

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
НАМАНГАН МУХАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ
ИНСТИТУТИ

АСОСИЙ ТЕХНОЛОГИК
ЖАРАЁНЛАР ВА АППАРАТЛАР
фанидан маъруза материаллари

Абсорбция жараёни



Тошкент – 2015

«Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар». Абсорбция жараёни. Маъруза материаллари.

Маъруза материаллари 5321000 “Озиқ-овқат технологияси”(ёғ-мой мхсулотлари) 5320400 Кимёвий технология (юқори молекулали бирикмалар) 5311000 Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва бошқариш йўналиши бўйича тахсил олаётган талабалар учун йўналишнинг давлат таълим стандарти талабларига мувофиқ ёзилди.

Маъруза материалларида абсорбция жараёнининг асосий қонуниятлари, жараёни амалга ошириш учун қўлланиладиган технологик аппаратларнинг принципиал схемалари, жараён ва қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш масалалари ёритилган.

Муаллиф:

Наманган муҳандислик-технология институтининг «Кимёвий-технология» кафедраси т.ф.н Д.Шерқўзиев, катта ўқитувчи Н.М.Қурбонов, ассистент Э.Алиев, Д.Розиқова

Маслаҳатчи:

Ўзбекистон фанлар академияси “Умумий ва ноорганик кимё институти” катта илмий ходими доц. А.Худайбердиев

Абсорбция жараёни

1. Умумий маълумотлар

Турли хилдаги газ ва буғ-газ аралашмалари таркибидан бир ёки бир нечта компонентни суюқликларда танлаб ютилиш жараёни **абсорбция** дейилади. Мавжуд терминологияда ютилатган газ абсорбтив, газни ютувчи суюқлик эса абсорбент деб аталади. Уларнинг ўзаро таъсирига кўра абсорбция жараёни икки хил бўлади:

- **физик абсорбция** - ютилатган газ ва суюқлик бир-бири билан кимёвий бирикмайди; физик абсорбция қайтар жараён бўлиб, кўп ҳолатларда ютилган газни қайта ажратиш олиш (десорбциялаш) мумкин бўлади;

- **кимёвий абсорбция** ёки **хемосорбция** - жараён мобайнида ютилатган газ ва абсорбент кимёвий бирикма ҳосил қилади.

Саноат корхоналарида абсорбция жараёнидан қуйидаги технологик мақсадларда фойдаланилади:

- газ аралашмалари таркибидан нисбатан қимматбаҳо газларни ажратиш олиш;

- газ таркибини ёки газсимон саноат ташламаларини заҳарли таркибий компонентлардан тозалаш;

- тайёр маҳсулотлар, масалан, HCl , H_2SO_4 , аммиакли сув ва бошқа турдаги кимёвий маҳсулотлар ишлаб чиқариш;

- минерал сувлар ва суюқликларни CO_2 гази билан тўйинтириш.

Ҳар бир шароит учун алоҳида абсорбент тури танланади, бунда компонентнинг абсорбентдаги эрувчанлиги ҳисобга олинади.

Абсорбция-десорбция жараёнларида ютилган газни тоза ҳолатда ажратиш олиш ва абсорбентларни кўп маротаба қайта ишлатиш мумкин. Абсорбция жараёнларида ҳар доим иссиқлик ажралиб чиқади.

2. Абсорбция жараёнининг мувозанати

Абсорбция жараёнида суюқлик таркибида ютилган газ миқдори суюқлик ва газнинг физик-кимёвий хусусиятларига, ишчи босимга, жараён ҳароратига ва газ аралашмасининг таркибига боғлиқ бўлади.

Фазалар қоидасига мувофиқ, абсорбция жараёнида «газ-суюқлик» системасининг эркинлик даражаси учга тенг бўлади:

$$C = K + 2 - \Phi = 3 + 2 - 2 = 3,$$

бу ерда K - компонентлар (ютувчи суюқлик, тақсимланувчи A компонент - газ ва ташувчи инерт компонент B) сони; Φ - ўзаро таъсир этувчи фазалар (суюқлик ва газ) сони.

Демак, абсорбция жараёнининг фазавий мувозанати ўзгарувчан учта асосий параметрлар – газ ва суюқлик фазаларининг ҳарорати, босими ва концентрацияси қийматларининг мутаносиблиги билан ифодаланади. Шу сабабдан, ўзгармас ҳарорат ва умумий босим остида мувозанат ҳолатдаги газнинг парциал босими P_A^* (ёки унинг концентрацияси x_A^*) билан суюқлик фазаси таркибининг ўзаро боғланиши бир хил бўлади. Бу боғланиш Генри қонуни билан ифодаланади: “суюқликда эриган (A) газнинг парциал босими P_A унинг эритмадаги моль улушига (x_A) пропорционалдир”

$$P_A^* = E x_A, \quad (1)$$

ёки “муайян ҳароратларда газнинг суюқликдаги эрувчанлиги (A компонентни ютилиши) унинг суюқлик юзасидаги парциал босимига P_A тўғри пропорционалдир”

$$x_A^* = (1/E) P_A^*, \quad (2)$$

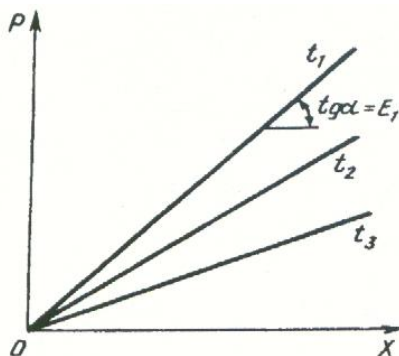
бу ерда P_A^* - суюқлик билан мувозанатда бўлган x_A концентрацияли ютилаётган газнинг (компонентнинг) парциал босими; x_A^* - газ фазаси билан мувозанатда бўлган компонентни эритмадаги концентрацияси, моль улушларда; P_A - ютилаётган компонентнинг парциал босими; x_A - компонентни эритмадаги моль улуши; E- пропорционаллик (ёки Генри) коэффиценти.

Генри коэффицентининг қиймати газ ва уни ютувчи суюқлик табиатига ва ҳароратига (T) боғлиқ бўлиб, системадаги умумий босимга боғлиқ эмас. Ушбу коэффицентнинг ҳароратга боғлиқлиги қуйидаги тенглама бўйича ифодаланади

$$\ln E = - q/(RT) + C, \quad (3)$$

бу ерда q- эриётган газнинг дифференциал иссиқлиги; R = 8.325 кЖ/(кмоль·К) – универсал газ доимийси; T- эриш ҳарорати, К; C- газ ва уни ютувчи суюқлик табиатига боғлиқ ўзгармас катталиқ, унинг қиймати тажрибалар асосида аниқланади.

Идеал суюқликлар учун турлича ҳароратларда концентрация ва босимнинг ўзаро боғлиқлиги P-x диаграммада тўғри чизик кўринишида тасвирланади (1-расм). Ушбу чизикларнинг оғиш бурчаги қиймати Генри коэффицентига тенг бўлади.



1-расм. Газнинг суюқликда эрувчанлигига ҳароратнинг таъсири ($t_1 > t_2 > t_3$).

Умумий босим $P_{ум}$ остидаги газ аралашмасидан ажратиб олинаятган (A) компонентнинг парциал босими P_A ва унинг моль улуши u_A Дальтон қонуни асосида топилади:

$$P_A = P_{ym} \cdot y_A \quad (4)$$

ёки P_A ифодасини (1) тенгламага қўйсак, у ҳолда

$$y_a^* = (E/P_{ym})x_a. \quad (5)$$

Генри қонунига биноан:

$$y^* = m \cdot x, \quad (5)$$

бу ерда $m=E/P_{ym}$ - тақсимланиш коэффициентлари ёки фазавий мувозанат доимийси.

(6) тенгламадан кўринадикки, тарқалаётган компонентни газ аралашмасидаги ва унинг билан мувозанатда бўлган суюқлик фазасидаги концентрациялари ўртасидаги боғлиқлик координата бошидан ўтувчи тўғри чизик билан ифодаланади (1-расм). Ушбу чизикнинг қиялиги бурчаги тангенс m га тенг бўлади.

Қиялиги бурчаги тангенсининг қиймати (m) системадаги ҳарорат ва босимга боғлиқ бўлади. Босимнинг ортиши ва ҳароратни пасайиши билан m қиймати камаяди, газни суюқликда эрувчанлиги эса ортади.

Шундай қилиб:

- босимнинг кўтарилиши ва ҳароратни пасайиши билан газларнинг суюқликдаги эрувчанлиги ортади;

- яхши эрийдиган газларнинг эритмадаги концентрациясини ортиши билан уларнинг суюқликдаги эрувчанлиги камаяди.

Генри қонуни критик ҳарорати суюқлик ҳароратидан юқори бўлган газ аралашмалари ва идеал эритмалар учун қўлланилади. Ўта суюлтирилган реал эритмалар ўз хусусиятларига кўра идеал эритмаларга ўхшаш бўлганликлари учун Генри қонунига бўйсунди.

Генри қонунига бўйсунмайдиган системаларда тақсимланиш коэффициентлари ўзгарувчан бўлиб, мувозанат чизиги тажрибалар асосида олинган қийматлар бўйича қурилади, унинг кўриниши эгри чизик шаклида бўлади.

3. Абсорбция жараёнининг моддий баланси

Абсорбция жараёнининг моддий балансини тузиш учун фазалар сарфини аппаратнинг баландлиги бўйича ўзгармас деб қабул қилинади. Ютилаётган газ миқдори нисбий моль концентрацияларда ифодаланади. Бу пайтда физик катталиклар қуйидагича белгиланади: G - инерт газ сарфи, кмоль/сек; Y_6 ва Y_0 - газ аралашмаси таркибидаги ютилувчи компонентнинг дастлабки ва охириги концентрациялари, кмоль/(кмоль инерт газ); L - абсорбент сарфи, кмоль/сек; X_6 ва X_0 - абсорбент таркибидаги ютилган компонентнинг бошланғич ва охириги концентрациялари, кмоль/кмоль.

Жараённинг моддий баланси қуйидагича ифодаланади

$$G(Y_6 - Y_0) = L(X_0 - X_6). \quad (7)$$

Ушбу (7) тенгламадан абсорбент сарфи аниқланади:

$$L = G(Y_6 - Y_0)/(X_0 - X_6). \quad (8)$$

Абсорбентни инерт газга нисбатан солиштира сарфи

$$l = L/G = (Y_6 - Y_0)/(X_0 - X_6). \quad (9)$$

(9) тенгламага асосан жараённинг моддий балансини қуйидагича ифодалаш мумкин

$$(Y_6 - Y_0) = L(X_0 - X_6). \quad (10)$$

Агар газ фазасидаги тегишли компонент суюқликда тўла ютилса $Y_0=0$ ва ютилган компонент миқдори $G \cdot Y_6$ бўлади. Ютилган модданинг ҳақиқий миқдорини тўла ютилиш пайтидаги модда миқдорига нисбати ажратиб олиш даражаси ϕ дейилади:

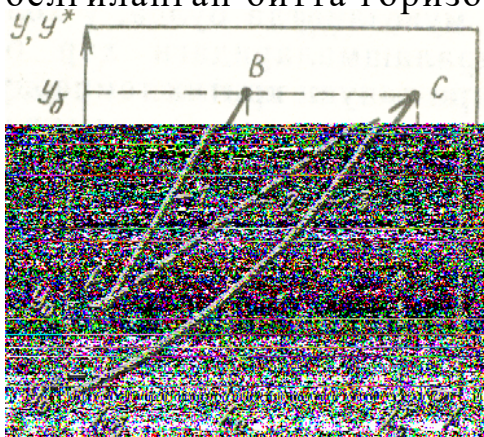
$$\phi = G(Y_6 - Y_0)/(G Y_6) = (Y_6 - Y_0)/Y_6. \quad (11)$$

(10) тенглама абсорбция қурилмасида концентрация тўғри чизик бўйича ўзгаришини кўрсатади. Демак Y - X координатасида абсорбция жараёнининг ишчи чизиги қиялиги $l=L/G$ бўлган тўғри чизик экан.

