

**Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус
таълим вазирлиги**

Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти

**“Технологик жараёнларни автоматлаштириш
ва бошқариш” кафедраси**

«Кимёвий реакторлар» мавзусида таёрлаган

реферат

Бажарди:

Маматов Фаррух

Қабул қилди:

О.Норбоев

Қарши-2016

Кимёвий реакторлар. Уларнинг классификацияси. Кимёвий реакторлар режими

Режа:

- 1. Кимёвий реакторларнинг турлари.*
- 2. Реакторларга қўйиладиган талаблар.*
- 3. Реакторларни моделлаштириш.*
- 4. Реакторларни танлаш ва уларни селективлиги.*
- 5. Реакторларни ишлаш режими.*
- 6. Адиабатик реакторларнинг ҳарорат режими ва иссиқлик баланси.*

Технологик жараёнларни амалга оширишда ишлатиладиган энг асосий технологик жихоз ва технологик схеманинг асосий элементларидан бири кимёвий реактордир.

Кимёвий реактор-кимёвий реакция билан биргаликда модда алмашину жараёни (диффузия) борадиган аппаратдир.

Кимёвий реактор сифатида «газ-каттик модда» «суюқлик-каттик модда» системаларида ишлатиладиган печ, козон, гидратор, колонналар ишлатилади.

Кимёвий реакцияда иштирок этадиган «суюқлик-суюқлик» ёки «газ-суюқлик» моддаларни аралаштириш усулларига қўра: механик, пневматик, окимли аралаштиргичли реакторлар мавжуд.

Хемосорбция жараёнлари (газ-суюқлик) олиб бориладиган реакторлар абсорбер ёки десорберлар дейилади.

Кимёвий реакторгача бўлган барча жихоз ва ускуналар ҳам ашёнинг тайёрлаш учун хизмат қилса, реактордан кейин ишлатиладиганларни маҳсулотни ажратиш учун хизмат қилади.

Технологик жараённинг умумий иш унуми реакторнинг қанчалик тўғри танланганлигига боғлиқ.

Реакторларга куйиладиган талаблар:

1. Энг юкори унумдорлик ва ишлаш жадаллиги (интенсивлиги).

Реакторнинг каерида (кайси кисмида) реакцион аралашма сарфиди ва у улчанишига кура интенсивлик турли формулалар ёрдамида хисобланади:

- агар реакцион аралашманинг сарфланиши ($V_{ск}$) ва ундаги махсулотнинг реактордан чикадиган концентрацияси ($C_{пк}$) улчанса, у холда интенсивлик

$$J = \frac{П}{V} = \frac{V_{ск} \cdot C_{пк}}{V} = V_{к} C_{пк}$$

Бу ерда:

$V_{ск}$ – аралашма сарфи, м³/соат;

$C_{пк}$ – реактордан чикишдаги махсулот концентрацияси, кг/м³;

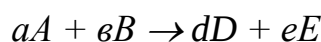
V – реакцион хажм, м³;

$V_{к}$ – охирги хажмий тезлик, соат⁻¹;

Агар $C_{пк}$ – хажмий кисмларда хисобланса:

$$J = V_{к} \cdot C_{пк} \cdot \rho_n$$

ρ_n – махсулот зичлиги, кг/м³



реакциясидаги асосий дастлабки моддаларнинг (масалан А нинг) концентрацияси оркали ифодаланса: $C_{пк} = C_u \cdot \beta$ булгани учун $J = V_{к} C_u \cdot \beta$ булади

C_u – улчамсиз катталиқ булгани учун $J = V_{к} \cdot C_n \cdot x \cdot \beta - \rho_n$

β - асосий махсулот «моль»лар сонининг асосий дастлабки модда «моль»лари сонига нисбати. Масалан: $aA + vB \rightarrow dD + eE$ реакция учун D ва А асосий моддалар булиб, $\beta = d/a$ булади.

2. Махсулот чикишининг юкорилиги ва жараённинг селективлиги. Бу талаблар теапература, босим, махсулортнинг дастлабки модда концентрацияларининг оптималь параметрлари ва катализатор билан таъминланади.

3. Реактор оркали материалларнинг утиши учун минимал энергия сарфи ва экзотермик реакцияларнинг энергиясидан унумли фойдаланиш.

4. Бошқаришнинг енгиллиги, ишлашдаги хафсизлик ва иш режим барқарорлиги. Бунинг учун реактор конструкциясининг рационал булиши осон автоматлаштириладиган булиши зарур.

5. Реактор барпо этиш жуда осон ва таъмирлаш учун кам хаража сарфланиши керак.

Одатда бу талабларга тулик мос келувчи мукамал реактор тайёрла ёки ундаги жараённи тулик амалга ошириб булмайди. Бундай холларда эн рациональ реакторлар танланади.

Реакторларни лойхалашда:

- борадиган реакцияни кинетик маълумотлари;
- реактор унумдорлиги тугрисидаги маълумот керак;

Реактор схемасини тузишда булардан ташкари:

- реактор даврий ёки узлуксиз ишлаши;
- реактор модели;
- исиклик берилиши ёки олиниши тугрисидаги маълумотлар аникланиши лозим.

Хар бир реактор турига кура реакторларни технологик хисоблаш ва параметрларни танлашда куйидагиларга эътибор бериш керак:

- жараёнларнинг характери (даврий, узлуксиз);
- таъсирловчи моддаларнинг (гомоген ва гетероген реакция) фазовий таркиби;
- жараёнларнинг энергетик эффекти (энзо-, эндотермиклиги);
- энг юкори температура киймати (паст ёки юкори температуралиги);
- босими (юкори, паст ёки вакуумли шароит);
- аралаштириш даражаси (суриш, сикиб чикариши);
- температура режими (адиабатик, изотермик, политермик).

Идеал сикиб чикариш, силжииш ва узлуксиз ишлайдиган реакторларни моделлаштириш.

Реактордаги моддаларнинг массалари аралашув даражаси реакторнинг иш режимига таъсир этади. Тулик аралашув параметрларнингдоимийлигини таъминлайди. Идеал сикиб чикариш реакторида температура реакция хажмнинг баландлиги буйича узгаради. Бунга кура реакциянинг тезли доимийлиги ва натижада жараённинг умумий тезлиги узгаради.

