

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ
Ш. ЕСЕНОВ АТЫНДАҒЫ КАСПИЙ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНОЛОГИЯ
ЖӘНЕ ИНЖИНИРИНГ УНИВЕРСИТЕТІ**

Мұнай және Газ институты

«Энергетика» кафедрасы

Ержанов К.Ш., Тугерова Г.Б.

«Жылу техникалық процестер және қондырғылар» пәнінен
050717 «Жылу энергетика» мамандықтарына
практикалық сабақтардан әдістемелік нұсқау

АКТАУ, 2010 ж.

«Жылутехникалық процестер және қондырғылар» пәнінен 050717
«Жылуэнергетика» мамандықтарына практикалық сабақтардан методикалық
нұсқауды дайындағандар «Энергетика» кафедрасының меңгерушісі Ержанов
К.Ш. және аға оқытушысы Тугерова Г.Б. Ақтау., 2010ж., 38б.

Рецензент т.ғ.д. Сугиров Д.У.

«Жылутехникалық процестер және қондырғылар» атты әдістемелік нұсқауда
есептер, оның шығару жолдары, әдістемелік ұсыныстар, тапсырмалар,
әдебиеттер тізімі берілген

Бұл нұсқау «Жылутехникалық процестер және қондырғылар» пәнінен 050717
«Жылуэнергетика» мамандықтарының күндізгі және сырттай оқитын
стдунттеріне арналған.

Каспий Мемлекеттік Технологиялар және Инжиниринг Университетінің Оқу
Әдістемелік Кеңесі шешімімен баспаға ұсынылды.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе.....	4
1. Әдістемелік нұсқаулар	5
2. Жылу алмастырғыштарды есептеудің реті	6
3. Тоназытқыш есебі.....	12
4. Конденсатор есебі	21
5. Қайнатқыштың есебі	28
Пайдаланған әдебиеттер тізімі.....	36

КІРІСПЕ

Жылу алмастырғыш аппараттарды жылулық есептеме негізгі қажетті элемент жылу алмастырғыш қоюларды жобалауда болып табылады. Жылу алмастырғыштар әр түрлі түрдің қолдан өнеркәсіптерінде: тоназытқыш, жылытқыштар, конденсаторлар, буландырғыш-қайнатқыштар. Мақсаттық тағайындау олардың ішінен сүйене бер жылу алмастырғышына атау.

1 ӘДІСТЕМЕЛІК НҰСҚАУЛАР

Жылу алмастырғыштар (шалағай) жинағыш, (жылу жинайтын қондырғымен) регенерацияға, араластырудың жылу алмастырғыштары, жылулық құбырларға жіктеледі.

Әдістемелік нұсқауда орнатылған режимде үзіліссіз әсер ететін жылу қарастырылған.

Типтік есептердің құрамы.

1. Жылуалмастырғыштар және регенераторлар есебі.
2. Аралас жылуалмастырғыштар есебі.
3. Жылу құбырлары
4. Стационарлы емес және өту режимдеріндегі жылуалмастырғыштар .
5. Аэрогидродинамикалық, термомеханикалық есебі

2. Жылу алмастырғыштарды есептеудің реті

Жинағыш жылу алмастырғыш аппараттардың негізгісі мінездеме жылу жіберуші беті немесе айырбастың беті болып табылады. Оның шамасынан жылу алмастырғыштардың геометриялық өлшемдері, олардың жасауы, монтаждау және пайдалануды құндарға тәуелді болады.

Жылулық есептеу кезінде бастапқы деректер ретінде: екі жылу шығаратын заттарды, жылу шығаратын заттардың бірі және температураның шығыны кіруге және аппараттан шығатын есікте болып табылады.

Жылу алмастырғыш бетінің есептеуі келесі негізгі этаптардан тұрады:

1. Жылу сақтаушылардың орташа температурасы, орташа қозғалу күші және аппараттың жылу жүктемесін анықтау.
2. Жылу балансындағы екінші заттың шығынын анықтау.
3. Жылу алмастырғыш бетінің ауданын анықтау және де жылу алмастырғыш құбырларының өлшемін таңдау.
4. Жылуалмастырғыштарды берілген параметрлер бойынша таңдау.
5. Жылу берілістің коэффициентін анықтау

2.1. ЖЫЛУ БЕРІЛІСТІҢ КОЭФФИЦИЕНТТЕРІН АНЫҚТАУ

Инженерлік тәжірибеде жылу беріліс процессінің критериалдық теңдеуі қолданылады. Жылу берілістің коэффициенттерін анықтау кезіндегі критериалдық теңдеуді таңдағанда келесі пункттерді ескеру керек

1. Жылу берілістің сипаты есептеледі: бұл заттың агрегаттық күйі өзгермеген кезде (қыздыру, суыту) және заттың агрегаттық күйі өзгерген кезде (қайнау, конденсация).

2. Жылу сақтандырғыштың қозғалыс режимі анықталады.

3. Жылу берілістің беті сипатталады. Мұнда жылу сақтандырғыш ағады: құбырлы және құбыр аралығы.

4. Жылу алмастырғыш құбырларының геометриялық орналасуы: вертикалды немесе горизонталды.

5. Аралас механикалық қондырғылардың бар болуы сипатталады: араластырғыш, пневматикалық қондырғылар және т.б..

6. Жылу алмастырғыш бетінің түрі сипатталады: жазықты, құбырлы, қапталдндылығы және т.б..

7. Жылу алмастырғыш конструкциясының түрі сипатталады: кожухоқұбырлы, иірілген, “құбырдағы құбыр” және т.б..

2.2. ЖЫЛУ БЕРІЛІС КОЭФФИЦИЕНТТЕРІНІҢ ОРНАЛАСҚАН ЖЫЛУЛЫҚ ПРОЦЕССТЕРДІ ЕСЕПТЕУІ ҮШІН ТЕҢДЕУЛЕР

I. Жылу берілісте заттың агрегаттық күйі өзгермеген кезде

1. Дөңгелек қимадағы жазық құбырларда немесе дөңгелек емес каналдарда жылу сақтандырғыштың қозғалуының жылу беріліс коэффициентін келесі теңдеуден анықтаймыз.

а) турбуленттік ағыс кезінде ($Re \geq 10000$):

$$Nu = 0,021 \varepsilon_l Re^{0,8} Pr^{0,43} (Pr/Pr_{ст})^{0,25}, \quad (1)$$

Мұндағы

ε_l - $L/d \geq 50$ $\varepsilon_l = 1$ кезінде құбыр ұзындығының (L) оның диаметріне (d), қатынасын есептейтін коэффициент

б) қозғалыстың өту режимінде ($2300 < Re < 10000$):

$$Nu = 0,008 Re^{0,9} Pr^{0,43} (Pr/Pr_{ст})^{0,25}, \quad (2)$$

в) Ламинарлық ағыс кезінде ($Re \leq 2300$):

$$Nu = 0,15 Re^{0,33} Gr^{0,1} Pr^{0,43} (Pr/Pr_{ст})^{0,25}. \quad (3)$$

(1) - (3) формулаларында анықтаушы геометриялық өлшемдер болып эквивалентті құбырдың диаметрі (дөңгелек қималы құбырларға арналған ішкі диаметр) болып табылады, температураны анықтаушы бұл барлық жылуфизикалық жылусақтандырғыштың сипаттамасы жылу агенттерінің орташа температурасы болып табылады, $Pr_{ст}$ – Прандтль критерийі.

