

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
АБУ РАЙХОН БЕРУНИЙ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ
ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

НЕФТ ВА ГАЗ ФАКУЛЬТЕТИ

НЕФТ ВА ГАЗ ИШИ КАФЕДРАСИ

**Бир қобқли буғлатиш қурилмаларини ҳисоблаш ва
лойиҳалаш**

**КИМЁВИЙ ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ВА НЕФТ - КИМЁ, НЕФТ
ВА ГАЗНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ЖАРАЁНЛАРИ ВА
АППАРАТЛАРИ
фанидан курс лойиҳасини бажариш учун
услубий қўлланма**

Тошкент - 2007

Тузувчилар: Ризаев Т.Р. , Рахмонов Т.З.

«Кимёвий ишлаб чиқариш ва нефт - кимё, нефт ва газни қайта ишлаш жараёнлари ва аппаратлари» фанидан курс лойихасини бажариш учун услубий қўлланма. Тошкент давлат техника университети. 2007 – 20 бет.

Услубий қўлланмада халқ хўжалигининг барча тармоқларида, хусусан нефть ва газни қайта ишлаш ва кимё саноатида кенг тарқалган буғлатиш қурилмаларда ҳисоблаш бўйича зарур тавсия ва йўриқлар келтирилган.

Услубий қўлланмада буғлатиш қурилмаларининг таснифи, турли конструкцияларининг камчилик ва афзалликлари, танлаш бўйича йўриқлар баён этилган, ҳамда бир қобикли буғлатиш аппаратининг ҳисоблаш тартиби мисоллар орқали ёритилган. Қўлланма ҳисобга тегишли махсус жадваллар билан тўлдирилган.

Услубий қўлланмадан «Кимёвий технология ва биотехнология», «Кимёвий технология жараёнлари ва ускуналари», «Нефтни қайта ишлаш технологияси», «Экология» ва бошқа мутахассисликлар бўйича таълим олаётган бакалавр ва магистр талабалари фойдаланиши мумкин.

Тақризчилар: ТошДТУ «Нефт ва газни қайта ишлаш технологияси» кафедраси доценти, т.ф.н. Обидов Б.О.

ТКТИ «Кимёвий технология жараёнлари ва ускуналари» кафедраси доценти, т.ф.н.. Нигматжонов С.К.

КИРИШ

Учувчан бўлмаган эритмаларнинг таркибидаги эритувчини қайнаш ҳароратида қуюқлаштириш жараёни буғлатиш деб аталади. Буғлатиш жараёнида эритманинг бутун ҳажмидан буғ ажралиб чиқади. Қайнаш ҳароратида паст ҳароратларда эса буғлатиш жараёни рўй беради. Бу жараёнларни фарқлай олиш мумкин.

1. Узлуксиз ишловчи буғлатиш қурилмаларини лойиҳалаш асослари

Лойиҳалаш учун бошланғич катталиклар

Буғлатиш қурилмаларни лойиҳалашда қуйидаги катталиклар аниқ бўлиши лозим:

а) буғланмаган сув, бошланғич эритма ёки тайёр маҳсулот бўйича йиллик унумдорлик;

б) иситувчи буғнинг катталиклари ва барометрик конденсатордаги босим;

в) эритманинг бошланғич ва охириги концент-рацияси;

г) босқичлар сони.

Буғлатиш жараёни бир ёки кўп корпусли қурилмаларда олиб борилади. Кўп корпусли қурилмаларнинг фақат биринчи корпусига иситувчи (бирламчи) буғ берилади, кейинги корпусларни иситиш учун эса олдинги корпуслардан чиққан иккиламчи буғ ишлатилади. Натижада иситувчи буғнинг умумий сарфи камаяди.

Буғлатиш қурилмаларининг таснифи.

Охириги босқичдаги иккиламчи буғнинг босимиға қараб, буғлатиш қурилмаларни қуйидагиларға ажратилади;

а) вакуум остида ишловчи;

б) босим остида ишловчи;

в) атмосфера босимида ишловчи.

Иситувчи буғ ва буғланаётган эритма оқимларнинг ўзаро ҳаракатига кўра кўп босқичли буғлатиш қурилмаларни бир неча турларға бўлинади:

а) бир хил йўналиши;

б) қарама – қарши йўналиши;

в) эритма билан параллел таъминланадиган;

г) муҳитларнинг мураккаб йўналиши оқими.

Саноатда бир хил йўналишли қурилмалар ҳам кенг ишлатилади, чунки бундай қурилмалар энг тежамли ҳисобланади.

Ускунани танлаш асослари.

Буғлатиш ускунасининг конструкцион кўриниши танлашда куйидаги талабларга асосланиш мақсадга мувофиқ:

1. Кам қовушқоклиги (қовушқоклиги $6 \div 8 \cdot 10^{-3}$ Па·с) ва тез кўпикланмайдиган эритмаларни буғлатиш учун ажратилган камерали ва эритма табиий циркуляцияланадиган ҳамда бирлик иситиш юзаси ката бўлган ускуналарни қўллаш.