Идеал сикиб чикариш реактори. Нефтехимияси жараёнларид ишлатиладиган реакторларнинг бундай турига кувурли ва тарелкали турлар киреди. Умуман бундай реакторларда модда заррачалари аник йуналиш буйлаб харакатланади. Хар бир заррача олдинда ва кейинда харакатланаётган

заррача билан аралашмасдан узидан окимдаги аввалги заррачани сики
чикариб, урнини эгаллаб боради. Заррачаларнинг реакторда булиш вакти
хаммаси учун бир хил булиб:

$$\tau' = \tau = \nu / V_c$$

бу ерда:

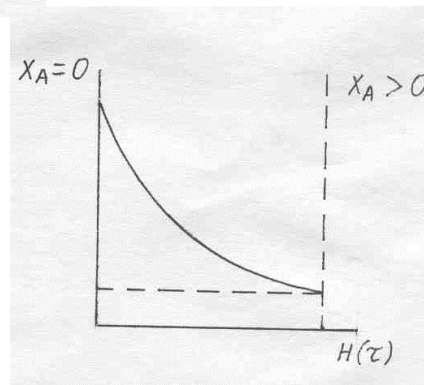
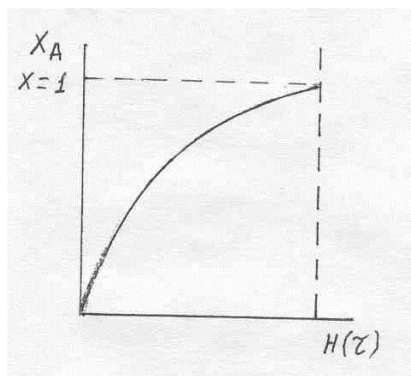
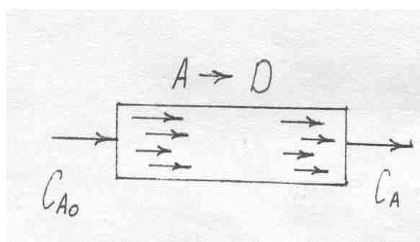
τ' - элементар оким хажмининг реакторда булиш вакти,

τ - реакторда заррачанинг мавжуд булишини уртача вакти,

ν – хажм,

V_c – вакт бирлигига тугри келувчи модда микдори; м³/с.

Урганилаётган реакторларда уларнинг узунлиги буйича реакцияг
киришувчи модда концентрацияси бир маромда узгариб бориши туфайли
реакция тезлиги хам узгариб боради. $A \rightarrow D$ туридаги оддий хажм узгармасдан
борувчи ($\Delta V=0$) реакцияда $T=const$ да реакторнинг узунлиги (баландлиги
буйича вакт утиши билан А – нинг концентрацияси (C_{A0}) дан (C_A) гач
камайиб боради.



риш (бошка моддага айланиш) даражаси булиб, унинг киймати ортиб боради

Бу реакторда реагентларнинг таркиби реактор узунлиги буйича узгари
боргани учун бу жараён материал балансинг дифференциал тенгламаси
билан ифодаланади:

$$-U_A = w \frac{\partial C_A}{\partial H}$$

U_A – А-моддасини сарфланиш тезлиги,

w – оқимнинг чизикли тезлиги,

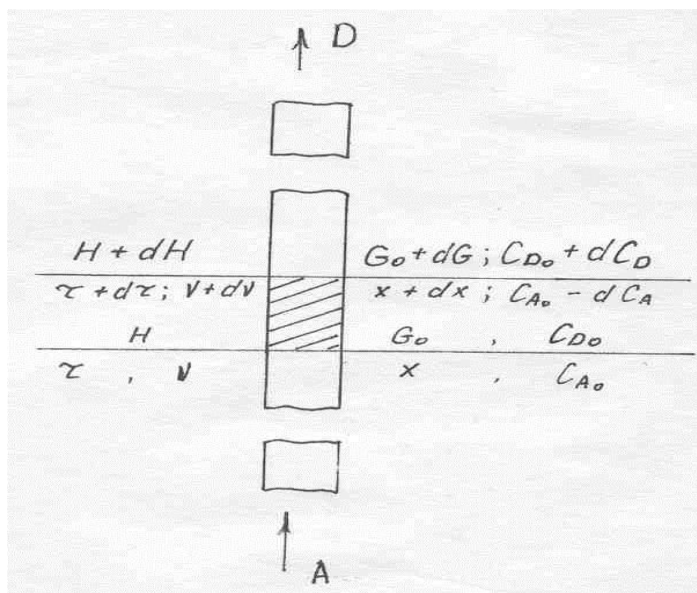
H – реакторнинг узунлиги (баландлиги).

Бу реакторнинг бирта трубаси (кувури) нинг жуда кичик хажмид борадиган реакция туфайли куйидаги узгаришлар руй беради:

τ , H , V – реагентнинг электр хажмга киришдан аввалги вақти баландлик, концентрация.

Реагент элементар хажмдан утгандан сунг бу кийматлар $\tau+d\tau$, $H+dH$ ва $V+dV$ га узгаради.

Махсулот D нинг аралашмадаги микдори G_0 , концентрацияси C_{D0} ва A модданинг концентрацияси C_{A0} булса, узгариш даражаси $x+dx_A$ булганда G_0+dG , $C_{D0}+dC_D$ ва $C_{A0}+dC_A$ булади.



Бу хажмга реагентнинг келиши:

$$G_{np} = VC_{A0}(1-x_A)$$

бу ерда:

V – модда микдори, m^3/c ;

C_{A0} – бошлангич концентрация, $кмоль/м^3$;

X_A – A -моддасининг узгариш даражаси.

Элементар хажмдаги модда микдорининг камайиши:

$$G_{y\delta} = VC_{A0}[(1-(X_A+dx_A))]$$

Дастлабки модданинг кимёвий реакцияда камайиши:

$$G_{xp} = U_A dV$$

Умуман реактор элементар хажмидаги реакциянинг материал баланси:

$$G_{np} = G_{y\delta} + G_{xp} \quad \text{ёки}$$

$$VC_{Ao}(1-x_A) = VC_{Ao}[(1-(x_A+dx_A))] + U_A dv$$

$$VC_{Ao} dx_A = U_A dv \quad \text{булади.}$$

Бутун реакторнинг моддий балансни ҳисоблаш учун бу тенгламани интегралланади:

$$\int_0^v \frac{dv}{V} = \int_0^{x_A} \frac{C_{Ao}}{U_A} \frac{dx_A}{U_A} \quad \text{бундан} \quad \tau = \frac{v}{V} = C_{Ao} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{U_A}$$

Охирги тенглама идеал сиқиб чиқариш реактори учун характеристик тенглама дейилади. Бу тенглама жараённинг кинетикаси (тезлиги) маълум бўлганда:

- реагентнинг мавжуд бўлиш (келиш) вақтини;
- реактор улчамини (реагентлар сарфи, узгариш даражасини) унумдорлиги (v/τ) ни) аниқлаш имкониятини беради.

Реакциянинг кинетик характеристикаси (тартибига) кура нолинч тартибли реакция учун ($n=0$)

$$\tau = \frac{C_{Ao} x_A}{K} = \frac{C_{Ao} - C_A}{K}$$

биринчи тартибли реакция учун ($n=1$)

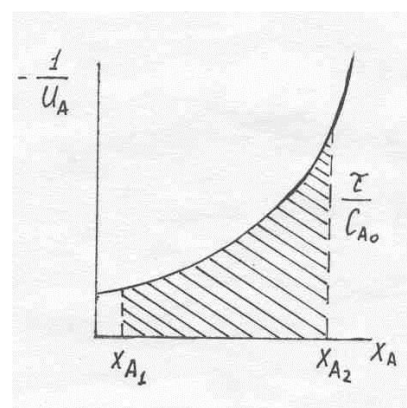
$$\tau = \frac{1}{K} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{1-x_A} = \frac{1}{K} \ln \frac{1}{1-x_A} \quad \text{булади.}$$

$n>1$ тартибли реакциялар учун τ ни аниқлашда ЭХМ ёки график усулда фойдаланилади.