2. Құбыр арасындағы жылу алмасу бетінде жылу сақтандырғыш қозғалысының түрін “құбырдағы құбыр” (1)-(3) формулалар бойынша есептейді. Бұған анықтаушы шама ретінде екі құбыр арасындағы дөңгелек қиманың диаметрін алынады:

$$d_э = D_{\text{внутр}} - d_{\text{наруж}},$$

мұндағы $D_{\text{внутр}}$ - сыртқы құбырдың ішкі диаметрі,

$d_{\text{наруж}}$ – ішкі құбырдың сыртқы диаметрі.

3. $Re < 1000$ кезінде:

$$Nu = 0,56\varepsilon_{\varphi} Re^{0,5} Pr^{0,36} (Pr/Pr_{ст})^{0,25} \quad (4)$$

$Re \geq 1000$ кезінде

коридорлы пучоктарда:

$$Nu = 0,22\varepsilon_{\varphi} Re^{0,65} Pr^{0,36} (Pr/Pr_{ст})^{0,25} \quad (5)$$

шахматты пучоктарда:

$$Nu = 0,4\varepsilon_{\varphi} Re^{0,6} Pr^{0,36} (Pr/Pr_{ст})^{0,25} \quad (6)$$

ε_{φ} (4) - (6) формулаларда 0,6 тең.

(1) - (3) формулаларында анықтаушы шама болып сыртқы құбырдың диаметрі, ал анықтаушы температура - жылу сақтандырғыштың орташа температурасы болып табылады .

II. ЖЫЛУ БЕРІЛІСТЕ ЗАТТЫҢ АГРЕГАТТЫҚ КҮЙІ ӨЗГЕРГЕН КЕЗДЕ

1. Әр түрлі заттың қаныққан будың пленкалы конденсация жылу беріліс коэффициенті келесі жолмен анықталады:

а) H биіктігі бар вертикалды құбырдың пучоктағы n және сыртқы диаметрлі d орташа жылу беріліс коэффициентінің конденсация кезінде:

$$\alpha = 2,04 \varepsilon_r \cdot \varepsilon_t \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r}{\mu \cdot \Delta t \cdot H}} = 3,78 \varepsilon_r \cdot \varepsilon_t \cdot \lambda \sqrt[3]{\frac{\rho^2 \cdot d \cdot n}{\mu \cdot G}} \quad (7)$$

б) сыртқы диаметрлі d горизонталды құбырдың пучоктың сыртқы бетінің конденсация кезінде:

$$\alpha = 0,728 \varepsilon_r \cdot \varepsilon_t \cdot \lambda \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r g}{\mu \cdot \Delta t \cdot d}} \quad (8)$$

(7)-(8) формулаларында ε_r – коэффициент;

ε_t - ($\mu_{ст}$, $\lambda_{ст}$):

$$\varepsilon_t = \left[\left(\frac{\lambda_{ст}}{\lambda} \right)^3 \frac{\mu}{\mu_{ст}} \right]^{1/8} \quad (9)$$

Анықтаушы шама – құбырдың сыртқы диаметрі, немесе олардың биіктігі (ұзындығы), барлық жылуфизикалық сипаттамалары ($t_{конд}$) конденсация температура кезінде анықталды.

G – будың массалық шығыны, кг/с;

r - $t_{конд}$,кезіндегі буланудың меншікті жылуы Дж/кг;

$\Delta t = t_{конд} - t_{ст}$ - конденсацияның температура айырымы;

ε - жөндеуші көбейткіш, бұл вертикал кезде құбыр санын есептеуге ісері бар.

2. Қайнау кезіндегі жылу беріліс.

а) құбырда қайнау кезінде еркін немесе еріксіз қозғалу кезі:

$$\alpha = b \sqrt[3]{\frac{\lambda^2 \cdot q^2}{\nu \cdot \sigma \cdot T_{кип}}} = b^3 \frac{\lambda^2 (\Delta T_{кип})^2}{\nu \cdot \sigma \cdot T_{кип}} = b^3 \frac{\lambda^2 (\Delta T_{кип})^2 \cdot \rho}{\mu \cdot \sigma \cdot T_{кип}} \quad (10)$$

б) құбыр бетінде қайнау кезінде:

$$\alpha = 0,075 \left[1 + 10 \left(\frac{\rho}{\rho_n} - 1 \right)^{-2/3} \right] \cdot \left(\frac{\lambda^2 \cdot \rho}{\mu \cdot \sigma \cdot T_{кип}} \right)^{1/3} \cdot q^{2/3} \quad (11)$$

Мұндағы

q – меншікті жылу жүктемесі, Вт/м²;

σ - коэффициент, Н/м;

$T_{кип}$ – сұйықтың қайнау температурасы, К;

$$\Delta T_{кип} = (T_{ст} - T_{кип})$$

b - шамасыз функция, ол былай анықталады:

$$b = 0,075 + 0,75 (\rho_n / (\rho_{ж} - \rho_n))^{2/3}; \quad (12)$$

ρ_n - бу тығыздығы, кг/ м³, ол былай анықталады:

$$\rho_n = \frac{M_n}{22,4} \cdot \frac{p}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T}, \quad (13)$$

Мұндағы

p және T - жұмыс температурасы немесе қысымы,

p_0 және T_0 – тұрақты кезіндегі қысым және температура

(1 кгс/см², 273 К),

$\rho_{жс}$ - сұйық тығыздығы, кг/ м³;

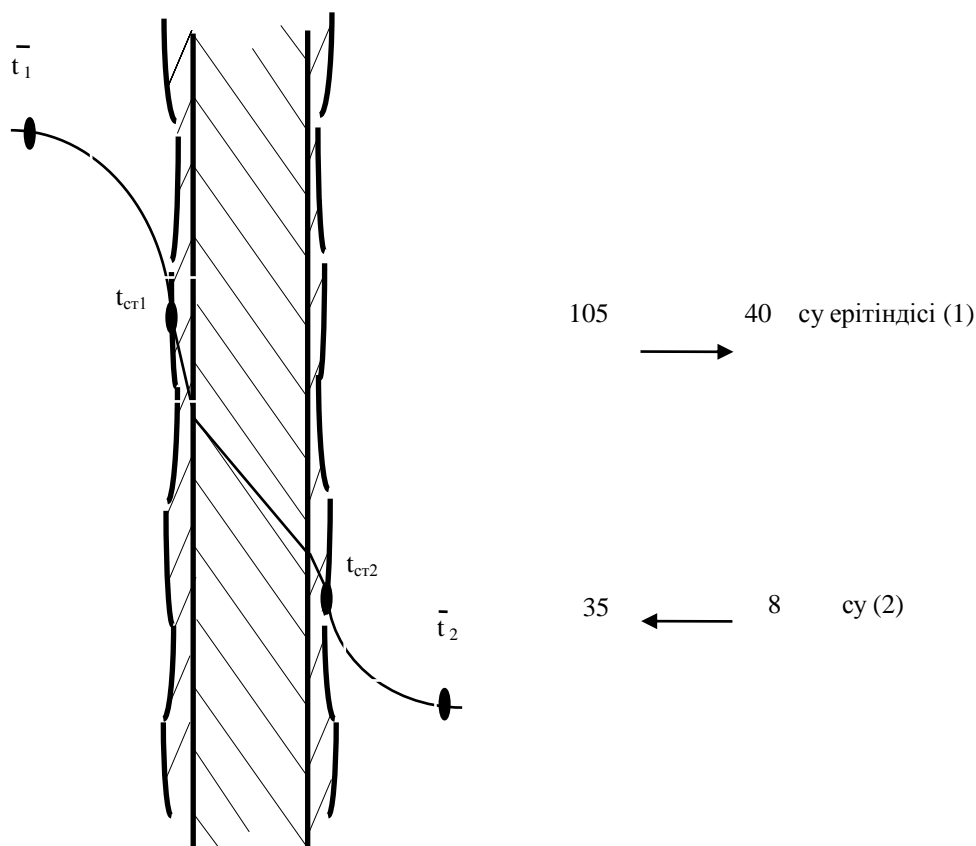
M_{II} – будың мольдық массасы, кг/ кмоль.

