashda va kimyoviy qurilmani loyihalashda asosiy vazifalardan biri hisoblanadi.

Modda bilan berilayotgan issiqlik, odatda,

$$Q_f = G\bar{c}T \quad (7.3)$$

tenglama bo'yicha hisoblanadi, bu yerda: G – modda massasi, $\bar{c}$ – moddaning o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi, T – harorat.

Berilgan t °C (yoki T K) harorat uchun jarayonda ishtirok etayotgan, ba'zi gazsimon komponentlarning issiqlik sig'imini

$$c_p = a + bT + cT^2 + \dots \quad (7.4)$$

formula bo'yicha hisoblash mumkin, bu yerda: a , b , c – mos ma'lumotnoma adabiyotlarida keltirilgan koeffitsientlar.

Gess qonuni bo'yicha standart sharoitda avval keltirilgan reaksiyaning issiqlik effektini reaksiya barcha mahsulotlarining entalpiya xosilalari ($\Delta_f H_i^\circ$) bilan barcha boshlang'ich moddalarning entalpiya xosilalari orasidagi ayirma kabi aniqlash mumkin:

$$\begin{aligned} (\Delta_r H^\circ)_{298} = \sum_{i=1}^k (n_i \Delta_f H_i^\circ)_{ox} - \sum_{i=1}^m (n_i \Delta_f H_i^\circ)_b = e \Delta_f H_E^\circ + \\ + l \Delta_f H_L^\circ - (m \Delta_f H_M^\circ + f \Delta_f H_F^\circ + d \Delta_f H_D^\circ) \end{aligned} \quad (7.5)$$

Berilgan haroratda reaksiyaning issiqlik effektini aniqlash uchun odatda, Kirxgof tenglamasidan foydalaniladi va u integrallangan shaklda

$$(\Delta_r H^\circ)_T = (\Delta_r H^\circ)_{298} + \int_{298}^T \Delta_r c_p(T) dT \quad (7.6)$$

ko'rinishga ega, bu yerda:

$$\Delta_r c_p(T) = \Delta_r a + \Delta_r bT + \Delta_r c'T^2 + \dots \quad (7.7)$$

kimyoviy reaksiya borishida tizim issiqlik sig'imining o'zgarishi. (7.5) va (7.6) tenglamalarini birgalikda yechib, berilgan haroratda reaksiya issiqlik effekti hisoblanadi:

$$\begin{aligned} (\Delta_r H^\circ)_T = (\Delta_r H^\circ)_{298} + \Delta_r a(T - 298) + \\ + \frac{1}{2} \Delta_r b(T^2 - 298^2) + \frac{1}{3} \Delta_r c'(T^3 - 298^3) + \dots \end{aligned} \quad (7.8)$$

Agar avval keltirilgan reaksiya bo'yicha boruvchi jarayonlar uchun energetik balans reaksiya asosiy E mahsulotining 1 t siga tuzilgan bo'lsa, u holda:

$$Q_p = \frac{(\Delta_r H^\circ)_T}{e} \cdot \frac{10^3}{M_E} \quad (7.9)$$

bu yerda: M_E – E moddaning molar massasi, kg .

Qurilmaga Q_q issiqlik kiritish (qizdirish) issiqlik tashuvchining issiqlik yo‘qotishi bo‘yicha hisobga olinishi mumkin, masalan isituvchi suv uchun

$$Q_q = Gc(T_b - T_{ox}), \quad (7.10)$$

bug‘ uchun

$$Q_q = Gr, \quad (7.11)$$

yoki isituvchi sirt orqali issiqlik o‘tkazish formulasi bo‘yicha

$$Q_q = k_\tau F(T_q - T_s)\tau, \quad (7.12)$$

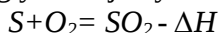
bu yerda: T_b va T_{ox} – mos ravishda suvning boshlang‘ich va oxirgi harorati; r – o‘zgarishning solishtirma issiqligi; k_τ – issiqlik o‘tkazishning umumiy koeffitsienti; F – issiqlik o‘tkazish amalga oshiriluvchi sirt; T_q – qizdirilayotgan moddaning harorati; T_s – qizdirilayotgan (sovuq) moddaning harorati; τ – issiqlik uzatish vaqti.

Atrof-muhitga yo‘qotilgan issiqlik (7.12) tenglama bo‘yicha hisoblanadi.

7.1. Kimyo - texnologik jarayonlarning moddiy balansi

27 - masala. Oltingugurt yondirilganda uning unumdorligi 60 $t/kecha$ - $kunduz$ bo‘lsa, pechning unumdorligini ($kg/soatda$) aniqlang va moddiy balans tuzing. Oltingugurtning aylanish darajasi 0,95 (qolgan oltingugurt haydab chiqariladi va pechdan tashqarida yonadi). Havoning ortiqlik koeffitsienti $\alpha = 1,5$.

Yechish: Oltingugurtning yonish jarayoni ushbu



reaksiya tenglamasi bilan tasniflanadi. Pechning unumdorligi $U = 60 : 24 = 2,5$ $t/kecha$ - $kunduz$ ga teng ya‘ni $U = 2500$ $kg/kecha$ - $kunduz$. SO_2 gacha oksidlangan oltingugurtning massasi $2500 \cdot 0,95 = 2375$ kg ni tashkil etadi. Bug‘ ko‘rinishidagi oksidlanmay qolgan oltingugurt: $2500 - 2375 = 125$ kg . Oksidlash uchun sarflangan kislorodning hajmi

$$V_{O_2} = \frac{2375 \cdot 22,4}{32} = 1663,5 m^3,$$

havoning keragidan ortiqlik koeffitseintini hisobga olganda esa

$$V_{O_2} = 1663 \cdot 1,5 = 2495,25 m^3 \quad \text{yoki}$$

$$G_{O_2} = \frac{2495 \cdot 32}{22,4} = 3564,64 kg.$$

Kislorod bilan azot ham kiradi:

$$V_{N_2} = \frac{2495,25 \cdot 79}{21} = 9386,89 m^3 \quad \text{yoki}$$

$$G_{N_2} = \frac{9386,89 \cdot 28}{22,4} = 11733,61 kg$$

Reaksiya natijasida oltingugurt (IV) oksidi hosil bo'ladi:

$$G_{SO_2} = \frac{2375 \cdot 64}{32} = 4750 kg \quad \text{yoki}$$

$$V_{SO_2} = \frac{4750 \cdot 22,4}{64} = 1662,5 m^3$$

Sarflanmagan kislorod

$$V_{O_2} = 166,3 \cdot 0,5 = 831,75 m^3 \quad \text{yoki}$$

$$G_{O_2} = \frac{831,75 \cdot 32}{22,4} = 1188,21 kg$$

qoladi.

Olingan natijalar asosida moddiy balans tuzamiz:

kirish			sarf		
boshlang'ich moddalar	kg	m ³	mahsulot	kg	m ³
S	2500	—	S	125	—
O ₂	3564,64	2495,25	O ₂	1188,21	831,75
N ₂	11733,61	9386,89	N ₂	11733,61	9386,89
			SO ₂	4750	1662,5
jami	17798,23	11882,14	jami	17796,82	11881,14

Ta'kidlaymizki, agar moddiy balansni hisoblaganda boshlang'ich moddalarning massasi oxirgilarining massasiga teng bo'lsa ($G_{kir} \neq G_{sarf}$), u holda balans nomuvofiqligi (N_b) hisoblanadi. U kirayotgan va sarflanayotgan moddalar massalari ayirmasi ($G_{kir} - G_{sarf}$) ning kirayotgan modda massasi (G_{kir}) ga nisbati kabi aniqlanadi va foizlarda ifodalanadi. Agar balansning nomuvofiqligi 0,5 % dan ortib ketsa, u holda hisobni tekshirish kerak. Mazkur misol uchun balansning nomuvofiqligi $N_b = 8 \cdot 10^{-5}$.

28 - masala. Agar suyuq mahsulotlarning (massa ulushlardagi) tarkibi quyidagicha: benzol 0,05, xlorbenzol 0,32, dixlorbenzol 0,025, trixlorbenzol 0,005 bo'lsa, 1t xlorbenzol ishlab chiqarishda xloratorning moddiy balansini hisoblang. Texnik benzolda C_6H_6 ning massa ulushi 0,975, texnik xlorda esa Cl_2 niki 0,98.

Yechish: Temir (III) xloridi ishtirokida suyuq benzolga xlor qo'shib xlor - benzol olinadi. $C_6H_6 + Cl_2 \rightarrow C_6H_5Cl + HCl$ - xlorbenzoldan tashqari $C_6H_5Cl + Cl_2 \rightarrow C_6H_4Cl_2 + HCl$ - dixlorbenzol va $C_6H_4Cl_2 + Cl_2 \rightarrow C_6H_3Cl_3 + HCl$ - trixlorbenzol hosil bo'ladi. Reaksiyon aralashmada massa ulushi 0,68-0,65 bo'lgan benzol qolganda, polixloridlarning ko'p massasi hosil bo'lishini oldini olish uchun xlorlashni to'xtatish lozim. Nisbiy molekular massalar: C_6H_6 78, C_6H_5Cl 112,5, $C_6H_4Cl_2$ 147, $C_6H_3Cl_3$ 181,5, Cl_2 71, HCl 36,5.

Reaksiyalar suyuq mahsulotlarining berilgan tarkibiga asosan tayyor mahsulotning (suyuq) aralashmasida C_6H_5Cl 1000 kg bo'ladi.

$$G_{C_6H_4Cl_2} = \frac{1000 \cdot 0,025}{0,32} = 78kg;$$

$$G_{C_6H_3Cl_3} = \frac{1000 \cdot 0,005}{0,32} = 15,6kg.$$

Reaksiya mahsulotlari tarkibiga hosil bo'lgan vodorod xlorid ham kiradi:

$$G_1 = \frac{1000 \cdot 36,5}{112,5} = 324kg;$$

$$G_2 = \frac{112,5 \cdot 36,5}{147} = 39kg;$$

$$G_3 = \frac{147 \cdot 36,5}{181,5} = 9,4 \text{ kg},$$

tayyor mahsulot aralashmasida vodorod xloridning yig'indisi esa $324+39+9,4=372,4 \text{ kg}$ ni tashkil etadi.

Massasi 1000 kg xlorbenzol olish uchun sarflangan sof benzol massasini hisoblaymiz:

$$G_{C_6H_5Cl} = \frac{1000 \cdot 78}{112,5} = 693 \text{ kg}.$$

Boshqa xlorli hosilalarning massasi:

$$G_{C_6H_4Cl_2} = \frac{78 \cdot 76}{147} = 41 \text{ kg};$$

$$G_{C_6H_3Cl_3} = \frac{15,6 \cdot 78}{181,5} = 6,7 \text{ kg},$$

reaksiyaga kirishmagan benzol esa

$$G = \frac{1000 \cdot 0,05}{0,32} = 2031,0 \text{ kg}.$$

Hammasi bo'lib $2771,7 \text{ kg}$ benzol, texnik benzol esa $693+41+6,7+2031,0=2771,7; 0,975=2842,8 \text{ kg}$ sarf bo'ladi.

Xlor sarfi: C_6H_5Cl hosil qilish uchun:

$$\frac{1000 \cdot 71}{112,5} = 631,1 \text{ kg}.$$

$$C_6H_5Cl_2 \text{ hosil qilish uchun: } \frac{78 \cdot 2 \cdot 71}{147} = 75,3 \text{ kg}.$$

$$C_6H_3Cl_3 \text{ hosil qilish uchun: } \frac{15,6 \cdot 3 \cdot 71}{181,5} = 18,3 \text{ kg}.$$

Hammasi bo'lib $724,7 \text{ kg}$ xlor, texnik xlor esa

$$G_{Cl_2} = \frac{724,7}{0,98} = 739,4 \text{ kg}$$

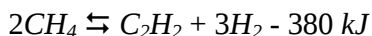
sarflanadi.

Benzol xloratori chiqishining moddiy balansini tuzamiz:

Kirish	kg	Chiqish	kg
texnik benzol, shu jumladan: C_6H_6	2771,7	C_6H_5Cl $C_6H_4Cl_2$ $C_6H_3Cl_3$	1000 78 15,1
aralashmalar	71,7	C_6H_6 HCl C_6H_6 dagi aralashmalar Cl_2 dagi aralashmalar	2031 372,4 71,1 14,7
texnik xlor shu jumladan: Cl_2	724,7		
aralashmalar	14,7		
jami	3582,8		3582,8

29 - masala. Tabiiy gazning elektrokrekingida tarkibida 98 % (um.) CH_4 va 2 % (um.) N_2 bo'lgan qurilmadan chiqayotgan gaz tarkibida 15 % atsetilen bor. Qo'shimcha reaksiyalarni hisobga olmasdan 1000 m^3 boshlang'ich tabiiy gaz uchun jarayonning moddiy balansini tuzing.