Абсорбентнинг солиштира сарфи ва аппаратнинг ўлчамлари ўртасида муайян боғлиқлик мавжуд. Бу ҳолатни жараённинг ишчи чизигини қуриш мисолида кўриб чиқамиз.

Адсорбция жараёнини ишчи чизигини (2- расм) қуриш учун абсорберга киришдаги (Y_6, X_6) ва ундан чиқишдаги (Y_0, X_0) концентрацияларни билишимиз керак. Одатда газ ва суюқликнинг дастлабки таркиблари (Y_6, X_6) ва ажратиб олиш даражаси ϕ берилган бўлади. Сўнгра Y_0 қиймати аниқланади.

Y_0 ва X_6 қийматлари бўйича (А) нуқтанинг ўрни белгиланади. (А) нуқта орқали, (10) тенгламага асосан, ишчи чизиклар АВ ва АС ўтказилади. Барча ишчи чизиклар абсорбентнинг берилган концентрацияларига ($X_6 < X_0 < X_0^*$) ёки белгиланган солиштира сарфларига l_i мос келади. Бу пайтда (В) ва (С) нуқталар ютилувчи газнинг аралашмадаги бошланғич концентрацияси Y_6 қиймати билан белгиланган битта горизонтал чизикда ётади.



2-расм. Абсорбентнинг солиштира сарфини аниқлашга оид схема: 1- абсорбент сарфи L бўлган ҳолатдаги жараённинг ишчи чизиги; 2- абсорбент сарфи минимал бўлган ҳолатдаги ($L_{\min}$) ишчи чизик; 3- жараённинг мувозанат чизиги $y^* = f(x)$.

АС ишчи чизигининг ҳолати, яъни (С) нуқта мувозанат чизигида жойлашган пайтда, абсорбент сарфи минимал қийматга эга бўлади:

$$L_{\min}/G = (Y_6 - Y_0)/(X_0 - X_6). \quad (12)$$

Ушбу графикдан шундай хулосага келиш мумкин: жараённинг ишчи чизиги вертикал бўлса аппаратнинг ўлчамлари энг кичик

қийматга эга бўлади, аммо бу пайтда абсорбентнинг солиштира сарфи максимал бўлади.

Саноат корхоналарида ишлатиладиган абсорберларда фазалар аро мувозанат рўй бермайди ($X_0 < X^*_0$). Шу сабабдан, суюқлик фазасининг сарфи L унинг минимал қийматидан $L_{\min}$ катта бўлиши лозим ($L > L_{\min}$). Суюқлик сарфининг ортиши билан аппаратнинг баландлиги қисқаради, аммо десорбция жараёнини амалга ошириш ва суюқликни узатиш учун зарур бўлган сарф-ҳаражатлар миқдори ортади.

Абсорбент сарфига ҳарорат ва босимнинг кўрсатадиган таъсирини эътиборга олиб, унинг минимал сарфи қуйидагича ҳисобланади

$$L_{\min} = G(Y_6 - Y_0) / [(P_{\text{ум}} Y_6) / E - X_6]. \quad (13)$$

бу ерда $P_{\text{ум}}$ - газ аралашмасининг умумий босими.

Газ аралашмасининг умумий босимини ортиши билан абсорбент сарфи камаяди. Жараён ҳароратининг кўтарилиши билан газни ютувчи суюқлик сарфи ортади.

Амалиётда абсорбентнинг минимал сарфи $L = (1.3 \div 1.5) L_{\min}$ чегараларда қабул қилинади.

4. Абсорбция жараёнининг асосий тенгламаси

Абсорбция жараёнининг асосий тенгламаси қуйидаги модда алмашилиш тенгламалари орқали ифодаланади:

- агар жараённи ҳаракатлантирувчи куч газ фазасининг концентрацияси орқали ифодаланса ($\Delta u_{\text{ўр}}$)

$$M = K_y F \Delta u_{\text{ўр}} \tau; \quad (14)$$

- жараённи ҳаракатлантирувчи куч суюқлик фазасининг концентрацияси орқали ифодаланган ҳолат учун

$$M = K_x F \Delta x_{\text{ўр}} \tau; \quad (15)$$

- агар жараённи ҳаракатлантирувчи куч босимлар фарқи орқали ифодаланган бўлса

$$M = K_p F \Delta P_{\text{ўр}}, \quad (16)$$

бу ерда M - газ фазасидан суюқликка ўтган модда миқдори, кг; F - фазаларнинг контакт юзаси, м^2 ; τ - жараён давомийлиги, соат; $\Delta u_{\text{ўр}}$, $\Delta x_{\text{ўр}}$ ва $\Delta P_{\text{ўр}}$ - концентрациялар ёки босимлар фарқи орқали ифода этилган жараённи ҳаракатлантирувчи кучи ($\text{кг}/\text{м}^3$ ёки Па); K_x , K_y ва K_p - модда ўтказиш (ёки абсорбция) коэффициентлари.

Абсорбция жараёнида модда ўтказиш коэффициентларининг ўлчов бирлиги $\Delta x_{\text{ўр}}$, $\Delta u_{\text{ўр}}$ ва $\Delta P_{\text{ўр}}$ қийматларига боғлиқ бўлади:

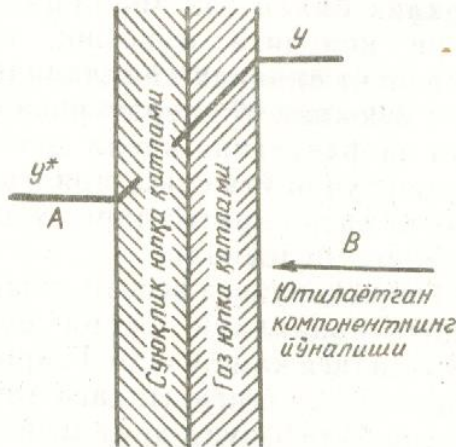
$$K_y = M / (F \Delta u_{\text{ўр}} \tau) = \text{кмоль} / [(\text{м}^2 \text{сек})(\text{кмоль}/\text{кмоль})] = \text{кмоль}/(\text{м}^2 \text{сек});$$

$$K_x = M / (F \Delta x_{\text{ўр}} \tau) = \text{кмоль} / [(\text{м}^2 \text{сек})(\text{кг}/\text{м}^3)] = \text{м}/\text{сек};$$

$$K_p = M / (F \Delta P_{\text{ўр}} \tau) = \text{кг}/(\text{м}^2 \text{сек Па}).$$

Модда ўтказишнинг икки чегара қатламли моделига (3- расм) асосан абсорбция жараёни механизми қуйидагича тушунтирилади.

Суюқлик фазаси А оқимнинг асосий массаси (ёки маркази) ва юпқа чегара қатламидан иборат бўлади. Газ фазаси В эса суюқликнинг сирт юзасига (чегара қатламига) тегиб турувчи юпқа чегаравий газ қатламига эга бўлади. Модда ўтказишга тўсқинлик қилувчи барча қаршиликлар юпқа чегара қатламларида йиғилган деб ҳисобланади. Ушбу чегара қатламларида ютилаётган газ компоненти фақат молекуляр диффузия йўли билан, асосий қатламларда эса конвектив диффузия йўли билан тарқалади (узатилади).



3- расм. Абсорбция жараёни механизмини тушунтирувчи схема: А- суюқлик фазаси; В- газ фазаси.

Суюқликнинг юпқа чегаравий қатламида модда ўтказишга бўлган қаршиликни $1/\beta_c$, чегаравий газ қатламидаги қаршиликни эса $1/\beta_r$ деб белгиласак, у ҳолда адсорбция жараёнида модда ўтказиш коэффициентларининг қуйидагича ифодаларига эга бўламиз:

$$K_y = (1/\beta_r + m/\beta_c)^{-1}; \quad (17)$$

$$K_x = (1/\beta_c + 1/m\beta_r)^{-1}; \quad (18)$$

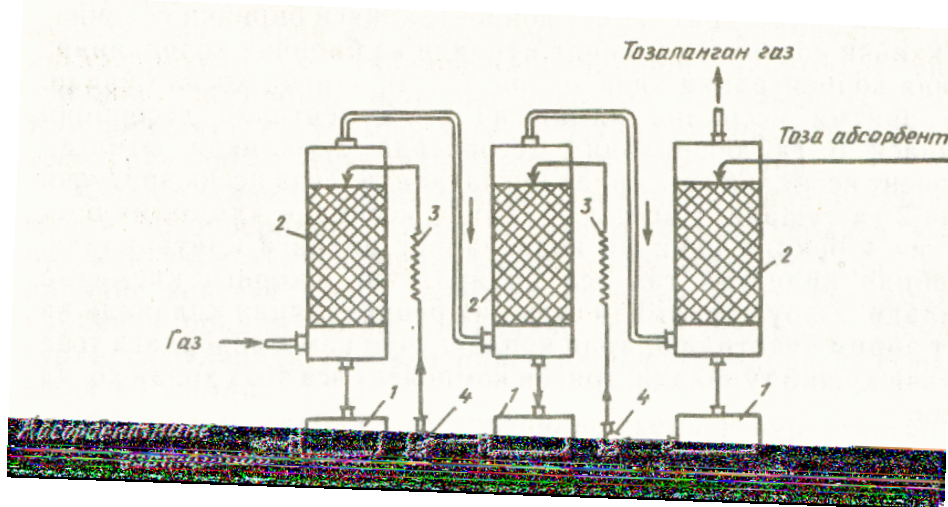
бу ерда β_r - газ оқимидан фазаларнинг контакт юзасига модда бериш коэффициенти; β_c - фазаларнинг контакт юзасидан суюқлик оқимига модда бериш коэффициенти; m - газ ва адсорбентнинг хоссаларига ва жараён ҳароратига боғлиқ пропорционаллик коэффициенти (мувозанат чизигининг қиялик бурчаги).

Абсорбция коэффициентларининг қиймати газ ва суюқлик ўртасидаги контакт юзани ҳосил қилиш усуллари, фазаларнинг физик хоссалари ва уларнинг ҳаракатланиш тезликларига боғлиқ бўлади. K_y ва K_x коэффициентларининг сон қийматлари одатда тажриба натижаларини ўхшашлик назарияси асосида қайта ишлаб олинган критериял тенгламалар ёрдамида аниқланади.

5. Абсорбция қурилмалари

5.1. Абсорбция ускуналари. Абсорбция ускуналари даврий ва узлуксиз режимларда ишлаши мумкин. Ускуналардаги суюқлик ва газ фазаларининг ҳаракати қарама-қарши ёки параллел йўналишларда ташкил этилади. Ишлаш принцинга кўра битта ва ундан ортиқ босқичли, рециркуляцияли ва регенерацияли абсорбция ускуналари мавжуд.

4- расмда уч босқичли абсорбция ускунасининг схемаси келтирилган. Ускуна қурилмаларидаги жараёнлар фазаларнинг қарама-қарши оқимларида амалга оширилади. Ускуна таркиби асосан



4- расм. Уч босқичли абсорбция ускунасининг схемаси: 1- йиғувчи идиш; 2- абсорбер; 3- совутгич; 4- марказдан қочма типдаги насос.