Идеал сиқиб чиқариш реакторида қайтар реакциялар $nA+mB \rightleftharpoons dD$ борса, (K_1 ва K_2 – константали) мос равишда реакция тезлиги: $-\frac{1}{U_A}$.

$$U = K_1 C_A^n C_B^m - K_2 C_D^d \quad \text{булади.}$$

$$\text{У холда } \tau = C_{Ao} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{K_1 C_A^n C_B^m - K_2 C_D^d} \quad \text{булади.}$$



Реакторда А моддасининг узгариш даражаси x_{A1} дан x_{A2} га узгарса

$$\tau = C_{Ao} \int_{x_{A1}}^{x_{A2}} \frac{dx_A}{U_A} \quad \text{булади.}$$

Агар реакция хажм узгариши билан борса, у холда формулага β купайтувчи ($x=0 \div 1$) киритилади:

$$\beta = \frac{v_{xA=1} - v_{xA=0}}{v_{xA=0}}$$

Бундай реакциялар учун реагентлар концентрацияси:

$$C_A = C_{Ao} \frac{1 - x_A}{1 + \beta x_A};$$

Модданинг реакторда булиш вакти:

$$\tau = \frac{1}{KC_{Ao}^{n-1}} \int_0^{x_A} \frac{(1 + \beta_A x_A)^n dx_A}{(1 - x_A)^n}$$

Нолинчи тартибли реакция учун: $\tau = \frac{C_{Ao} x_A}{K}$

Биринчи тартибли реакция учун: $\tau = \frac{1}{K} [(1 + \beta_A x_A) \ln(1 - x_A) - \beta_A x_A]$

Реал реакторлар чала аралаштириш режимида ишлайди. Лекин купчилик реакторларда аралаштириш даражаси жуда кичик булгани учун буни хисобга олмаса ҳам булади. Бундай реакторлар каторига катализаторли контакт аппаратли трубкали реакторларни киритиш мумкин.

Сикиб чикариш м

Сикиб чикариш мзали жараёнларда кулланиладиган трубали реакторларни хисоблашда ҳам фойдаланиш мумкин. Бундай реакторларнинг узунлиги диаметрига нисбатан бир неча баробар катта булиб, улар органик моддалар ишлаб чикаришда кенг кулланилади.

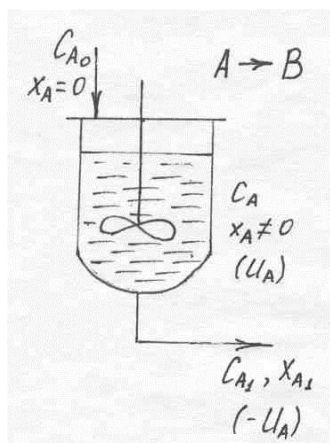
Сикиб чикариш режимида ишловчи реакторлар каторига газ фазали катализаторли, полкали (равокчали), фильтирлаш катламли контакт аппаратлари, конвертор ва шахтали печларни ҳам киритиш мумкин.

«Газ ва суюклик» фазалари узаро таъсирлашуви билан ишлайдиган насадкали минора (башня) лар ҳам (газларнинг секин харакати билан кечадиган жараёнлар 10-20 м баландликдаги окимда) идеал сикиб чикариш реакторларига якин булади.

Тулик силжиш реакторлари.

Бундай окимли силжиш реакторларида реагентларни интенсивно аралаштириш (аралаштиргич ёрдамида) амалга оширилади. Реакторга узлуксиз реагент юбориб турилади ва узлуксиз махсулот чиқариб турилади.

Бу реакторга киритилган реагент заррачалари тезлиги билан реактор



ичидаги модда заррачалари билан аралашиб, унинг ҳажми бўйича тулик таксимланади (таркалади). Шунинг учун туфайли реакторнинг барча нуктасида асосий параметрларнинг концентрация узгариш даражаси бир хил бўлади, реакция тезлиги, температура бир хил бўлади.

Реагентнинг реакторда бўлиш вақти: $\tau = V / v$

H / ω

Лекин алоҳида олинган битта заррачанинг бўлиш вақти $\tau' = 0$ дан $\tau' = \infty$ бўлади.

$$Pe' = \omega H / D_s = 0$$

Реакторнинг характеристик тенгламаси моддий баланс асосидан келтириб чиқарилади. Чунки бу турдаги реакторда идеал силжиш (аралаштириш) (диффузияни тухтатувчи омиллар булмагани) туфайли реагентлар концентрацияси бир хил.

Модданинг келиши $G_{np} = VC_{A0}$, камайиши $G_{yb} = VC_{A0}(1-x_A)$. Реакцияг кирадиган дастлабки модда микдори: $G_{xp} = I_A v$. Реакторнинг моддий баланси: $G_{np} = G_{yb} + G_{xp}$ ёки $VC_{A0} = VC_{A0}(1-x_A) + I_A v$ бундан $VC_{A0}x_A = I_A v$ кели чиқади. Якуний тенглама $\tau = \frac{v}{V} = \frac{C_{A0} \cdot x_A}{U_A}$ бўлади. Охирги тенглама тули

идеал силжиш (аралаштириш) реакторининг характеристик тенгламаси дейилади.

Ҳажм узгармас бўлган реакторда модда узгариш даражаси $x_A = \frac{C_{A0} - C_A}{C_{A0}}$ бўлади. x_A – урнига бу қийматларни қуйсак: $\tau = \frac{C_{A0} - C_A}{U_A}$

келиб чиқади.

Бу тенгламалар ҳажми v бўлган реакторнинг x_A , I_A ва V лари ёрдамида C_{A0} ни, ёки C_{A0} , x_A ва I_A дан фойдаланиб τ ни ҳисоблаш имкониятини беради.

Бундай реакторларнинг улчами (хажми), реакторлар сарфи реагентларнинг бошлангич ва охириги концентрациялари, узгариш даражаларини аниклаш учун реакцияларни кинетикаси аниқ булиши керак.

Хар кандай n – тартибли кайтмас жараенлар учун характеристик тенглама:

$$\tau = \frac{C_{Ao} \cdot x_A}{KC_A^n} = \frac{C_{Ao} x_A}{KC_{Ao}^n (1-x_A)^n} = \frac{1}{KC_{Ao}^{n-1}} \cdot \frac{x_A}{(1-x_A)^n} \text{ булади.}$$

Нолинчи ($n = 0$) тартибли реакция учун: $\tau = \frac{C_{Ao} \cdot x_A}{K}$

Биринчи ($n = 1$) тартибли реакция учун: $\tau = \frac{1}{K} \cdot \frac{x_A}{1-x_A}$ булади.