Yechish. Gazsimon uglevodorodlardan (asosan metandan) atsetilen olish 1200–1600 °C haroratda amalga oshiriladi:



Jarayon elektr yoy pechlarda 1600 °C haroratda va gazning 1000 m/sec chiziqli tezligida yuz beradi. 1000 m^3 boshlang'ich gaz tarkibida: CH_4 – 980 m^3 , N_2 – 20 m^3 bo'ladi. Jarayon hajm o'zgarishi bilan boradi. Metanning atsetilenga to'liq aylanishida va mahsulot aralashmasi tarkibida 25 % atsetilen bo'lishi kerak (reaksiya tenglamasiga qarang). Shartga asosan reaksiya mahsulotlari tarkibida 15 % atsetilen bo'lgani uchun, demak, metan to'liq parchalanmaydi. Aylangan metanning

miqdorini (m^3 da) x bilan belgilaymiz. U holda pechdan chiqayotgan aralashmaning tarkibini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$CH_4 \dots\dots\dots 980 - x$$

$$C_2H_2 \dots\dots\dots \frac{x}{2}$$

$$H_2 \dots\dots\dots \frac{3}{2}x$$

$$N_2 \dots\dots\dots 20$$

$$\hline \text{Jami } (1000 + x) m^3$$

Shartga ko‘ra pechdan chiqayotgan gazdagi atsetilenning miqdori 15 % ni tashkil qiladi, ya’ni

$$\frac{x}{2} \dots\dots\dots 15 \%$$

$$(1000 + x) \dots\dots 100 \%$$

Bundan ushbu

$$\frac{\frac{x}{2} \cdot 100}{1000 + x} = 15$$

tenglamani yechib, $x = 430 m^3$ topamiz va krekingdan so‘ng gazning tarkibi quyidagicha bo‘ladi:

$$C_2H_2 \dots\dots\dots \frac{x}{2} = 215 m^3$$

$$CH_4 \dots\dots\dots 980 - x = 980 - 430 = 550 m^3$$

$$H_2 \dots\dots\dots \frac{3}{2}x = 645 m^3$$

$$N_2 \dots\dots\dots 20 m^3$$

Hisoblash natijalarini jadvalga joylashtiramiz:

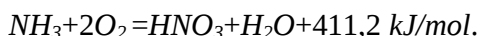
Kreking pechining moddiy balansi ($1000 m^3$ tabiiy gazga)

Kirish				Chiqish			
boshlang'ich moddalar	m^3	kg	%	mahsulot	m^3	kg	%
CH_4	980	695	98	C_2H_2	215	248	15,0
N_2	20	25	2	CH_4	550	388	38,5
				H_2	645	58	45,0
				N_2	20	25	1,5
jami	1000	710	100	jami	1430	719	100

30 - masala. 1 t nitrat kislotasi uchun ammiakni oksidlash bo'limining moddiy balansini tuzing. NH_3 ni NO gacha oksidlash darajasi 0,97 va N_2 gacha esa 0,03; NO ni NO_2 gacha oksidlash darajasi 1,0 va adsorbsiya darajasi 0,32. Quruq ammiak – havo aralashma tarkibidagi ammiak miqdori 7,13 % (massada). 30 °C haroratda havo suv bug'i bilan to'yingan. Nisbiy namlik 80 %.

Yechish. Havo kislorodi bilan ammiakni oksidlab, hosil bo'lgan azot oksidlarini qayta ishlab, nitrat kislotasi olinali.

Ammiakdan nitrat kislotasi ishlab chiqarishning balans tenglamasini quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:



Ammiakni azot oksidigacha oksidlash platinali yoki xrom oksidli katalizatorlarda amalga oshiriladi. Keyin azot (II) oksidi azot (IV) oksidigacha oksidlanadi va hosil bo'lgan azot (IV) oksidi suv yoki nitrat kislotasiga yuttiriladi.

Balans tenglamasiga ko'ra 1 kmol NH_3 dan 1 kmol HNO_3 hosil bo'ladi. 1 t HNO_3 ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan ammiak miqdori

$$\frac{1 \cdot 17}{63 \cdot 0,97 \cdot 0,92} = 0,303t = 303 \text{ kg}$$

ni tashkil etadi, bu yyerda: mol massa: HNO_3 – 63, NH_3 – 17 yoki

$$\frac{303 \cdot 22,4}{17} = 400 \text{ m}^3$$

1 t HNO_3 uchun havo sarfi

$$\frac{303(100 - 7,13)}{7,13} = 3950 \text{ kg}$$

yoki

$$\frac{3950 \cdot 22,4}{29,0} = 3070 \text{ m}^3$$

ni tashkil etadi, bu yerda: 29,0 – 1 mol havoning massasi. Shu jumladan: kislorod

$$\frac{3070 \cdot 21}{100} = 645 \text{ m}^3 \quad \text{yoki} \quad \frac{645 \cdot 32}{22,4} = 923 \text{ kg};$$

azot

$$\frac{3070 \cdot 79}{100} = 2425 \text{ m}^3 \quad \text{yoki} \quad \frac{2425 \cdot 28}{22,4} = 3030 \text{ kg}.$$

3070 m^3 quruq gaz kiradi. 30 °C haroratda va 80 % nisbiy namlikda suv bug‘ining porsial bosimi

$$0,8 \cdot 4,22 \cdot 10^3 = 3,37 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

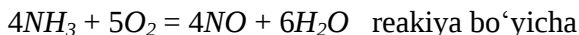
ni tashkil etadi, bu yerda: $4,22 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ to‘yingan suv bug‘ining 30 °C haroratdagi bosimi.

Gaz bilan

$$\frac{3070 \cdot 3,37 \cdot 10^3}{(101 - 3,37) \cdot 10^3} = 105 \text{ m}^3 \quad \text{yoki} \quad \frac{105 \cdot 18}{22,4} = 84,5 \text{ kg}$$

suv kiradi.

Nitroza gazlari tarkibining hisobi



$$400 \cdot 0,97 = 388 \text{ m}^3 \quad \text{yoki} \quad \frac{388 \cdot 30}{22,4} = 518 \text{ kg}$$

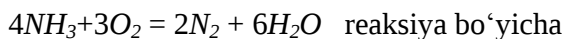
azot oksidi,

$$\frac{388 \cdot 6}{4} = 582 \text{ m}^3 \quad \text{yoki} \quad \frac{582 \cdot 18}{22,4} = 468 \text{ kg}$$

suv hosil bo‘ladi.

$$388 \cdot \frac{5}{4} = 485 m^3 \quad yoki \quad 485 \cdot \frac{32}{22,4} = 693 kg$$

kislorod sarflanadi.



$$\frac{400 \cdot 0,03 \cdot 2}{4} = 6 m^3 \quad yoki \quad \frac{6 \cdot 28}{22,4} = 7,5 kg$$

azot,

$$\frac{400 \cdot 0,03 \cdot 6}{4} = 18 m^3 \quad yoki \quad \frac{18 \cdot 18}{22,4} = 14,5 kg$$

suv hosil bo'ladi.

$$\frac{400 \cdot 0,03 \cdot 3}{4} = 9 m^3 \quad yoki \quad \frac{9 \cdot 32}{22,4} = 12,7 kg$$

kislorod sarflanadi.

Nitroz gazlar tarkibi:

% (um.)	kg	m^3
NO	518,0	388
10,3		
O ₂	923-693-12,7=217,3	152
4,1		
N ₂	3030+7,5=3037,5	2430
66,6		
H ₂ O.....	14,5+468+84,5=567	706
19,1		

Bajarilgan hisoblar natijasi quyidagi jadvalda keltirilgan:
1 t HNO₃ ga moddiy balans

Kirish			Ciqish		
boshlang'ich modda	kg	m ³	mahsulot	kg	m ³
Ammiak havo aralashmasi			Nitroza gazlari		
NH_3	303	400	NO	518	388
O_2	923	645	O_2	217,3	152
N_2	3030	2425	N_2	3037,5	2430
H_2O	84,5	105	H_2O	567	706
jami	4340,5	3575	jami	4339,8	3676

7.2. Kimyo - texnologik jarayonlarda issiqlik balansi

31 - masala. Agar kalsiy karbiddan 100 l atsetilen olishda issiqlik ajralishi $kJ/kmol$ da

CaC_2 62700 CaO 635100

H_2O 241 840 C_2H_2 226 750

ni tashkil qilsa, ajralgan issiqlik miqdorini (kJ da) hisoblang.

Yechish. Atsetilen



reaktsiya bo'yicha hosil bo'ladi.

$Q = 635100 - 226750 - 62700 - 241840 = 635100 - 531290 = 103810$
 $kJ/kmol$ 100l atsetilen hosil bo'lishida ajralgan issiqlik miqdori

$$\frac{103750 \cdot 100}{22,4 \cdot 1000} = 463,17 kJ (110,5 kkal)$$

32 - masala. Agar 1 m³ va 1 kg etanning normal sharoitda yonishida issiqlik 1559880 $kJ/kmol$ bo'lsa, ajralgan issiqlik miqdorini aniqlang.

Yechish. 1 m³ da

$$\frac{1559880}{22,4} = 69637,5 kJ / m^3 (16650 kkal / m^3)$$

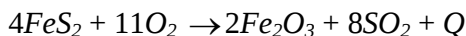
1 kg da

$$\frac{1559880}{30} \approx 52000 \text{ kJ/kg (12420 kkal/kg)}$$

bu yerda: 30 – etanning molekular massasi.

33 - masala. Kolchedan tarkibida oltingugurt (% massada) bo'lishiga bog'liq holda uning issiqlik ajratish qobiliyati uchun umumiy formulani keltirib chiqaring. Reaksiya reagentlari va mahsulotlarining issiqlik hosil qilishi: Fe_2O_3 - 821,3 kJ/mol, SO_2 - 296,90 kJ/mol, FeS_2 - 177,4 kJ/mol ni tashkil etadi.

Yechish. Ushbu



reaksiya bo'yicha sof kolchedanni yonishida reaksiyaning issiqlik effekti hisoblanadi:

$$q = (2 \cdot 821,3 + 8 \cdot 296,9) - 4 \cdot 177,4 = 3208 \text{ kJ.}$$

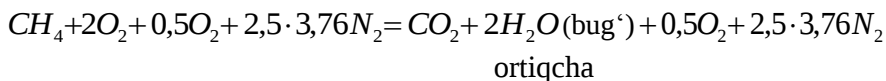
1 kg FeS_2 ni yondirganda $\frac{3208}{4 \cdot 120} \cdot 1000 = 6083 \text{ kJ/kg}$ issiqlik ajraladi.

Lekin issiqlik effekti kolchedan tarkibidagi oltingugurt miqdoriga bog'liq ($2M_S = 64 \text{ g}$):

$$\begin{array}{ccc} 120 & - & 100 \\ 64 & - & x \end{array} \quad x = \frac{64 \cdot 100}{120} = 53,3 \quad q = \frac{66,83}{53,3} = 125,3 \text{ kJ/kg.}$$

34 - masala. Havo 25 % dan ortiq bo'lganda (ortiqcha havo koeffisienti $\alpha = 1,25$) tabiiy gaz metani yonishining nazariy haroratini hisoblang (yonish issiqligi 890300 kJ/mol).

Yechish: Metanning yonish reaksiyasi:



Metan va havoning boshlang'ich harorati 0°C bo'lganda hamda yonish harorati berilganda issiqlik balansi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$Q = 890310 \cdot (c_{CO_2} + 2c_{H_2O} + 0,5c_{O_2} + 2,5 \cdot 3,76c_{N_2}) \cdot t.$$

Gaz va bug'ning kJ/ (kmol $\cdot 0^\circ\text{C}$) dagi 1 mol moddaning o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi c:

	1800 °C	1900 °C
O_2	34,9	35,1
CO_2	53,9	54,2
N_2	33,1	33,2
H_2O (bug‘)....	42,8	43,2

Bundan, 1800 °C haroratda

$$Q' = (53,9 + 2 \cdot 42,8 + 0,5 \cdot 34,9 + 2,5 \cdot 3,76 \cdot 33,1) \cdot 1800 =$$

$$= (53,9 + 85,6 + 17,45 + 311)1800 = 457,93 \cdot 1800 = 842000 \text{ kJ}$$

$$Q' = 842000 \text{ kJ} \leq Q = 890310 \text{ kJ}$$

bo‘ladi.

1900 °C haroratda

$$Q'' = (54,2 + 2 \cdot 43,2 + 0,5 \cdot 35,1 + 2,5 \cdot 3,76 \cdot 33,2) \cdot 1900 =$$

$$= (54,2 + 86,4 + 17,55 + 312,45)1900 = 470,6 \cdot 1900 = 906000 \text{ kJ}$$

$$Q'' = 906000 \geq Q = 890310$$

$$\Delta t_i = 1900 - 1800 = 100 \text{ °C}$$

$$Q'' - Q = 906000 - 890310 = 15690 \text{ kJ}$$

$$Q - Q' = 890310 - 842000 = 58310 \text{ kJ}$$

$$\Delta t = t - 1800$$

$$\Delta t = \frac{15690 \cdot 100}{58310} = 26,8 \text{ °C}$$

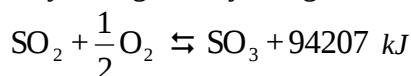
$$t = 1800 + 26,8 = 1826,8 \text{ °C}$$

bo‘ladi.

35 - masala. Agar gazli aralashmaning (hajm ulushlarda) tarkibi: SO_2 0,09; O_2 0,11; N_2 0,80, aylanish darajasi 0,88 bo‘lsa, SO_2 ni qisman oksidlash uchun unumdorligi $25000 \text{ m}^3/\text{s}$ bo‘lgan kontakt qurilmaning issiqlik balansini aniqlang. Kiruvchi gazning harorati 733 K, chiquvchisidiki 853 K; aralashmaning o‘rtacha issiqlik sig‘imi (shartli ravishda o‘zgarmas deb hisoblaymiz) $c = 2,052 \text{ kJ} / \text{m}^3 \text{K}$.

Atrof-muhitga yo‘qolgan issiqlik berilgan issiqlikning 5 % ni tashkil etadi deb qabul qilamiz. Qurilmaning sovishi hisobiga undan ajralib chiqayotgan issiqlikni hisoblang.

Yechish: Jarayonning reaksiya tenglamasini yozamiz:



Gazning tarkibi moddiy balans jadvalda keltiriladi:

Kirish	m^3	Chiqish	m^3
SO_2	$25000 \cdot 0,09 = 2250$	SO_3	$2250 \cdot 0,88 = 1980$
N_2	$25000 \cdot 0,80 = 20000$	SO_2	$2250 - 1980 = 270$
		N_2	20000
O_2	$25000 \cdot 0,11 = 2750$	O_2	$2750 - 1980 : 2 = 1760$
jami	25000		24010

Kirayotgan issiqlikni hisoblaymiz (kilojouлда). Gazning fizik harorati

$$Q_1 = 25000 \cdot 2,052 \cdot 733 = 37602900.$$

$$\text{Reaksiya issiqligi: } Q_2 = 94207 \cdot \frac{2250}{22,4} \cdot 0,88 = 8327225,7.$$

Demak, $\Sigma Q_{\text{kirish}} = 45930126 \text{ kJ}$.

Issiqlik sarfini aniqlaymiz. Tashlanma gazlar bilan chiqib ketayotgan issiqlik $Q_3 = 24010 \cdot 2,052 \cdot 853 = 42026048$;

$Q_{\text{yo‘q}} = 45930126 \cdot 0,05 = 2296506,3$; $\Sigma Q_{\text{sarf}} = 44322554$. Bundan, $\Sigma Q_{\text{kir}} - \Sigma Q_{\text{sarf}} = 45930126 - 44322554 = 1607572$ issiqlik ajralishi zarur.