2. Тез қотиб қолувчи (кристалланувчи), ўртача қовушқокли (қовушқоклиги $5 \cdot 10^{-2}$ Па·с) эритмаларни буғлатишда эритма мажбурий циркуляцияланадиган, ҳамда иситиш юзаси кичрайтириладиган ускуналардан фойдаланиш.

3. Ўта қовушқок ва кристалланмовчи эритмаларни қуюқлантиришни мажбурий циркуляцияланувчи ускуналарда амалга оширилади.

4. Тез кўпикланувчи, лекин кристалланмайдиган эритмаларни буғлатишда эритма юпка қатлам кўринишда қувур бўйлаб ҳаракатланадиган ускуналарни қўллаш.

Буғланадиган эритманинг физико – кимёвий хусусиятлари бўйича ускуналар куйидагича таснифланади:

I. а) табиий циркуляцияланувчи, иситиш камераси бир ўқда жойлашган ва эритма қувурларда қайновчи буғлатиш ускунаси. Бу ускуна иситиш юзасида чўкма ҳосил қилмайдиган эритмаларни буғлатишда қўлланилади.

б) табиий циркуляцияланувчи, иситиш камераси бир ўқда жойлашган ва қайнаш камерали ташқарида ўрнатилган буғлатиш ускунаси. Бу ускуна яхши эримайдиган, механик усулда тозаланадиган чўкма ҳосил қилувчи, кўпикланувчи эритмаларни буғлатишда қўлланилади.

II. Табиий циркуляцияланувчи, ажратилган иситувчи камерали ва эритма қувурларда қайновчи буғлатиш ускунаси. Бу ускуна яхши эримайдиган, механик усулда тозаланган чўкма ҳосил қилмайдиган эритмаларни буғлатишда қўлланилади.

III. а) мажбурий циркуляцияланувчи, иситиш камераси бир ўқда жойлашган ва эритма қувурларда қайновчи буғлатиш ускунаси. Бу ускуна ўта қовушқок, лекин чўкма ҳосил қилмайдиган эритмаларни буғлатишда қўлланилади.

б) мажбурий циркуляцияланувчи, иситиш камераси бир ўқда жойлашган ва қайнатиш камераси ташқарида ўрнатилган

буғлатиш эритмаси. Бу ускуна осон ювиладиган, эрувчи чўкма ҳосил қилувчи қовушқоқ эритмаларни буғлатишда қўлланилади.

IV. Мажбурий циркуляцияланувчи иситиш камераси ва қайнаш зонаси ташқарисида жойлашган буғлатиш ускунаси. Бу ускуна иситиш юзасида эримайдиган, механик усулда тозаланадиган қовушқоқ эритмаларни буғлатишда қўлланилади.

V. Эритманинг юпқа қатлами юқорига ҳаракатланувчи, иситиш камераси бир ўқда жойлашган буғлатиш ускунаси. Бу ускуна кўпикланувчи, иситиш юзасида чўкма ҳосил қилувчи ва ҳароратга турғун эритмаларни буғлатишда қўлланилади.

1.4. Буғлатиш қурилмаларининг схемалари.

Эритмани қуюқланувчи асосий вазифаси бўлишига қарамай, буғлатиш қурилмаларни бошқа вазифаларни ҳам бажаради. Корхонани турли босимдаги иккиламчи буғ билан таъминлаш; буғ қозонлари учун конденсат тайёрлаш ва бошқа технологик мақсадлар учун ҳам қўлланилиши мумкин.

Оддий кўринишдаги буғлатиш қурилмаси – бу бир қобиқли буғлатиш ускунасидир.

Бундай ускуналар даврий ва узлуксиз тарзда ишлаши мумкин.

Мисол учун, аммиакли ўғит эритмасини буғлатишда узлуксиз ишловчи буғлатиш қурилмаси қўлланилади.

2. Узлуксиз ишловчи буғлатиш қурилма-ларини ҳисоблаш

Узлуксиз ишловчи ускуналарда иш катталиклари доимий бўлгалиги сабабли ўзгармас технологик режим ҳосил қилиш имконияти мавжуд.

Технологик ҳисоблашнинг асосий мақсади – иссиқлик алмашилиш юзасини аниқлашдир.

Ҳисоблаш тартиби тушунарли бўлиши учун аниқ топширик асосида бажарилган мисол кўринишида амалга оширамиз.

2.1. Бир қобиқли буғлатиш қурилмасини ҳисоблаш лойиҳалаш учун топширик:

Бошланғич эритма бўйича унумдорлиги $G_e = 5 \frac{\text{тонна}}{\text{соат}}$ бўлган, аммиакли ўғит NH_3NO_3 эритмасини бошланғич $w_6 = 9\%$ дан,

охирги $v_{ox} = 30\%$ гача буғлатиш учун мўлжалланган бир қобикли буғлатиш қурилмаси ҳисоблансин.

Барометрик конденсатордаги босим $P_{6к} = 0,5$ атм

Иситувчи сув буғининг босими $P_6 = 4$ атм.