Кайтар $nA + mB \rightleftharpoons dD$ реакция учун $\tau = \frac{C_{Ao} x_A}{K_1 C_A^n C_B^m - K_2 C_D^d}$: агар узгариш

даражаси X_{A1} дан X_{A2} га узгарса, у холда $\tau = \frac{C_{Ao} (X_{A2} - X_{A1})}{I_A}$ булади.

Агар узгарувчан хажмдаги ($\Delta V \neq 0$) реакция борса

$$\tau = \frac{1}{KC_{Ao}^{n-1}} \cdot \frac{x_A (1 + \beta_A x_A)^n}{(1-x_A)^n} \text{ булади.}$$

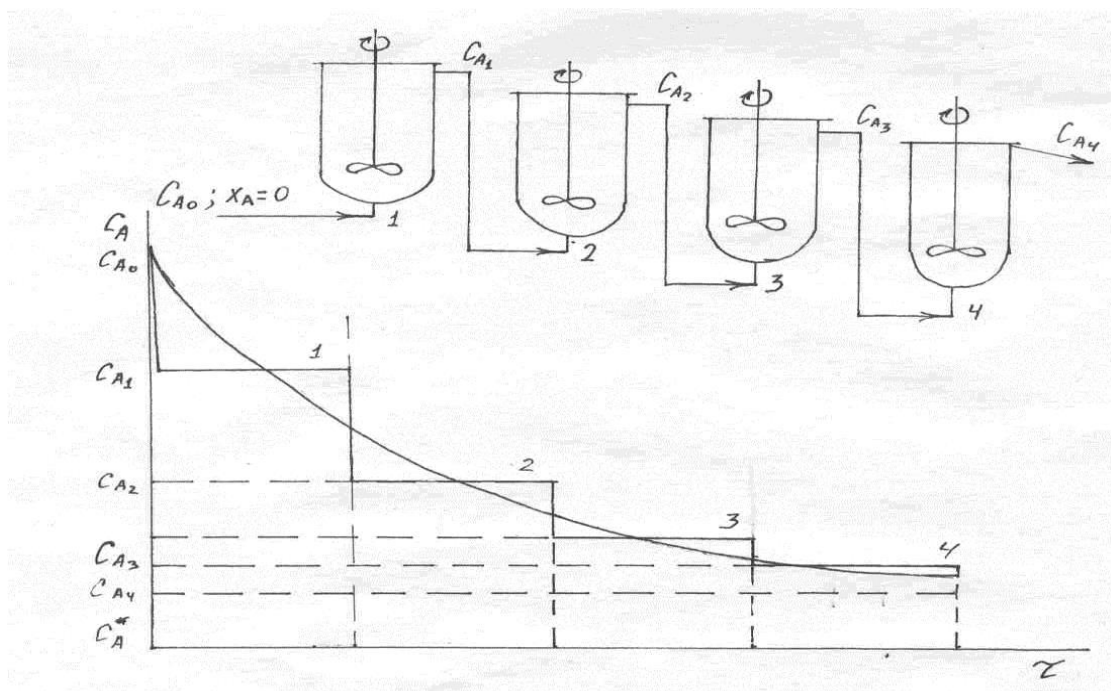
Нолинчи тартибли кайтар реакция учун: $\tau = C_{Ao} \cdot x_A / K$

Биринчи тартибли реакция учун: $\tau = \frac{1}{K} \cdot \frac{x_A (1 + \beta_A x_A)}{1-x_A}$ булади.

Тулик силжиш (аралашув) реакторлари каскади.

Алохида ишлайдиган тулик силжиш реакторларида моддалар концентрацияси кескин камайиши сабабли катта узгариш даражаси туфайл реакция тезлиги катта булмайди. Узгариш даражасини ошириш учун катта хажм зарур булади. Бунинг учун кетма-кет ишлайдиган реакторлар туплам (каскади) тузилади. Бу тупламда реакцион аралашманинг таркиби биридан иккинчисига утганда узгариб борсада, лекин жараён параметрлари хаммасида бир хил булади.

Каскад тартибдаги реактордаги сони алгебрагик ёки график усулда хисобланади.



Каскада асосий модда конценрациялариннинг узгариши.

Алгебрагик усул: хар бир боскичдаги реакторнинг материал баланси асосида хисобланади.

Диффузия жараёнига халакит бермайдиган ва кайтмас реакция I боскичи учун:

$$C_{A0}V = C_{A1} + KC_H V = C_{A1}(V + KO)$$

Бундан

$$C_{A1} = \frac{C_{A0}V}{V + K\theta} = \frac{C_{A0}V}{V(1 + K\frac{V}{\theta})} = \frac{C_{A0}}{1 + K\tau}$$

Иккинчи боскич учун: $C_{A1}V = C_{A2}V + KC_{A2}\theta$ булиб бундан $C_{A2} = C_{A1}/(1 + K\tau) = C_{A0}/(1 + K\tau)^2$

Хар бир боскич учун бу тенгламани ечиб, доимий температура ва бириктирилган хажм учун: $C_{Am} = \frac{C_{A0}}{(1 + K\tau)}$ чиқади. Бу тенглама ёрдамида нафақат

хохлаган реактордаги (чикишда) реагентлар конценрациясини, балки махсулот ишлаб чиқариш учун зарур булган реакторлар сони (m) ни ҳисоблаш

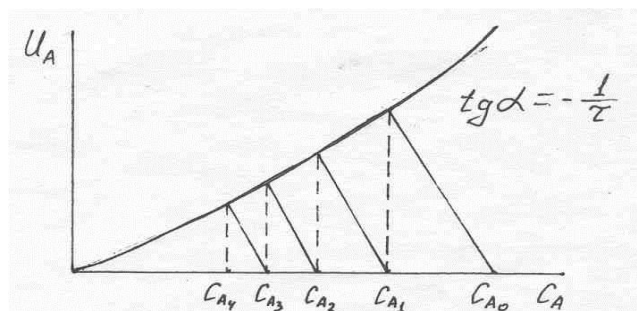
хисоблаш мумкин: $m = \frac{\lg(C_{A0} / C_{Am})}{\lg(1 + K\tau)}$

Юқори тартибли реакциялар учун реагентлар конценрациясини (C_{Am}) C_{A0} орқали аниқлаш кийин булгани учун график усулдан фойдаланилади.

График усул. Бу усул барча боскичдаги реакция тулагини ҳисоблашга асосланган: $U_{Am} = -\frac{C_{Am}}{\tau} + \frac{C_{Am} - 1}{\tau} = -\frac{1}{\tau}C_{Am} + \frac{C_{Am} - 1}{\tau}$

$I_{AM} - m$ чи реактордаги реакция тезлиги.

Бу тенглама m – реакторда чиқадиган модда концентрацияси унд боровчи реакция тезлигига (I_{AM}) тугри боғлиқлигини курсатади. Агар ҳа бир реакторнинг ҳажми бир хил булади. Бунда боғланиш эгри чизиг бурчакка эга булади.