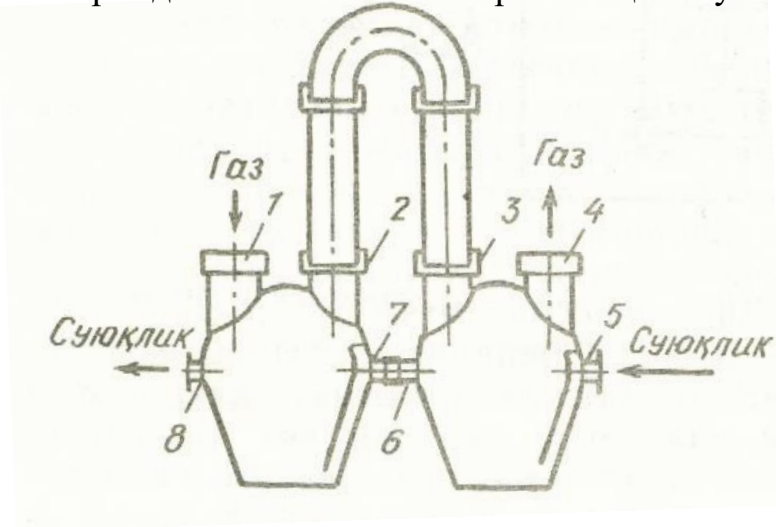
эритма йиғувчи идишлар 1, абсорберлар 2, эритмани совутувчи аппаратлар 3 ва марказдан қочма типдаги насослардан 4 иборат бўлади.

Газ ускунадаги биринчи абсорбернинг қуйи қисмига берилади. Газни ютувчи суюқлик эса, газ йўналишга қарама-қарши тарзда, охирги (учинчи) абсорбернинг юқори қисмига берилади. Аппаратнинг юқори қисмидан пастга қуйилаётган суюқлик кўтарилаётган газ оқими билан тўқнашиб, қисман газ билан тўйинган ҳолатда, йиғувчи ёпиқ идишга оқиб тушади. Жараён мобайнида ажралиб чиқаётган иссиқлик хисобига қизиган суюқлик насос ёрдамида, совуткич орқали иккинчи абсорберга узатилади. Шундай кетма-кетликда суюқликни газ билан тўйиниш жараёни қарама-қарши йўналишда якунига етказилади.

Модда ўтказишнинг барча турлари каби абсорбция жараёни ҳам фазаларнинг контакт юзасида амалга оширилади. Шу сабабдан, жараёни амалга оширувчи қурилмалар - абсорберларнинг контакт юзаси катта бўлиши керак. Ушбу юзани ҳосил қилиш услуби ва унинг ўлчамларига кўра абсорберлар сирт юзали (ёки юпқа плёнка қатламли), насадкали, барботажли (ёки тарелкали) ва суюқликни сочиб берувчи аппаратлар гуруҳига ажратилади.

5.2. Сирт юзали абсорберлар. Сирт юзали абсорберларнинг ишлаш принципи яхши эрийдиган газларни тинч ҳолатда турган ёки жуда ҳам секин ҳаракатланувчи суюқлик ҳажмида ютилишига асосланган. Бундай аппаратларда (5-расм) суюқлик ва газ фазалари ўртасидаги контакт юзаси кичик бўлганлиги сабабли, уларнинг бир нечтаси кетма-кет уланади. Аппаратлардаги фазалар ҳаракати қарама-

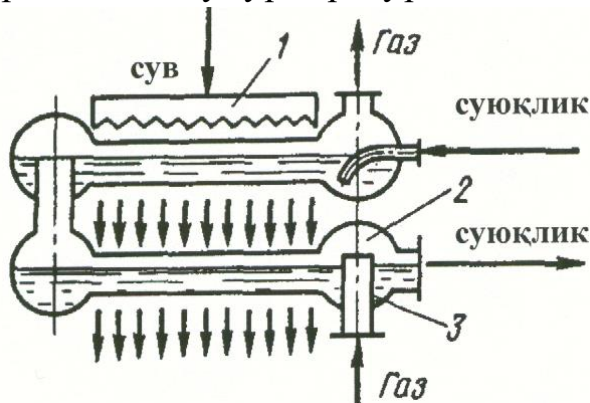
қарши йўналишда ташкил этилади. Абсорбердаги суюқлик бир аппаратдан иккинчисига эркин оқиб тушиши учун кейинги аппарат



5- расм. Сирт юзали абсорбер схемаси: 1,3- газ киритувчи штуцерлар; 2,4- газни аппаратдан чиқарувчи штуцерлар; 5,7- суюқлик киритувчи штуцерлар; 6,8- суюқликни аппаратдан чиқариш учун штуцерлар.

олдингисидан қуйроқ сатҳга ўрнатилади. Жараёни амалга ошириш пайтида ҳосил бўладиган иссиқлик ҳисобига қурилмадаги суюқлик қизийди. Шу сабабдан, аппаратлардаги суюқлик змеевик воситасида бериладиган сув ёки бошқа турдаги совитувчи агент ёрдамида совутиб турилади.

Сирт юзали абсорберларнинг айрим турлари ўзаро туташувчи горизонтал қувурлар кўринишида тайёрланиши мумкин (27.6-расм).



6-расм. Горизонтал трубкали абсорбер схемаси: 1- совуtuvчи сувни тақсимлаш мосламаси (коллектор); 2- горизонтал қувурлар; 3- қувурдаги суюқлик сатҳини ростловчи мослама

Қувурлар ичида ҳаракатланаётган суюқлик оқими ва газ фазаси қарама-қарши йўналишда тўқнашади. Қувурдаги суюқлик сатҳи махсус ростловчи мослама ёрдамида бир меъёрда ушлаб турилади. Абсорбер корпуси ташқи томондан, тақсимлаш мосламаси ёрдамида ҳосил қилинувчи совуқ сув пардаси билан совутилади.

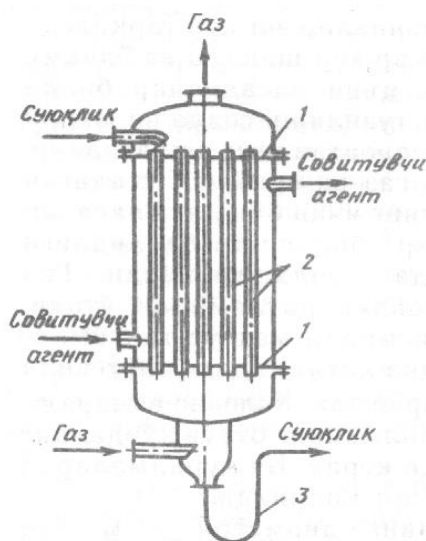
Сирт юзали абсорберларнинг тузилиши ўта содда, жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи қийматини ускуна бўйича бир хилда ушлаб туриш мумкин. Шу сабабли аппаратлардаги жараён бир маромда кечади. Шунинг билан бирга, бундай турдаги аппаратларнинг габарит

ўлчамлари катта ва самарадорлиги нисбатан паст бўлганлиги учун саноатда кам қўлланилади.

5.3. Трубкали абсорберлар. Трубкали абсорберлар юпқа плёнка қатламли аппаратлар гуруҳига киради, уларнинг конструкцияси сирт юзали абсорберларга нисбатан ихчамлиги ва самарадорлиги юқори бўлгани учун саноатда кенг қўлланилади. Мазкур типдаги аппаратларнинг тузилиши ва ишлаш принципи вертикал трубкали иссиқлик алмашилиш аппаратларига ўхшаш бўлади. Трубкали абсорберларда ўзаро тўқнашувчи фазалар ҳаракати қарама-қарши ёки параллел йўналишларда ташкил этилади.

7-расмда тасвирланган аппаратда газ фазаси унинг тубидан юқорига, юпқа қатламда оқиб тушаётган суюқликка қарама-қарши йўналишда, берилади. Шу тариқа, совутиб туриладиган трубкалар юзасида, газ ва юпқа суюқлик плёнкаси ўртасида модда алмашилиш жараёни юз беради.

Газга тўйинтирилган суюқлик гидрозатвор (сифон) орқали аппаратнинг тубидан, ортиқча миқдордаги газ эса аппаратнинг юқори қисмидан ажратиб олинади. Абсорбентни совутиш учун аппаратнинг трубкалари ўрами атрофига бериладиган совутувчи агент йўналиши ҳам суюқлик йўналишига қарама-қарши усулда ташкил этилади.

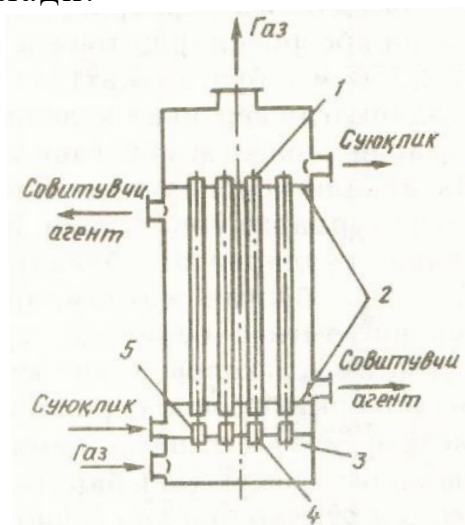


7- расм. Трубкали абсорбер схемаси:
1- трубкалар чамбараги; 2- трубкалар; 3- сифон.

8-расмда тасвирланган абсорберда газ ва суюқлик фазалари аппаратнинг тубидан юқорига, параллел йўналишда ҳаракатланади. Бу пайтда трубкаларни тўлдириб юқорига кўтарилаётган суюқлик оқими ичига махсус насадкалар воситасида газ берилади. Газ тезлиги катта бўлганлиги учун ($30 \div 40$ м/сек) суюқликни ўзи билан бирга, юқорига кўтарилувчи юпқа плёнка шаклида, олиб чиқиб кетади.

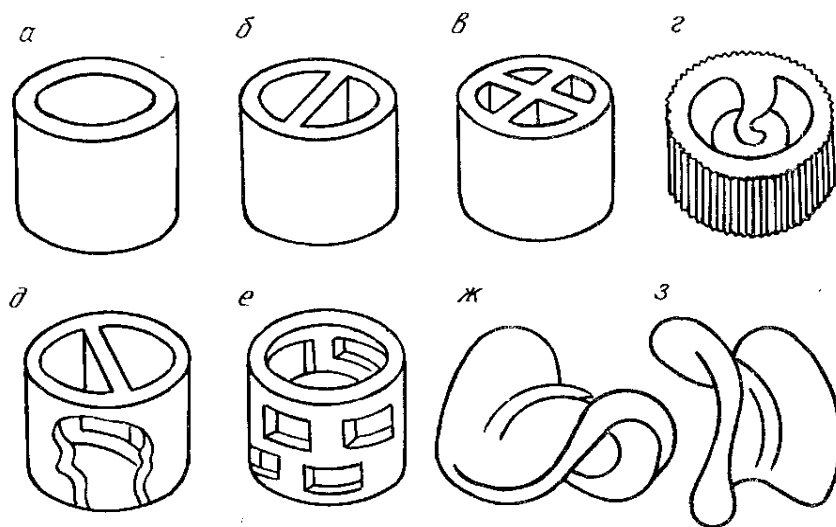
5.4. Насадкали абсорберлар. Насадкали абсорберлар саноатда энг кўп тарқалган контакт юзали аппаратлар туркумига киради. Бундай аппаратлар вертикал цилиндрик колонна шаклида ишланган бўлиб, уларнинг ички бўш қисми турли шакл ва ўлчамлардаги ($12 \div 150$ мм) қаттиқ жисмлар - насадкалар билан тўлдирилади.