36 –masala. Agar gazli aralashmaning tarkibi $\text{SO}_2 = 9 \%$ (hajm); $\text{O}_2 = 11 \%$ (hajm); $\text{N}_2 = 80 \%$ (hajm) bo‘lsa, SO_2 ni qisman oksidlash uchun unumdorligi $25000 \text{ m}^3/\text{soat}$ bo‘lgan kontakt qurilmaning issiqlik balansini hisoblang. Oksidlanish darajasi 88 %. Kiruvchi gazning harorati 450°C ; chiquvchisidiki – 580°C . Aralashmaning o‘rtacha issiqlik sig‘imi (shartli ravishda uni o‘zgarmas deb olamiz) $c = 2,052 \text{ kJ} / \text{m}^3$. Kirayotgan issiqlikning atrof-muhitga yo‘qotilayotganini 5 % deb qabul qilamiz.

Yechish: $\text{SO}_2 + (1/2)\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3 + 943207 \text{ kJ/kmol}$.

Gazning tarkibi ushbu jadvalda keltirilgan:

Boshlang'ich		Qurilmadan so'ng		
gaz	m^3	gaz	kg	m^3
SO_2	2250	SO_2	$2250 \cdot 0,88 = 1980$ $2250 - 1980 = 270$	270
SO_3	-	SO_3		1980
N_2	20000	N_2		20000
O_2	2750	O_2	$2750 - \frac{1980}{2} = 1760$	1760
jami	25000		17796,82	24010

Issiqlikning kelishi: Gazning fizik issiqligi

$$Q_1 = 25000 \cdot 2,052 \cdot 460 = 23598000 \text{ kJ.}$$

Reaksiya issiqligi.

$$Q_2 = 94207 \cdot \frac{2250}{22,4} \cdot 0,83 = 8290216 \text{ kJ.}$$

$$\text{Jami} \quad \sum Q_{kir} = 31888216 \text{ kJ.}$$

Issiqlik sarfi: Tashlanma gazlar bilan chiqib ketadigan issiqlik

$$Q_3 = 24010 \cdot 2,052 \cdot 580 = 28564000 \text{ kJ}$$

$$Q_{yo'q} = 31888 \cdot 10^3 \cdot 0,05 = 1594400 \text{ kJ}$$

$$\sum Q_{sarf} = 30158400 \text{ kJ.}$$

Demak

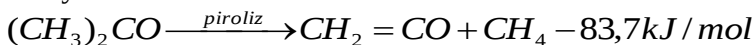
$$\sum Q_{kir} - \sum Q_{sarf} = 31888216 - 30158400 = 1729816 \text{ kJ}$$

issiqlikni qaytarish zarur.

Issiqlik balansining ma'lumotlari jadvalda keltirilgan:

Kirish			Sarf		
boshlang'ich moddalar	<i>kJ</i>	%	oxirgi ma'lumotlar	<i>kJ</i>	%
Q_1	23598000	73,9	Q_3	28564000	89,6
Q_2	8290216	26,1	$Q_{yo'q}$ Q_{qay}	1594400 1729816	5,0 5,0
jami	31888216	100	jami	31888216	99,6

37 - masala. Atsetondan sirka angidridi ishlab chiqarishning piroliz bosqichi uchun issiqlik balansi tuzing (1 soat uchun). Boshlang'ich ma'lumotlar atsetondan sirka angidridi ishlab chiqarishning bosqichlari ushbu reaksiyalar bilan tasniflanadi:



Sirka angidridi bo'yicha unumdorlik 24 t/kecha-kun., piroliz harorati 800 °C . Bir o'tishda atsetonning $CH_2 = CO$ ketenga aylanish darajasi $x = 0,25$. Atsetonning bug'lanish issiqligi 553,5 kJ/kg (справочник химика Т.1.859с.). Issiqlik sig'imi: 20 °C haroratda atsetonniki 2,09 kJ/kg, 800 °C haroratda reaksiyon aralashmaniki 2,26 kJ/kg.

Tarkibida $CH_4 - 98 \%$, $N_2 - 2 \%$ bo'lgan, sof metan uchun issiqlik berish qobiliyati 890310 kJ/kmol bo'lgan tabiiy gaz miqdorini hisoblang.

Yechish: $(CH_3)_2CO \rightleftharpoons CH_2 = CO \rightarrow (CH_3CO)_2O$
reaksiyaga mos holda atseton sarfi

$$G = \frac{58 \cdot 1000}{102} = 568 \text{ kg} / \text{soat}.$$

Aylanish darajasini hisobga olgan holda

$$G = \frac{568}{0,25} = 2272 \text{ kg} / \text{soat}$$

Issiqlikning kirishi:

$$Q_1 = 2,09 \cdot 2272 \cdot 20 = 94969,6 \text{ kJ}$$

Issiqlik sarfi atseton bilan.

$$Q_2 = 2272 \cdot 553,5 = 1257552 \text{ kJ}$$

$$Q_{sarf} = \frac{568}{58} \cdot 20 \cdot 10^3 = 818560 \text{ kJ}$$

Tashlanma gazlar bilan

$$Q_3 = 2,26 \cdot 2272 \cdot 800 = 4107776 \text{ kJ}$$

$$\sum Q_{sarf} = 1257552 + 818560 + 4107776 = 6183888 \text{ kJ}$$

Bundan reaksiya zonasida yondirish uchun zarur bo'lgan metanning miqdori

$$\frac{6183888 - 94969}{890310} = 6,84 \text{ mol}$$

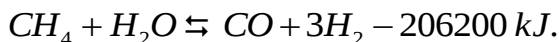
yoki tabiiy gazga qayta hisoblaganda

$$\frac{6,84 \cdot 22,4}{0,98} = 156,5 \text{ m}^3$$

Atseton pirolizi qurilmasining issiqlik balansi ushbu jadvalda keltirilgan:

Kirish	<i>kJ</i>	%	Sarf	<i>kJ</i>	%
Q_1	94969,6	1,53	Q_2	1257552	20,1
Q	6088919	98,47	Q_{sarf}	818560	13,1
			Q_3	4107776	66,8
jami	6183888	100	jami	6183888	100

38 - masala. Metanni katalitik konversiyalab vodorod olish uchun reaktorning issiqlik balansini hisoblang. Hisob $1000 \text{ m}^3 \text{ H}_2$ bo'yicha olib borilsin. Atrof-muhitga issiqlikning yo'qolishi kelayotgan issiqlikdan 6 % deb qabul qilamiz. Hisob



reaksiya bo'yicha olib boriladi. Boshlang'ich ma'lumotlar: $\text{CH}_4 : \text{H}_2\text{O} = 1:2$. Reaktorga kirayotgan reagentlarning harorati 105°C ; reaksiya zonasidagi harorat 900°C . Issiqlik sig'imi $\text{kJ}/(\text{kmol} \cdot ^\circ\text{C})$ da:

	CH_4	H_2O	CO	H_2
100 °C	36,72	33,29	28,97	29,10
900 °C	-	38,14	31,36	29,90

Yechish: Masalaning shartiga ko'ra ($CH_4 : H_2O = 1 : 2$) 1000 m^3 H_2 ga boshlang'ich reagentlarning va hosil bo'lgan mahsulotlarning hajmi quyidagini tashkil etadi:

Kirish		Sarf	
boshlang'ich moddalar	m^3	mahsulot	m^3
CH_4	333	CO	333
H_2O	667	H_2O	334
		H_2	1000
jami	1000	jami	1667

Kirayotgan issiqlik

$$Q_{fizCH_4} = \frac{334}{22,4} \cdot 36,72 \cdot 105 = 58180 \text{ kJ}$$

$$Q_{fizH_2O} = \frac{667}{22,4} \cdot 33,29 \cdot 105 = 104130 \text{ kJ}$$

$$\sum Q_{fiz} = 162310 \text{ kJ.}$$

Issiqlik sarfi: 900 °C haroratda mahsulotlarning reaktordan olib chiqib ketayotgan issiqligi:

$$Q_{CO} = \frac{333}{22,4} \cdot 37,36 \cdot 900 = 419500 \text{ kJ}$$

$$Q_{H_2O} = \frac{334}{22,4} \cdot 38,14 \cdot 900 = 511825 \text{ kJ}$$

$$Q_{H_2} = \frac{1000}{22,4} \cdot 29,90 \cdot 900 = 1201700 \text{ kJ}$$

$$\sum Q_{fiz.ol.ch.ket.} = 2133025 kJ$$

$$Q_{sarf} = \frac{233}{22,4} \cdot 206200 = 3065400 kJ$$

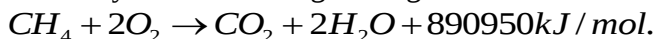
$$\text{Jami: } 5198425 kJ$$

$$Q_m = 162310 \cdot 0,06 = 9738 kJ$$

Metan konversiyasining (o'zgartirishning) issiqlik balansi quyidagi jadvalda keltirilgan:

Kirish	<i>kJ</i>	Sarf	<i>kJ</i>
Q_{CH_4}	58180	Q_{CO}	419500
Q_{H_2O}	104130	Q_{H_2}	1201700
		Q_{H_2O}	511805
		Q_m	9739
		Q_{sarf}	3065400
jami	162130	jami	5208160

Reaksiya zonasiga issiqlikni yetkazish tabiiy gaz (98 % CH_4 ; 2 % N_2) metanini yondirish hisobiga amalga oshiriladi:



Vujudga kelgan ΔQ issiqlik yetishmovcxiligini qoplash uchun

$$\frac{5046030}{890950} = 5,66 kmol$$

metan yoki $5,66 \cdot 22,4 = 127 m^3$ CH_4 , ya'ni $129,5 m^3$ tabiiy gazni yondirish zarur.

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Massasi 14 kg kalsiy oksidi massasi 35 kg HNO_3 bilan ishlov berildi. Quyidagi sxema bo'yicha moddiy balans tuzing:

Kirish	kg	Sarf	kg
kalsiy oksidi			
nitrat kislotasi			
jami		jami	

2. Massasi 130t temir (III) oksidini (normal sharoitda) $0,031m^3$ hajmli uglerod (II) oksidi tokida qizdirildi. Temir (III) oksidini qaytarilish moddiy balansini quyidagi sxema bo'yicha tuzing:

Kirish	g	Sarf	g
temir (III) oksidi		temir	
uglerod (II) oksidi		uglerod (IV) oksidi uglerod (II) oksidi	
jami		jami	

3. Qizdirilgan trubkada joylashgan massasi 50g mis oksidi ustida hajmi $0,011m^3$ vodorod o'tkazildi. Reaksiya natijasida massasi 8,8g suv hosil bo'ldi. Quyidagi sxema bo'yicha moddiy balans tuzing:

Kirish	g	Sarf	g
mis oksidi		mis	
vodorod		mis oksidi suv vodorod	
jami		jami	

4. Moddiy balans asosida sulfat kislotasi ishlab chiqarish bo'limining issiqlik balansini tuzing. Kontakt qurilmaga kirayotgan kuydirilgan gazning harorati 313 K; bo'limdan chiqayotgan gazning harorati 473 K; xuddi shunday sharoitlarda SO_2 ning molar issiqlik sig'imi SO_3 ning molar issiqlik sig'imiga, ya'ni $43,5 \text{ kJ}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$ ga teng; $c_{O_2} = 30,1 \text{ kJ}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$; $c_{N_2} = 29,0 \text{ kJ}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$. 313 K haroratda azotning molar issiqlik sig'imi 41,2 ga va kislorodniki – $29,4 \text{ kJ}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$ ga teng.

8. Kimyo sanoatining xomashyo bazasi

Har qanday kimyoviy ishlab chiqarishda kimyo texnologik tizimlar tuzilishida xomashyo bilan ta'minlash mustaqil qism tizimini tashkil qiladi. Korxonani turli - tuman, arzon va hammabop xomashyo bilan ta'minlash masalasi dolzarbdir, chunki u yoki bu mahsulotning ma'lum darajada texnologiyasini, uning tannarhini va sifatini aniqlovchi asosiy elementlardan biri xomashyodir. Xomashyo deb, sanoat mollarini ishlab chiqarishda foydalaniladigan tabiiy moddalarga va yarim mahsulotlarga aytiladi. Qator kimyoviy moddalar tayyorlash uchun boshqa korxonalarning chiqindilari ishlatiladi. Kimyo sanoati birmuncha miqdorda qishloq xo'jaligi xomashyolarini iste'mol qiladi, lekin uning hajmi doimiy kamaymoqda. Masalan, spirtlar, organik kislotalar, glitserinlar, yuvish vositalari hozir asosan qazib olinadigan va yog'och - o'simlik xomashyosiga tayanadi. Kimyo sanoatiga ko'mir, tabiiy gaz, neft, slaneslar hamda yog'och - o'simlik xomashyolari va dunyo okeanining xomashyo manbalari borgan sari ko'proq jalb etilmoqda.

Foydali komponentlar bilan boyitilgan, konsentrlangan xomashyodan foydalanish, xomashyoni ratsional qayta ishlashda muhim texnik - iqtisodiy ahamiyatga ega.

Qattiq xomashyolar uchun ko'pincha boyitishning mexanik usullari □ sochish (g'alvirlash), gravitatsion ajratish, elektromagnit va elektrostatik separatsiya hamda fizik - kimyoviy usul □ flotatsiya qo'llaniladi.

39 - masala. Xomashyoni boyitish fabrikasida silvinitning asosiy flotatsiyasida ikki karra qayta tozalanadigan *KCl* ning massa ulushi 0,72 li xomaki konsentrat hosil bo'ladi. Natijada *KCl* ning massa ulushi 0,92 li oxirgi mahsulot hosil bo'ladi. Agar *KCl* ning massa ulushi 0,30 li massasi 2 t bo'lgan ruda olingan bo'lsa; xomaki konsentrat esa 690 kg hosil bo'lgan bo'lsa, u holda silvinitning ajratib olish darajasi (foizda) va konsentratsiyasini hamda konsentratning chiqishini aniqlang.