Даврий реакторлар.

Бу реакторларга аник микдордаги реакцияга киришувчи моддалар тулдирилиб, унинг деарли хаммаси махсулотга айлангунча (белгиланган узгариш даражасига етгунча) саклаб турилади. Кейин реактор бушатилади. Бирор узгариш даражасида модда концентрациясининг вақт буйича тақсимооти идеал сиқиб чиқариш реакторидек булади. Тулик аралаштириш жараёнида йигилган модда микдори:

$$G_{\text{НАК}} = \frac{d\nu C_A}{d\tau} = \frac{d[\nu C_{A0}(1 - x_A)]}{d\tau} = -\nu C_{A0} \frac{dx_A}{d\tau}$$

Вакт бирлиги ичида реакцияга керишган А – моддаси микдори:

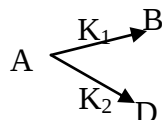
$$G_{\text{хр}} = U_A \nu. \text{ Моддий баланс тенгламаси } \nu C_{A0} \frac{dx_A}{d\tau} = U_A \nu \text{ ёки } C_{A0} \frac{dx_A}{U_A} = d\tau$$

булиб, интегралласак $\tau = C_{A0} \int_0^{x_A} dx_A / U_A$ булади.

Бу формула даврий ишлайдиган реакторнинг характеристик тенгламаси дейилади. Бу тенглама белгиланган узгариш даражасида реагентнинг реакторда булиш вақтини ҳисоблаш имкониятини беради. Бошқа параметрларни ҳисоблаш идеал сиқиб чиқариш реактори сингари булади.

Реакторларни танлаш ва уларнинг селективлиги.

Мураккаб жараёнларни амалга оширишда шундай реакция в реакторни танлаш керакки, энг юкори даражада асосий махсулот ва кушимча махсулот хам чикинди энг кам микдорда хосил булсин. Бунга амал килишини куйидаги мисолларда куриб чикайлик:



Параллел реакциянинг «селективлиги» - танланувчанлиги асосий ва кушимча реакциялар тезлик доимийлари (K_1 , K_2) нинг нисбатига хамда В ва D моддалари хосил булиш нисбий тезликларига (U_B/U_D) боглик.

$$U_B = \frac{dC_A}{d\tau} = K_1 C_A^{n_1} \qquad U_D = \frac{dC_A}{d\tau} = K_2 C_A^{n_2}$$

$$\frac{U_B}{U_D} = \frac{K_1 C_A^{n_1}}{K_2 C_A^{n_2}} = \frac{K_1}{K_2} (C_A^{n_1} - C_A^{n_2})$$

n_1 , n_2 – реакцияларнинг тартиби.

Охирги тенгламадан хулоса шуки, реакциянинг селективлигини технологик режимнинг барча параметрлари таъсир этади. K_1/K_2 –харора узгариши билан кескин узгаради, чунки $K \sim f(t)$. Шу билан бирга бу нисба киймати танланган катализатор ва унинг турига хам кучли боглиқ. Температура ва босимнинг узгариши н ларнинг кийматига таъсир этади.

Дастлабки модда микдори (C_A) хам таъсир этади. Яъни сикиб чикариш реакторларида концентрация бир маромда узгариб, K нинг киймати (C_A) нинг логарифимига боглик булса, силжиш (аралашиш) реакторларида (C_A) нинг охирги кийматига боглик булади.

1) Фараз килайлик $A \rightarrow B$ кушимча жараён, D – кушимча модда булсин. Асосий реакция тартиби $n_1 > n_2$ булиб, $n_1 - n_2 = m$ булса:

$U_B/U_D = (K_1/K_2) C_A^m$ га кура, В – махсулот олиш реакция селективлигини ошириш учун C_A – киймати катта булиши керак. Бунинг учун А моддасининг уртача киймати катта буладиган даврий ёки идеал сикиб чикариш реакторларидан фойдаланиш керак.

Агар бу жараёнларни амалга ошириш учун тулик силжиш (аралашиш) реактори танланган булса, селективликни ошириш учун реакторла

каскадини тузиш керак, каскадда боскичлар сони (реакторлар сони) канча куп булса, селективлик хам шунча юкори булади.

Газ фазали жараёнларда системанинг босимини ошириш билан C_A киймати оширилади ва селективлик шунча юкори булади.

2) Агар $n_1 < n_2$ булса, $n_1 - n_2 = -m < 0$ булади, ва $\frac{U_B}{U_D} = \frac{K_1}{K_2} \cdot \frac{1}{C_A^m}$

булгани учун $A \rightarrow B$ реакциянинг селективлиги юкори булиши учун $C_A \rightarrow 0$ булиши керак. Бунинг учун окимдаги тулик аралашув реактори кулланилади. Бу реакторларда C_A кийматини камайтириш учун «суултирувчи модда» инерт мухит ёки рециркулятлар кушиш (орошение) усулида фойдаланилади.

Газ фазали реакциялар кулланилганда система босимини камайтириш керак.

3) Агар $n_1 = n_2$ булса, $U_B/U_D = K_1/K_2$ булади. Бу жараён моддалар тақсимотига реактор модели таъсир этмайди.

I. Селективликка температура таъсири ишлатиладиган реакторга боғлиқ булиб, тулик силжиш реактори (адиабатик режим ёки политермик режим) билан ажралиб туради. Реакция тезлигига температура таъсири Аррениус тенгламасига кура:

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{K'_0 e^{-E_1/RT}}{K''_0 e^{-E_2/RT}} = \frac{K'_0}{K''_0} e^{-(E_1-E_2)/RT} = \frac{K'_0}{K''_0} e^{-\Delta E/RT} \text{ булади.}$$

K' , K'' - экспоненциал олди купайтувчиси, E_1, E_2 - асосий ва қушимч реакцияларнинг активланиш энергияси.

Тенгламадан куришиб турибдики, реакциянинг селективлиги активланиш энергияси кийматига боғлиқ.

Агар $E_1 > E_2$ ва $E_1 - E_2 = \Delta E = 10000 \text{ Ж/моль}$ булиб, $K' = K''$ булса, турли температурада $T = 300\text{K}$ да $K_1/K_2 = 1/55$; $T = 600\text{K}$ да $K_1/K_2 = 1/7,4$ ва $T = 900\text{K}$ да $K_1/K_2 = 1/2,72$ булади. Бу кийматларнинг курсатишича, пас температурада $A \rightarrow D$ реакция селективлиги юкори, температура ортиб бориши билан эса $A \rightarrow B$ реакция селективлиги ортиб боради.

II. Агар $E_1 < E_2$ ва $E_1 - E_2 = \Delta E = -25000 \text{ Ж/моль}$ булиб $T = 300\text{K}$ да $K_1/K_2 = 22/1$; $T = 600\text{K}$ да $K_1/K_2 = 15/100$; $T = 750\text{K}$ да $K_1/K_2 = 5,5/100$ булади. Куришиб турибдики температуранинг кичик кийматларида асосий реакци

селективлиги юкори. Шу сабабли бундай холларда температур ортиши мақсадга мувофиқ бўлмайди.