3. ТОҢАЗЫТҚЫШ ЕСЕБІ

50 т/ч су ерітіндісі (ерітілген зат және концентрациясы берілген) 105 до 40 °С сумен суытылады. Кейінгісі 8 до 35 °С қайнайды. Кері ағынның жылу алмастырғыштың бетін анықтау керек және оны каталог бойынша таңдау керек.

Ағынның сұлбасын құрастырып жылу сақтандырғыш температурасын белгілеймін:

1 индексті су ерітіндісіне қатыстырамыз (ыстық жылу сақтандырғыш),



индекс 2 - суға (салқын жылу сақтандырғыш).

Орташа қозғалтқыш күші және де үлкен және кіші темпеатура айырымын анықтаймыз:

$$\Delta t_a = 105 - 35 = 70 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad \Delta t_i = 40 - 8 = 32 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\frac{\Delta t_a}{\Delta t_i} > 2 \Rightarrow$$

$$\Delta t_{np} = \frac{\Delta t_a - \Delta t_i}{\ln \frac{\Delta t_a}{\Delta t_i}} = \frac{70 - 32}{\ln 70/32} = 48,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Жылу сақтандырғыштың орташа температурасын анықтаймыз:

$$\bar{t}_2 = \frac{35 + 8}{2} = 21,5 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\bar{t}_1 = \bar{t}_2 + \Delta t_{cp} = 21,5 + 48,5 = 70 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Жылу алмастырғыштың жылу жүктемесі (5 %):

$$Q = 1,05 G_1 c_1 (t_{1н} - t_{1к}) = 1,05 \cdot (50000/3600) \cdot 3435 \cdot 65 = 3256100 \text{ Вт},$$

где $c_1 = 0,82 \cdot 4190 = \text{—} 3435 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

Суыған судың шығыны

$$G_2 = \frac{Q}{c_2 (t_{2к} - t_{2н})} = \frac{3256100}{4190 \cdot 27} = 28,8 \text{ кг/с},$$

Мұндағы

$c_2 = 4190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ - орташа температура кезіндегі судың сыйымдылығы
 t_2 (температурасы 0 до 90 °С кезінде өгермейді).

Судың және ерітіндінің көлемдік шығыны:

$$V_1 = G_1 / \rho_1 = 50000 / (3600 \cdot 1125) = 0,0123 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$V_2 = G_2 / \rho_2 = 28,8 / 998 = 0,0289 \text{ м}^3 / \text{с},$$

Мұндағы

$$\rho_1 = 1125 \text{ кг/м}^3; \quad \rho_2 = 998 \text{ кг/м}^3 \text{ (табл. IV, [1])};$$

$$\mu_1 = 0,66 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}; \mu_2 = 0,97 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

(жылу физикалық сипаттамалары $t_1 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ и $t_2 = 21,5 \text{ }^\circ\text{C}$ температура кезінде анықталады).

$$K_{op} = 140 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \text{ (минималды шама):}$$

$$F_{op} = \frac{Q}{K_{op} \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{3256100}{140 \cdot 48,5} \approx 480 \text{ м}^2$$

25x2 мм. құбырлы одиночный одноходовой кожухотрубчатый жылу алмастырғышты қарастырайық

ерітінді (1) құбыр бетіне жолдаймыз, себебі ол өте көп ластанады, ал суды (2) құбыр арасының бетіне.

Құбырдық бетінің сипатты сызықтық шама – құбырдың ішкі диаметрі, ал құбыр арасының бетіне - сыртқы.

1. Жылу беріліс коэффициентін анықтаймыз .

($Re > 10000$):

$$w_1 = \frac{Re_1 \cdot \mu_1}{d_{внутр} \cdot \rho_1} = \frac{10000 \cdot 0,66 \cdot 10^{-3}}{0,021 \cdot 1125} = 0,279 \text{ м/с}$$

$Re = 10000$:

$$n = \frac{V_1}{0,785 d_{внутр}^2 \cdot w_1} = \frac{0,0123}{0,785 \cdot 0,021^2 \cdot 0,279} = 127$$

Есептеу үшін одиночный одноходовой кожухотрубчатый 465 құбыры бар жылу алмастырғышты аламыз. Ауданы 73 тен 329 м² тең.

Құбыр ұзындығы 2 ден 9 метрге дейін.

Диаметрі $D_{кож.вн.} = 800 \text{ мм.тең.}$

Рейнольдс санын және жылдамдығын анықтаймыз:

$$w_1 = \frac{V_1}{0,785 \cdot d_{\text{внутр}}^2 \cdot n} = \frac{0,0123}{0,785 \cdot 0,021^2 \cdot 465} = 0,0764 \text{ м/с}$$

$$\text{Re}_1 = \frac{w_1 \cdot d_{\text{внутр}} \cdot \rho_1}{\mu_1} = \frac{0,0764 \cdot 0,021 \cdot 1125}{0,66 \cdot 10^{-3}} = 2735$$

$$(2300 < \text{Re} < 10000),$$

$$\text{Nu}_1 = 0,008 \cdot \text{Re}_1^{0,9} \cdot \text{Pr}_1^{0,43} (\text{Pr}_1 / \text{Pr}_{\text{ст1}})^{0,25}.$$

Pr_1 и $\text{Pr}_{\text{ст1}}$ табамыз

$$\text{Pr}_1 = \frac{c_1 \cdot \mu_1}{\lambda_1} = \frac{3435 \cdot 0,66 \cdot 10^{-3}}{0,535} = 4,24,$$