Ҳисоблаш:

1. Моддий баланс тенгласига асосланиб, қурилманинг буғланган сув бўйича унумдорлигини топамиз:

$$W = G_6 \left(1 - \frac{v_6}{v_{ox}} \right) \quad (1)$$

$$W = \frac{5000}{3600} \left(1 - \frac{5}{30} \right) = 1,39 \cdot 0,84 = 1,16 \text{ кг} / \text{с}$$

2. Қурилманинг буғлатилган /қуюқлаштирилган/ эритма бўйича унумдорлигини топамиз:

$$G_{ox} = G_6 - W$$

$$G_{ox} = \frac{5000}{3600} - 1,16 = 1,39 - 1,16 = 0,23 \text{ с} \quad (2)$$

3. Қуюқлаштирилган эритманинг концентрацияси берилмаган бўлса, қуйидаги тенглама орқали топилиши мумкин;

$$v_{ox} = \frac{G_6 \cdot v_6}{G_6 - W} \quad (3)$$

4. Эритманинг қайнаш ҳароратини аниқлаймиз: ҳароратини аниқлаймиз:

Ускуна қобиғида температура самарасини топиш учун ҳарорат йўқотишларини ташкил этувчи ҳарорат депрессияси Δ^I , гидростатик депрессия Δ^{II} ва гидравлик депрессия Δ^{III} ларини аниқлаш талаб этилади.

Ҳарорат депрессиясининг қийматлари атмосфера босимида махсус адабиётларнинг жадвалларидан топилади:

$$\Delta^I = 1,62 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{r} \Delta^I_{атм} \quad (4)$$

Бу ерда T – тоза эритувчининг берилган босимдаги қайнаш ҳарорати, K ; r – тоза эритувчининг берилган босимдаги буғлатиш иссиқлиги, $кЖ/кг$; $\Delta^I_{атм}$ - атмосфера босимидаги ҳарорат депрессияси K

Бизнинг ҳолат учун 9%ли NH_4NO_3 эритмасининг атмосфера босимдаги қайнаш ҳароратини адабиёт ([3] жадвал XXXVI) дан топамиз. Унга кўра эритманинг қайнаш ҳарорати - $T_k^{эп} = 101^0\text{C}$

Эритувчи (сув)нинг атмосфера босимидаги қайнаш температураси $T_k^{суб} = 100^0\text{C}$. Демак, ҳарорат депрессияси

$$\Delta^I = T_k^{эп} - T_k^c = 101 - 100 = 1^0\text{C} = 1\text{K}$$

Гидростатик депрессия Δ^{II} миқдори гидростатик эффект таъсирида эритманинг қайнаш ҳароратини ортишини ифодалайди. Унинг қийматини ҳисоблаш қийин бўлганлиги сабабли тажриба натижаларидан фойдаланилади. Вертикал жойлашган қурилмалар учун Δ^{II} нинг миқдори $\Delta^{II} = 1 \div 3^0\text{C}$ оралиғида бўлади [1]. Шу сабабли:

$$\Delta^{II} = 2^0\text{C} = 2^0\text{K} \text{ деб қабул қиламиз.}$$

Гидравлик депрессия миқдори Δ^{III} гидравлик қаршилик миқдорига боғлиқ. Унинг қиймати $0,5 \div 1,5$ оралиғида қабул қилинади. Буни эътиборга олиб,

$$T_k = T + \Delta^I + \Delta^{II} + \Delta^{III} \quad (5)$$

Миқдордаги (5) тенгламага қўйиб ҳисоблаймиз:

$$T_k = 89 + 1 + 2 + 1 = 93^0\text{C}$$

5. Иссиқлик узатиш коэффициентини ҳисоблаш

Эритманинг концентрацияси ва аниқланган қайнаш ҳароратига боғлиқ ҳолда, мос адабиётларнинг жадвалларидан эритманинг физиавий катталиклари – зичлиги, иссиқлик ўтказувчанлиги, иссиқлик сиғими ва қовушқоклиги топилади.

Адабиёт [3] нинг XXXIX жадвалидан 9% NH_4NO_3 эритманинг 93^0C ҳароратидаги физикавий катталикларини танлаб оламиз:

Эритма зичлиги – $\rho_{эп} = 1051 \text{ кг/м}^3$;

Иссиқлик ўтказувчанлиги – $\lambda = 0,517 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$

Қовушқокликнинг динамик коэффициенти – $\mu = 0,402 \cdot 10^{-3}$

Па·с

Сарф таранглик коэффициенти – $\delta = 65,3 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$

Қайноқ эритма учун иссиқлик бериш коэффициенти вертикал қувурлар учун куйидаги тенглама орқали топилади [3]:

$$\alpha_3 = \epsilon \left(\frac{\lambda}{\mu G T_k} \right)^{1/3} \cdot q^{2/3} \quad (6)$$

бу ерда ϵ – суюклик ва буғнинг зичликлари нисбатига боғлиқ бўлган коэффициент, унинг қиймати иловада келтирилган график асосида ёки қуйидаги тенглама орқали топилади:

$$\epsilon = 0,075 \left[1 + 10 \left(\frac{\rho_c}{\rho_b} - 1 \right)^{-2/3} \right] \quad (7)$$

$$\epsilon = 0,075 \left[1 + 10 \left(\frac{1051}{0,224} - 1 \right)^{-2/3} \right] = 0,078$$