Yechish: Ushbu

$$x_k = \frac{G_{ok}}{G_r} \cdot 100,$$

bu yerda: G_{ok} - olingan konsentrat, G_r - olingan rudaning massasi (foizlarda), formulaga asosan konsentratning chiqishi:

$$x_k = \frac{690 \cdot 100}{2000} = 34,5$$

Rudadagi kaliy xlorid massasini aniqlaymiz $G = 2000 \cdot 0,3 = 600$ va konsentratdagisi $G' = 690 \cdot 0,72 = 496,8$. Bundan KCl ajratib olish darajasi

$$n_{aj.ol.} = \frac{496,8 \cdot 100}{600} = 82,8.$$

Konsentratsiya darajasi

$$n = \frac{0,72}{0,30} = 2,4.$$

Qayta tozalashni hisobga olgan holda esa

$$n = \frac{0,92}{0,30} = 3,06.$$

Qayta tozalash natijasida hosil bo'lgan mahsulot

$$G = \frac{690 \cdot 0,72}{0,92} = 540.$$

40 - masala. Silvinitni boyitishda maydalash va ajratish siklidan keluvchi loyli shlamlarni chiqarib tashlash uchun pulpa karboksimetilsellyulozaning (KMC) natriyli tuzining 2 % li suvli eritmasi bilan qayta ishlanadi: 1 t rudaga 640 g eritmada foydalaniladi. Massasi 1725 kg bo'lgan rudani qayta ishlash uchun shunday tuz eritmasini tayyorlashda qanday massali suv zarur (*gramlarda*).

Yechish: massasi 1 t bo'lgan rudaga ishlov berish uchun zarur bo'lgan eritma massasini topamiz: $G_{erit} = 640 : 0,02 = 32000$. Suvning massasi $32000 - 640 = 31360$ ni tashkil etadi. KMC eritmasini tayyorlash uchun zarur bo'lgan suv massasini topamiz:

$$G_{H_2O} = \frac{31360 \cdot 1725}{1000} = 54096.$$

41 - masala. Agar nazariy jihatdan mumkin bo'lgan amalda chiqish 98 %ni tashkil qilsa, u holda Al_2O_3 ning massa ulushi 0,6 bo'lgan

massasi 1 t boksitdan qanday massali alyuminiy olish mumkin.

Yechish: Alyuminiy oksidining massasini aniqlaymiz:
 $G_{Al_2O_3} = 1000 \cdot 0,60 = 600$. Nazariy chiqishda massasi 600 kg bo'lgan alyuminiy oksididan olish mumkin bo'lgan alyuminiy massasini hisoblaymiz:

$$G_{Al} = \frac{600 \cdot (27 \cdot 2)}{102} = 317.$$

U holda amaldagi chiqishda alyuminiyning massasi $G'_{Al} = 317 \cdot 0,98 = 311,24$ bo'ladi. Bundan massasi 1 t bo'lgan boksitdan massasi 311,24 kg alyuminiy olish mumkin.

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Agar ruhning massa ulushi 3 % bo'lgan massasi 5 t ruhli rudaning flotatsiyasida ruhning massa ulushi 22 % bo'lgan massasi

340 kg konsentrat hosil bo'lsa, u holda konsentratning chiqishini, ruhning ajralish darajasi va konsentratsiyasini aniqlang. Moddiy balansini tuzing.

Javob: 6,8; 49,86 % va 7,3 marta.

2. Agar tarkibida 1,5 % mis bo'lgan massasi 1,5 t mis rudasini boyitishda tarkibida 30 % mis bo'lgan 200 kg konsentrat hosil bo'lsa, u holda konsentratning chiqishini, misning ajralish darajasi va konsentratsiyasini aniqlang. Moddiy balansini tuzing.

Javob: 4; 80 % va 20 marta.

3. Mayda qo'shimcha zarracha diametri 0,5 - 1 sm ~ 10 % li 20 - 30 sm o'lchamli bo'laklar ko'rinishidagi, apatitning massa ulushi 0,44, nefelinniki 0,46 va boshqa minerallar bo'lgan apatit-nefelin rudasini qayta ishlashga tayyorlashning texnologik sxemasini tuzing. Sxema g'alvirlashni, uch bosqichda maydalashni (har bir bosqichdan keyin g'alvirlashni va maydalanmagan qismni qayta maydalashga qaytarishni), apatitli konsentratni (97 % apatit) olish uchun flotatsiyani, nefelinli konsentrat (97 % nefelin) hosil bo'lish bilan "qoldiq"larni qayta flotatsiyasini o'z ichiga olishi kerak. Sxemada apatitlarni to'g'ri to'rtburchak shaklida tasvirlang, yo'nalgan chiziqlar bilan birlashtiring,

ularning nomini ustiga yozib qo'ying hamda xomashyo va uni qayta ishlash mahsulotlarining o'rinlari o'zgarishini ko'rsating.

4. Mayda qo'shimchalar (zarrachalarning diametri 0,5 - 1 sm) ~10 %, 20 - 30 sm o'lchamga ega bo'laklar ko'rinishidagi appatitning massa ulushlari 0,44, nefelinniki 0,46 va boshqa minerallar bo'lgan appatit - nefelinli rudani qayta ishlashga tayyorlashning texnologik sxemasini tuzing. Sxema g'alvirlash, uch bosqichli maydalash (har bir bosqichdan keyin g'alvirlash va maydalanmagan qismini yana qaytadan maydalash), appatitli konsentratni olish uchun flotatsiya (appatit 97 %), nefelinli konsentrat (nefelin 90 %) hosil bo'lishi uchun qoldiqlarni qayta flotatsiyasini o'z ichiga olishi kerak. Sxemada apparatlarning yo'naltirilgan chiziqlar bilan bog'langan to'g'ri to'rtburchaklar bilan tasvirlang, ularni nomini yozing, xomashyo va uni qayta ishlash mahsulotlarining o'rinlarini o'zgarishini ko'rsating.

5. Agar massasi 1 t rudadan massasi 410 kg apatitli va massasi 392 kg nefelinli konsentrat olinsa, u holda avvalgi 4 - masala ma'lumotlari bo'yicha konsentrat chiqishini, boyitish va ajratib olish darajasini aniqlang. Flotatsiya turini toping.

Javob: boyitish darajasi 2,2 va ~2marta; ajratib olish darajasi 90,4 va 76,7 %; konsentrat chiqishi 41 va 39,2 %.

6. Tarkibida KCl 25 % va $NaCl$ 68,5 %, loy va qumli qo'shimchalar bo'lgan, bir-biri bilan birlashib ketgan silvin KCl va galit $NaCl$ kristallaridan tashkil topgan silvinit rudasining ikki bosqichli maydalashning texnologik sxemasini tuzing. Maydalashda zarrachalarning o'lchami 5-20 smdan <1 mm gacha kichiklashishi kerak. G'alvirlash maydalashning har bir bosqichidan keyin amalga oshiriladi.

7. Agar misning massa ulushi 0,015 bo'lgan, massasi 10 t mis sulfidli rudani boyitishda misning massa ulushi 0,30, massasi 400 kg konsentrat hosil bo'lsa, u holda misni ajratib olish darajasini va konsentratsiyasini aniqlang. Moddiy balansini tuzing.

Javob: 80 % va 20 marta.

8. Agar ruxning massa ulushi 0,037 bo'lgan massasi 15 t ruxli rudani flotatsiyasida ruxning massa ulushi 0,21 massasi 473 kg konsentrat chiqsa, u holda konsentrat chiqishini, ruxni ajratib olish darajasi va konsentratsiyasini aniqlang. Moddiy balansini tuzing.

Javob: 3,15; 17 % ; 5,67 marta.

9. Ammiak ishlab chiqarish texnologiyasi

Sintetik ammiak ishlab chiqarishga oid masalalarda ko'pincha ammiak hosil bo'lish reaksiyasi, katalizatorning umumdorligi, uning hajmi va gazning hajmiy tezligi hisobiga gazli aralashma hajmini kamayishi hisoblanadi.

Katalizatorning umumdorligi U_k ushbu formula bo'yicha aniqlanadi:

$$U_k = 0,771 - \chi_{ox} v_{haj} \Delta V \quad (9.1)$$

bu yerda: 0,771 - normal sharoitda gazsimon NH_3 ning zichligi, kg/m^3 ; χ_{ox} - katalizdan so'ng NH_3 ning gazdagi oxirgi tarkibi, %; ΔV - reaksiya natijasida gaz hajmining kamayishi; v_{haj} - gazning minoraga kirishdagi hajmiy tezligi, $soat^{-1}$.

NH_3 ning gazdagi oxirgi tarkibi

$$\chi_{ox} = \frac{\chi_2 - \chi_1}{100 - \chi_1} \quad (9.2)$$

bu yerda: χ_1 - sintez minora kirishida azot vodorod aralashmasi (AVA) dagi ammiakning tarkibi; χ_2 - minoradan chiqishda AVAdagi NH_3 ning tarkibi.

Minoradagi katalizatorning zarur hajmi ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:

$$V_k = V_s \tau \alpha \quad (9.3)$$

bu yerda: V_s - gaz sarfi, m^3/s ; α - 1,3-1,5 ga teng bo'lgan zahira koeffitsienti.

Ammiak ishlab chiqarish KTT (kimyo texnologik tizimlar)i azot - vodorod aralashmasi olish, uni tozalash, ammiakning o'zini sintezli, ammiakni reakciyaga kirishmagan azot - vodorod aralashmasidan ajratish va shunga o'xshash bir necha qism tizimlardan tashkil topgan. Har bir qism tizim va umuman KTTning muvaffaqiyatli ishlashi ko'p omillarga bog'liq.

42 - masala. Vodorod va azotdan ammiak sintezida hajmi 500 m^3 bo'lgan ammiak olish uchun vodorod hajmini toping.

Yechish. Ammiak sintezi $3H_2 + N_2 \rightleftharpoons 2NH_3 - \Delta H$ reaksiya bo'yicha

boradi. Vodorod va azot hajmlarining stexiometrik nisbati $V_{H_2} / V_{N_2} = 3/2$. Vodorod hajmini topamiz:

$$V_{H_2} = 500 \cdot \frac{3}{2} = 750 m^3$$

43 - masala. Agar 8 soatda NH_3 ning massa ulushlari 90 % bo'lgan massasi 60 t ammiak ishlab chiqarilsa, u holda sintez minora NH_3 ning massa ulushlari 0,1 bo'lgan ammiakning qanday massasini (1 yilda tonna) ishlab chiqaradi?

Yechish: Bir kecha - yu kunduzda 99 % li ammiak tayyorlanadi

$$\begin{array}{rcl} 8 & - & 60 \\ 24 & - & U_{NH_3} \end{array} \quad U_{NH_3} = \frac{60 \cdot 24}{8} = 180.$$

Bir yilda $180 \cdot 365 = 65700 t$ 99 %li ammiak tayyorlanadi, yillik unumdorlik (100 % li ammiakga mo'ljallanganda)

$$U'_{NH_3} = \frac{65700 \cdot 99}{100} = 65043 t$$

44- masala. NH_3 molar ulushi 0,15 bo'lgan azot-vodorod aralashmasi minoradan chiqishda suvli sovitqichga va separatorga kiradi. Bu yerda kondensirlangan ammiakning katta qismi ajraladi va uning gazdagi tarkibi 0,05 molar ulushga kamayadi. Ammiakning qanday ulushi kamaygan?

Yechish: 100 mol gazning boshlang'ich tarkibiga 15 mol ammiak kiradi. Suyultirilgan ammiak ulushini x_s bilan belgilaymiz. U holda suyultirilgan ammiak miqdori $15 - 15x_s$ ni yoki $15(1 - x_s)$ ni tashkil qiladi. Proporsiya tuzamiz:

$$\begin{array}{rcl} 85 + 15(1 - x_s) & - & 100\% \\ 15(1 - x_s) & - & 5 \end{array}$$

va ushbu tenglamani yozamiz:

$$\frac{15(1 - x_s)100}{85 + 15(1 - x_s)} = 5.$$

Bundan

$$\begin{array}{l} 15(1 - x_s)100 = 5(85 + 15(1 - x_s)) \\ 1500 - 1500x_s = 425 + 75 - 15x_s \end{array}$$

$$1425x_s = 1000; \quad x_s = 0,701 \quad \text{yoki} \quad 70,1 \, \%.$$

45 - masala. Ammiak sintez minorasidagi gazli aralashma namunasini suyultirilgan sulfat kislotasi orqali o'tkazganda aralashmaning hajmi 20 % ga qisqaradi. Minoraga kirgan gazli aralashma tarkibiga vodorod va azot reaksiya tenglamasi bo'yicha talab qilingan nisbatda kiritilgan deb, bu aralashmadagi azot miqdorini (hajmiy ulushlarda) aniqlang.

Yechish: Ammiak sintez minorasidagi gazli aralashmani suyultirilgan sulfat kislotasi orqali o'tkazganda hajmining kamayishi uning tarkibida 20 % ammiak borligini anglatadi. Tarkibida azot va vodorod $100 - 20 = 80$ ni tashkil etadi. Bu aralashmada azot va vodorod 1:3 nisbatda bor.

N_2 va H_2 gazlar yig'indisi va azot hajmlarining stexiometrik nisbatini tuzamiz:

$$\frac{V_{N_2+3H_2}}{V_{N_2}} = \frac{4}{1}$$

Bu nisbatga berilganlarni qo'yib, azotning hajmiy ulushini aniqlaymiz:

$$\varphi_{N_2} = 80 \cdot \frac{1}{4} = 20 \quad \text{yoki} \quad 0,20.$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Agar ammiak sintez minorasining unumdorligi 200 t/kecha - kunduz bo'lsa, u holda bir kecha - kunduzda qanday hajmdagi ammiak sintezlanadi va qanday hajmdagi vodorod va azot reaksiyaga kirishmaydi? Sintez $450^\circ C$ haroratda va $3 \cdot 10^7 Pa$ bosimda amalga oshiriladi. Bunday sharoitda gaz aralashmasida ammakning hajm ulushi 0,358 bo'ladi.

Javob: NH_3 263520, H_2 354426, N_2 118142 m^3 .

2. Agar sintez minora orqali azot - vodorodli aralashma 6800 m^3 /soat tezlikda o'tsa, u holda ammiak sintezida w - hajmiy tezlikni va katalizatorning unumdorligini hisoblang. Sintez minorasida NH_3 ning hajmiy ulushi 0,22 bo'lgan gazli aralashma hosil bo'ladi. Minorada joylashgan katalizatorning hajmi 1,28 m^3 ni tashkil etadi.

Javob: 53125 $m^3/(m^3 \cdot soat)$; 7270,4 $kg/(m^3 \cdot soat)$.