Мұндағы

$$\lambda_1 = 0,46 \cdot 1,163 = 0,535 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$\lambda_2 = 0,51 \cdot 1,163 = 0,593 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$(t_1 = 70 \text{ }^\circ\text{C и } t_2 = 21,5 \text{ }^\circ\text{C}).$$

$$t_{\text{ст1}} = t_1 - \Delta t_{\text{ср}} / 2 = 70 - 48,5 / 2 = 45,8 \text{ }^\circ\text{C} = t_{\text{ст2}}$$

$$c_{\text{ст1}} = 0,81 \cdot 4190 = 3394 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)};$$

$$\mu_{\text{ст1}} = 0,93 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\lambda_{\text{ст1}} = 0,425 \cdot 1,163 = 0,494 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}.$$

$$\text{Pr}_{\text{ст1}} = \frac{c_{\text{ст1}} \cdot \mu_{\text{ст1}}}{\lambda_{\text{ст1}}} = \frac{3394 \cdot 0,93 \cdot 10^{-3}}{0,494} = 6,39.$$

Табамыз $\text{Pr}/\text{Pr}_{\text{ст}}$:

$$Pr_1 / Pr_{cr1} = 4,24/6,39 = 0,664.$$

Критерий Нуссельта:

$$Nu_1 = 0,008 \cdot 2735^{0,9} \cdot 4,24^{0,43} (4,24/6,39)^{0,25} = 16,66.$$

$$Nu_1 = \frac{\alpha_1 \cdot d_{\text{внутр}}}{\lambda_1} \Rightarrow$$

$$\alpha'_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{\text{внутр}}} = \frac{16,66 \cdot 0,535}{0,021} = 424 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

$$S_{\text{м.п.}} = \frac{V_2}{w_2} = \frac{\pi D_{\text{кож.вн.}}^2}{4} - \frac{\pi d_{\text{нар.}}^2 \cdot n}{4} = 0,785 (D_{\text{кож.вн.}}^2 - d_{\text{нар.}}^2 \cdot n) =$$

$$= 0,785 (0,8^2 - 0,025^2 \cdot 465) = 0,274 \text{ м}^2,$$

Мұндағы

$D_{\text{кож. вн.}}$ – ішкі диаметрі , м;

$d_{\text{нар.}}$ – сыртқы диаметр , м;

n – құбыр саны;

w_2 - су жылдамдығы:

$$w_2 = \frac{V_2}{S_{\text{м.п.}}} = \frac{0,0289}{0,274} = 0,105 \text{ м}/\text{с}.$$

Критерий Рейнольдса :

$$Re_2 = \frac{w_2 \cdot d_{\text{нар.}} \cdot \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,105 \cdot 0,025 \cdot 998}{0,97 \cdot 10^{-3}} = 2701$$

шахматты пучоктарға $Re > 1000$:кезінде

$$Nu_2 = 0,4 \cdot \varepsilon_\varphi \cdot Re_2^{0,6} \cdot Pr_2^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{ст2}} \right)^{0,25},$$

Мұндағы

ε_φ тең 0,6.

45,8 °C температура кезінде судың жылу физикалық сипаттамалары

$$c_{ст2} = 4190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К});$$

$$\mu_{ст2} = 0,59 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\lambda_{ст2} = 0,55 \cdot 1,163 = 0,640 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

Pr_2 и $Pr_{ст2}$:

$$Pr_2 = \frac{c_2 \cdot \mu_2}{\lambda_2} = \frac{4190 \cdot 0,97 \cdot 10^{-3}}{0,593} = 6,85;$$

$$Pr_{ст2} = \frac{c_{ст2} \cdot \mu_{ст2}}{\lambda_{ст2}} = \frac{4190 \cdot 0,59 \cdot 10^{-3}}{0,640} = 3,86.$$

$Pr/Pr_{ст2}$:

$$Pr_2/Pr_{ст2} = 6,85/3,86 = 1,775.$$

Критерий Нуссельта:

$$Nu_2 = 0,4 \cdot 0,6 \cdot 2701^{0,6} \cdot 6,85^{0,36} \cdot (6,85/3,86)^{0,25} = 63,42.$$

Коэффициент:

$$\alpha'_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{нар}} = \frac{63,42 \cdot 0,593}{0,025} = 1504 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

$$\Sigma r_{\text{CT}} = r_{\text{CT}} + r_{\text{загр1}} + r_{\text{загр2}} = \delta_{\text{CT}}/\lambda_{\text{CT}} + r_{\text{загр1}} + r_{\text{загр2}} = 0,002/46,5 + 1/5800 + 1/2900 = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт},$$

$$\text{где } r_{\text{CT}} = 46,5 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$r_{\text{загр1}} = 1/5800 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

$$r_{\text{загр2}} = 1/2900 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

жылу беріліс коэффициенті:

$$K' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha'_1} + \Sigma r_{\text{CT}} + \frac{1}{\alpha'_2}} = \frac{1}{\frac{1}{424} + 5,6 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{1504}} = 279 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$q' = K' \cdot \Delta t_{\text{CP}} = \alpha'_1 \cdot \Delta t'_1 = \Delta t'_{\text{CT}} / \Sigma r_{\text{CT}} = \alpha'_2 \cdot \Delta t'_2 = \\ = K' \cdot (t_1 - t_2) = \alpha_1 \cdot (t_1 - t_{\text{CT1}}) = (t_{\text{CT1}} - t_{\text{CT2}}) / \Sigma r_{\text{CT}} = \alpha_2 \cdot (t_{\text{CT2}} - t_2),$$

$$\text{где } \Delta t'_1 + \Delta t'_{\text{CT}} + \Delta t'_2 = \Delta t_{\text{CP}}$$

$$q' = K' \cdot \Delta t_{\text{CP}} = 279 \cdot 48,5 = 13532 \text{ Вт} / \text{м}^2;$$

$$t_{\text{CT1}} = t_1 - q' / \alpha_1 = 70 - 13532 / 424 = 38,1 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{CT2}} = t_2 + q' / \alpha_2 = 21,5 + 13532 / 1504 = 30,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$t_{\text{CT1}} = 38,1 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$c_{\text{CT1}} = 0,81 \cdot 4190 = 3394 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К});$$

$$\mu_{\text{CT1}} = 1,07 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\lambda_{\text{CT1}} = 0,418 \cdot 1,163 = 0,486 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К});$$

$$t_{\text{CT2}} = 30,5 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$c_{\text{CT2}} = 4190 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К});$$

$$\mu_{\text{CT2}} = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\lambda_{\text{CT2}} = 0,525 \cdot 1,163 = 0,611 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К}).$$

Pr_{cr1} и Pr_{cr2} :

$$Pr_{cr1} = \frac{c_{cr1} \cdot \mu_{cr1}}{\lambda_{cr1}} = \frac{3394 \cdot 1,07 \cdot 10^{-3}}{0,486} = 7,47;$$

$$Pr_{cr2} = \frac{c_{cr2} \cdot \mu_{cr2}}{\lambda_{cr2}} = \frac{4190 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3}}{0,611} = 5,49.$$