Олинган қийматни (6) тенгламага қўйиб ҳисоблаймиз:

$$\alpha_3 = 0,078 \left(\frac{0,517^2 \cdot 1051}{0,402 \cdot 10^{-3} \cdot 65,3 \cdot 10^{-3} \cdot 366} \right)^{1/3} \cdot q^{2/3} = 2,4 \cdot q^{2/3}$$

Конденсацияланаётган иситувчи буғ учун иссиқлик бериш коэффициенти [3] адабиётда келтирилган тенглама орқали топилади:

$$\alpha_\epsilon = 1,21 \lambda_\epsilon \left(\frac{\rho_k^2 \cdot r g}{\mu \cdot H} \right)^{1/3} \cdot q^{-1/3} \quad (8)$$

Бу ерда λ – сув буғининг иссиқлик ўтказувчанлиги,

$\lambda_\epsilon = 0,683$ Вт/(м·К);

ρ_k – конденсатнинг зичлиги,

$$\rho_k = 957 \text{ кг/м}^3$$

μ – сув буғи қовушқоклигини динамик коэффициенти,

$$\mu_k = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ Па·с};$$

H – иситиш қувурининг узунлиги, уни $H = 4$ м га тенг деб қабул қиламиз.

r – конденсациялаш ёки буғ ҳосил бўлишининг солиштирма иссиқлиги,

$$r = 2257 \text{ кДж/кг}$$

Олинган микдорларни (8) тенгламага қўйиб, ҳисоблаймиз:

$$\alpha_{\delta} = 1,21 \cdot 0,683 \left(\frac{957^2 \cdot 2257 \cdot 10^3 \cdot 9,81}{0,278 \cdot 10^{-3} \cdot 4} \right)^{1/3} q^{-1/3} = 2,17 \cdot 10^5 q^{-1/3}$$

Қувур деворининг ва ифлосликларнинг термик қаршилиги қуйидагича топилади:

$$\sum r_g = \frac{\delta}{\lambda} + r_{иф.1} + r_{иф.2} \quad (9)$$

Бу ерда δ – қувур деворининг қалинлиги, мм. Қувур диаметри 20 мм ва 25мм бўлганда, унинг қиймати 2 мм га тенг.

λ – девор материали (металл)нинг иссиқлик ўтказувчанлиги махсус адабиётларнинг жадвалидан [3] топилади.

Углеродли пўлатлар учун $\lambda = 46,5$ Вт/(м·К)

$r_{иф.1} - r_{иф.2}$ – сувли NH_4NO_3 эритмаси ва сув буғи учун девор ифлосликларининг иссиқлик ўтказиш микдорларини [3] адабиёт жадвалларидан топамиз.

$$r_{иф.1} = r_{иф.2} = \frac{1}{5800} \text{ Вт/(м·К)}$$

Олинган қийматларни (9) тенгламага қўйиб, ҳисоблаймиз:

$$\sum r_{\text{дев}} = \frac{0,002}{46,5} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{5800} = 3,88 \cdot 10^{-4} (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$$

Иссиқлик узатиш коэффицентини қуйидаги тенгламадан ҳисоблаймиз [1]:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\delta}} + \sum r_g + \frac{1}{\alpha_3}}$$

$$K = \frac{1}{2,17 \cdot 10^5 q^{-1/3} + 3,88 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{2,43 q^{2/3}}} \quad (10)$$

2.3 Солиштира иссиқлик миқдорини ҳисоблаш

Солиштира иссиқлик миқдорини топиш учун қуйидаги тенгламадан фойдаланиш мумкин [3]:

$$q = K\Delta t_{yp} = \frac{21,7}{0,461 \cdot 10^{-5} \cdot q^{-0,33} + 3,88 \cdot 10^{-4} + 0,412q^{0,67}} \quad (11)$$

Математик усул орқали қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$0,461 \cdot 10^{-5} q^{0,67} + 3,88 \cdot 10^{-4} q + 0,412q^{1,67} - 21,7 = 0$$

Бу тенгламани ечиш учун q нинг турли қийматлари бериледи ва тенгламани қаноатлантирувчи қийматқабул қилинади. Шу амални бажариш орқали тенгламанинг чап томони $q = 21000$ Вт/м бўлганда 0 га тенг бўлишини аниқлаймиз.

Бундан иссиқлик узатиш коэффициентини K нинг қийматини аниқлаш мумкин:

$$K = \frac{q}{\Delta t_{yp}} \quad (12)$$
$$K = \frac{21000}{21,7} = 968 \text{ (} m^2 \cdot K \text{) / } Wm$$