3. Agar azot va vodoroddan ammiak sintezida 600 m^3 vodorod reaksiyaga kirishgan bo'lsa, u holda hosil bo'lgan ammiak hajmini aniqlang. Javob: 400 m^3 .

4. Sexda har bir minoraning o'rtacha unumdorligi 140 t/kecha - kunduz bo'lgan 6 ta sintez minora o'rnatilgan. Bir kecha - kunduzda sexda ishlab chiqarilgan ammiak massasini va ammiak ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan azot massasini aniqlang. Javob: 840 va $739,2\text{ t}$.

10. Nitrat kislotasi olish texnologiyasi

Suyultirilgan nitrat kislotasi ishlab chiqarish uch bosqichdan tashkil topgan: ammiakni azot (II) oksidiga katalitik oksidlash; azot (II) oksidini azot (IV) oksidiga oksidlash; kislota hosil bo'lish bilan azot (IV) oksidini suv bilan absorbsiyalash.

Birinchi bosqichni o'tkazishda τ - kontaktlanish vaqti, ρ_k - katalizatorning zo'riqishi, U - ammiakning oksidlanish tezligi va kontakt sharoitida v_{haj} - hajmiy tezlikni hisoblash muhim.

Kontaktlanish vaqti diffuzion sohada boruvchi ammiak oksidlanish jarayonining kinetik tenglamasidan aniqlanadi:

$$U = \frac{dp_{NH_3}}{d\tau} = kp_{NH_3}$$

bundan

$$\tau = \frac{1}{k} \ln \frac{1}{1-x} \quad (10.1)$$

Katalizatorning kuchlanganligi bir kecha - kunduzda uning 1 m^2 faol sirtida oksidlangan ammiak massasi bilan o'lchanadi va ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:

$$g_k = (G_{NH_3} \cdot 24) F_t \quad (10.2)$$

bu yerda: G_{NH_3} - 1 soat ichida sarflanayotgan ammiak massasi, $kg/soat$;

F_t - katalizator to'ri sirtining faol yuzi, m^2 .

Platinali to'r uchun F_t ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:

$$F_t = 2\pi d \sqrt{n} \quad (10.3)$$

bu yerda: d - to'r simining diametri, sm ; n - 1 sm^2 to'r yuzasidagi

to'qimalar soni. (Amaliyotda simning diametri 0,025-0,1 mm, to'qimalar soni 1000 - 4000 bo'lgan to'rlar qo'llaniladi).

Kontakt sharoitida gazning hajmiy tezligi ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:

$$v_{haj.}(G) = \frac{v_{haj.} / T_k p}{p_{k.q.} \cdot 273} \quad (10.4)$$

bu yerda: $v_{haj.}$ - normal sharoitda gazning hajmiy tezligi, $soat^{-1}$; T_k - kontakt harorati, K ; $p_{k.q.}$, p - mos ravishda kontakt qurilmadagi va atmosferadagi bosim, Pa .

Katalizatorning erkin hajmi

$$V_{er.} = v_{haj.}(r)\tau \quad (10.5)$$

va NO ni NO_2 ga oksidlanish tezligini

$$u = \frac{dp_{NO_2}}{d\tau} = k_1 p_{NO_2} p_{O_2} \quad (10.6)$$

formulalar bo'yicha aniqlash mumkin.

Kislota hosil bo'lish jarayon tezligi τ vaqt ichida olingan nitrat kislotasining massasi bilan ifodalanadi:

$$u = \frac{dG_{HNO_3}}{d\tau}$$

yoki

$$u = k_m F(p_{NO_2} - p_{NO_2}^*) \quad (10.7)$$

bu yerda: k_m - massa uzatish koeffitsienti; F - fazalarning kontaktlanish sirti, m^2 ; $(p_{NO_2} - p_{NO_2}^*)$ - azot (IV) oksidining ammiakdagi va muvozanat parsial bosimlari orasidagi ayirma, Pa .

46 - masala. Agar kontakt qurilmada oksidlash mahsulotining chiqishi 98 % ga yetsa, yutish minoralarida kislotaning chiqishi 94 % ni tashkil qilsa, u holda massasi 1 t ammiakdan qanday massali (tonnada) 55 % li nitrat kislotasi hosil bo'ladi?

Yechish: Nitrat kislotasi olish sxemasini yozaylik: $NH_3 \rightarrow HNO_3$. 1 t ammiakdan olinadigan nitrat kislotasi massasini topamiz:

$$17 \quad - \quad 63$$

$$1 \quad - \quad G_{HNO_3}$$

$$G_{HNO_3} = \frac{1 \cdot 63}{17} = 3,7$$

Nazariy jihatdan 1 t ammiakdan 3,7 t nitrat kislota hosil bo'ladi.

Amalda monogidratning chiqishi $3,7 \cdot 0,98 \cdot 0,94 = 3,4$ ga teng, 55 % li kislolaning chiqishi esa

$$G'_{HNO_3} = \frac{3,4 \cdot 100}{55} = 6,2$$

bo'ladi.

47- masala. Agar konsentrlangan (98 %li) nitrat kislota ishlab chiqarishda uning har bir tonnasiga massasi 0,29 t bo'lgan NH_3 sarflansa, u holda nazariy mumkin bo'lganga nisbatan nitrat kislota chiqishini (% da) aniqlang.

Yechish. Ammiakdan nitrat kislota olish sxemasini yozamiz: $NH_3 \rightarrow HNO_3$. Massasi 0,29 t bo'lgan ammiakdan olish mumkin bo'lgan nitrat kislota massasini (kg da) hisoblaymiz:

$$17 \quad - \quad 63$$

$$290 \quad - \quad G_{HNO_3}$$

$$G_{HNO_3} = \frac{290 \cdot 69}{17} = 1074$$

yoki 98 % li HNO_3

$$98 \quad - \quad 100$$

$$1074 \quad - \quad G'_{HNO_3}$$

$$G'_{HNO_3} = \frac{1074 \cdot 100}{98} = 1096$$

bu yerda: 17 va 63 mos ravishda NH_3 va HNO_3 larning nisbiy molekular massalari.

Kislolaning chiqishi ushbuga teng bo'ladi:

$$x_{ch} = \frac{G_{am}}{G_{naz}} \cdot 100$$

$$x_{HNO_3} = \frac{1000 \cdot 100}{1096} = 91 kg$$

48 - masala. Ammiak-havo aralashmasining katalizator qatlami orqali o'tishida hajmiy tezligini ($m^3 / m^3 \cdot s$ da) aniqlang. Ammiak platinarodiyli katalizatorida $2 \cdot 10^{-4}$ s da oksidlanadi. Katalizator qatlamida iplar orasidagi oraliqlar hajmi (V erkin) $6 \cdot 10^{-4} m^3$ ga teng.

Yechish: Ushbu

$$V_{er} = v_{hajm}(g)\tau$$

formulaga asosan aralashmaning hajmiy tezligi tenglamasini keltirib chiqaramiz: $v_{hajm} = V_{er} / \tau$. Bunga son qiymatlarini qo'yib, ushbuni topamiz:

$$v_{hajm} = \frac{6 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-4}} = 3 m^3 / m^3 \cdot s$$

49 - masala. Agar ammiak - havo aralashmasi katalizator qatlami orqali 72 soat^{-1} hajmiy tezlikda o'tsa, u holda ammiak platinarodiyli katalizatorlarda necha sekundda oksidlanadi. Katalizator qatlamida iplar orasidagi oraliqlar hajmi 250 sm^3 .

Yechish: $V_{yer} = v_{hajm}(r)\tau$ bo'lganidan, $\tau = V_{yer} / v_{hajm}(r)$ bo'ladi. Katalizatorning santimetr kubda ifodalangan erkin hajmining son qiymatini metr kubga o'tkazamiz: $V_{yer} = 250 \text{ sm}^3 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$. Hajmiy tezlikni hisoblaymiz:

$$v_{hajm} = \frac{72}{60} = 1,2 \text{ m}^3 / (m^3 \cdot \text{sek}).$$

u holda,

$$\tau = \frac{2,5 \cdot 10^{-4}}{1,2} = 2 \cdot 10^{-4}$$

50 - masala. Oksidlanish to'liq deb faraz qilib ammiak oksidlanishining ($1 \text{ t } NH_3$ ga) moddiy balansini tuzing (kilogramda). Ta'kidlaymizki, azotgacha faqat 2 % NH_3 oksidlanadi. Havo aralashmasidagi ammiakning hajmiy ulushi 0,11 ga teng.

Yechish: Ammiak - havo aralashmasining tarkibini hisoblaymiz: $\varphi_{NH_3} = 11\%$, $\varphi_{O_2+N_2} = 89\%$, jumladan

$$\varphi_{O_2} = 89 \cdot 0,209 = 18,6\%, \varphi_{N_2} = 89 - 18,6 = 70,4\%. 1 \text{ t } NH_3 \text{ ning hajmi}$$

$$V_{NH_2} = \frac{100 \cdot 22,4}{17} = 1320$$

ga teng.

1 t ammiakli aralashmadagi kislorod va azotning hajmini va massasini hisoblaymiz:

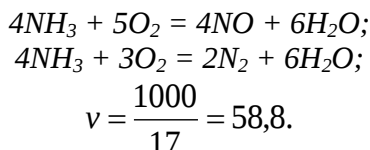
$$V_{O_2} = \frac{18,6 \cdot 1320}{11} = 2230;$$

$$G_{O_2} = \frac{2230 \cdot 32}{22,4} = 1388;$$

$$V_{N_2} = \frac{70,4 \cdot 1320}{11} = 8450;$$

$$G_{N_2} = \frac{8450 \cdot 28}{22,4} = 20560.$$

Quyidagi reaksiyalar borishida sarf qilinadigan kislorod miqdorini topamiz:



Birinchi tenglamaga asosan kislorodning massasi

$$G_{O_2} = \frac{58,8 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 0,98}{4} = 2304$$

ga teng, ikkinchi tenglamaga asosan

$$G'_{O_2} = \frac{58,8 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 0,02}{4} = 28.$$

Kislorodning massasi jami $2304 + 28 = 2332$ ni tashkil etadi, uning ortiqchasi $G_{O_2} = 3188 - 2332 = 856$. Shu reaksiyalar bo'yicha hosil bo'lgan mahsulotlarning massasini (kilogrammda) aniqlaymiz:

$$G_{NO} = 58,8 \cdot 30 \cdot 0,98 = 1730;$$

$$G_{N_2} = \frac{58,8 \cdot 28 \cdot 0,02}{2} = 16;$$

$$G_{H_2O} = \frac{58,8 \cdot 18 \cdot 6}{4} = 1590.$$

Moddiy balans tuzamiz:

Kirish	kg	Sarf	kg
ammiak	1000	NO	1730
havo $\begin{cases} O_2 \\ N_2 \end{cases}$	$\begin{matrix} 3190 \\ 10560 \end{matrix}$	$\begin{matrix} H_2O \text{ (bug')} \\ O_2 \text{ (ortiqcha)} \\ N_2 \text{ (reaksiya} \\ \text{bo'yicha)} \\ N_2 \text{ (havoning)} \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1590 \\ 856 \\ 16 \\ 10560 \end{matrix}$
jami	14750	jami	14750

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. 1 t 80 % li nitrat kislotasi eritmasini hosil qilish uchun qancha natriy nitrat zarur? Javob: 1080 kg.

2. 1 t 70 % li nitrat kislotasi eritmasini olish uchun (normal sharoitda) qanday hajmdagi ammiak zarur? Javob: 249 m³.

3. Suv qo'shmasdan ammiakni oksidlab hosil qilingan nitrat kislotasi eritmasining nazariy mumkin bo'lgan eng yuqori konsentratsiyasini hisoblang. Javob: 77,8 %.

4. Agar ishlab chiqarishda ammiak yo'qotilishi 2,8 % ni tashkil etsa, u holda massasi 5 t 60 % li nitrat kislotasi olish uchun zarur bo'lgan ammiak massasini aniqlang. Javob: 832 kg.

11. Sulfat kislotasi ishlab chiqarish

Kolchedan kuydirish pechidan chiqayotgan gazlar tarkibida (hajmiy ulushlarda): 0,10-0,15 SO₂ va 0,005 SO₃ bor. Kolchedandagi oltingugurt to'liq yonmaydi va qurumda massasi uncha ko'p bo'lmagan parchalanmagan kolchedan qoladi. Qurum chiqishining massa ulushi ushbuga teng:

$$\omega_{chiq} = \frac{\omega_{S_{naz}} - (1 - \omega'_{naz.chiq.})\omega_{S_{amal}}}{\omega_{S_{naz}} - (1 - \omega'_{naz.chiq.})\omega_{S_{qur.}}} \quad (11.1)$$

bu yerda: $\omega_{S_{naz}}$ - xomashyodagi (asosiy mineraldagi) oltingugurtning nazariy massa ulushi, %; $\omega_{S_{amal}}$ - quruq xomashyodagi oltingugurtning amaldagi massa ulushi, %; $\omega_{S_{qur.}}$ - oltingugurtning qurumdagi massa

ulushi, %; $\omega'_{naz.chiq.}$ - qurumning nazariy chiqishining massa ulushi (oltingugurt to'liq yonganda).

(11.1) formulani sur'at va mahrajini $(1 - \omega'_{naz.chiq.})$ ga bo'lib va kolchedan uchun mos ravishda 53,46 va 0,67 ga teng bo'lgan $\omega_{S_{naz}}$ va $\omega'_{naz.chiq.}$ ning son qiymatlarini qo'yib, ushbu hisoblash formulasini olamiz:

$$\omega_{chiq} = \frac{160 - \omega_{S_{amal}}}{160 - \omega_{S_{qur.}}} \quad (11.2)$$

Yonib bitgan oltingugurtning massa ulushi (foizlarda)

$$\omega_{S_{chiq.}} = \omega_{S_{amal}} - \omega_{chiq} \omega_{S_{qur.}} \quad (11.3)$$

formula bo'yicha hisoblanadi.