Насадкаларнинг асосий вазифаси газ ва суюқлик фазалари ўртасида қўзғалмас контакт юза ҳосил қилишдан иборат. Насадкалар колонна баландлиги бўйлаб жойлаштирилган бир нечта тўрлар юзасига муайян тартибда териб чиқилади ёки эркин ҳолатда тўкилади.



8- расм. Кўтариловчи плёнкали абсорбер: 1- трубкалар; 2- трубкалар чамбараги; 3- газ тақсимлаш камераси; 4- газ тарқатувчи насадкалар; 5- абсорбент тақсимлаш камераси.

Саноат корхоналарида қўлланиладиган колоннали абсорберларни тўлдириш учун турли хилдаги насадкалар - Рашиг ҳалқалари, керамик буюмлар, кварц бўлакчалари, металл симдан тайёрланган тўрлар, полимер ҳалқалар, шарлар, эгарсимон элементлар ва бошқалар қўлланилади (9-расм).



9- расм. Насадкаларнинг турлари: а- Рашиг ҳалқаси; б- Лессинг ҳалқаси; в- хочсимон тўсиқли ҳалқа; г- битта спиралли ҳалқа; д- иккита спиралли ҳалқа; е- ; ж- Берл эгари; з – Инталлокс эгари.

Насадкаларни тавсифловчи асосий параметрлар қаторига қуйидагилар киритилади:

- солиштирма юза - аппаратнинг 1 м^3 ҳажмига тўлдирилган насадкаларнинг умумий юзаси, $\text{м}^2/\text{м}^3$ (максимал бўлиши лозим);

- 1 м^3 ҳажмдаги насадканинг массаси, $\text{кг}/\text{м}^3$ (минимал бўлиши лозим);

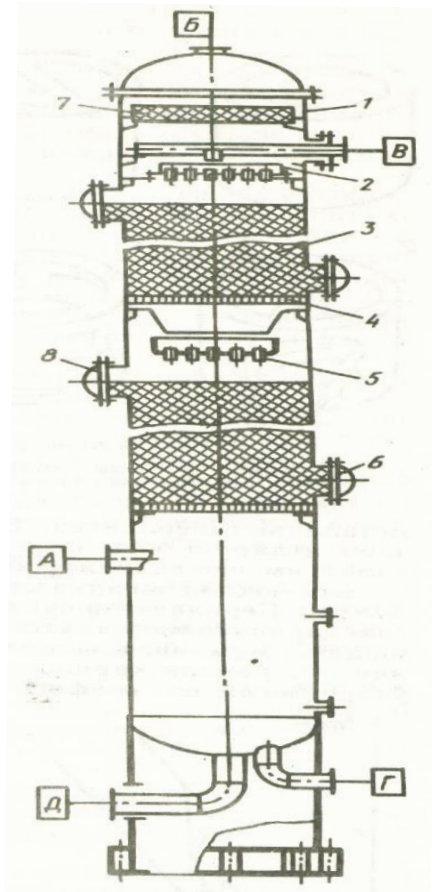
- эркин бўшлиқ ҳажм - 1 м^3 ҳажмдаги насадкалар ичидаги умумий эркин бўшлиқ ҳажми, $\text{м}^3/\text{м}^3$ (максимал бўлиши лозим);
- суюқликни юқори даражада ушлаб қолиш қобиляти – насадка қатламининг ҳажм бирлигида ушлаб қолинадиган суюқлик миқдори, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Бундан ташқари, насадкаларнинг самарали ишлаши учун қуйидаги қўшимча талаблар ҳам бажарилиши лозим:

- газ оқимиға нисбатан гидравлик қаршилиги кичик бўлиши;
- суюқликни бир хилда тарқатиши;
- суюқлик ва газ фазаларининг кимёвий таъсирига барқарор бўлиши;
- механик жиҳатдан мустаҳкам, солиштирма оғирлиги кичик ва арзон бўлиши.

Юқоридаги барча талабларни тўла қондирадиган насадкалар муҳандислик амалиётида деярли учрамайди. Шунинг учун саноатда асосий талабларни қондирадиган, пўлат ва керамикадан тайёрланувчи Рашиг ҳалқалари кенг қўлланилади.

10-расмда тасвирланган вертикал колоннали абсорбер бир нечта алоҳида цилиндрик блоклардан ташкил топган. Ҳар бир блокда туйнуклар 6 ва 8 ўрнатилган бўлиб, улар орқали насадкаларни қурилмага юклаш ва ундан тушириш мумкин. Насадкалар колонна блокларидаги таянч тўрлар 4 юзасига $1.5 \div 3\text{ м}$ қалинликдаги жойлаштирилади.



10- расм. Насадкали абсорбер схемаси: 1- корпус; 2- суюқлик тарқатувчи тарелка; 3- насадка қатлами; 4- таянч тўрлар; 5- суюқликни қайта тақсимловчи тарелка; 6,8 – туйнуклар; 7- томчи қайтарувчи мослама; А – газ киритувчи штуцер; Б – газ чиқадиган штуцер; В – суюқлик берувчи штуцер; Г ва Д – суюқлик чиқадиган штуцерлар.

Газ оқими аппарат корпусининг 1 энг қуйи қисмида жойлашган секция тўрининг остки қисмига штуцер А орқали берилади ва насадка қатлами орқали аппаратнинг юқори қисмига йўналтирилади. Насадкаларни намлаш учун суюқлик штуцер В орқали колоннанинг юқори қисмида жойлашган тарқатувчи тарелка 2 ёки форсункалар воситасида қуйига сочиб берилади. Бу пайтда суюқлик томчилари насадка қатламидан 3 ўтиб, юқorigа кўтарилаётган газ оқими билан тўкнашади.

Колоннани самарали ишлаши учун суюқлик бир текисда, қурилманинг бутун кўндаланг кесими бўйлаб бир ҳилда сочиб берилиши керак. Насадка қатламидан оқиб тушаётган суюқлик махсус мосламалар ёрдамида йиғиб олинади ва тақсимлагичлар 5 орқали қуйи қатламдаги насадкалар юзасига қайтадан сочиб берилади.

Газ колоннадан штуцер Б воситасида, суюқлик эса пастки Г ёки Д штуцерлар орқали ташқарига чиқарилади.

Берилаётган суюқлик сарфи (ёки намлаш зичлиги) ва газ ҳаракатининг тезлигига кўра, насадкали абсорберлар тўрт хил гидродинамик режимда ишлаши мумкин.

1. Юпқа қатламли режимда газ тезлиги кичик ва суюқлик сарфи кам бўлади. Бундай режимда суюқлик насадкаларнинг сирт юзалари бўйлаб томчи ёки юпқа қатлам тарзида оқиб тушади. Насадкалар қатламида ушланиб қоладиган суюқлик миқдори газ тезлигидан деярли боғлиқ бўлмайди.

2. Суюқлик томчиларининг муаллақ ҳолати режимида қарама-қарши йўналишда ҳаракатланаётган газ ва суюқлик ўртасида юзага келувчи ишқаланиш кучларининг қиймати ортиб боради. Натижада фазаларнинг контакт юзасидаги суюқликнинг газ оқими таъсирида секинлашуви кузатилади. Бунинг натижасида суюқлик оқимининг тезлиги пасаяди, юпқа қатлам қалинлиги ортади ва насадкаларда ушланиб қолган суюқлик миқдори кўпаяди.

Ушбу режимда газ тезлиги орттирилса насадкалар юзасининг ҳўлланиш даражаси ортади. Бу пайтда суюқлик плёнкасининг оқиб тушиш режими бузилади, томчиларни сочилиши кўпайиб, уюрмалар ҳосил бўла бошлайди ва шу тариқа барботаж жараёни юзага келиши учун шароит яратилади. Натижада модда ўтказиш жараёнлари тезлашади.

3. Кўпикли режим газ тезлиги ва суюқлик сарфи анчагина кўпайганда, уларнинг интенсив аралашуви натижасида юзага келади. Бу пайтда суюқлик насадканинг бўшлиқ ҳажмини тўлдириб, унинг юзасини тўла ўраб олади. Оқиб тушаётган суюқлик плёнкаси ва кўтарилаётган газ оқими ўртасидаги ишқаланиш кучи насадкадаги суюқликнинг оғирлик кучига тенг бўлгунча қадар суюқликни йиғилиши давом этаверади.

Кўпикли (эмульсияли) режимда фазалар инверсияси, яъни, уларнинг ўрин алмашилиб қолиши, юз беради. Бу пайтда суюқлик

яхлит фаза, газ эса дисперс фаза ҳолатига ўтади. Бу режимда шаклан кўпик ёки газ-суюқлик эмульсияси кўринишдаги дисперс система ҳосил бўлади. Кўпикли режимда газ пуфакчалари ва суюқлик томчиларининг умумий юзаси катта бўлиши сабабли модда ўтказиш жараёни юқори тезликда амалга ошади.

Ушбу режим энг самарали режим ҳисобланади. Аммо колоннанинг бу режимдаги гидравлик қаршилиги бошқа режимлардагига нисбатан юқори бўлади. Юқори босимлар остида ишлайдиган колонналарда гидравлик қаршилиқнинг ортиши сезиларли аҳамиятга эга эмас. Шунинг учун абсорбция жараёни кўпикли ёки муаллақ томчили режимларда олиб борилади.

4. Газ тезлиги ва суюқлик сарфи янада орттирилса, суюқлик насадкаларнинг устки сатҳидан ошиб, газ оқими билан қурилмадан чиқиб кетади. Мазкур **тошиб кетиш ёки авария режими** саноатда қўлланилмайди.

Насадкали абсорберларнинг гидродинамик иш режими техник-иктисодий ҳисоблашлар орқали танланиши лозим.

Насадкали абсорберларнинг тузилиши содда ва самарадорлиги юқори бўлганлиги учун саноатда кенг қўлланилади. Шунинг билан биргаликда, газ ва суюқликни колоннанинг кўндаланг кесим юзаси бўйлаб бир меъёрда тақсимлаш мураккаб, газларни ютилиш жараёнида ажралиб чиққан иссиқликни утилизация қилиш қийин, сочилаётган суюқлик сарфи кам бўлганда насадкалар юзаси етарлича хўлланмайди. Шу сабабларга кўра, колоннада ҳосил бўладиган иссиқликни камайтириш ва насадкаларни яхши хўлланишини таъминлаш мақсадида абсорбентнинг бир қисми насос орқали рециркуляция қилинади (совутилиб колоннага қайтарилади). Бу эса қўшимча харажатларнинг ортишига ва қурилма таркибини мураккаблашувига сабаб бўлади.

Ифлосланган ва лойқаланган суюқликларни насадкали колонналарда ишлатиб бўлмайди.