2.4. Иссиқлик балансини тузиш

2.4.1. Буғлатиш ускунасидаги иссиқлик сарфини аниқлаймиз:

$$Q = W \cdot r ;$$
$$Q = 1,16 \cdot 2307 \cdot 10^3 = 2676120 \text{ Вт}$$

2.4.2. Иситувчи буғ сарфини топамиз:

$$G_{u.б} = \frac{Q}{r_б} ;$$

бу ерда $r_б$ – солиштира иссиқлик сиғими, кЖ/кг [3] адабиётнинг жадвали орқали босими 4ат ва ҳарорати 142,9⁰С бўлган буғ конденсатланишининг солиштира сиғимини аниқлаймиз:

$$r_б = 2141 \cdot 10^3 \text{ Ж/кг}$$

бундан

$$G_{u.б} = \frac{2676120}{2141 \cdot 10^3} = 1,24 \text{ кг / с}$$

2.4.3. Буғнинг солиштира сарфини аниқлаймиз;

$$q = \frac{G_{u.б.}}{W} = \frac{1,24}{1,16} = 1,1 \text{ кг / кг}$$

2.4.4. Пропорционаллик омили - $\frac{Q}{K}$ нисбатни топамиз;

$$\frac{Q}{K} = \frac{2676120}{968} = 276$$

2.4.5. Иссиқлик алмашиниш юзасини аниқлаймиз:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t};$$
$$F = \frac{2676120}{968 \cdot 93} = 29,7 \approx 30 \text{ м}^2$$

3. Барометрик конденсаторни ҳисоблаш

Буғлатиш қурилмаларида вакуум ҳосил қилиш учун одатда барометрик қувурли аралаштирувчи конденсаторлар қўлланилади. Совитгич агент сифатида конденсаторга ҳарорати атроф – муҳит ҳароратига тенг (20°C аторофида) сув берилади. Совитувчи сув ва конденсат аралашмаси конденсатордан барометрик қувур орқали чиқарилади. Қурилмада вакуумни ўзгарма ҳолда ушлаб туриш учун вакуум – насос ёрдамида конденсатордан конденсацияланмайдиган газлар сўриб олинади.

3.1. Совитувчи сув сарфини аниқлаш

Совитувчи сув сарфи конденсаторнинг иссиқлик баланси бўйича топилади:

$$G_c = \frac{W(J_{\bar{o}.k} - C_c t_{ox})}{C_c(t_{ox} - t_{\bar{o}ou})}$$

W – конденсаторга кириб келаётган иккиламчи буғ сарфи, кг/сек;

J – иккиламчи буғнинг энтальпияси, Ж/кг;

C – сувнинг ўртача солиштира иссиқлик сифими Ж/(кг·К);

$t_{\bar{o}ou}$ – сувнинг бошланғич ҳарорати, $^{\circ}\text{C}$ ёки К;

t_{ox} – сувнинг охириги (конденсатордан чиқишдаги) ҳарорати берилаётган буғ ҳароратидан камида $3 \div 5$ °C паст бўлиши лозим. Буни эътиборга олиб, конденсаторнинг ҳароратини топамиз:

$$t_{ox} = t_{ок} - 4,0 = 89 - 4 = 85^{\circ}\text{C}$$

Бундан:

$$G_c = \frac{1,16(2307000 - 4,16 \cdot 10^3 \cdot 85)}{4,16 \cdot 10^3 (85 - 20)} = 8,34 \text{ кг/с}$$

3.2. Барометрик конденсаторнинг диаметрини ҳисоблаш

Барометрик конденсаторнинг диаметри сарф тенгламаси орқали топилади:

$$d_{ок} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,16}{0,98 \cdot 20 \cdot 3,14}} = \sqrt{\frac{4,64}{61,5}} = 0,275 \text{ м}$$

Қабул қилинган нормал [4] бўйича барометрик конденсаторнинг диаметрини ҳисобий қийматига ёки унга энг яқин катта диаметрга тенглаштириб олиш керак. Шунга асосланиб, конденсатор диаметрини $d_{ок} = 500$ мм ([3] 5 - илова) қабул қиламиз.

3.3. Барометрик қувурнинг баландлигини ҳисоблаш

Нормалдаги ўлчамларга асосан [4] барометрик қувурнинг ички диаметри $d_{ок} = 125$ мм.

Барометрик қувурдаги сувнинг тезлиги қуйидагича топилади:

$$V_c = \frac{4(G_c + W)}{\rho_c^n d_{ок}^2};$$

$$V_c = \frac{4(8,34 + 1,16)}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,125^2} = 0,77 \text{ м/с}$$

Барометрик қувурнинг баландлиги қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$H_{ок} = \frac{B}{\rho_c \cdot g} + \left(1 + \sum \xi + \lambda \frac{H_{ок}}{d_{ок}}\right) \frac{V_c^2}{2g} + 0,5$$

бу ерда $\sum \xi$ – маҳаллий қаршилик коэффициентларнинг йиғиндиси;

B – барометрик конденсатордаги вакуум (сийракланиш) миқдори;

λ – ишқаланиш қаршилиги коэффициенти:

Вакуум миқдори қуйдагича топилади:

$$V = P_{\text{атм}} - P_{\text{бк}};$$

$$V = 9,8 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^4 = 4,8 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

Маҳаллий қаршилик коэффициентларни ҳисобга олиши керак. Барометрик қувурр учун қувурга кириш ва чиқишда маҳаллий қаршилик вужудга келади. Адабиёт [2] да келтирилган жадвал қийматлари асосида қувурга кириш ва ундан чиқишдаги маҳаллий қаршилик коэффициентларини топамиз.

$$\xi_k = 0,5; \quad \xi_r = 1,0$$

Демак,

$$\sum \xi_M = \xi_k + \xi_r = 0,5 + 1,0 = 1,5$$

Ишқаланиш қаршилиги коэффициенти, суюкликнинг ҳаракат режимига боғлиқ бўлади. Шунинг учун, барометрик қувурдаги сувнинг ҳаракат режимини аниқлаш лозим. Ҳаракат режими қуйидагича аниқланади:

$$Re = \frac{v_c d_{\text{бм}} \rho_c}{\mu_c}$$

$$Re = \frac{0,77 \cdot 0,125 \cdot 1000}{0,54 \cdot 10^{-3}} = 1780000$$

[1] адабётдаги 1,5 – расмда келтирилган диаграммадан фойдаланиб, силлик қувурлар учун Re нинг бу қийматига мос келувчи λ миқдорини топамиз. Унга кўра $\lambda = 0,027$.