Pr/Pr_{cr} :

$$Pr_1 / Pr_{cr1} = 4,24 / 7,47 = 0,568 \quad (- 0,664);$$

$$Pr_2 / Pr_{cr2} = 6,85 / 5,49 = 1,248 \quad (- 1,775).$$

$$\alpha_1 = \alpha'_{1} \cdot (0,568 / 0,664)^{0,25} = 424 (0,568 / 0,664)^{0,25} = 408 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

$$\alpha_2 = \alpha'_{2} \cdot (1,248 / 1,775)^{0,25} = 1504 (1,248 / 1,775)^{0,25} = 1377 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Жылу беріліс коэффициенті:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{408} + 5,6 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{1377}} = 268 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$t_{cr1} = t_1 = \frac{K \cdot \Delta t_{cp}}{\alpha_1} = \frac{268 \cdot 48,5}{408} = 38,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cr2} = t_2 = \frac{K \cdot \Delta t_{cp}}{\alpha_2} = \frac{268 \cdot 48,5}{1377} = 30,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

α_2

1377

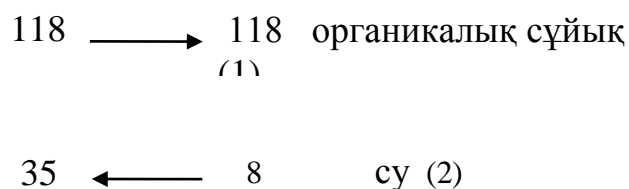
$$F_{\delta} = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\tilde{n}\delta}} = \frac{3256100}{268 \cdot 48,5} = 251 \text{ i } 2$$

$$\frac{F - F_p}{F_p} \cdot 100\% = \frac{329 - 251}{251} \cdot 100\% = 31,1\%$$

4. КОНДЕНСАТОР ЕСЕБІ

50 т/ч

118 °C.



температурасы 8 до 35 °C.

орташа қозғалу күшін анықтаймыз:

$$\Delta t_{\acute{a}} = 118 - 8 = 110 \text{ } ^\circ\tilde{N}; \quad \Delta t_{\grave{i}} = 118 - 35 = 83 \text{ } ^\circ C;$$

$$\frac{\Delta t_{\acute{a}}}{\Delta t_{\grave{i}}} < 2 \Rightarrow$$

$$\Delta t_{\tilde{n}p} = \frac{\Delta t_{\acute{a}} + \Delta t_{\grave{i}}}{2} = \frac{110 + 83}{2} = 96,5 \text{ } ^\circ C.$$

Орташа температурасын анықтаймыз:

$$\bar{t}_1 = 118 \text{ } ^\circ C;$$

$$\bar{t}_2 = \frac{35 + 8}{2} = 21,5 \text{ } ^\circ C.$$

Сұйықтың массалық шығыны:

$$G_1 = 50000/3600 = 13,9 \text{ кг/с.}$$

$$Q = 1,05 G_1 r_1 = 1,05 \cdot 13,9 \cdot 589,1 \cdot 10^3 = 8591000 \text{ Вт,}$$

Мұндағы

$$r_1 = 589,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$$

$$t_{\text{конд}} = 118 \text{ } ^\circ C,$$

Су шығыны:

$$G_2 = \frac{Q}{c_2(t_{2e} - t_{2i})} = \frac{8591000}{4190 \cdot 27} = 75,9 \text{ т/с.}$$

Судың көлемдік шығыны:

$$V_2 = G_2 / \rho_2 = 75,9 / 998 = 0,0761 \text{ м}^3 / \text{с},$$

Мұндағы

$$\rho_2 = 998 \text{ кг/м}^3 \text{ (} t_2 = 21,5 \text{ }^\circ\text{C} \text{)}.$$

$$K_{op} = 230 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$$F_{op} = \frac{Q}{K_{op} \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{8591000}{230 \cdot 96,5} = 387 \text{ м}^2$$

25x2 мм. құбырлы одноходовой одиночный конденсатор қарастырамыз

1. Құбыр бетінің жылу беріліс коэффициентін анықтаймыз

(Re > 10000) жылдамдық :

$$w'_2 = \frac{Re_2 \cdot \mu_2}{d_{внутр} \cdot \rho_2} = \frac{10000 \cdot 0,97 \cdot 10^{-3}}{0,021 \cdot 998} = 0,463 \text{ м/с},$$

мұндағы

ρ_2 және μ_2 - температура кезіндегі $t_2 = 21,5 \text{ }^\circ\text{C}$ судың тұтқырлығы және тығыздығы

Құбыр саны Re = 10000:

$$n = \frac{V_2}{0,785 d_{\text{внутр.}}^2 \cdot w'_2} = \frac{0,0761}{0,785 \cdot 0,021^2 \cdot 0,463} = 475 \cdot$$

$$D_{\text{внутр}} = 800 \text{ мм},$$

$$\text{Ауданы } 73 \text{ до } 329 \text{ м}^2$$

$$n = 465$$

Критерий Рейнольдса:

$$Re_2 = 10000 \cdot (475/465) = 10215 \text{ (} Re_2 > 10000, \text{ режим турбулентті).}$$

Нуссельта формуласы:

$$Nu_2 = 0,021 \varepsilon_1 Re_2^{0,8} Pr_2^{0,43} \left(\frac{Pr_2}{Pr_{\tilde{n} \approx 2}} \right)^{0,25},$$

ε_l тең 1.

$$Pr_2 = \frac{c_2 \cdot \mu_2}{\lambda_2} = \frac{4190 \cdot 0,97 \cdot 10^{-3}}{0,593} = 6,85 \cdot$$

$$\bar{t}_2 = 21,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{ст1}} = t_{\text{ст2}} = \bar{t}_1 - \frac{\Delta t_{\text{сп}}}{2} = \bar{t}_2 + \frac{\Delta t_{\text{сп}}}{2} = 118 - 96,5/2 = 21,5 + 96,5/2 = 69,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$t_{\text{ст2}} = 69,8 \text{ } ^\circ\text{C}:$$

$$c_{\text{ст2}} = 4190 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К (0 ден } 90 \text{ } ^\circ\text{C));}$$

$$\mu_{\text{ст2}} = 0,413 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\lambda_{\text{ст2}} = 0,575 \cdot 1,163 = 0,669 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)} .$$

$Pr_{\text{ст2}}$:

$$Pr_{\text{ст2}} = \frac{c_{\text{ст2}} \cdot \mu_{\text{ст2}}}{\lambda_{\text{ст2}}} = \frac{4190 \cdot 0,413 \cdot 10^{-3}}{0,669} = 2,59.$$

$$\frac{Pr_2}{Pr_{cr2}} = \frac{6,85}{2,59} = 2,645$$

$$Nu_2 = 0,021 \cdot 1 \cdot 10215^{0,8} \cdot 6,85^{0,43} \cdot (6,85/2,59)^{0,25} = 98,75.$$

$$\alpha'_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{внутр}} = \frac{98,75 \cdot 0,593}{0,021} = 2789 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

$$\alpha_1 = 0,728 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_t \cdot \varepsilon_r \cdot \sqrt[4]{\frac{\lambda_1^3 \cdot \rho_1^2 \cdot r_1 \cdot g}{\mu_1 \cdot \Delta t \cdot d_{нар}}}.$$

1) $\varepsilon (n_B)$.