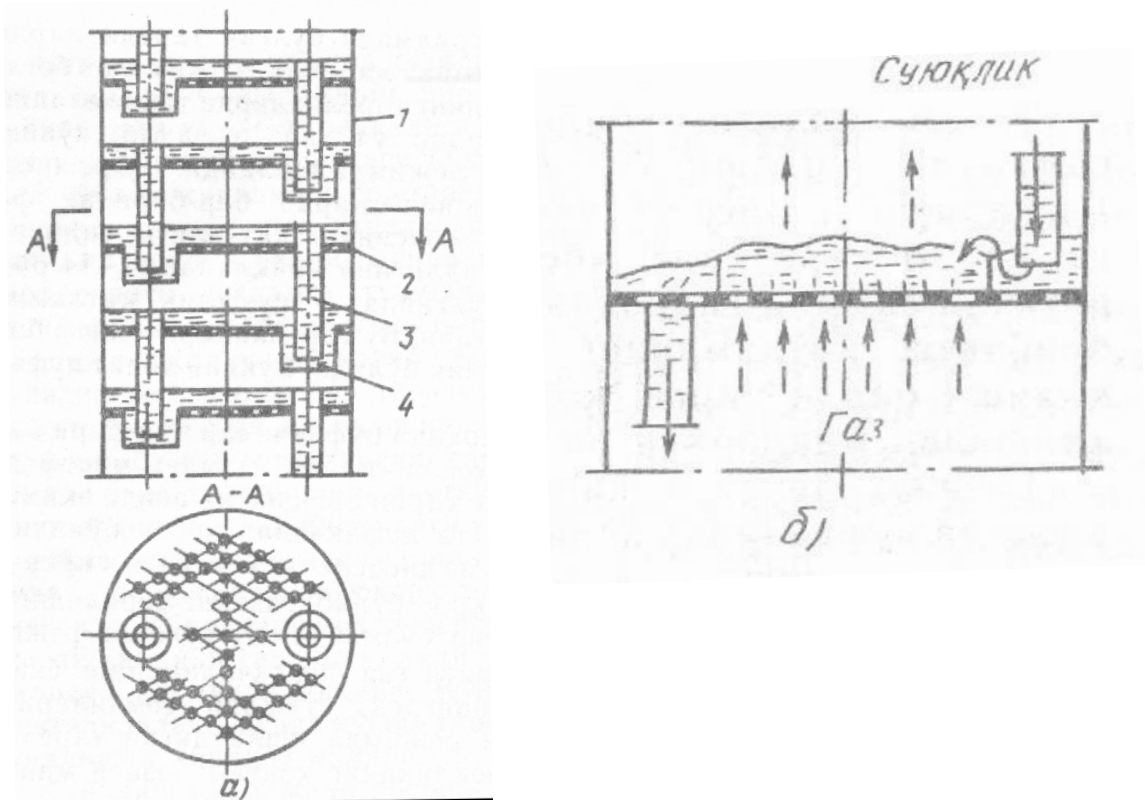
5.5. Тарелкали абсорберлар. Тарелкали абсорберлар вертикал колонна тарзида ишланган аппаратлар туркумига киради. Абсорбернинг ички бўш қисмига, унинг баландлиги бўйича, бир хил ораликда бир нечта горизонтал тўсиқлар - тарелкалар ўрнатилади.

Тарелкаларнинг асосий вазифаси суюқлик ва газ фазаларининг белгиланган йўналишлардаги ҳаракатини таъминлаш ва уларнинг кўп маротабали ўзаро тўқнашувини самарали тарзда амалга оширишдан иборат бўлади.

Саноат амалиётида турлича конструктив тузилишга эга бўлган тарелкалар қўлланилади. Тарелкалар четида суюқликни бир тарелкадан иккинчисига оқиб тушиши учун қуйилиш мосламалари бўлади. Айрим турдаги тарелкаларда бундай мосламалар умуман бўлмаслиги ҳам мумкин.

Тарелкаларнинг қуйилиш мосламалари кўпинча калта трубка шаклида ишланади. Трубка воситасида суюқлик бир тарелкадан иккинчи тарелкага эркин қуйилиб тушади. Юқорида жойлашган тарелка трубкасининг пастки учи қуйида жойлашган тарелка юзасига ўрнатилган стаканга киритилган ҳолатда йиғилади. Шу тариқа, газни қуйилиш мосламаси орқали юқори томон эркин кўтарилишига тўсқинлик қилувчи ўзига хос гидравлик затвор ҳосил бўлади. Бу пайтда газни тарелка тешиклари ёки тирқишлари орқали суюқлик қатламидан ўтиши таъминланади

11-расмда қуйилиш трубкасига эга бўлган элаксимон тарелкали абсорбер схемаси келтирилган. Суюқлик абсорбернинг юқори тарелкаси юзасига берилади ва қуйилиш трубкалари орқали



11-расм. Қуйилиш трубкасига бўлган тарелкали абсорбер: а- қурилманинг тузилиш схемаси; б- тарелканинг ишчи схемаси; 1- корпус; 2- тарелка; 3- қуйилиш трубкаси; 4- стакан.

тарелкадан тарелкага қуйилиб, аппаратнинг қуйи қисмидан чиқарилади. Газ аппаратнинг қуйи қисмига берилади ва кетма-кет ҳар бир тарелканинг тешиклари ёки тирқишлари орқали суюқлик қатламидан ўтади. Бу пайтда газ (буғ) тарелка юзасидаги суюқлик қатламида пуфакчалар кўринишида тақсимланади, томчи ва кўпиклар ҳосил қилиб, тозаланган ҳолда колоннанинг юқори қисмига кўтарилади.

Ушбу жараён барботаж дейилади. Барботаж жараёни тарелкада амалга ошириладиган иссиқлик ва модда алмашилиш жараёнларининг асосий қисмини ташкил этади.

Абсорбернинг ўзаро қўшни тарелкалари юзасидаги суюқлик оқимларининг ҳаракати қарама-қарши йўналишда ташкил этилади. Бу эса қуйилиш трубкасини ҳар бир тарелка юзасига қандай тартибда жойлаштирилишидан боғлиқ бўлади.

Қуйилиш трубкали тарелкалар элаксимон, қалпоқчали, палстинкали, капсулали, клапанли ёки бошқа турда бўлиши мумкин.

Тарелкаларнинг гидродинамик иш режими. Ҳар қандай турдаги тарелканинг самарадорлиги кўп жиҳатдан унинг гидродинамик иш режимида боғлиқ бўлади.

Газ фазасининг тезлиги ва суюқликни тарелкаларда тақсимланишига кўра тарелкали абсорберлар пуфакчали, кўпикли ва ингичка оқимли гидродинамик режимларда ишлайди. Барботаж қилинаётган қатламнинг структурасига кўра, ушбу режимлар фазаларнинг контакт юзаси катталиги, унинг баландлиги ва гидравлик қаршилиги қийматлари билан бир-биридан фарқ қилади.

Пуфакли режимда газ тезлиги кичик бўлиб, у суюқлик қатламида алоҳида пуфаклар ҳолатида ўтади. Бу пайтда тарелкадаги суюқлик ва газ фазалари ўртасидаги контакт юза кичик бўлади.

Кўпикли режим. Келгусида, газ сарфининг ортиши билан, алоҳида ҳаракатланаётган пуфакчалар бир-бири билан бирлашиб, занжирсимон шаклдаги бир чизиқли оқим ҳосил қилади. Тарелка тешикларида маълум бир масофада, барботаж қатламининг қаршилиги таъсирида, оқимнинг бир чизиқлиги бузилиб, кўп миқдорда катта пуфакчалар ҳосил бўлади. Натижада, тарелка юзасида газ-суюқлик дисперс системаси - беқарор кўпиклар ҳосил бўлади. Бу пайтда газ сарфи кўпик баландлигини белгилайди. Агар газ берилиши тўхтатилса кўпик тез сўнади.

Кўпикли режимда газ ва суюқликнинг тўқнашуви газ пуфакчаларининг юзасида ва суюқлик томчиларининг сиртида юз бериши туфайли фазалар ўртасидаги контакт юзаси катта бўлади.

Ингичка оқимли режим. Газ тезлиги янада орттирилса газ оқимларининг узунлиги катталашиб, улар барботаж қатламида чиқиб кетади. Бу пайтда система барқарор бўлиб, жуда кўп миқдорда йирик томчилар ҳосил бўлади. Ушбу режим ингичка оқимли режим дейилади. Бу режимда фазаларнинг контакт юзаси кичрайиб кетади.

Тарелкаларнинг гидродинамик иш режимларини алмашинуви босқичма-босқич амалга оширилади.

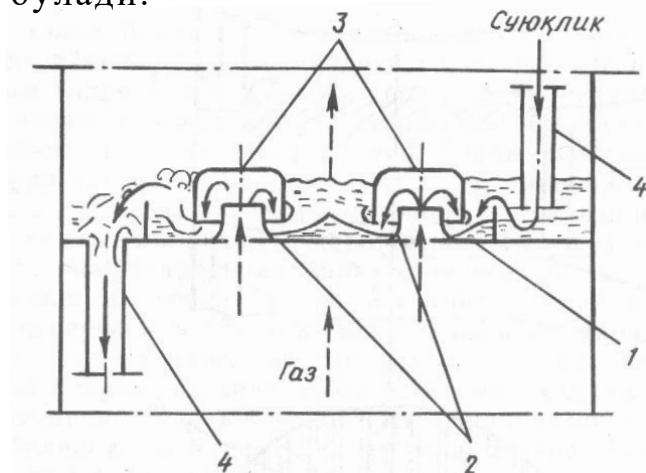
Элаксимон тарелкаларнинг бутун юзаси 2÷8 миллиметрли тешикчалардан иборат бўлади (11- расмнинг б-схемаси). Қуйилиш мосламаси стаканларга киритилган трубкалардан иборат. Тарелкалар юзасидаги суюқлик қатламининг баландлиги қуйилиш трубкасининг юқори учини тарелка юзасига нисбатан ўрнатилиш баландлиги, газ фазасининг тезлиги ва босимидан боғлиқ бўлади. Агар газ сарфи белгиланган меъёрлардан кичик бўлса, тарелкадаги суюқлик унинг тешиклари орқали қуйидаги тарелкага оқиб тушади. Бу пайтда модда

алмашилиш жараёнининг самарадорлиги кескин камайиб кетади. Шу сабабдан, газ босими тарелкадаги суюқлик қатлами босимидан юқори бўлиши ва уни қуйига оқиб тушишига йўл бермаслиги лозим. Одатда тарелкадаги суюқлик қатламининг баландлиги $25 \div 30$ мм бўлади.

Элаксимон тарелкаларнинг тузилиши содда, уларни ўрнатиш ва таъмирлаш осон. Шу билан бирга, тарелкаларнинг тешиклари ифлосланиб, чўкиндилар билан тез беркилиб қолиш эҳтимоли юқори. Элаксимон тарелкаларнинг гидравлик қаршилиги кичик, улар газ фазасининг тезлиги катта чегараларда ўзгарганда ҳам барқарор ишлайди.

Газ тезлиги ва босими бирдан камайиб кетса ёки газ бериш тўхтатиб қўйилса, тарелкалар юзасидаги суюқлик аппарат тубига тўлиқ оқиб тушиб кетади. Бундай ҳолатда жараённи давом эттириш учун аппарат қайтадан тўлдирилади.

Қалпоқчали тарелкалар (12-расм) ифлосланган газ аралашмалари билан ҳам элаксимон тарелкаларга нисбатан узоқ вақт барқарор ишлайди. Қалпоқчалар думалоқ ва туннел шаклида тайёрланади, улардаги тешикларнинг тишлари эса тўғри бурчакли учбурчак шаклида ишланади. Қалпоқчаларни тарелка юзаси бўйлаб жойлашиш қадами уларнинг диаметрига нисбатан $1.3 \div 1.9$ марта катта бўлади.



12-расм. Қалпоқчали тарелканинг ишлаш схемаси: 1- тарелка; 2- газ ўтказувчи калта патрубклар; 3- қалпоқчалар; 4- қуйилиш трубки.