Юкоридаги I ва II ҳолатларга асосан хулоса, шундай:

Селективликка температура таъсири асосий ва қушимча реакцияларнинг активланиш энергияси қийматига боғлиқ. Бу катталиқ (В)нинг қийматини ўзгартириш фақат катализатор ишлатиш билан амалга оширилади.

Кетма-кет реакция: $A \xrightarrow{K_1} B \xrightarrow{K_2} D$ учун куриб чиқамиз.

$$U_A = -\frac{dC_A}{d\tau} = K_1 C_A; \quad U_B = \frac{dC_B}{d\tau} = K_1 C_A - K_2 C_B; \quad U_D = \frac{dC_D}{d\tau} = K_2 C_B$$

бўлади.

В – асосий маҳсулот бўлгани учун:

$$\frac{U_B}{U_D} = \frac{dC_B}{dC_D} = \frac{K_1 C_A - K_2 C_B}{K_2 C_B} = \frac{K_1}{K_2} \cdot \frac{C_A}{C_B} - 1$$

Бундан хулоса шундай: Реакцияда C_A ни қиймати ва K_1/K_2 нисбатини канчалик катта бўлса, $A \rightarrow B$ реакциянинг селективлиги шунча юкори бўлади. Бунинг учун идеал сиқиб чиқариш ва даврий реакторлардан фойдаланилади, чунки бу реакторларда (оқимдаги тулик аралашуш реакторидагига нисбатан) доимо А модданинг уртача концентрацияси юкори бўлади. K_1/K_2 нисбатдаги константалар учун $K_1 \gg K_2$ бўлиб қолса, реакциянинг селективлиги ўзгариш даражаси (x_A)нинг кичик қийматларида юкори бўлади, x_A қиймати ортиши билан селективлик камайиб боради. Шунинг учун бу жараёнларнинг амалга оширишда x_A нинг қийматида циклик тизимли қурилмалардан фойдаланилади, яъни асосий маҳсулот ажратиб олинадиган реакцияга киришмаган аралашма қайтадан реакторга юбориб турилади.

K_1/K_2 да $K_1 \gg K_2$ бўлса, бир вақтда селективлик ва $x_A \rightarrow \max$ гача эришилади.

Асосий маҳсулот ишлаб чиқариш унуми, ўзгариш даражаси ва селективлик ишлатиладиган реакторнинг моделига боғлиқ.

Идеал сиқиб чиқариш реакторининг элементар ҳажмида қуйи берадиган

жараён учун селективлик: $S_B = dC_B / (-dC_A)$ бўлиб, бунга қура $C_B = - \int_{C_{A0}}^{C_A} S_B dC_A$

бўлади.

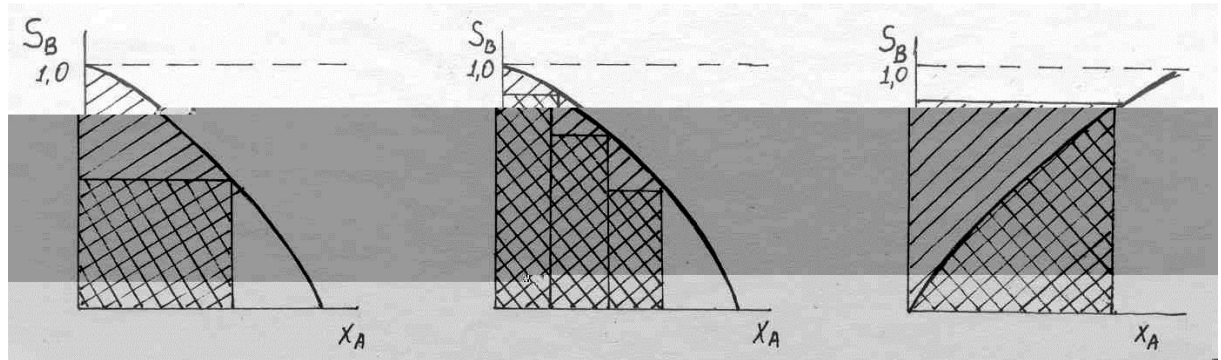
S_B - махсулотнинг чиқиш даражаси

$$X_B = \frac{C_B}{C_{A0}} = -\frac{1}{C_{A0}} \int_{C_{A0}}^{C_A} S_B dC_A = -\frac{1}{C_{A0}} \int_0^{x_A} S_B d[C_{A0}(1-x_A)] =$$

келиб чиқади.

$$= -\frac{1}{C_{A0}} \int_0^{x_A} S_B (-C_{A0} dx_A) = \int_0^{x_A} S_B dx_A$$

Айнан шундай микдорий муносабат даврий реактор учун ҳам уқувчанлигини саклаб қолади



а, в – тулик аралаштириш ва сикиб чиқариш реактори;
б – идеал сикиб чиқариш ва каскад реакторлар учун селективлик
 узгариш даражаси билан боғланган.

Оқимдаги тулик аралаштириш реакторидан концентрация реакция давомида бир хил бўлиб қолгани учун селективлик ва узгариш даражаси уртасидаги боғланиш $x_B = S_B \cdot x_A$ бўлади.

Селективликнинг узгаришлар даражаси билан боғлиқлиги юқори унумдорлик билан ишлайдиган оптимал реактор моделининг танлаш имконини беради.

- Идеал сикиб чиқариш реакторида модда чиқиши $S_B \sim x_A$ боғланиш графигида эгри чизик остидаги юзани ҳисоблаш билан аниқланади;
- Узлуксиз тулик силжиш (аралаштириш) реакторидаги махсулот чиқиши $S_B \cdot x_A$ га тугри келувчи тугри тўртбурчак юзасини ҳисоблаш билан аниқланади;
- Агар x_A ортиши билан $S_B \rightarrow \min$ бўлса (*а, в* расм) махсулот чиқиши ҳам камайди ва эгри чизик остидаги юза, тугри тўртбурчак юзасидан катти бўлади. Бунда идеал сикиб чиқариш ёки даврий ишловчи реакторлардан фойдаланилади.
- Реакторлар каскади алоҳида тулик силжиш реакторидан қўп самар беради. $x_A \rightarrow \max$ билан $S_B \rightarrow \max$ бўлса (*в* – расм) штрихланган юз

катта булиб, тулик силжиш реакторида махсулот чикиши, идеал сики чикариш ёки даврий реакторидан катта булади. Бу холда реакторлар каскадидаги махсулот чикиш алохида тулик силжиш реакторида кичик булгани учун ундан ҳам фойдаланиш мақсадга мувофиқ эмас.