Олинган қийматларни тенгламага қўйиб:

$$H_{\text{б.м.}} = \frac{4,8 \cdot 10^4}{1000 \cdot 9,81} + \left(1 + 1,5 + 0,027 \frac{H_{\text{бм}}}{0,125} \right) \cdot \frac{0,77^2}{2 \cdot 9,8} + 0,5 =$$

$$= 4,9 + 0,04 + 0,06 + 0,001 H_{\text{бм}}^{+0,5} = 5,5 + 0,001 H_{\text{бм}}$$

Бу ердан барометрик қувурнинг узунлигини топсак:

$$H_{\text{бт}} = 5,6 \text{ м.}$$

**Тўйинган сув буғининг босимга боғлиқлик хусусиятлари
[2]**

Босим (абсолют), ат	Харорат, °С	Солиштирма, оғирлик м³/кг	Зичлик кг/м³	Суюқликнинг солиштирма энтальпияси кЖ/кг	Буғнинг солиштирма энтальпияси кЖ/кг	Буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги кЖ/кг
0,1	6,6	131,60	0,00760	27,7	2506	2478
0,015	12,7	89,64	0,01116	52,2	2518	2465
0,02	17,1	68,27	0,01465	71,6	2526	2455
0,025	20,7	55,28	0,01809	86,7	2533	2447
0,03	23,7	46,53	0,02149	99,3	2539	2440
0,04	28,6	35,46	0,02820	119,8	2548	2429
0,05	32,5	28,73	0,03481	136,2	2558	2420
0,06	35,8	24,19	0,04133	150,0	2562	2413
0,08	41,1	18,45	0,05420	172,2	2573	2400
0,10	45,4	14,96	0,06686	190,2	2581	2390
0,12	49,0	12,60	0,07937	205,3	2588	2382
0,15	53,6	10,22	0,09789	224,6	2596	2372
0,20	59,7	7,977	0,1283	250,1	2607	2358
0,30	68,7	5,331	0,1876	287,9	2620	2336
0,40	75,4	4,072	0,2456	315,9	2632	2320
0,50	80,9	3,304	0,3027	339,0	2642	2307
0,60	85,5	2,785	0,3590	358,2	2650	2296
0,70	89,03	2,411	0,4147	375,0	2657	2286
0,80	93,0	2,128	0,4699	389,7	2663	2278
0,90	96,2	1,906	0,5246	403,1	2668	2270
1,0	99,1	1,727	0,5790	415,2	2677	2264
1,2	104,2	1,457	0,6865	437,0	2686	2249
1,4	108,7	1,261	0,7931	456,3	2693	2237
1,6	112,7	1,113	0,898	473,1	2703	2227
1,8	116,3	0,997	1,003	483,6	2709	2217
2,0	119,6	0,903	1,107	502,4	2710	2208

2 – жадвал

**Атмосфера босимида қайновчи баъзи сувли
эритмаларнинг концентрацияси (масс.%да) [2].**

Эриган мода	101	102	103	104	105	107	110	115	120	125	140	160	180	200	220	240	260	280	300
CaCl ₂	5,66	10,31	14,16	17,36	20,00	24,34	29,33	35,68	40,38	45,80	57,89	68,94	75,85	-	-	-	-	-	-
KOH	4,49	8,51	11,97	14,82	17,01	20,88	25,65	56,97	36,51	40,23	48,05	54,89	60,41	64,91	68,73	72,46	75,76	78,95	81,63
KCl	8,42	14,31	18,96	23,02	26,57	32,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K ₂ CO ₃	10,31	18,37	24,24	28,57	32,24	37,69	43,97	56,86	56,04	60,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KNO ₃	13,19	23,66	32,23	39,20	45,10	54,65	65,34	79,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MgCl ₂	4,67	8,42	11,66	14,31	16,59	20,32	24,41	29,48	33,07	36,02	38,61	-	-	-	-	-	-	-	-
MgSO ₄	14,31	22,78	28,31	32,23	35,32	42,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH	4,12	7,40	10,15	12,51	14,53	18,32	23,08	26,21	33,77	37,38	45,32	60,13	69,97	77,53	84,03	88,89	93,02	95,92	98,47
NaCl	6,19	11,03	14,67	17,69	2,32	25,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaNO ₃	8,26	15,61	21,87	27,53	32,43	40,47	49,87	60,94	68,94										
Na ₂ SO ₄	15,26	24,81	30,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ CO ₃	9,42	17,12	23,71	29,18	33,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CuSO ₄	26,95	39,98	40,83	44,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZnSO ₄	2,00	31,22	37,89	42,92	46,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH ₄ NO ₃	9,09	16,66	23,08	29,08	34,21	42,53	51,92	63,24	71,16	77,1	87,09	93,20	96,00	97,61	98,84				
NH ₄ Cl	6,10	11,35	15,96	19,80	22,89	28,37	35,98	-											
(NH ₄) ₂ SO ₄	13,34	23,14	30,65	30,71	41,79	49,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Турли концентрация (масса % да) ва ҳароратда сувли эритмаларнинг сирт таранглиги G , зичлиги ρ ва қовушқоклиги μ [3]