Қалпоқчаларни жойлашиш қадами колоннанинг иш режимидан боғлиқ бўлади. Вакуум остида ишлайдиган колонналарда ушбу қадам қиймати кичик, атмосфера босими ва ундан ортиқ босимлар остида ишловчи қурилмаларда ўртача, юқори босимлар остида ишловчи қурилмаларда эса катта бўлади.

Қалпоқчалар тарелка юзасига пайвандланган калта патрубклар устига, суюқлик қатламига қисман ботирилган ҳолатда ўрнатилади. Колоннага берилаётган газ оқими ушбу патрубклар орқали қалпоқчалар остига киритилади ва уларнинг тешиклари бўйлаб бир нечта алоҳида оқимларга тақсимланган ҳолатда суюқлик қатламинан ўтади. Тарелкалардаги газ кўпиклари ва пуфакчаларнинг ҳосил бўлиш интенсивлиги газ тезлиги ва қалпоқчаларни суюқликка ботирилган қисми баландлигига боғлиқ.

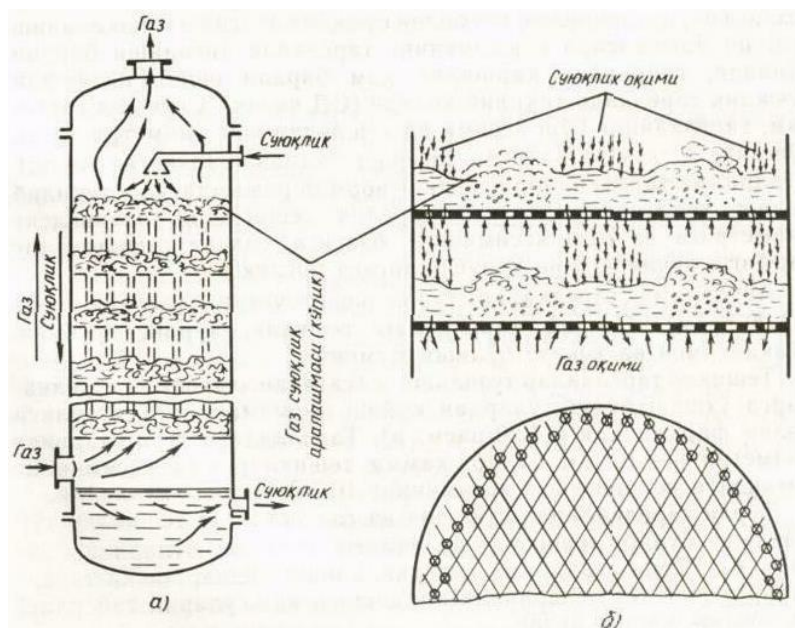
Қалпоқчали тарелкалар газ ва суюқлик сарфи катта бўлганда барқарор ишлайди. Уларнинг тузилиши мураккаб, чўкиндилардан тозалаш қийин, гидравлик қаршилиги катта ва газ сарфи кам бўлганда иш самарадорлиги паст бўлади.

Пластинали тарелка оғма шаклда жойлашган бир қатор пластиналар тўпламидан иборат бўлади. Пластиналарнинг оғиш бурчаги $10 \div 15^\circ$ бўлгани учун улар оралиғидаги тирқишлардан чиқаётган газ тарелка текислигига нисбатан кичик бурчакли уринма йўналишида катта тезлик билан ҳаракатланади. Тарелка юзасидаги суюқлик ва тирқишлардан чиқаётган газнинг ўзаро тўқнашуви натижасида суюқлик газ оқимида майда томчиларга ёйилиб, тарелка бўйича кейинги тешикларга отилади. Шу тариқа суюқлик ва газнинг тўқнашуви қайта-қайта такрорланади.

Пластинали тарелкада суюқлик дисперс (тарқалувчи) фазада, газ эса яхлит ҳолатда бўлади. Бу пайтда газ билан суюқликнинг ўзаро тўқнашуви томчи ва кўпиклар юзасида амалга оширилади.

Пластинали тарелкаларнинг гидравлик қаршилиги кам, лойқаланган суюқликларда ҳам яхши ишлайди.

Қуйилиш мосламаси бўлмаган тарелкаларда (13-расм) газ ва суюқлик фазалари тарелка юзаси бўйлаб жойлашган барча тешиклар орқали бир вақтнинг ўзида қарама-қарши йўналишларда ўтади. Бу пайтда тарелка юзасидаги суюқлик қатламининг қалинлиги газ оқимининг тезлигидан боғлиқ бўлади. Агар барботаж қилинаётган қатламга берилаётган газ тезлиги кичик бўлса, тарелка юзасидаги суюқликнинг бир қисми унинг тешикларидан қуйида жойлашган тарелкага ўз-ўзидан тўкилиб (ағдарилиб) кетади. Газ тезлиги

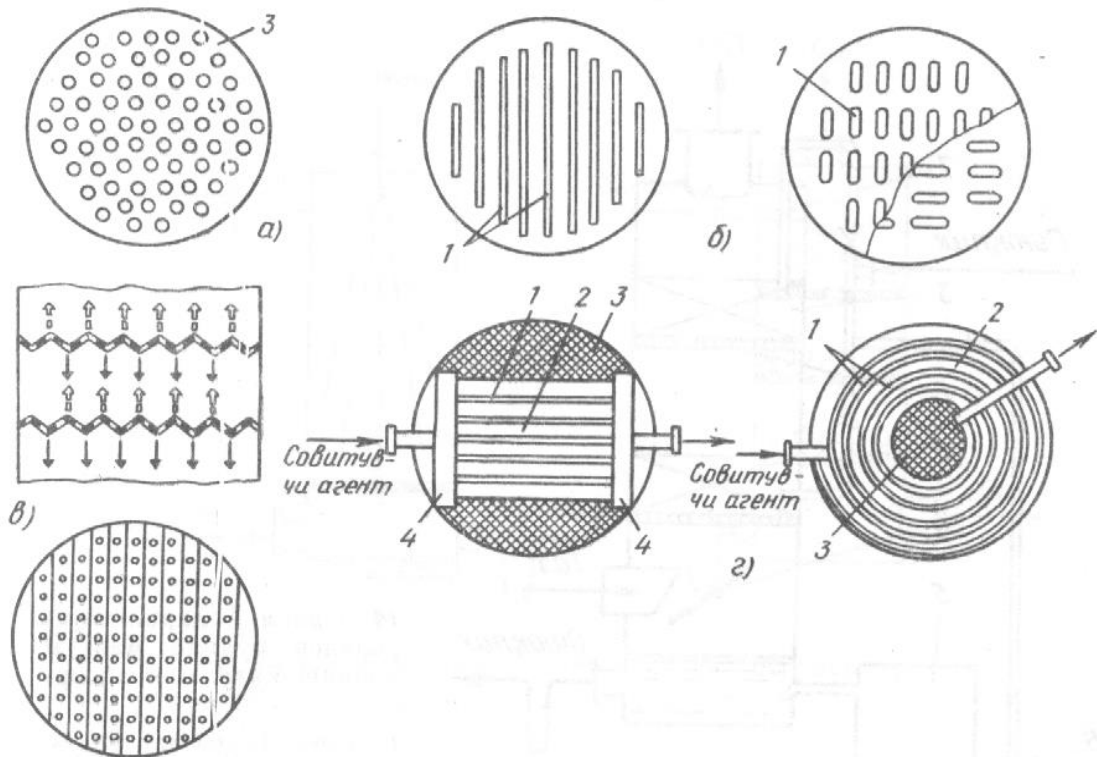


13-расм. Қуйилиш мосламаси бўлмаган тарелкали абсорбер:
а- абсорбер схемаси; б- ағдарилма типдаги тарелканинг принципиал иш схемаси.

белгиланган меъёрдан ортиқ бўлса, суюқлик тарелкалар юзасида тўпланиб қолади ва у келгусида “тиқилиб” қолиши мумкин.

Юқорида келтирилган сабабларга кўра, “ағдарилма” типдаги тарелкаларнинг гидродинамик иш режимлари тарелка тешигининг эквивалент диаметрига, тарелкани ўтказиш юзаси (барча тешиклар юзасининг Σf_0 тарелканинг умумий юзасига F_0 нисбати) қийматига, фазаларнинг сарфи, зичлиги ва қовушқоқлигига боғлиқ бўлади.

Ағдарилма типдаги тарелкалар тешикли, тирқишли, трубкали ёки тўлқинсимон шаклларда ишланади (13-расм).



13-расм. Ағдарилма типдаги тарелкаларнинг турлари: а- тешикли; б- тирқишли; в- тўлқинсимон; г- трубкали; 1- тешиклар (тирқишлар); 2- трубкалар; 3- лист; 4- коллектор.

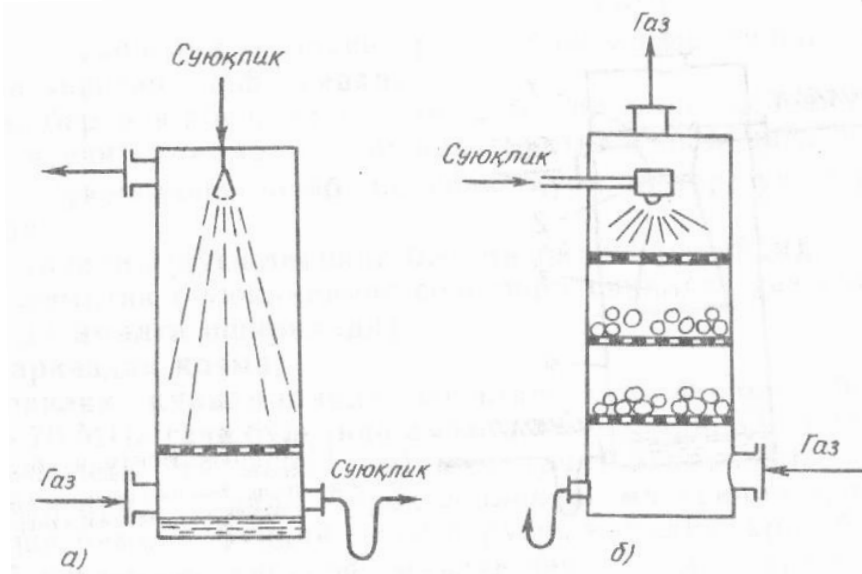
Тешикли тарелкалар тузилиш жиҳатидан элаксимон тарелкаларга ўхшаш бўлиб, улардан қуйилиш мосламаси йўқлиги билан фарқ қилади. Тешиклар диаметри $4 \div 10$ мм бўлиб, улар тарелка юзасининг $10 \div 25\%$ -ни эгаллайди (13-расм, а- схема)

13-расмнинг б- ва в- схемаларида тасвирланган тарелкаларда ўзаро тўқнашувчи фазалар кенглиги $3 \div 8$ мм бўлган узунчоқ шаклдаги тирқишлардан ўтади. Бундай тарелкаларнинг тузилиши содда, гидравлик қаршилиги кам, тайёрлаш технологияси (штамповка) мураккаб эмас.

Трубкали ағдарилма тарелкада (13-расм, г- схема) барботаж қатлами трубкalar 2 ичига юбориладиган сув билан совутиб турилади. Параллел тарзда зич жойлашган трубкalar ўзига хос панжара ҳосил қилиб, учлари билан коллекторларга 4 бириктирилади.

Абсорберларда қўлланиладиган тарелкаларнинг турлари ва уларни саноат амалиётида қўлланилишига оид маълумотлар [2, 3, 5] адабиётларда кенг ёритилган.