$$n = 465 \text{ табамыз } n_B = 23.$$

$$\varepsilon = 0,58;$$

2) ε_t - функция:

$$\varepsilon_t = \left[\left(\frac{\lambda_{cr1}}{\lambda_1} \right)^3 \cdot \frac{\mu_1}{\mu_{cr1}} \right]^{1/8} = \left[\left(\frac{0,15}{0,142} \right)^3 \cdot \frac{0,396 \cdot 10^{-3}}{0,95 \cdot 10^{-3}} \right]^{1/8} = 0,915;$$

$$3) \lambda_1 = 0,122 \cdot 1,163 = 0,142 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) \quad \bar{t}_1 = 118 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\mu_1 = 0,396 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (\bar{t}_1 = 118 \text{ }^\circ\text{C});$$

$$\lambda_{cr1} = 0,129 \cdot 1,163 = 0,15 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) \quad t_{cr1} = 69,8 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\mu_{cr1} = 0,95 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (t_{cr1} = 69,8 \text{ }^\circ\text{C});$$

$$4) \varepsilon_r = 1$$

$$5) \rho_1 = 737 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$$\bar{t}_1 = 118 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$6) \Delta t = \bar{t}_1 - t_{cr1} = 118 - 69,8 = 48,2 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$\alpha_1 = 0,728 \cdot 0,58 \cdot 0,915 \cdot 1 \sqrt[4]{\frac{0,142^3 \cdot 737^2 \cdot 589,1 \cdot 10^3 \cdot 9,81}{0,396 \cdot 10^{-3} \cdot 48,2 \cdot 0,025}} = 805 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

$$\Sigma r_{\text{ст}} = r_{\text{ст}} + r_{\text{загр1}} + r_{\text{загр2}} = \delta_{\text{ст}}/\lambda_{\text{ст}} + r_{\text{загр1}} + r_{\text{загр2}} = 0,002/46,5 + 1/11600 + 1/2900 = 4,74 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт},$$

где $r_{\text{ст}} = 46,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$$r_{\text{загр1}} = 1/11600 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$$r_{\text{загр2}} = 1/2900 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

жылу беріліс коэффициент:

$$K' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha'_1} + \Sigma r_{\text{ст}} + \frac{1}{\alpha'_2}} = \frac{1}{\frac{1}{805} + 4,74 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{2789}} = 482 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\begin{aligned} q' &= K' \cdot \Delta t_{\text{cp}} = \alpha'_1 \cdot \Delta t'_1 = \Delta t'_{\text{ст}} / \Sigma r_{\text{ст}} = \alpha'_2 \cdot \Delta t'_2 = \\ &= K' \cdot (\bar{t}_1 - \bar{t}_2) = \alpha_1 \cdot (t_1 - t_{\text{ст1}}) = (t_{\text{ст1}} - t_{\text{ст2}}) / \Sigma r_{\text{ст}} = \alpha_2 \cdot (t_{\text{ст2}} - t_2), \end{aligned}$$

где $\Delta t'_1 + \Delta t'_{\text{ст}} + \Delta t'_2 = \Delta t_{\text{cp}}$.

$$q' = K' \cdot \Delta t_{\text{cp}}$$

$$t_{\text{ст1}} = \bar{t}_1 - q' / \alpha_1 = 118 - 482 \cdot 96,5 / 805 = 60,2 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{ст2}} = \bar{t}_2 + q' / \alpha_2 = 21,5 + 482 \cdot 96,5 / 2789 = 38,2 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$t_{\text{ст2}} = 38,2 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$c_{\text{ст2}} = 4190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К});$$

$$\mu_{\text{ст2}} = 0,685 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\lambda_{\text{ст2}} = 0,54 \cdot 1,163 = 0,628 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

$Pr_{\text{ст2}}$:

$$\text{Pr}_{\text{cr2}} = \frac{c_{\text{cr2}} \cdot \mu_{\text{cr2}}}{\lambda_{\text{cr2}}} = \frac{4190 \cdot 0,685 \cdot 10^{-3}}{0,628} = 4,57.$$

$$\frac{\text{Pr}_2}{\text{Pr}_{\text{cr2}}} = \frac{6,85}{4,57} = 1,499$$

$$\alpha_2 = 2789 \left(\frac{1,499}{2,645} \right)^{0,25} = 2420 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

$$2. t_{\text{cr1}} = 60,2 \text{ }^\circ\text{C}:$$

$$\lambda_{\text{cr1}} = 0,13 \cdot 1,163 = 0,15 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

$$t_{\text{cr1}} = 60,2 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\mu_{\text{cr1}} = 1,14 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$$

$$t_{\text{cr1}} = 60,2 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\varepsilon_r = \left[\left(\frac{0,151}{0,142} \right)^3 \cdot \frac{0,396 \cdot 10^{-3}}{1,14 \cdot 10^{-3}} \right]^{1/8} = 0,897$$

$$\Delta t = \bar{t}_1 - t_{\text{cr1}} = 118 - 60,2 = 57,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\alpha_1 = 805 \frac{0,897}{0,915} \cdot \sqrt[4]{\frac{48,2}{57,8}} = 754 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$K' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{\text{cr}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{754} + 4,74 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{2420}} = 452 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$t_{\text{cr1}} = \bar{t}_1 - K' \cdot \Delta t_{\text{cp}} / \alpha_1 = 118 - 452 \cdot 96,5 / 754 = 60,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{cr2}} = \bar{t}_2 + K' \cdot \Delta t_{\text{cp}} / \alpha_2 = 21,5 + 452 \cdot 96,5 / 2420 = 39,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{cr2}} = 3 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$F_p = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \frac{8591000}{452 \cdot 96,5} = 197 \text{ м}^2$$

$$F = 219 \text{ м}^2, \text{ кўбыр ұзындығы 6 метр.}$$

$$\frac{F - F_p}{F_p} \cdot 100\% = \frac{219 - 197}{197} \cdot 100\% = 11,2\%$$

5. ҚАЙНАТҚЫШТЫҢ ЕСЕБІ

143 ————— 143 су буы (1)

111 ————— 111 органикалық сұйық (2)

Қысымы 3 кгс/см².

Орташа қозғалу күші және жылу алмастырғыштың температурасын табамыз:

$$\Delta t_{\bar{0}} = \Delta t_M = 143 - 111 = 32 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta t_{cp} = 32 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_1 = 143 \text{ } ^\circ\text{C}; t_2 = 111 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$Q = 1,05 G_2 r_2 = 1,05 \cdot (50000/3600) \cdot 361,9 \cdot 10^3 = 5277700 \text{ Вт},$$

$$r_2 = 361,9 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$$

5% (т.е. $x_{II} = 0,95$):

$$5277700$$

$$G_1 = \frac{Q}{(r_1 \cdot x_{II})} = 2,59 \text{ кг/с},$$

$$2141 \cdot 10^3 \cdot 0,95$$

мұндағы

$$r_1 = 2141 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$$

$$p_{абс} = 4 \text{ кгс/см}^2$$

$$K_{op} = 300 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$$Q \quad 5277700$$

$$\frac{F_{\text{оп}}}{K_{\text{оп}} \cdot \Delta t_{\text{ср}}} = 300 \cdot 32 = 550 \text{ м}^2.$$

Құбыры 25x2 мм.