Реактор хажми (улчами) реакторларнинг селективлиги ва модули аниқлаб олингандан кейин ҳисобланади. Бунда кинетик маълумотларда фойдаланиб x_A нинг бирор қиймати учун аввал реагентнинг реакторда булиш вақти ҳисобланади:

Параллел реакция учун:

$$U_A = -\frac{dC_A}{d\tau} = \frac{dC_B}{d\tau} + \frac{dC_D}{d\tau} = K_1 C_A^{n_1} + K_2 C_A^{n_2} = K_1 C_{A0}^{n_1} (1 - x_A)^{n_1} + K_2 C_{A0}^{n_2} (1 - x_A)^{n_2} = K_1 C_{A0}^{n_1} (1 - x_A)^{n_1} \left[1 + \frac{K_2}{K_1} C_{A0}^{n_2 - n_1} (1 - x_A)^{n_2 - n_1} \right]$$

Агар $n_1 = n_2 = n$ булса: $U_A = (K_1 + K_2) C_{A0}^n (1 - x_A)^n$ булади.

$$\text{Бундан } \tau = C_{A0} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{(K_1 + K_2) C_{A0}^n (1 - x_A)^n} = \frac{1}{C_{A0}^{n-1}} \cdot \frac{1}{K_1 + K_2} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{(1 - x_A)^n}$$

$$n=0 \text{ учун } \tau = \frac{C_{A0} x_A}{K_1 + K_2} \text{ ва } n=1 \text{ учун } \tau = -\frac{1}{K_1 + K_2} \ln \frac{1}{1 - x_A} \text{ булади.}$$

Реакторларнинг температура режими

Маълумки, кимёвий жараёнлар тезлиги ва фазавий узгаришлар систем ҳарорати узгаришига жуда сезгир булиб, бу жараёнлар борадиган реакторлар моделини танлашда ва уларнинг моддий балансини ҳисоблашда ҳарорат қийматини ҳисобга олиш керак.

Ҳар қандай системада аниқ ҳарорат қийматини доимий сақлаб туриш учун унга иссиқлик бериш ва иссиқликни олиб туриш, ёки реакция аралашмани доимий ҳароратда бир текис аралаштириб туриш керак.

Ҳарорат режимига қура: адиабатик, изотермик ва политермик реакторлар булади.

Адиабатик реакторлар – ташқи муҳит билан иссиқлик алмашинувчи бўлиб, идеал чиқиб чиқариш реакторлари булиб, кимёвий реакция мобайнида ажралиб чиқувчи (сотиловчи) иссиқлик реактор ичидан жамланади.

Изотермик реакторлар – бутун хажми буйича харорат узгариши ру бермайдиган реакторлар. Доимий харорат: реагентларни тезлик билан аралаштириб туриш, ташкаридан иссиклик бериш (ёки чикариб туриш) билан саклаб турилади.

Изотермик режим сикиб чикариш реакторларида кичик иссиклик эффектли реакция олиб бориш ёки паст концентрацияли реагентлар ишлатиш билан саклаб турилиши хам мумкин.

Политермик реакторлар - узунлиги (баландлиги) буйича харорат узгаришини таъминлаб турувчи (иссиклик бериш ёки олиш билан) сикиб чикариш ёки силжиш реакторларидир. Хар бир хажм бирлиги ёки нуктадаги харорат киймат аввалдан ишлаб чикилган дастур буйича амалга оширилган учун дастурий-бошкариладиган реактор хам дейилади. Бундай реакторлар каторига даврий силжиш реакторлари киради.

Иссиклик алмашув ускунали силжиш реактори хам изотермик реакторга киради.

Барча реакторлар харорат режимларини хисоблаш учун иссиклик балансини хисоблашдан фойдаланилади.

Адиабатик реакторларнинг харорат режими ва иссиклик баланси

Бу реакторнинг харорат узгариши Δt модданинг узгариш даражаси X асосий хомашё (реагент) нинг концентрацияси C_{AO} , реакциянинг $(A \rightarrow B)$ иссиклик эффекти $q_{(p)}$ га тугри пропорционал булиб, реакцион аралашманинг иссиклик сизими - C га тескари пропорционалдир.

Реакция иссиклик эффектига кура экзотермик реакцияларда $\Delta t > 0$ эндотермик реакцияларда $\Delta t < 0$ булади.

Адиабатик реакторнинг характеристик тенгламаси бериладиган иссиклик микдори ($\Sigma Q_{\text{бер}}$) олинadиган ёки сарфланадиган иссиклик микдори ($\Sigma Q_{\text{сарф}}$) ги тенг коидаси асосида келтириб чикарилади:

$$\Sigma Q_{\text{бер}} = \Sigma Q_{\text{сарф}}$$

Берилган иссиклик микдори реакцион аралашманинг бошлангич иссиклиги – $Q_{\text{бош}}$ ва реакциянинг иссиклик эффекти ва реакторнинг реакцион хажмида борувчи физик жараёнлар иссиклик микдори – Q_p дан иборат:

$$\Sigma Q_{\text{бер}} = Q_{\text{бош}} \pm Q_p.$$

Сарфланадиган иссиқлик асосан G-огирликдаги C – уртача иссиқлик сизимли ва t_{ox}^0 хароратли реакцион аралашма билан чиқиб кетадиган иссиқлик микдоридан иборат булгани учун: $\Sigma Q_{сарф} = G \cdot c \cdot t_{ox}$ булади.

Моддалар массасининг сакланиш қонунига асосан реактор келадиغان ва ундан чиқадиган моддалар массаси узаро тенг булгани учун бу микдор модда олиб келадиغان бошланғич иссиқлик микдори: $Q_{бош} = G c t_{бош}$.

Хар қандай реакцияда сарфланган ёки ажралиб чиққан иссиқлик микдори Q_p реактордан модданинг чиқаётган огирлик концентрацияси C_B ва асосий дастлабки модда микдори C_{Ao} ва унинг узгариш даражаси X га кура:

$$Q_p = G q_{(p)} C_B = G q_{(p)} C_{Ao} X \quad \text{булади.}$$

$q_{(p)}$ - 1 моль моддага тугри келувчи реакция иссиқлиги.

$A \rightarrow B$ жараён учун реакциянинг тулик иссиқлик баланси:

$$G c t_{бош} \pm G q_{(p)} C_{Ao} X = G c t_{охир} \quad \text{булади.}$$

Буни t буйича шакл узгартирсак, адиабатик реакторнинг характериcти тенгламаси келиб чиқади:

$$t_{ox} = t_{бош} \pm \frac{q_{(p)} C_{Ao} X}{c} \quad \text{ёки} \quad \pm q_{(p)} C_{Ao} X = c(t_{ox} - t_{бош})$$

$mA + nB \rightarrow dD + rR$ реакция учун β тузатиш коэффициенти киритилади. $\beta = G(D) / G(A)$ (A-асосий дастлабки модда, D-асосий махсулот) узгариш даражаси дейилади.

$$t_{ox} = t_{бош} \pm \beta \frac{q_{(p)} C_{Ao} X}{c} \quad \text{ёки} \quad t_{ox} = t_{бош} \pm \frac{Q_p}{Gc} = t_{бош} \pm \frac{q_{(p)} \cdot G(D)}{c}$$

Q_p - реакцияда амалда ажралиб чиққан иссиқлик микдори. Баъзан тулик реакция борганда ажралиб чиқадиган тулик иссиқлик микдори $Q'_p = \frac{Q_{(p)}}{X}$ эътиборга олинади.

$$t_{ox} = t_{бош} \pm \frac{Q'_{(p)}}{Gc} \cdot X \quad \text{булади.}$$

Идеал сиқиб чиқариш реакторининг оқим уқининг хоҳлаган қисмидаги узгариш даражасига тугри келадиغان

$$\Delta t = t_{ox} - t_{бош} = \pm \lambda x \quad \text{булиб,} \quad \lambda = \frac{q_{(p)} C_{Ao}}{c} \beta = \frac{q_{(p)} C(D)}{c} = \frac{Q_p}{GcX} = \frac{Q'_p}{Gc}$$

λ -адиабатик харорат узгариш коэффициенти. Баъзан адиабатик харорат $t(a)$ ҳам дейилади.