Kuydirishda oltingugurtdan foydalanish darajasi (foizlarda):

$$\eta_S = (\omega_{S_{chiq.}} / \omega_{S_{amal}}) 100 \quad (11.4)$$

Pechga tashlavngan oltingugurtga nisbatan qurum bilan oltingugurtning yo'qotilishi (foizlarda):

$$A = \omega_{chiq.} (\omega_{S_{qur.}} / \omega_{S_{amal}}) 100 \quad (11.5)$$

1 t quruq oltingugurtli xomashyoni kuydirishga zarur bo'lgan pechga yuboriladigan havoning hajmini (m^3 da) ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:

$$V_{havo} = \left[\frac{700}{\varphi_{SO_2}} + 7 / m - 1 \right] \omega_{S_{chiq.}} \quad (11.6)$$

bu yerda: m - kislorodning mollar miqdorini oltingugurt (IV) oksidi mollar (reaksiya tenglamasiga muvofiq) miqdoriga stexiometrik nisbati; φ_{SO_2} - kuydirish gazidagi oltingugurt (IV) oksidining berilgan hajmiy ulushi, %. Oltingugurt (IV) oksidining hajmiy ulushi φ_{SO_2} ni, foydalanilayotgan xomashyo va pechni hisobga olib, havoning berilgan ortiqchalik koeffitsienti α bo'yicha hisoblash mumkin. α koeffitsient amalda sarflangan havo hajmini nazariy zarur bo'lganning nisbatiga teng:

$$\alpha = \frac{\varphi_{O_2}}{m\varphi_{SO_2}} + \frac{\varphi_{O_2}(m-1)}{100} \quad (11.7)$$

bu yerda: φ_{O_2} - havodagi kislorodning hajmiy ulushi, %.

$m = 1,375$ bo'lganda 1 t quruq kolchedanni kuydirish uchun zarur bo'lgan havoning hajmi

$$V = \left(\frac{700}{\varphi_{SO_2}} + 2,625 \right) \omega_{S_{kuy}} \quad (11.8)$$

formula bo'yicha, 1 t monogidrat olish uchun esa

$$V = \frac{22860}{\varphi_{SO_2}} + 86$$

bo'yicha hisoblanadi.

Agar xomashyo sifatida oltingugurt ishlatilsa, u holda kuydirish uchun zarur havoning hajmi

$$V = \frac{700}{\varphi_{SO_2}} \omega_{S_{kuy}}$$

ga, 1 t monogidrat olish uchun esa

$$V = \frac{22860}{\varphi_{SO_2}}$$

ga teng.

1 t yondirilayotgan xomashyoga hosil bo'layotgan kuydirish gazining hajmi, gazda SO_3 bo'lmaganda,

$$V(G) = 700\omega_{S_{kuy}} / \varphi_{SO_2} \quad (11.9)$$

gazda SO_3 bo'lganda

$$V_r = \frac{700\omega_{S_{kuy}}}{\varphi_{SO_2} + \varphi_{SO_3}}$$

formula bo'yicha hisoblanadi.

1 t H_2SO_4 ga hisoblaganda kuydirish gazining hajmi, unda SO_3 bo'lmaganda

$$V(G) = 22860 / \varphi_{SO_2}$$

Qaynovchi qatlamli pechlarning jadalligini ushbu formula bo'yicha aniqlash mumkin:

$$J_p = \frac{34465 \varphi_{SO_2} v}{\omega_s \eta_s T}, \quad (11.10)$$

bu yerda: φ_{SO_2} - gazdagi SO_2 ning hajmiy ulushi; v - ish sharoitida gazning chiziqli tezligi, m/s ; ω_s - kolchedandagi oltingugurtning massa ulushi, %; η_s - oltingugurtning yonish darajasi, birning ulushlarida; T - gazning harorati, K .

Flotatsion kolchedan uchun amaldagi jadallik

$9-10t/m^2 \cdot kecha-kun$, o'rtacha maydalangan uchun

$9-10t/m^2 \cdot kecha-kun$ qabul qilinadi.

Qaynovchi qatlamli pechning hajmiy jadalligi ushbu formula bo'yicha aniqlanadi:

$$J_{haj} = \frac{34465 \varphi_{SO_2}}{\omega_s \eta_s T \tau} \quad (11.11)$$

bu yerda: τ - gazning pechda bo'lish vaqti, d .

Oltinugurt (IV) oksidini oltingugurt (VI) oksidiga aylanishi kontakt qurilmalarda o'tadi. Muvozanat aylanish (o'zaro ta'sirlanish) darajasini ushbu formula bo'yicha hisoblash mumkin:

$$x_m = \frac{K_p}{K_p + \sqrt{\frac{100 - 0,5 \varphi_{SO_2} x_m}{p(\varphi_{O_2} - 0,5 \varphi_{SO_2} x_m)}}} \quad (11.12)$$

bu yerda: K_p - reaksiyaning muvozanat konstantasi, Pa - 0,5.

Reaksiyaning muvozanat konstantasi ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:

$$K_p = \frac{p_{SO_3}}{p_{SO_2} \cdot 318,3 \sqrt{p_{O_2}}} \quad (11.13)$$

bu yerda: p_{SO_3} , p_{SO_2} , p_{O_2} - mos ravishda SO_3 , SO_2 va O_2 larning muvozanat parsial bosimlari, Pa .

K_p ning qiymatini $400-700\text{ }^{\circ}\text{C}$ oralikda amalda foydalanish uchun yetarlicha aniqlikda

$$\lg K_p = \frac{4905}{T} - 7,1552 \quad (11.14)$$

tenglama bo'yicha aniqlash mumkin.

SO_2 va SO_3 ni vannadiyli katalizatorlarda oksidlanishining reaksiya tezligi ushbu tenglama bilan tasniflanadi:

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{pK_c}{\varphi_{\text{SO}_2}} \frac{\varphi_{\text{O}_2} - \varphi_{\text{SO}_2} x / 2}{1 - \varphi_{\text{SO}_2} x / 2} \frac{1 - x}{1 - 0,2x} \times \left\{ 1 - \left[\frac{x}{318,3K_p(1-x)} \right]^2 \frac{1 - \varphi_{\text{SO}_2} x / 2}{\varphi_{\text{O}_2} - \varphi_{\text{SO}_2} x / 2} \right\} \quad (11.15)$$

bu yerda: $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan yuqori harorat uchun reaksiyaning muovazanat konstantasi K_c ni ushbu $K_c = k_0 e^{-E/RT}$ Arrenius tenglamasi bo'yicha hisoblanadi.

Kontakt massaning hajmi ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:

$$V = cV_g \tau_0 \quad (11.16)$$

bu yerda: V_g - gaz hajmi, m^3/d ; c - mo'ljallangan tartibdan chetlashish mumkinligi, shuningdek ishlatish jarayonida katalizatorning faolligini pasayishi uchun zahira koeffitsienti; τ_0 - gazning katalizator bilan to'qnashishining sohta vaqti, d .

Oltinigurt angidridi ikkita qurilmalarda - oleumli va monogidratli absorberlarda absorbsiyalanadi. Sulfat kislotasi angidridining oleum yoki monogidrat bilan yutilishida jarayonning harorat tartibiga rioya qilish zarur. Ma'lum haroratda SO_3 ning yutilishi to'xtaydi. Masalan, SO_3 ning hajmiy ulushi 0,07 bo'lgan gazni qayta ishlab, 20 % li oleum ko'rinishidagi mahsulot ishlab chiqarishni ta'minlash uchun absorbyerda:gi harorat $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan oshmasligi zarur.

Konsentrlangan sulfat kislotasiga absorbsiyalangan SO_3 ning massasi ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:

$$G_{abs} = kF\Delta P_{o'r} \quad (11.17)$$

bu yerda: k - absorbsiyaning termik koeffitsienti; F - absorbsion minora nasadkasining sirti, m^2 ; $\Delta P_{o,r}$ - absorbsiyaning harakatlantiruvchi o'rtacha kuch, ya'ni gazdagi SO_3 ning parsial bosimi va kislotada SO_3 ning muvozanat bosimi orasidagi o'rtacha ayirma, Pa .

Absorbsiyaning tezlik koeffitsienti ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:

$$k = k_0 v^{0,8} \quad (11.18)$$

bu yerda: $v^{0,8}$ - gazning absorbyerdagi sohta tezligi, m/d ; k_0 - gazning tezligiga tegishli va kislotaning konsentratsiyasi hamda haroratiga bog'liq koeffitsient, m/d .

51 – masala. SO_2 va SO_3 ni oksidlanish darajasi mos ravishda $x_1 = 0,55$ va $x_2 = 0,92$ ni tashkil qiladi. Agar tarkibida SO_2 8 %, O_2 11 % va N_2 12 % bo'lgan gazli aralashmaning o'rtacha issiqlik sig'imi shartli ravishda o'zgarmas va $1,382 kJ/(m^3 \cdot ^\circ C)$ ni tashkil etadi deb olinsa, reaksiya zonasida harorat o'zgarishini hisoblang.

Yechish: Hisob $100 m^3$ gazli aralashma bo'yicha olib boriladi:



U holda

$$Q_1 = \frac{8}{22,4} \cdot 0,55 \cdot 94400 = 18480 kJ$$

$$Q_2 = \frac{8}{22,4} \cdot 0,96 \cdot 94400 = 32200 kJ$$

$$V_1 = 100 - 8 \cdot 0,55 \cdot 0,5 = 97,8 m^3$$

$$V_2 = 100 - 8 \cdot 0,96 \cdot 0,5 = 96,16 m^3$$

$$\Delta t_1 = \frac{18480}{1,382 \cdot 97,8} = 138 ^\circ C; \quad \Delta t_2 = \frac{32200}{1,382 \cdot 96,16} = 244 ^\circ C.$$

52 - masala. Kolchedanni kuydirish uchun pechning unumdorligi bir kecha - kunduzda 30 *t/kecha* - *kun*. Kolchedan tarkibida 42,4 % oltingugurt bor. Havo nazariydan 60 % ko'p sarflanadi. Sulfid gazining chiqishi 97,4 % ni tashkil etadi. a) FeS_2 ning kolchedandagi massa ulushini (% da); b) har soatda pechdan chiqayotgan gaz

aralashmasining hajmini (m^3 da) va tarkibini; c) Fe_2O_3 qurumning massasini; d) reaksiyaga kirishmagan FeS_2 ning massasini hisoblang.

Yechish: Temir disulfidining kolchedandagi massa ulushini aniqlaymiz: $\omega_{FeS_2} = 42,4 \cdot 120 / 64 = 79,5$.

Bir soatda qayta ishlanadigan kolchedan massasini hisoblaymiz:

$$G_{kolch} = \frac{30}{24} = 1,25.$$

1,25 t kolchedan tarkibida bo'lgan FeS_2 ning massasini (kg da) hisoblaymiz: $1250 \cdot 0,795 = 993,8$.

Reaksiyaga kirishgan temir disulfidining massasini aniqlaymiz:

$$G_{FeS_2} = 993,8 \cdot 0,974 = 968,1.$$

Reaksiyaga kirishmagan temir disulfidining massasini aniqlaymiz:

$$G_{FeS_2} = 993,8 - 968,1 = 25,7.$$

Pechda qolgan qurum massasini hisoblaymiz:

$$\frac{G_{Fe_2O_3}}{G_{FeS_2}} = \frac{M_{rFe_2O_3}}{2M_{rFeS_2}} = \frac{160}{2 \cdot 120}, \quad G_{Fe_2O_3} = \frac{968,1 \cdot 160}{240} = 645,4.$$

$FeS_2 \rightarrow 2SO_2$ reaksiya natijasida hosil bo'lgan SO_2 ning hajmini (normal sharoitda) hisoblaymiz:

$$G = \frac{V_{SO_2}}{FeS_2} = \frac{2V}{M_{rFeS_2}} = \frac{2 \cdot 22,4}{120},$$

$$V_{SO_2} = 968,1 \frac{44,8}{120} = 361,6.$$

968,1 kg FeS_2 bilan $2FeS_2 + 5,5 \cdot O_2 = Fe_2O_3 + 4SO_2$ tenglama bo'yicha reaksiyaga kirishgan kislorodning hajmini hisoblaymiz:

$$\frac{V_{O_2}}{G_{FeS_2}} = \frac{5,5}{240} = 0,023; \quad V_{O_2} = 968,1 \frac{123,2}{240} = 496,9.$$

Tarkibida 496,9 m^3 O_2 bo'lgan havoning hajmi quyidagicha bo'ladi:

$$V_{havo} = \frac{496,9}{0,21} = 2367.$$

Pechga kirayotgan havo hajmini hisoblaymiz

$$V_{havo} = 2367 \cdot 1,6 = 3786.$$

Pechdan chiqqan gaz aralashmasining hajmini hisoblaymiz:

a) Pechga kirayotgan havo kislorodining umumiy hajmi:

$$V_{O_2} = 3768 \cdot 0,21 = 795,0;$$

b) Gaz aralashmasida qolgan kislorod hajmi:

$$V'_{O_2} = 795,0 - 496,9 = 298,1;$$

c) Azotning hajmi:

$$V_{N_2} = 3768 - 796,0 = 2991;$$

d) Gaz aralashmasining umumiy hajmi:

$$V = 361,6 + 298,1 + 2991 = 3660,7;$$

e) Gaz aralashmasining yaxlitlangan qiymatlardagi hajmiy tarkibi:

$$V_{SO_2} : V_{O_2} : V_{N_2} = 360 : 300 : 3000.$$

Gaz aralashmasining tarkibini aniqlaymiz.

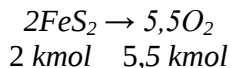
$$\varphi_{SO_2} = 100 \frac{360}{3660_2} = 10,2\% \quad \text{yoki hajmiy ulushlari } 0,102;$$

$$\varphi_{O_2} = 100 \frac{300}{3660} = 8,2\% \quad \text{yoki hajmiy ulushlari } 0,082;$$

$$\varphi_{N_2} = 100 \frac{3000}{3660} = 81,1\% \quad \text{yoki hajmiy ulushlari } 0,811.$$

53 - masala. Massasi 700 kg temir sulfidini normal sharoitda kuydirilganda hosil bo'ladigan Fe_2O_3 ning massasini va oltingugurt (IV) oksidi, sarflanadigan kislorod hajmini hisoblang.

Yechish: Sarflanadigan kislorod hajmini $2FeS_2 + 5,5O_2 = 4SO_2 + Fe_2O_3$ reaksiya tenglamasi bo'yicha aniqlaymiz. Temir disulfidi (FeS_2) va kislorod orasidagi stexiometrik munosabatni yozamiz:

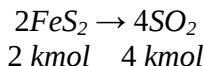


bo'ladi. Bu munosabatni kislorodning hajmi va FeS_2 ning massasini son qiymatlari orqali ifodalaymiz: $2 \cdot 120 - 5,5 \cdot 22,4$ yoki $240 \text{ kg} - 123,2 \text{ m}^3$. Kislorod hajmini topamiz:

$$V_{O_2} = 700 \frac{123,2}{240} = 359,3.$$

Xuddi shunday oltingugurt (IV) oksidining hajmini hisoblaymiz.