ауданы 176 до 528 м²

ұзындығы 3 до 9 метр

$$n = 747.$$

$$\alpha_2 = b^3 \frac{\lambda_2^2 (\Delta T_{\text{ср}})^2}{\nu_2 \sigma_2 T_{\text{ср}}} = b^3 \frac{\lambda_2^2 \rho_2 (\Delta T_{\text{ср}})^2}{\mu_2 \sigma_2 T_{\text{ср}}},$$

Мұндағы

$$\lambda_2 = 0,1 \cdot 1,163 = 0,1163 \text{ Вт/(м·К)}$$

$$\rho_2 = 776 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu_2 = 0,249 \cdot 10^{-3} \text{ Па·с}$$

$$\sigma_2 = 18,245 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$$

$$t_2 = 111 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$b = 0,075 + 0,75 \left(\frac{\rho_i}{\rho_{\text{ә}} - \rho_i} \right)^{2/3} = 0,075 + 0,75 \left(\frac{2,856}{776 - 2,856} \right)^{2/3} = 0,0929.$$

$$\rho_i = \frac{p_i}{R} \cdot \frac{T_0}{T} = \frac{90}{22,4} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{273}{273+111} = 2,856 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{ә}} = \rho_2 = 776 \text{ кг/м}^3,$$

Мұндағы

$M_{\text{п}}$ - мольдық масса, кг/кмоль,

p, T - абсолютты температурасы және қысымы

p_0, T_0 – будың абсолютты температурасы және қысымы

$$t_{ct1} = t_{ct2} = \bar{t}_1 - \frac{\Delta t_{\tilde{n}\delta}}{2} = \bar{t}_2 + \frac{\Delta t_{\tilde{n}\delta}}{2} = 143 - \frac{32}{2} = 111 + \frac{32}{2} = 127 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Отсюда $\Delta T_{\text{кип}} = t_{ct2} - \bar{t}_2 = 127 - 111 = 16 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$$\alpha_2 = 0,0929^3 \frac{0,1163^2 \cdot 776 \cdot 16^2}{0,249 \cdot 10^{-3} \cdot 18,245 \cdot 10^{-3} (273 + 111)} = 1235 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

$$\alpha_1 = 3,78 \cdot \varepsilon_{\tilde{a}} \cdot \varepsilon_t \cdot \lambda_1 \sqrt[3]{\frac{\rho_1^2 \cdot d \cdot n}{\mu_1 \cdot G_1}},$$

где ε_t - коэффициент

0,5 % (масс.)

$\varepsilon_{\tilde{a}} = 0,6$;

$\lambda_1 = 0,685 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

$\rho_1 = 923 \text{ кг}/\text{м}^3$ (

$d = 0,025 \text{ м}$

$n = 747$;

$\mu_1 = 0,193 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$

$G_1 = 2,59 \text{ кг}/\text{с}$.

$t_{\text{конд}} = \bar{t}_1 = 143 \text{ } ^\circ\text{C}$;

$$\varepsilon_t = \left[\left(\frac{\lambda_{ct1}}{\lambda_1} \right)^3 \cdot \frac{\mu_1}{\mu_{\tilde{n}\delta 1}} \right]^{1/8} = \left[\left(\frac{0,686}{0,685} \right)^3 \cdot \frac{0,193 \cdot 10^{-3}}{0,218 \cdot 10^{-3}} \right]^{1/8} = 0,985,$$

где $\lambda_{ct1} = 0,686 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

$$t_{\text{сr1}} = 127 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$\mu_{\text{сr1}} = 0,218 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$t_{\text{сr1}} = 127 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

коэффициент α_1 :

$$\alpha_1 = 3,78 \cdot 0,6 \cdot 0,985 \cdot 0,685 \sqrt[3]{\frac{923^2 \cdot 0,025 \cdot 747}{0,193 \cdot 10^{-3} \cdot 2,59}} = 4850 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

$$\begin{aligned} \Sigma r_{\text{сr}} = r_{\text{сr}} + r_{\text{загр1}} + r_{\text{загр2}} &= \delta_{\text{сr}} / \lambda_{\text{сr}} + r_{\text{загр1}} + r_{\text{загр2}} = 0,002 / 46,5 + 1 / 5800 + \\ &+ 1 / 11600 = 3,02 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}, \end{aligned}$$

Мұндағы

$$r_{\text{сr}} = 46,5 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$r_{\text{загр1}} = 1 / 5800 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт};$$

$$r_{\text{загр2}} = 1 / 11600 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

$$K' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha'_1} + \Sigma r_{\text{загр}} + \frac{1}{\alpha'_2}} = \frac{1}{\frac{1}{4850} + 3,02 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{1235}} = 759 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\begin{aligned} q' = K' \cdot \Delta t_{\text{ср}} = \alpha'_1 \cdot \Delta t'_1 = \Delta t'_{\text{сr}} / \Sigma r_{\text{сr}} = \alpha'_2 \cdot \Delta t'_2 = \\ = K' \cdot (t_1 - t_2) = \alpha_1 \cdot (t_1 - t_{\text{сr1}}) = (t_{\text{сr1}} - t_{\text{сr2}}) / \Sigma r_{\text{сr}} = \alpha_2 \cdot (t_{\text{сr2}} - t_2), \end{aligned}$$

Мұндағы

$$\Delta t'_1 + \Delta t'_{\text{сr}} + \Delta t'_2 = \Delta t_{\text{ср}}$$

$$q' = K' \cdot \Delta t_{\text{ср}}$$

$$t_{\text{сr1}} = t_1 - q' / \alpha_1 = 143 - 759 \cdot 32 / 4850 = 138 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\text{сг2}} = \bar{t}_2 + q' / \alpha_2 = 111 + 759 \cdot 32 / 1235 = 130,7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

1. α_1 (вод. пар (1)):

$$\varepsilon_t = \left[\left(\frac{0,685}{0,685} \right)^3 \cdot \frac{0,193 \cdot 10^{-3}}{0,199 \cdot 10^{-3}} \right]^{1/8} = 0,996 \text{ } (-0,985),$$

Мұндағы

$$\lambda_{\text{сг1}} = 0,685 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$\mu_{\text{сг1}} = 0,199 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Су буының коэффициенті:

$$\alpha_1 = 4850 \frac{0,996}{0,985} = 4904 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Табамыз α_2

$$\Delta T_{\text{кпп}} = t_{\text{сг2}} - t_2 = 130,7 - 111 = 19,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

16 $^\circ\text{C}$),

$$\alpha_2 = 1235 \left(\frac{19,7}{16} \right)^2 = 1872 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

(q_1) және (q_2):

$$q_1 = \alpha_1 (\bar{t}_1 - t_{\text{сг1}}) = 4904 (143 - 138) = 25520 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_2 = \alpha_2 (t_{\text{сг2}} - \bar{t}_2) = 1872 (130,7 - 111) = 36878 \text{ Вт/м}^2.$$

айырмашылығы (> 5 %).

$$\hat{E}'' = \frac{1}{\frac{1}{4904} + 3,02 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{1872}} = 961 \text{ } \hat{A} \hat{\delta} / (\hat{i}^2 \cdot \hat{E})$$

$$t_{\text{сг1}} = \bar{t}_1 = \frac{K'' \cdot \Delta t_{\text{ср}}}{961 \cdot 32} = \frac{143}{961 \cdot 32} = 136,7 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{ст}2} = t_2 + \frac{\alpha_1 \cdot \Delta t_{\text{ср}}}{\alpha_2} = 111 + \frac{4904 \cdot 961 \cdot 32}{1872} = 127,4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

1. $\alpha_1 = 4904 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

1,3 $^\circ\text{C}$ өзгермейді).