5.6. Суюқликни сочиб берувчи абсорберлар. Суюқликни сочиб берувчи вертикал колоннали абсорберларда (14-расм) фазалар ўртасидаги контакт юза суюқликни форсункалар ёрдамида, юқорига кўтарилаётган газ оқимиغا қарши йўналишда, пуркаш йўли билан ҳосил қилинади. Абсорбердаги газнинг ҳаракатланиш тезлиги $1 \div 1.5$ м/с бўлади. Сочилган суюқликнинг майда томчилари ва газ оқими ўртасидаги ҳажмий модда ўтказиш коэффиценти қийматини орттириш мақсадида форсункалар вертикал колоннанинг баландлиги



14-расм. Суюқликни сочиб берувчи абсорберлар: а- ичи бўш қурилма; б- шарсимон насадкали қурилма.

бўйича бир неча қатор қилиб жойлаштирилиши мумкин. Айрим ҳолларда, фазалар ўртасидаги контакт юза қийматини орттириш мақсадида, колонналарнинг ички бўшлиғига бир неча қатор тўрлар ўрнатилиб, уларнинг юзасига насадкалар сийрак қатламда жойлаштирилиши мумкин (14-расм, б-схема).

Суюқликни сочиб берувчи абсорберларда фазаларнинг нисбий тезлиги катта ва газ оқими тўлқинсимон ҳаракатда бўлиши сабабли масса алмашилиш коэффиценти қиймати газ фазасида юқори бўлади. Ушбу типдаги абсорберлар яхши эрийдиган газларни суюқликка юттириш учун кенг қўлланилади.

Суюқликни сочиб берувчи абсорберларнинг тузилиши содда, гидравлик қаршилиги кичик, ифлосланган газ аралашмаларини ҳам бемалол тозалаши мумкин; аппаратни бошқариш, таъмирлаш ва профилактика мақсадларида тозалаш осон. Шу билан бирга бундай қурилмаларнинг бир қатор камчиликлари ҳам мавжуд: уларнинг самарадорлиги унча юқори эмас, лойқа суюқликларни форсункалар

воситасида сочиш қийин ва суюқликни сепиш учун қўшимча энергия сарф этилади, фазаларнинг контакт юзасини ошириш учун суюқлик кўп сарфланади, суюқлик томчилари колоннадан учиб чиқиб кетмаслиги учун газ тезлиги чегараланган бўлиши лозим.

Абсорберлар ҳақидаги қўшимча маълумотлар [2,3,5] адабиётларда батафсил келтирилган.

6. Абсорберларни ҳисоблаш

Абсорберларни ҳисоблаш учун қуйидаги катталикларнинг қийматлари берилган бўлиши лозим: газнинг сарфи G , ютилувчи компонентнинг газ таркибидаги бошланғич Y_6 ва охириги Y_0 концентрациялари ва ютилувчи компонентни суюқликдаги бошланғич концентрацияси X_6 .

Ҳисоблаш жараёнида абсорбентнинг сарфи L , абсорбернинг диаметри D , ишчи баландлиги H ва унинг гидравлик қаршилиги ΔP аниқланади.

Абсорберларни ҳисоблаш қуйидаги тартибда амалга оширилади:

1. У-Х диаграммасида жараённинг мувозанат чизиғи қурилади. Мувозанат чизиғи $y^*=f(x)$ бўйича суюқликда ютилган газ фазасининг концентрацияси X^* қиймати аниқланади. Мувозанат ҳолатидаги фазаларнинг таркиби маълумотномаларда берилган бўлади.

2. Жараённинг моддий балансида ($\S 3$) абсорбентнинг минимал $L_{\min}$ ва ишчи сарфлари ($L=\varphi L_{\min}$) ҳисобланади. Шундан сўнг, газ фазасининг абсорбентда ютилган миқдори X_0 аниқланади.

3. У-Х диаграммасида жараённинг ишчи чизиқлари қурилади. Ишчи чизиқлар бўйича суюқлик ва газ фазаларининг концентрациялари аниқланади.

4. Абсорбернинг асосий конструктив ўлчамлари ҳисобланади. Бу ҳақдаги батафсил маълумотлар [2,3,5] адабиётларда келтирилган.

5. Абсорберларнинг гидравлик қаршилиги аниқланади. Абсорберларнинг турига кўра, уларнинг гидравлик қаршиликларини аниқлаш тартиби ҳам турлича бўлади. Ушбу ҳисоблашларни бажариш услублари ва наъмуналари [2,3,5,7-10] адабиётларда кенг ёритилган.

Қуйида насадкали ва тарелкали абсорберларнинг гидравлик қаршилигини ҳисоблаш услубини кўриб чиқамиз.

Насадкали абсорберларнинг гидравлик қаршилигини аниқлаш пайтида дастлаб куруқ насадканинг гидравлик қаршилиги (P_a) ҳисобланади

$$\Delta P_{\text{кн}} = \lambda(H/d_s)(\rho_g \omega/2), \quad (19)$$

бу ерда H - насадка қатламининг баландлиги, м; d_s - насадка элементлари ташкил қилган каналларнинг эквивалент диаметри, м; ρ_g - газнинг зичлиги, кг/м³; $\omega = \omega_0/\varepsilon$ - насадка қатламидан ўтаётган газнинг ҳақиқий тезлиги; ω_0 - газнинг фиктив (абсорбернинг кўндаланг кесим юзасига нисбатан олинган) тезлиги, м/сек; ε - насадканинг эркин

ҳажми (насадкалар орасидаги бўшлиқ ҳажм), $\text{м}^3/\text{м}^3$; λ - ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликларни енгиш учун сарфланган босим йўқотилишини ҳисобга олувчи қаршилик коэффиценти.

Насадканинг эквивалент диаметри қуйидагича аниқланади

$$d_3 = 4\varepsilon/a, \quad (20)$$

бу ерда ε - эркин бўшлиқ ҳажм, яъни 1м^3 ҳажмдаги насадкалар ичидаги умумий эркин бўшлиқ ҳажми, $\text{м}^3/\text{м}^3$; a - насадкаларнинг солиштира юзаси (аппаратнинг 1м^3 ҳажмига тўлдирилган насадкаларнинг умумий юзаси), $\text{м}^2/\text{м}^3$;

λ коэффицентининг қиймати Re критерийсига боғлиқ бўлиб, асосан эмпирик тенгламалар билан аниқланади.

Колоннага тартибсиз жойлаштирилган ҳалқали насадкалар бўйлаб ламинар режимда ҳаракатланаётган газ оқими ($Re_r < 40$) учун

$$\lambda = 140/Re_r, \quad (21)$$

агар бу пайтда газ оқимининг режими турбулент бўлса ($Re_r > 40$)

$$\lambda = 16/Re_r^{0.2}. \quad (22)$$

Колоннага муайян тартибда терилган ҳалқали насадкалар учун

$$\lambda = 9.2/Re^{0.375}, \quad (23)$$

бу ерда $Re_r = \omega d_3 \rho_r / \mu_r$; μ_r - газнинг динамик қовушқоқлик коэффиценти, $\text{Па} \cdot \text{с}$.

Газнинг колоннадаги рационал тезлиги қуйидаги критериал тенгламадан ҳам аниқланиши мумкин

$$Re = 0.045 Ar^{0.57} (L/G)^{0.43}, \quad (24)$$

бу ерда $Ar = (gd^3 \rho_r / \mu_r^2)(\rho_c - \rho_r)\rho_r$; ρ_c - суюқликнинг зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$; L - абсорбент сарфи; G - газ сарфи.

Колоннанинг ишлаши пайтида суюқлик билан намланган насадкаларнинг гидравлик қаршилигини ($\Delta P_{\text{хн}}$, Па) аниқлаш учун қуйидаги эмпирик тенглама тавсия этилган

$$\Delta P_{\text{хн}} = 10^{a+b} \Delta P_{\text{кн}}, \quad (25)$$

бу ерда a - намлаш зичлиги, яъни аппаратнинг кўндаланг кесим юзаси бирлигига тўғри келувчи суюқлик сарфи, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \text{сек})$; b - насадканинг ўлчами ва намлаш зичлигига боғлиқ тажрибавий коэффицент, масалан, ўлчами $25 \times 25 \times 3$ мм бўлган насадка учун намлаш зичлиги $a = (0.5 \div 36.5) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{сек})$ бўлганда $b = 51.2$; $\Delta P_{\text{кн}}$ - қуруқ насадканинг қаршилиги.

Намланган насадкаларнинг гидравлик қаршилигини ҳисоблаш учун проф. А.Н.Плановский томонидан қуйидаги тенглама тавсия этилган

$$\Delta P_{\text{хн}} = \Delta P_{\text{кн}} [1 + 8.4(L/G)^{0.4} (\rho_r / \rho_c)^{0.23}]. \quad (26)$$

Тарелкали абсорберларни гидравлик қаршилиги. Тарелкали абсорберларда ҳаракатланаётган газ оқими тарелка, унинг юзасидаги суюқлик ва газ-суюқлик аралашмаси қатлами орқали ўтади. Шунинг учун абсорбернинг гидравлик қаршилиги $\Delta P_{\text{та}}$ (Па) газ оқимида кўрсатилаётган қуруқ тарелканинг қаршилиги $\Delta P_{\text{ктк}}$, суюқликнинг сирт таранглик кучи таъсирида юзага келувчи қаршилик ΔP_{σ} ва

тарелкадаги газ-суюқлик аралашмаси қатламининг қаршиликлари $\Delta P_{гск}$ йиғиндисидан иборат бўлади:

$$\Delta P_{та} = \Delta P_{КТК} + \Delta P_{\sigma} + \Delta P_{скк}. \quad (27)$$

Қуруқ тарелканинг қаршилиги қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади

$$\Delta P_{КТК} = 0.5 \xi \omega_T^2 \rho_T = 0.5 \xi \rho_T (\omega_0 / f_T)^2; \quad (28)$$

бу ерда $\xi = 0.5 \div 4$ - тарелканинг қаршилик коэффиценти, унинг қиймати тарелка конструкциясига боғлиқ бўлади; ω_T - газнинг тарелка тешикларидан ўтиш пайтидаги тезлиги, м/с; ω_0 - газнинг фиктив тезлиги, м/с; f_T - тарелкадаги тешикларнинг умумий юзаси, м².

Тарелка юзасидаги суюқликнинг сирт таранглик кучи таъсирида ҳосил бўлувчи қаршиликни енгиш учун зарур бўлган босим қиймати қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади:

$$\Delta P_{\sigma} = 4\sigma / d_3, \quad (29)$$

бу ерда σ - фазаларнинг контакт юзасидаги суюқлик плёнкасининг сирт таранглик кучи, Н/м; d_3 - тарелкадаги тирқишларнинг эквивалент диаметри, м.

Тарелкадаги газ-суюқлик қатламининг қаршилиги ушбу қатламнинг статик босимига тенг деб қабул қилинади.

$$\Delta P_{скк} = h_c \rho_c g = h_{гс} \rho_{гс} g, \quad (30)$$

бу ерда h_c - тарелкадаги суюқлик қатламининг баландлиги (сатхи), м; ρ_c - суюқликнинг зичлиги, кг/м³; $h_{гс}$ ва $\rho_{гс}$ - суюқлик-газ аралашмасининг баландлиги ва зичлиги; $g = 9.81 \text{ м/с}^2$ - эркин тушиш тезланиши.