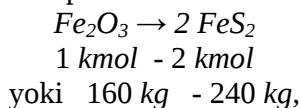
Oltingugurt (IV) oksidi va FeS_2 massalarining stexiometrik munosabati



boʻladi. Bu munosabatni oltingugurt (IV) oksidining hajmi va FeS_2 ning massasini son qiymatlari orqali ifodalaymiz: $2 \cdot 120 \text{ kg} - 4 \cdot 22,4 \text{ m}^3$ yoki $240 \text{ kg} - 89,6 \text{ m}^3$. Oltingugurt (IV) oksidi hajmini hisoblaymiz:

$$V_{SO_2} = 700 \frac{89,6}{240} = 261,3.$$

Temir (III) oksidining massasini hisoblash uchun massalarning stexiometrik munosabatini topamiz:



u holda Fe_2O_3 ning massasi

$$G_{Fe_2O_3} = 700 \frac{160}{240} = 467$$

boʻladi.

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Sulfat kislotasi ishlab chiqarish uchun xomashyo sifatida ishlatiladigan birinchi nav oltingugurtni kuydirish uchun pechga yuboriladigan zarur havoning hajmini hisoblang. Undagi massa ulushlar: S 0,996, As 0,0001, H_2O 0,002 va kul 0,0002. Kuydirish natijasida hosil boʻlgan gazdagi SO_2 ning hajmiy ulushi 0,12. Zavodning unumdorligi – 900 t/kecha - kunduz monogidrat.

Javob: $1844400 \text{ m}^3/\text{kecha} - \text{kunduz}$.

2. Sulfat kislotasi ishlab chiqaruvchi zavodning pech boʻlimi qaynovchi qatlamli ikkita pechdan tashkil topgan. Har bir pechning unumdorligi bir kecha - kunduzda – 200 t kolchedan. Kuydirishga S ning massa ulushi 0,43 (quruq hisoblanganda) boʻlgan kolchedan kiradi.

Pechdan S ning massa ulush 0,01 bo'lgan qurum chiqadi. Pech bo'limidan 1soatda olib chiqiladigan qurumning massasini aniqlang.

Javob: 12,26 t.

12. Mineral o'g'itlar va fosfat kislotalari ishlab chiqarish

Kimyo texnologik hisoblar mineral o'g'itlarni ishlab chiqarishda almashinish, parchalanish kimyoviy reaksiyalarning yoki oksidlanish-qaytarilish nokatalitik geterogen jarayonlarning balans tenglamalariga asoslangan. Fosfat kislotalari ishlab chiqarish fosfatning sulfat kislotalari bilan parchalanish darajasi parchalanish koeffitsienti bilan tavsiflanadi.

$$K_{par.} = \frac{0,7}{\omega_{CaO} / \omega_{SO_3}} 100\% \quad (12.1)$$

bu yerda: 0,7 - kalsiy sulfat $CaSO_4$ dagi $M(CaO)/M(SO_3)$ molar massalarning nisbati; ω_{CaO} va ω_{SO_3} - mos ravishda CaO va SO_3 larning fosfogipsdagi massa ulushlari.

Ajratib olish koeffitsienti $K_{aj.ol.}$, ya'ni P_2O_5 ning aralashmaga o'tishi, fosfogipsdagi umumiy va suvda eriydigan P_2O_5 ning massa ulushi bo'yicha aniqlanadi:

$$K_{aj.ol.} = 100 - \frac{(\omega_{um.} - \omega_{suv})G}{\omega_f} \quad (12.2)$$

bu yerda: $\omega_{um.}, \omega_{suv}, \omega_f$ - mos ravishda P_2O_5 ning fosfogipsdagi, fosfogipsdagi suvda eriydigan P_2O_5 ning va fosfatdagi P_2O_5 ning tarkibi, massa ulushlarda (%); G - Gips soni, ya'ni fosfatning massa birligiga quruq fosfogips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) ning yoki fosforyarimgidrat ($CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$) ning chiqish miqdori.

Fosfogips yuvishning samaradorlik koeffitsienti $K_{yuv.sam.}$ fosfogipsdagi suvda eriydigan P_2O_5 ning yo'qotilishlarini baholaydi va ushbu formula bo'yicha aniqlanadi:

$$K_{yuv.sam} = 100 - \frac{\omega_{suv} G \cdot 100}{\omega_f K_{aj.ol.}} 100 \%. \quad (12.3)$$

Mahsulotning chiqish koeffitsienti

$$K_{mah.chiq.} = \frac{K_{aj.ol.} K_{yuv.sam.}}{100} \quad (12.4)$$

Fosfatni parchalash uchun sulfat kislotasi sarfining meyori mavjud. Fosfatning 100 massa ulushiga to'g'ri kelgan H_2SO_4 eritmadagi monogidrat miqdorining massa ulushi sulfat kislotasi sarfining meyori deyiladi. H_2SO_4 ning stexiometrik meyori fosfogipsda CaO ning umumiy miqdoriga asosan aniqlanadi:

$$\frac{98}{56} \cdot \omega_{CaO} = 1,75 \omega_{CaO} \quad (12.5)$$

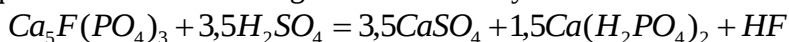
bu yerda: ω_{CaO} - fosfatning 100 massa ulushida CaO ning miqdori; 98 va 56 - H_2SO_4 va CaO larning nisbiy molekular massalari.

Agar sulfat kislotasi eritmasidagi H_2SO_4 ning massa ulushi ω , uning ortiqchalik koeffitsienti (ya'ni amaldagi miqdorning stexiometrikga nisbati) α bo'lsa, u holda kislotasi sarfining massasi

$$G_{H_2SO_4} = 1,75 \omega_{CaO} \frac{\alpha}{\omega_{H_2SO_4}} \quad (12.6)$$

bo'ladi.

Agar reaksiya oxirigacha boradi deb faraz qilsak, superfosfat ishlab chiqarish sulfat kislotasining stexiometrik meyori



reaksiya tenglamasi bo'yicha hisoblaganda fosfor (V) oksidining 1 massa ulushiga to'g'ri kelgan H_2SO_4 eritmadagi sulfat kislotasi monogidratining miqdoridir. Sulfat kislotasining stexiometrik meyori

$$\frac{3,5M_r(H_2SO_4)}{1,5M_r(P_2O_5)} = \frac{343}{213} = 1,61$$

munosabat bilan aniqlanadi.

1 t xomashyoga superfosfatning chiqishi ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:

$$x_s = \frac{\omega_f}{\omega_s} 1000 \quad (12.7)$$

bu yerda: ω_f va ω_s - mos ravishda boshlang'ich fosfatdagi va hosil bo'lgan superfosfatdagi P_2O_5 ning miqdori.

Fosfatning 100 massa ulushiga pulpaning chiqishi (massa ulushlarda) x_p ushbu formula bo'yicha aniqlanadi:

$$x_p = 100G(n+1) \quad (12.8)$$

bu yerda: n - pulpadagi S/Q massalarning nisbati.

Fosfatning 100 massa ulushiga P_2O_5 ning massa ulushi 10,16 bo'lgan suyultirilgan fosfat kislotasi olinadigan suyultirilgan eritmaning massasi ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:

$$G_{erit.} = x_p - (100 - G_k - G_g) \quad (12.9)$$

bu yerda: G_k - fosfatning 100 massa ulushiga to'g'ri kelgan sulfat kislotasining massasi; G_g - fosfatning 100 massa ulushlari gaz fazaga, jumladan ekstratsiyada suv bug'iga ajraladigan moddalar massasi.

54 - masala. Agar stexiometrik miqdordan kislotasarfining me'yori 98 % ga teng bo'lsa, u holda CaO ning massa ulushi 51,5 % bo'lgan apatitli konsentratni parchalash uchun 75 % li va 93 % li sulfat kislotasining sarfini (kilogrammda) aniqlang.

Yechish: H_2SO_4 kislotaning stexiometrik me'yori fosfatdagi CaO ning umumiy miqdori bilan aniqlanadi:

$$\frac{98}{56} \cdot \omega_{CaO} = 1,75\omega_{CaO} \quad (12.10)$$

bu yerda: ω_{CaO} - fosfatning 100 massa ulushidagi CaO ning miqdori; 98 va 56 - mos ravishda H_2SO_4 va CaO ning nisbiy molekular massasi.

100 kg apatitli konsentratni parchalash uchun 78 % li sulfat kislotasining massasini (1) formula bo'yicha hisoblaymiz:

$$G_{H_2SO_4} = \frac{1,75 \cdot 51,6 \cdot 0,98}{0,75} = 117,9.$$

U holda monogidrat massasi $G_M = 117,9 \cdot 0,75 = 88,3$ ga teng bo'ladi. 93 % li sulfat kislotasining sarfi $G_{2H_2SO_4} = 88,3 : 0,93 = 94,9$ ni tashkil etadi.

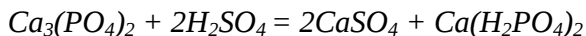
55 - masala. Agar S-Q pulpaning massa nisbati 2,5/1, Gips soni – 1,6, gazfazaga ajraladigan moddalarning massasi 5 kg, sulfat kislotasining sarfi esa 117,9 kg ga teng bo'lsa, u holda pulpaning chiqishini (kilogrammda), pulpaning suyuq fazasidagi moddalarning massasini va massasi 100 kg apatitli konsentratdan fosfat kislotasining sulfat kislotali ekstraksiyadagi suyultirilgan eritmasining massasini aniqlang.

Yechish: Pulpaning chiqishini (12.8) formula bo'yicha topamiz: $x_p = 100 \times 1,6(2,5 + 1) = 560$. Pulpaning suyuq fazasidagi moddalarning massasi $G_s = 560 - 1,6 \cdot 100 = 400$ ni tashkil etadi. Fosfat kislotasining suyultirilgan eritmasining massasini (12.9) formula bo'yicha aniqlaymiz:

$$G_{erit.} = 560 - (100 + 117,9 + 5) = 347,1.$$

56 - masala. Massasi 234 kg oddiy kalsiy superfosfat va massasi 234 kg qo'sh superfosfat olish uchun zarur, qo'shimchalarning massa ulushi 10 % bo'lgan fosforit va apatitning massasini hisoblang.

Yechish: Fosforitdan superfosfat olish uchun

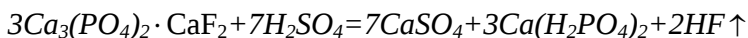


reaksiya tenglamasi bo'yicha 234 kg kalsiy digidrofosfat ishlab chiqarish uchun zarur fosforit massasini hisoblaymiz:

$$G_{F_1} = \frac{310 \cdot 234}{234} = 310,$$

10 % qo'shimchalarni hisobga olganda esa

$$G_{F_2} = \frac{310 \cdot 100}{90} = 344.$$



reaksiya tenglamasi bo'yicha 234 kg kalsiy digidrofosfat olish uchun zarur fluorapatit massasini aniqlaymiz:

$$G_{F_3} = \frac{1008 \cdot 234}{702} = 336,$$

10 % qo'shimchalarni hisobga olganda esa

$$G_{F_4} = \frac{336 \cdot 100}{90} = 373.$$



reaksiya tenglamasi bo'yicha qo'sh superfosfat olish uchun zarur fosforit massasini hisoblaymiz:

$$G_{F_5} = \frac{234 \cdot 310}{702} = 103,3,$$

10 % qo'shimchalarni hisobga olganda esa

$$G_{F_6} = \frac{103,3 \cdot 100}{90} = 114,7.$$



reaksiya tenglamasi bo'yicha 234 kg qo'sh superfosfat olish uchun zarur fluorapatit massasini topamiz:

$$G_{F_7} = \frac{1008 \cdot 234}{2340} = 100,8,$$

10 % qo'shimchalarni hisobga olganda esa

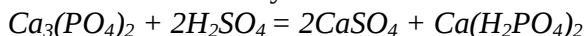
$$G_{F_8} = \frac{100,8 \cdot 100}{90} = 112.$$

57 - masala. Agar flotatsion boyitishdan keyin fosforit tarkibida $Ca_3(PO_4)_2$ tuzi 92 % ni tashkil qilsa, u holda oddiy superfosfat ishlab chiqarishda 125 t massali tabiiy fosforitni parchalash uchun zarur bo'lgan 68 % li H_2SO_4 ning massasini aniqlang.

Yechish: 125 t tabiiy fosforitdagi uchkalсий fosfatning massasi:

$$G = \frac{125 \cdot 92}{100} = 115.$$

Superfosfat hosil bo'lish reaksiyasi



tenglama bo'yicha boradi. Bu tenglamadan 1 t mol $Ca_3(PO_4)_2$ ga 2 t mol H_2SO_4 talab qilinishi kelib chiqadi. Bundan massasi 115 t bo'lgan

$Ca(H_2PO_4)_2$ tuzi uchun

$$G_{H_2SO_4} = \frac{115 \cdot 2 \cdot 98}{310} = 72,7$$

sulfat kislota zarur, bu yerda: 310 va 98 - mos ravishda $Ca_3(PO_4)_2$ va H_2SO_4 larning molekular massasi. Fosforitni parchalash uchun

$$G'_{H_2SO_4} = \frac{72,7 \cdot 100}{68} = 106,9$$

68 % li H_2SO_4 kerak bo'ladi.

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Massasi 50 t 50 % li nitrat kislota bilan ortiqcha ammiakning o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'lgan ammoniy nitratning massasini aniqlang. Javob: 15,8 t.

2. Boyitilgan silvinit tuz tog'i tarkibida 20 % K_2O bor. Silvinitdagi kaliy xloridning massa ulushini aniqlang. Javob: 31 %.

3. Agar 1 t ammiakli selitrada massasi 9,213 kg ammiak va HNO_3 ning massa ulushi 100 % bo'lgan massasi 0,8 kg nitrat kislota sarflansa, u holda 150 t donador ammiakli selitra olish uchun zarur bo'lgan 49 % li ($\rho = 1,31$) nitrat kislotasining massasi va hajmini aniqlang. Javob: 244,9 kg va $187 m^3$.