Эриган модда	Ҳарорат	G , н/м				Концентрация	μ , МПа·С			
		ρ , кг/м ³ ($t = 20^{\circ}\text{C}$ да)					20 ^o C	30 ^o C	40 ^o C	50 ^o C
		5%	10%	20%	50%					
NaOH	20	$74,6 \cdot 10^{-3}$	$77,3 \cdot 10^{-3}$	$85,8 \cdot 10^{-3}$	-	5	1,3	1,05	0,85	-
	20	1054	1109	1219	1525	15	2,78	2,10	1,65	-
						25	7,42	5,25	3,86	-
NaCl	18	$74,0 \cdot 10^{-3}$	$75,5 \cdot 10^{-3}$	-	-	5	1,07	0,87	0,71	0,51
	20	1034	1071	1148	-	15	1,34	1,07	0,69	0,64
						25	1,86	-	-	-
Na ₂ SO ₄	18	$73,8 \cdot 10^{-3}$	$75,2 \cdot 10^{-3}$	-	-	10	1,29	-	-	-
	20	1044	1092	1192	-					
NaNO ₃	30	$72,1 \cdot 10^{-3}$	$72,8 \cdot 10^{-3}$	$74,7 \cdot 10^{-3}$	$79,8 \cdot 10^{-3}$	10	1,07	0,88	0,72	0,54
	20	1032	1067	1143	-	20	1,18	1,03	0,86	0,62
						30	1,33	1,3	1,17	0,79
KCl	18	$73,6 \cdot 10^{-3}$	$74,8 \cdot 10^{-3}$	$77,3 \cdot 10^{-3}$	-	5 15 25	0,99	0,8	0,66	0,48
	20	1030	1063	1133	-		1,0	0,83	0,69	0,52
							1,02	0,85	0,72	0,54
K ₂ CO ₃	10	$75,8 \cdot 10^{-3}$	$77,0 \cdot 10^{-3}$	$79,2 \cdot 10^{-3}$	$106,4 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	-	-
	20									
NH ₄ NO ₃	100	$59,2 \cdot 10^{-3}$	$60,1 \cdot 10^{-3}$	$61,6 \cdot 10^{-3}$	$67,5 \cdot 10^{-3}$	10	0,96	0,79	0,66	0,5
	20	1019	1040	1038	1226	30	1,0	0,84	0,73	0,57
						50	1,33	1,14	0,99	0,77
MgCl ₂	18	$73,8 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	10	1,5	-	-	-
	20	1040	1082	1171	-	20	2,7	-	-	-
						35	10,1	-	-	-
NH ₂ Cl	18	$73,3 \cdot 10^{-3}$	$74,5 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	-	-	-	-
	20	1014	1092	1188	-	-	-	-	-	-
KOH	20	1045	1092	1188	-	-	-	-	-	-
CaCl	18	$73,7 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	10	1,5	-	-	-
	20	1014	1084	1178	-	20	2,7	-	-	-
						35	10,1	-	-	-

**Атмосфера босими остидаги сувли эритмаларнинг
харорат депрессияси [3]**

Эритманинг номланиши	Эритманинг концентрацияси, % масс.										
	10	20	30	35	40	45	50	55	60	70	80
CaCl	15	4,5	10,5	14,5	19,0	24,3	30,0	36,5	43,0	60,0	-
Ca(NO ₃) ₂	1,1	2,5	4,3	5,4	6,7	8,3	10,0	13,2	17,2	31,2	49,2
CuSO ₄	0,3	0,6	1,4	2,4	3,1	4,2	-	-	-	-	-
FeSO ₄	0,3	0,7	1,3	1,6	-	-	-	-	-	-	-
KCl	1,3	3,3	6,1	8,0	-	-	-	-	-	-	-
KNO ₃	0,9	2,0	3,2	3,8	4,5	5,2	6,1	7,2	8,5	11,6	-
KOH	2,2	6,0	12,2	17,0	23,6	33,0	45,0	60,4	78,8	126,5	190,3
K ₂ CO ₃	0,8	2,2	4,4	6,0	8,0	10,9	14,6	19,0	24,0	-	-
MgCl ₂	2,0	6,6	15,4	22,0	-	-	-	-	-	-	-
MgSO ₄	0,7	1,7	3,4	4,8	7,0	-	-	-	-	-	-
NH ₄ Cl	2,0	4,3	7,6	9,6	11,6	14,0	-	-	-	-	-
NH ₄ NO ₃	1,1	2,5	4,0	5,1	6,3	7,5	9,1	11,0	13,2	19,0	28,0
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,7	1,6	2,9	3,7	4,7	5,9	7,7	-	-	-	-
NaCl	1,9	4,9	9,6	-	-	-	-	-	-	-	-
NaNO ₃	1,2	2,6	4,5	5,6	6,8	8,4	10,0	12,0	-	-	-
NaOH	2,8	8,2	17,0	22,0	28,0	35,0	42,2	50,6	59,6	79,6	106,6
Na ₂ CO ₃	1,1	2,4	4,2	5,3	-	-	-	-	-	-	-
NaSO ₄	0,8	1,8	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-