Реакторлар каскадидаги битта реактор (батарея) ёки куп равокчалар (полкалар) реакторнинг, ёки циклик технологик схема бўйича ишлайдиган реакторнинг ҳарорат узгариши:

$$\Delta t = t_{ox} - t_{\delta ox} = \pm \lambda (x_{oxup} - x_{\delta ox}) \quad \text{булади.}$$

Адиабатик сиқиб чиқариш реакторининг иссиқлик баланси унинг ҳар бир қисми (ΔH) даги қиймати асосида ҳисобланади.

Реактор ичининг ҳар бир нуқтасига тугри келувчи ($G=1$) иссиқлик микдори $Q_{кел} = q_{(p)} C_{Ao} dX_A$ булади. Реакция маҳсулоти билан айна нуқтада кетувчи иссиқлик микдори $Q_{кет} = Q_{сарф} = c dt$ булади.

Умуман, иссиқлик баланс тенгламаси:

$$\pm q_{(p)} C_A dX_A = c dt$$

Адиабатик сиқиб чиқариш реакторлари сифатида филтрловчи катализатор катламли контакт аппаратлари, ички қисми футеровка қилинган тугри оқимли адсорберлар (газ оқими йуналишига параллел йуналган суюқлик пурқалиши) хемосорбция, физикавий жараёнлар иссиқликлар йиғинди – $Q_{(p)}$ бўлган реакторлар қиради.

Оқимдаги тулик силжиш реакторлари учун иссиқлик баланси:

$$Q_{кел} = ct_{\delta ox} + q_{(p)} C_{Ao} X_A$$

Вакт бирлигида сарфланувчи иссиқлик микдори:

$$Q_{сарф} = ct_{ox}$$

Иссиқлик келиши ва кетиши (тезлиги):

$$ct_{\delta ox} + q_{(p)} C_{Ao} X_A = ct_{ox} \quad \text{ёки} \quad q_{(p)} C_{Ao} X_A = ct_{ox} - ct_{\delta ox}$$

$t_{\delta ox}$, t_{ox} – реакторга қиришдаги ва чиқишдаги ҳарорат.

Экзо- ва эндотермик реакциялар боришини эътиборга олсак; тулик силжиш реактори иссиқлик баланси:

$$\pm q_{(p)} C_A dX_A = c(t_{ox} - t_{\delta ox}) \quad \text{булади.}$$

Изотермик реакторда $q_{(p)}$ кичик булади, характерици тенгламаси $t_{cp} = t_{ox} = \text{const}$. Бундай реакторларда Ж-Ж, Г-Ж, Ж фазаларда реакциялар боради. Купикли, барбатежли, қайнар қаватдаги жараёнлар боради. Ёнмайдиған газларни адсорбцияси ва абсорбцияси (жуда қам зарарлан қушимчалари) стационар катализаторли реакторлар, углеводородларни изомерланиш жараёнлари борадиған (қам $q_{(p)}$) жараёни амалга оширилади.

Политермик реакторлар. Бу реакторларда ҳарорат узгариш реакциянинг иссиқлик эффекти қиймати ва ишорасига, асосий дастлабқ

модданинг бошлангич концентрацияси, модданинг узгариш даражаси реакция зонасига берилаётган ва чикиб кетаётган иссиқлик микдорига боғлиқ булади.

Харорат узгаришини ҳисоблаш реагент билан келувчи ва махсулот билан чикиб кетувчи иссиқлик, реакция иссиқлик эффекти, атроф-муҳит билан иссиқлик алмашинуви кийматлари асосида ҳисобланади:

Политермик силжиш реакторлари учун иссиқлик баланси

$$\Sigma Q_{\text{кел}} = Gct_{\text{бош}} \pm Gq_{(p)} C_A dX_A \quad \text{ва} \quad \Sigma Q_{\text{сарф}} = Gct_{\text{ох}} \pm K_T \Delta t_{\text{yp}} F \quad \text{булади.}$$

K_T – иссиқлик узатиш коэффициенти,

F - иссиқлик узатиш юзаси.

Δt - уртача иссиқлик узатиш юритувчи кучи.

Реакторда харорат узгариши:

$$t_{\text{ох}} - t_{\text{бош}} = \pm \frac{q_{(p)} C_{A0} X_A}{c} \pm \frac{K_T F \Delta t}{c}$$

Узгариш даражси:

$$X_A = \pm \frac{ct_{\text{ох}} - t_{\text{бош}}}{q_{(p)} C_{A0}} \pm \frac{K_T F \Delta t}{Gq_{(p)} C_{A0}}$$

Иссиқлик узатиш юзаси:

$$F = \frac{\pm Gq_{(p)} C_{A0} X_A \pm Gc(t_{\text{ох}} - t_{\text{бош}})}{K_T \Delta t}$$

Политермик идеал сиқиб чиқариш реактори иссиқлик баланси, реактор буйи буйича ҳар бир нуктада реагентнинг харорати бир хил ҳисобланиб, унинг ҳар бир кундаланг кесим юзаси ва ΔH учун:

$$Gq_{(p)} C_{A0} dX_A = Gcdt \pm K_T F (t_{\text{ох}} - t_{\text{бош}}) dH$$

Политермик режим реакциянинг асосий иссиқлик эффекти $\pm q_{(p)}$ қисман қушимча реакциялар ҳисобидан копланадиган реакторларда кузатилади. Улар каторига: шахта печи, домна печи, оҳак куйдириш печи киради.

Мураккаб политермик режим насадкали адсорбцион ва десорбцион минораларда «газ-суюқлик» таъсирида иссиқлик алмашинуви борадиган абсорбция жараёнларида паст қисмида суюқлик киздирилиб, юкори қисмиде конденсацияланадиган реакторларда кузатилади.

Адабиётлар:

1. *И.П.Мухленова. «Общая химическая технология», Часть 1, Москва, «Высшая школа», 1977 г.*
2. *С.И.Вольфкович, А.П.Егоров, З.А.Роговин, Ю.П.Руденко, И.В.Шманенков, Д.А.Эпштейн. «Общая химическая технология», Том I, М.-Л. «Госхимиздат», 1953 г.*