4. Agar 1 t ammoniy nitratga ishlab chiqarish sharoitlarida ammiakning yo'qotilishi 2,5 kg, HNO_3 esa 7,5 kg deb qabul qilinsa, u holda massasi 1 t ammoniy nitrat olish uchun qanday massali ammiak va 45 % li nitrat kislota zarur? Javob: 0,21 va 1,777 t.

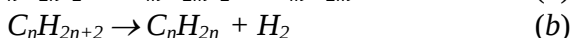
13. Neftni qayta ishlash

Neft va uni qayta ishlashda olinadigan suyuq mahsulotlarning eng muhimi – suyuq yoqilg'ilardir. Jahon yoqilg'i - energetika kompleksining rivojlanishida belgilovchi o'rin hozircha neftga tegishli. Neftdan oqilona, kompleks foydalanish, kimyo sanoati uchun gazsimon uglevodorod xomashyosi va yengil toza mahsulotlar (benzin) maksimal chiqishi bilan, uni chuqur kimyoviy qayta ishlashga asoslangan. Hozirgi vaqtda neft mahsulotlariga bo'lgan ehtiyojning oshib borishi munosabati

bilan neftni qayta ishlash sanoatining xomashyo bazasi doimo kengaymoqda, dunyo bo'yicha neftni qazib olish o'sib bormoqda va uning narxi oshmoqda.

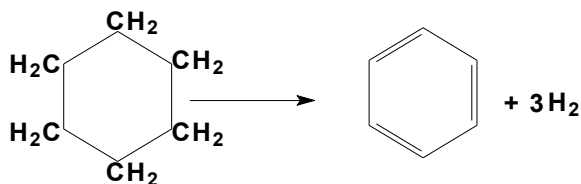
Neftni qayta ishlash usullari birlamchi va ikkilamcxilarga bo'linadi. Birlamchi – neftning ba'zi fraksiyalarining har xil harorat oraliqlarida qaynashiga asoslangan neftni ajratishning fizik usullari: bu bevosita neftni haydash. Ikkilamchi – yuqori harorat va bosim ta'siri ostida hamda katalizatorlarni qo'llash uglevodorodlarning tuzilishini chuqur o'zgarishi natijasida neft xomashyosini to'liq o'zgartirishga asoslangan kimyoviy usullar; bu neft va neft mahsulotlarining krekingi va riformingining turli ko'rinishlaridir.

Kreking jarayonlari termik va termokatalitiklarga bo'linadi. Termik jarayonlarda uglevodorodlarning parchalanishi (xos kreking) yuqori haroratlarda va bosimlar ta'siri ostida yuz beradi; parchalanish bilan bir qatorda, bunday sharoitlarda turg'unroq uglevodorodlar, shu jumladan, to'yinmagan uglevodorodlar sintezining ikkilamchi jarayonlari yuz beradi. Termik krekingdagi barcha kimyoviy o'zgarishlar ko'pxilligida uglevodorodlarning parchalanishi va sintezining qonuniyatini aniqlash mumkin. Kimyoviy o'zgarishlarning yo'nalishi, haroratga bog'liq holda, alohida uglevodorodlarning termodinamik tavsiflarining o'zgarishi bo'yicha aniqlanadi. Termik krekingning ko'pxilik reaksiyalari, yengilroq parafinlar va olefinlarning hosil bo'lishi bilan zanjir mexanizmi bo'yicha boradi. Uglevodorodning radikallarga parchalanishi C—C bog'lanish (bog'lanish energiyasi 360 kJ/mol) bo'yicha yuz beradi:

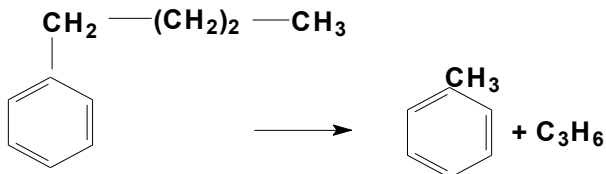


(a) va (b) reaksiyalar umumiy ko'rinishda yozilgan, chunki ular aslida zanjir mexanizmi bo'yicha boradi. Hosil bo'lgan uglevodorodlar keyingi o'zgartirishlarga qaytarilishi mumkin.

Naftenli uglevodorodlarning parchalanishi yon zanjirlarning uzilishi bilan (dealkillash) molekular mexanizm bo'yicha, qat'iyroq sharoitlarda esa halqaning uzilishi va monotsiklik naftenlar va olefinli uglevodorodlar hosil bo'lishi bilan yuz beradi. 600 °C dan yuqori haroratda monotsikllarni mos aromatik uglevodorodlarga degidrogenlash yuz beradi:



Kreking jarayonida hosil bo'lgan tarmoqlangan aromatik uglevodorodlardan olefinlar hosil bo'lishi bilan yon zanjirlar uziladi:



Krekingda hosil bo'lgan olefinlar, haroratga va bosimga bog'liq bo'lgan keyingi o'zgartirishlarga qaytariladi. Mo'tadil haroratda (500 °C gacha) va yuqori bosimda olefinning polimerlanishi hamda ularning siklik holga o'tishi sodir bo'ladi. Yuqori harorat va past bosim olefinlarni eng oddiy olefinlar, vodorod, metan hosil qilish bilan zanjir mexanizmi bo'yicha parchalanishini osonlashtiradi.

Termokatalitik jarayonlarga katalitik kreking, riforming va boshqa neftni qayta ishlash katalitik jarayonlari kiradi.

Katalitik kreking 450–500 °C haroratda va 0,05 – 0,1 MPa bosimda olib boriladi. Katalizatorlarda uglevodorod zanjirlari bo'linib ketishi bilan dealkillash, izomerlanish, sikllanish, gidrogenlanish, degidrogenlanish va izomerlanish reaksiyalari ham boradi.

Katalitik krekingning xomashyosi bo'lib, ikki bosqichli qurilmalarda neftni bevosita haydashning og'ir fraksiyalari, birinchi navbatda gazoyl xizmat qiladi. Amorf va kristall alyumosilikatlar (seolitlar) katalizatorlar hisoblanadi. Katalizatorning sferik donalari tarkibida, amorf alyumosilikat matritsaga kiritilgan, odatda, 15 % siolit bor.

Xomashyoning tabiatiga va katalizatorning turlariga qarab benzinning chiqishi 50 % gacha, $C_1 - C_4$ gazlar 16 – 22 %, koks 8 % gacha va 20 % gacha kreking - qoldiqni tashkil etadi.

58 - masala. Gazoylli fraksiyaning 450 °C haroratda termik krekingining reaksiya tezligi 1 daqiqada 0,25 % massa ulushini tashkil

etadi. Agar haroratlar oralig'i uchun harorat gradienti 14,0 ga teng bo'lsa, u holda 500 °C haroratda kreking reaksiyasi tezligini aniqlang.

Yechish: Reaksiya tezligini ushbu formula bo'yicha hisoblaymiz:

$$u_2 = u_1 \cdot 2^{\frac{t_2 - t_1}{\alpha}}$$

bu yerda: α – harorat gradienti.

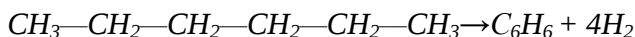
$$u_2 = 0,25 \cdot 2^{\frac{500-450}{14}} = 0,25 \cdot 2^{3,57},$$

$$\lg u_2 = \lg 0,25 + 3,57 \lg 2 \approx 1,4 + 3,57 \cdot 0,3 = 0,471;$$

1 daqiqada $U_2 = 2,96$ % benzin yoki 1 daqiqada massa ulushi 0,029 benzin hosil bo'ladi.

59 - masala. Bevosita haydash orqali 4 mln t neftdan olinadigan benzinning (neftning umumiy massasidan massa ulushi 0,20 bo'lgan) massasini (tonnada) va haydalgan benzinda n - geksanning massa ulushi 0,30 bo'lgan benzolning massasini aniqlang.

Yechish: 4mln t neftdan olish mumkin bo'lgan bevosita haydash benzinining massasini $G_{benzin} = 4000000 \cdot 0,20 = 800000$ va n - geksan massasini $G_{n-geksan} = 800000 \cdot 0,30 = 240000$ hisoblaymiz.



reaksiya tenglamasi bo'yicha piroliz (harorat 600–700 °C, katalizator platina, yuqori bosim) usulida massasi 240000 t bo'lgan n -geksan olinadigan benzolning massasini aniqlaymiz: $G_{benzin} = 240000 \cdot 78 : 86 \approx 217674,4$, bu yerda: 78 va 86 mos ravishda benzol va n - geksanning nisbiy molekular massalari.

60 - masala. Agar gaz aralashmasida C_1-C_4 tarkibda uglevodorodlarning hajm ulushi 0,20 bo'lsa, u holda rektifikatsiya minorasida suyultirilgan gazlarning massa ulushini aniqlanng. Gazni sovitgandan va benzinni kondensatlagandan keyin tarkibidagi uglevodorodlar 0,02 gacha kamayadi.

Yechish: Agar tarkibidagi uglevodorodlar 0,02 gacha kamaysa, demak 0,18 hajmiy ulush suyultirilgan. Uglevodorodlarning umumiy massasidan qanday ulush suyultirilganini aniqlaymiz: $0,18 : 0,20 = 0,90$.

Nazorat savollari va mustaqil ishlash uchun masalalar

1. O'zbekiston Respublikasidagi asosiy neft konlarini ayting.
2. Neftni qayta ishlash usullarini keltiring va ular nimaga asoslanganini ayting.

3. Katalitik riformingda ushbu a) *n*-nonan (2 izomer) va 1-metil, 3 - etilsiklogeksan; b) *n* - dekan $C_{10}H_{22}$ (3 izomer) va 1,4 - dimetil,

2,5 - dietil siklogeksan; c) *n* - oktan (2 izomer) va 2 – metal dekan (3 izomer)lardan aromatik uglevodorodlarning hosil bo'lish sxemasini keltiring va har bir isomer uchun ularning nomlarini ayting.

4. $t_1 = 450^\circ C$ haroratda benzin chiqishining massa ulushi 20 % bo'lgan gazoyl fraksiyasini termik krekingining davomiyligi 80 daq. $t_2 = 500^\circ C$ haroratda krekingining davomiyligi τ_2 ni hisoblang. Bunda parchalanish darajasi o'zgarmaydi. Harorat gradiyenti 14,0 ga teng.

Javob: 6,82 daq.

5. Agar benzinning katalitik riformingi uchun yillik unumdorlik 1 mln t, umumiy aralashma esa 80-85 % ni tashkil etsa, u holda qurilmaninig 1 kunlik unumdorligini aniqlang. Zavod bir yilda 335 kun ishlaydi.

Javob: 1 kecha - kunduzda 2388 - 2537 t.

6. Kreking qurilmasidan ajralib chiqayotgan kreking-qoldiq issiqligidan unga qayta ishlashga kirayotgan neftni isitish uchun foydalaniladi. Agar kreking-qoldiqning boshlang'ich harorati $300^\circ C$ va $200^\circ C$, neftniki esa $25^\circ C$ va $175^\circ C$ ni tashkil etsa, u holda hosil bo'layotgan kreking-qoldiq va isitilayotgan neft orasidagi haroratlarning o'rtacha ayirmasini toping.

Javob: $104^\circ C$ va $150^\circ C$.

7. Normal sharoitda massasi 1 kg benzinning to'liq yonishi uchun nazariy jihatdan zarur bo'lgan havoning massasini va hajmini hisoblang. Benzinning taxminiy tarkibi (massa ulushlarda): C 0,86; H_2 0,14.

Havodagi O_2 ning massa ulushi 0,23 ga teng.

Javob: 14,8 kg; $11,4 m^3$.

Adabiyotlar

1. Аранская О.С. Сборник задач и упражнений по химической технологии и биотехнологии. -2-е изд. –Минск, Университетское, 1989.- 311с.
2. Арипова М.М. Умумий кимёвий технология. Ўқув қўлланма. II қисм –Тошкент, ТошДТУ, 2008.- 119 б.
3. Aripova M.M., Musaev M.N. Umumiy kimyoviy texnologiya. O‘quv qo‘llanma. I qism. –Toshkent, ToshDTU, 2009.- 134 b.
4. Aripova M.M. Umumiy kimyoviy texnologiya. O‘quv uslubiy qo‘llanma. II qism. –Toshkent, ToshDTU, 2011.- 108 b.
5. Бесков В.С. Общая химическая технология. – М.: ИКЦ Академкнига, 2006.- 452 с.
6. Мухленов И.П., Горштейн А.Е., Тумарина Е.С., Кузичкин Н.В. Основы химической технологии.–М.: Высшая школа, 1991.- 464 с.
7. Туболкин А.Ф., Тумаркина Е.С. и др. Расчеты химико-технологических процессов.–Л.: Химия, 1976.-304с.
8. Кондауров Б.П., Александров В.И., Артёмов А.В. Общая химическая технология. – М.: Академия, 2005.- 336 с.
9. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химиче-ская технология. – М.: ИКЦ Академкнига, 2005. -528 с.
<http://www.domisolki.ru/>

MUNDARIJA

Kirish.....	3
1. Qurilmaninig unumdorligi, quvvati va jadalligi.....	4
2. Kimyoviy texnologiyaning ekologik muammolari.....	7
3. Kimyo texnologik jarayonlarda muvozanat.....	11
4. Texnologik jarayonning tezligi, aylanish darajasi va sarf koeffitsienti.....	19
5. Mahsulotning chiqishi va jarayonning tanlovchanligi.....	27
6. Jarayon tezligini oshirish usullari.....	32
7. Texnologik hisoblar.....	37
7.1. Kimyo-texnologik jarayonlarning moddiy balansi.....	41
7.2. Kimyo-texnologik jarayonlarda issiqlik balansi.....	50
8. Kimyo sanoatining xomashyo bazasi.....	60
9. Ammiak ishlab chiqarish texnologiyasi.....	64
10. Nitrat kislotasi olish texnologiyasi.....	67
11. Sulfat kislotasi ishlab chiqarish.....	72
12. Mineral o'g'itlar va fosfat kislotasi ishlab chiqarish.....	81
13. Neftni qayta ishlash.....	86
Adabiyotlar.....	91

Muharrir: K.Sidikova

Musahhih: Sh. Dexkanova