Сууюклик буғларининг босими [4]

Сууюкликнинг номланиши	Босим, мм. сим.уст.													
	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C	110°C	120°C	130°C
Анилин	-	-	-	-	-	2,4	5,7	10,6	18	29,2	45,7	69,2	96,6	145
Ацетон	66,8	116	185	283	422	613	861	1190	1611	2142	2797	3594	4547	5670
Бензол	26,5	45,4	74,7	118	181	269	389	547	754	1016	1344	1748	2238	2825
Бутил спирт	-	-	4,4	9,5	18,6	33,7	59,1	112	165	255	386	572	833	1150
Сув	4,6	9,2	17,5	31,8	55,3	92,5	149	234	355	526	760	1075	1489	2026
Дихлор этан	20,7	34,1	60,5	97,7	152	229	338	480	664	906	1220	16000	2040	2580
Изопропил спирт	8,9	17	32,4	59,1	106	177	289	255	692	1021	1460	2020	2790	3800
Метил спирти	29,6	54,7	96	160	261	406	625	927	1341	1897	2621	2651	4751	6242
Чумоли кис.	-	18,9	33,1	52,2	82,6	126	190	280	398	552	753	-	-	-
Нитробензол	-	-	-	-	-	-	-	4,8	7,5	12,9	20,9	32,5	48	69,5
Олтингугуртли углерод	128	198	298	435	618	857	1165	1552	2033	2619	3385	4220	5250	6440
Толуол	9,7	18,2	25,5	39,65	64	98	147	204	299	408	571	751	973	1350
Уксус кислота	-	-	11,7	20,6	34,8	56,6	88,9	136	202	294	417	581	294	1068
Фенол (эритма)	-	-	-	-	-	2	4,2	8,4	14,7	24,6	40,4	64,7	99,2	145
Хлор бензол	2,5	4,9	8,8	15,5	26	42	65,5	97,9	145	208	293	403	543	719
Хлороформ	61	101	106	246	366	526	740	1019	1403	1865	2429	3111	3926	4885
Тўрт хлорли углерод	33	56	91	143	216	317	451	622	843	1122	1463	1880	2391	3002
Этилацетат	24,3	42,7	72,8	119	186	282	415	596	833	1130	1515	1995	2585	3300
Этил спирти	12,2	23,6	439	78,8	135	222	353	543	813	1187	1692	2360	3223	4320

Суюқликларнинг буглатиш иссиқлиги [4]

Суюқликнинг номланиши	Буглатиш иссиқлиги, ккал/кг							
	0°С	20°С	40°С	60°С	80°С	100°С	120°С	140°С
Суоқ аммиак	302	284	263	238	208	169	113	-
Ацетон	135	132	128	124	118	113	107	100
Бензол	107	104	101	97,5	94,3	90,5	86,7	82,6
Бутил спирти	168	164	160	156	151	146	140	134
Олтингугурт икки оксиди	91,9	84	76	67,6	59	50	39,9	31,4
Изопропил спирт	185	179	173	167	160	152	144	133
Метил спирти	286	280	273	265	253	242	227	213
Олтингугуртли углерод	89,4	87,6	85,1	82,2	79,1	75,5	71,7	67,4
Толуол	99	97,3	95,1	92,8	90,5	88	85,2	82,1
Уксус кислотаси	-	84,1	87,2	89,6	91,6	93,1	93,2	91,8
Фреон Ф – 12	37	34,6	31,6	27,9	23,3	16,2	7,5	-
Хлор	63,6	60,4	56,9	53	48,4	42,2	33,3	17
Хлоробензол	89,7	88,2	86,5	84,6	82,7	80,7	78,7	76,5
Хлороформ	64,8	62,8	61	59,1	57,2	55,2	53,2	51,2
Турт хлорли углерод	52,1	51	49,7	48,2	46,2	44,3	42,3	40,1
Этилацетат	102	98,2	95,3	92,1	88,7	84,0	80,6	75,7
Этил спирти	220	218	215	210	203	194	182	170
Этил эфири	92,5	87,5	82,7	77,9	72,5	67,4	61,4	54,5

Изох: Си ўлчам бирлиги тизимига ўтказиш коэффициенти:
 [ккал/кг x 4190=ж/кг]

Фойдаланилган адабиётлар

1. Салимов З «Кимёвий технология жараёнлари ва ускуналари»
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии» - Л.: Химия, 1976.
3. Дытнерский Ю.И Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию – М.: Химия, 1983
4. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии – М.:ГНТИ химической литературы, 1982.