Проф. А.Н.Плановский томонидан қуруқ тарелка ва газ-суюқлик қатламининг гидравлик қаршиликларини ҳисоблаш учун қуйидаги тенгламалар тавсия этилган

$$\Delta P_{КТ} = 1.83 (\omega_0^2 / 2) \rho_T; \quad (31)$$

$$\Delta P_{скк} = 1.3 k h + \sqrt[3]{k \Delta h}, \quad (32)$$

бу ерда ω_0 - тарелка тешикларидан ўтаётган газ оқимининг тезлиги, м/сек; $k = 0.5$ - тарелка юзасидаги газ-суюқлик аралашмасининг (кўпик) зичлигини суюқликнинг зичлигига нисбати; h - қуйилиш трубкаси олдида қўйилган тўсиқнинг баландлиги, м; Δh - ушбу тўсиқ яқинида барботаж қилинмаётган қатламнинг баландлиги, (м); $\Delta h = L / (\phi b)$; L - суюқликнинг массавий сарфи, кг/соат; ϕ - тўсиқ орқали оқиб ўтаётган суюқлик учун сарф коэффиценти, $\phi = 6400 \div 10000$; b - тўсиқнинг кенглиги, м.

«Таянч» сўз ва иборалар: абсорбция; десорбция; абсорбтив; абсорбент; физик абсорбция; абсорбция жараёнининг мувозанати; Генри қонуни; мувозанат концентрация; ишчи концентрация; газни суюқликдаги эрувчанлиги; абсорбент сарфи; абсорбция жараёнининг ҳаракатлантирувчи кучи; абсорбция коэффицентлари; абсорберлар; сирт юзали абсорбер; трубкали абсорбер; насадкали абсорбер; насадка; тарелкали абсорбер; тарелка; қалпоқчали тарелка;

суюқликни сочиб берувчи абсорбер; абсорберларни ҳисоблаш услуби; абсорбернинг гидравлик қаршилиги.

Назорат саволлари. 1. Абсорбция жараёнининг моҳияти нимадан иборат? 2. Озиқ-овқат технологиясининг қайси бир соҳаларида абсорбция жараёнларидан фойдаланиш мумкин? Мисоллар келтиринг. 3. Генри қонунига таъриф беринг. 4. Газни суюқликдаги эрувчанлиги қандай омилларга боғлиқ бўлишини ихтиёрий бир жараён мисолида тушунтириб беринг. 5. Абсорбция жараёнининг моддий баланси қандай тузилади? Жараённинг моддий баланси тенгламасидан қандай катталикларни аниқлаш мумкин? 6. У-Х диаграммасида абсорбция жараёнининг мувозанат ва ишчи чизиқларини қуриш тартибини тушунтириб беринг. 7. Абсорбция жараёнини ҳаракатлантирувчи куч қандай аниқланади, уни қайси бир усулларда ифодалаш мумкин? 8. Абсорбция коэффициентлари қандай ўлчов бирликларига эга? 9. Абсорберларнинг қандай турлари мавжуд? Уларнинг қайси бир турлари саноатда кенг қўлланилади? Сабабини тушунтириб беринг. 10. Насадкали абсорбернинг тузилишини тушунтириб беринг. 11. Насадкаларнинг қандай турлари мавжуд? Насадкаларни тавсифловчи асосий кўрсаткичлар ҳақида нималарни биласиз? 12. Колоннали абсорберларга ўрнатиладиган тарелкаларнинг қандай турлари мавжуд? 13. Тарелкали абсорберларнинг гидродинамик иш режимлари ҳақида нималарни биласиз, уларнинг самарадорлигини қиёсий таҳлил қила оласизми? 14. Суюқликни сочиб берувчи абсорбер ҳақида нималарни биласиз? 15. Абсорберларнинг конструктив-технологик параметрларини ҳисоблаш тартибини тушунтириб беринг. 16. Насадкали абсорбернинг гидравлик қаршилиги қандай аниқланади?

Масала ечиш наъмунаси

Ўлчамлари 25х25х3 мм бўлган Рашиг ҳалқалари билан тўлдирилган абсорбернинг диаметри ва баландлигини аниқланг. Абсорбер ҳаводаги ацетон буғларини сувга юттириш учун хизмат қилади.

Абсорберга берилаётган сувнинг ҳарорати 20°C, унинг массавий сарфи 2500 кг/соат. Ацетоннинг ҳаво аралашмасидаги дастлабки концентрацияси $y_6 = 0.05$ (бирлик улушда). Аралашма таркибидаги соф ҳавонинг сарфи 1500 м³/соат (нормал шароитларда). Ацетонни ютилиш даражаси $\phi = 0.97\%$.

Жараённинг мувозанат чизиғи $y^* = 1.68x$. Абсорбердаги газ тезлигини “тиқилиб” қолиш тезлигидан 25% кам деб қабул қилинг. “Тиқилиб” қолиш тезлиги $v = 1.6$ м/сек. Масса узатиш коэффициентини $K_y = 0.6$ кмоль ацетон / [(м²соат)(кмоль ацетон/кмоль ҳаво)]. Ацетонни

суддаги дастлабки концентрацияси $x_6 = 0$. Абсорбердаги фазаларнинг ҳаракати қарама-қарши йўналишда ташкил этилган.

Сувга ютилаётган ацетон миқдори

$$M = G_{y_6} \phi / [(1 - y_6) 22.4] = (1500 \cdot 0.05 \cdot 0.97) / (1 - 0.05) 22.4 = 3.42 \text{ кмоль/соат.}$$

Абсорбердан чиқаётган сувдаги ацетон концентрацияси

$x_o = M / (L / M_c) = 3.42 / (2500 : 18) = 0.0246$ кмоль ацетон/кмоль сув, бу ерда $M_c = 18$ - сувнинг молекуляр массаси; $L = 2500$ кг/соат – совук сувнинг массавий сарфи.

Абсорберга киритилаётган ҳаво таркибидаги ацетонни бошланғич нисбий концентрацияси

$$y_6 = y_6(1 - y_6) = 0.05 / (1 - 0.05) = 0.0526 \text{ кмоль ацетон/кмоль сув.}$$

Абсорбердан чиқаётган ҳаво таркибидаги ацетонни якуний нисбий концентрацияси

$$y_o = y_o(1 - \phi) / (1 - y_6) = 0.05(1 - 0.97) / (1 - 0.05) = 0.00158 \text{ кмоль ацетон/кмоль сув.}$$

Жараённинг мувозанат чизиғи тенгламаси $y^* = 1.68x$ бўйича ацетонни сувдаги мувозанат концентрациясини ҳисоблаймиз

$$y^*_6 = 1.68 x_o = 1.68 \cdot 0.0246 = 0.0413 \text{ кмоль ацетон/кмоль ҳаво.}$$

Абсорбернинг қуйи қисмидаги концентрацияларнинг максимал фарқи

$$\Delta y_{\text{кат}} = y_6 - y^*_6 = 0.0526 - 0.0413 = 0.0113 \text{ кмоль ацетон/ кмоль ҳаво.}$$

Абсорбернинг юқори қисмидаги концентрацияларнинг минимал фарқи

$$\Delta y_{\text{кич}} = y_o - y^*_o = 0.00158 - 0 = 0.00158 \text{ кмоль ацетон/кмоль ҳаво, бу ерда } y^*_o = 0, \text{ чунки ацетонни сувдаги бошланғич концентрацияси } x_6 = 0.$$

Газ фазаси бўйича жараённи ҳаракатлантирувчи кучнинг ўртача қийматини аниқлаймиз:

$$\Delta y_{\text{ўр}} = (\Delta y_{\text{кат}} - \Delta y_{\text{кич}}) / 2.3 \lg(\Delta y_{\text{кат}} / \Delta y_{\text{кич}}) = (0.0113 - 0.00158) / 2.3 \lg(0.0113 / 0.00158) = 0.00494.$$

Масса узатиш юзасининг қийматини аниқлаймиз:

$$F = M / (K_y \Delta y_{\text{ўр}}) = 3.42 / (0.6 \cdot 0.00494) = 1154 \text{ м}^2.$$

Аппаратга юкланадиган насадка қатламининг ҳажми

$$V_n = F / \sigma = 1154 / 204 = 5.62 \text{ м}^3,$$

бу ерда $\sigma = 204 \text{ м}^2/\text{м}^3$ - насадканинг солиштирма юзаси.

Абсорбердаги газнинг ишчи тезлиги

$$\omega_n = 0.75 v = 0.75 \cdot 1.6 = 1.2 \text{ м/сек.}$$

Газнинг ишчи ҳароратдаги зичлиги

$$\rho_r = \rho_o \cdot T_o / (T_o + t) = 1.293 \cdot 273 / (273 + 20) = 1.2 \text{ кг/м}^3.$$

Абсорбернинг кўндаланг кесим юзаси

$$S = (G \rho_o) / (3600 v_n \rho_r) = 1500 \cdot 1.293 / (3600 \cdot 1.2 \cdot 1.2) = 0.374 \text{ м}^2,$$

Абсорбер корпусининг ички диаметри

$$D = (4S/\pi)^{1/2} = [(4 \cdot 0.374)/\pi]^{1/2} = 0.69 \text{ м.}$$

Аппаратга тўлдириладиган насадка қатламининг баландлиги
 $H_n = V_n / S = 5.62 / 0.374 = 15 \text{ м.}$

Тавсия этиладиган адабиётлар руйхати

Асосий адабиётлар

1. З. Салимов. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Олий ўқув юртлари талабалари учун дарслик. Т.1. - Тошкент: Ўзбекистон, 1994. - 366 б.
2. З. Салимов. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Т.2. Модда алмашилиш жараёнлари. Олий ўқув юртлари учун дарслик. - Тошкент: Ўзбекистон, 1995. - 238 б.
3. Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. Процессы и аппараты пищевой технологии. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1999. - 551 с.
4. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн.: Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. - М.: Химия, 1995. - 400 с.
5. Дитнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн.: Часть 2. Массообменные процессы и аппараты. - М.: Химия, 1995. - 368 с.
6. Юнусов И.И., Артиков А.А., Исматуллаев П.Р. Кимё ва озиқ-овқат технологиясида ЭХМ қўллаш фанидан ўқув қўлланма. - Тошкент: ТошКТИ, 2000. - 145 б.

Қўшимча адабиётлар

7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Исматуллаев П.Р. Кимё ва озиқ-овқат саноати жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва масалалар. - Тошкент: ТошКТИ, 1999. - 351 б.
8. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва б. Кимё ва озиқ-овқат саноатининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Тошкент: ТошКТИ, 2000. - 231 бет.
9. Павлов К.Ф., Романков П.Г. и др. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов/ Под ред. П.Г.Романкова. - 9-е изд., перераб. и доп. - Л.: Химия, 1991. - 560 с.
10. Романков П.Г., Курочкина М.И. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1994. - 232 с.
11. Н.Р.Юсуфбеков, Б.Э.Мухамедов, Ш.М.Ғуломов. Технологик жараёнларни бошқариш системалари. - Тошкент: Ўқитувчи, 1997. - 704 б.

Мундарижа

1	Умумий маълумотлар	3
2	Абсорбция жараёнининг мувозанати	3
3	Абсорбция жараёнининг моддий баланси	5
4	Абсорбция жараёнининг асосий тенгламаси	7
5	Абсорбция қурилмалари	8
5.1	Абсорбция ускуналари.....	8
5.2	Сирт юзали абсорберлар	9
5.3	Трубкали абсорберлар.....	11
5.4	Насадкали абсорберлар	12
5.5	Суюқликни сочиб берувчи абсорберлар	15
5.6	Суюқликни сочиб берувчи абсорберлар	21
6	Абсорберларни ҳисоблаш	22
	«Таянч» сўз ва иборалар	24
	Назорат саволлари	25
	Масала ечиш намунаси.....	26
	Тавсия этиладиган адабиётлар рўйхати	27