2. есептейміз α_2 :

$$\Delta T_{\text{кип}} = (t_{\text{ст}2} - \bar{t}_2) = 127,4 - 111 = 16,4 \text{ } ^\circ\text{C} (= 19,7),$$

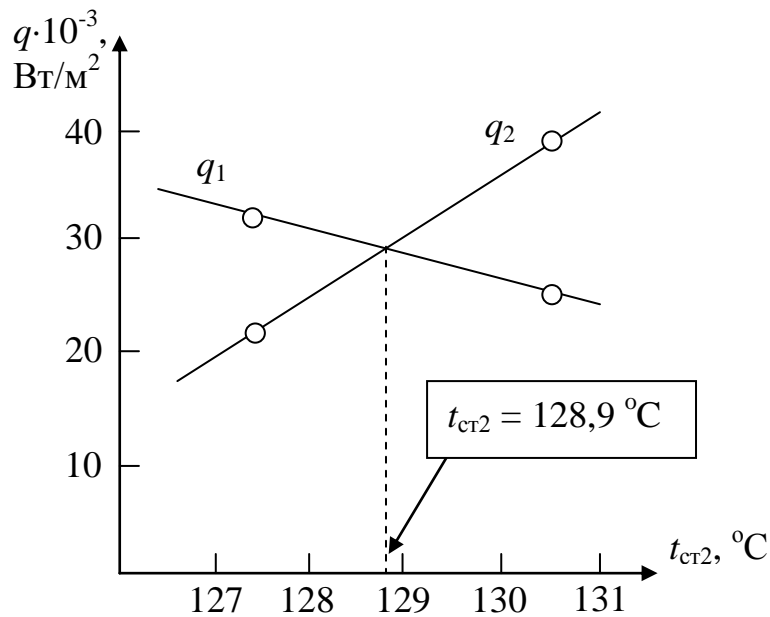
$$\alpha_2 = 1872 (16,4/19,7)^2 = 1297 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

q_1 және q_2 :

$$q_1 = \alpha_1 (\bar{t}_1 - t_{\text{ст}1}) = 4904 (143 - 136,7) = 30895 \text{ Вт}/\text{м}^2;$$

$$q_2 = \alpha_2 (t_{\text{ст}2} - \bar{t}_2) = 1297 (127,4 - 111) = 21270 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

айырмашылығы 5 %.



Тәуелділік құрастырамыз

$$q = f(t_{ст2}):$$

$$q_1 = f(t_{ст2}) \text{ және } q_2 = f(t_{ст2})$$

$$t_{ст2} = 128,9 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

есептейміз α_2 :

$$\Delta T_{\text{кип}} = (t_{ст2} - \bar{t}_2) = 128,9 - 111 = 17,9 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (в последнем приближении } = 16,4)$$

$$\alpha_2 = 1297 (17,9/16,4)^2 = 1545 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

табамыз $t_{ст1}$:

$$t_{ст1} = t_{ст2} + \alpha_2 (t_{ст2} - \bar{t}_2) \cdot \Sigma r_{ст} = 128,9 + 1545 (128,9 - 111) \cdot 3,02 \cdot 10^{-4} = \\ = 128,9 + 8,4 = 137,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\alpha_1 = 4904 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

температурасы $138 \text{ } ^\circ\text{C}$,

1 %).

q_1 және q_2 :

$$q_1 = \alpha_1 (\bar{t}_1 - t_{ст1}) = 4904 (143 - 137,3) = 27953 \text{ Вт}/\text{м}^2;$$

$$q_2 = \alpha_2 (t_{ст2} - \bar{t}_2) = 1545 (128,9 - 111) = 27656 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

5 %. айырмашылығы бар

Жылу беріліс коэффициенті:

$$K = 1/(1/4904 + 3,02 \cdot 10^{-4} + 1/1545) = 867 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

ауданы:

$$F_p = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\tilde{p}}} = \frac{5277700}{867 \cdot 32} = 190 \text{ м}^2$$

$$F = 235 \text{ м}^2,$$

құбыр ұзындығы 4 метр.

$$\frac{F - F_p}{F_p} \cdot 100 \% = \frac{235 - 190}{190} \cdot 100 \% = 23,7 \%$$

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов / Под редакцией члена-корреспондента АН СССР П.Г.Романкова. - 10-е издание, переработанное и дополненное. - Л.: Химия, 1987. – 576 с., ил.
2. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М., Курочкина М.И. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи). - Л.: Химия, 1993. - 496 с.
3. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии . Учебник для вузов. - 9-е изд., исправл. - М.: Химия, 1973. - 752 с.
4. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под редакцией Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1991. - 496 с.
5. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии: Учебник для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1987. - 496 с.
6. Циборовский Я. Процессы и аппараты химической технологии. Перевод с польского под редакцией П.Г.Романкова. - Л.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1958. - 932 с.
7. Хоблер Т. Теплопередача и теплообменники: Пер. с польск. - Л.: Госхимиздат, 1961. - 820 с.
8. Кичигин М.А., Костенко Г.Н. Теплообменные аппараты и выпарные установки. - М. -Л.: Госэнергоиздат, 1955. - 392 с.
9. Яблонский П.А. Проектирование тепло- и массообменной аппаратуры химической промышленности. - Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1978. - 85 с.
10. Уонг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров: Пер. с англ. - М.: Атомиздат, 1979. - 216 с.

11. Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков В.П. Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы). - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 296 с.
12. Справочник по теплообменникам: В 2-х т. Т.1 / Пер. с англ., под ред. Б.С. Петухова, В.К. Шикова.: М.: Энергоатомиздат, 1987. - 560 с.
13. Справочник по теплообменникам: В 2-х т. Т.2 / Пер. с англ., под ред. О.Г. Мартыненко и др.: М.: Энергоатомиздат, 1987. - 352 с.
14. Хаузен Х. Теплопередача при противотоке, прямотоке и перекрестном токе: Пер. с немецк. - М.: Энергоиздат, 1981. - 384 с.
15. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках. - М.: Наука, 1982. - 472 с.
16. Черепенников И.А. Примеры теплового расчета теплообменника: Методич. указания. - Тамбов: ТИХМ, 1973. - 34 с.
17. Васильев Л.Л. Теплообменники на тепловых трубах. - Мн.: Наука и техника, 1981. - 143 с.
18. Методы оптимизации параметров теплообменных аппаратов АЭС. - Мн.: Наука и техника, 1981. - 144 с.
19. Калафати Д.Д., Попалов В.В. Оптимизация теплообменников по эффективности теплообмена. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 152 с.
20. Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков В.П. Справочник по теплогидравлическим расчетам. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 296 с.
21. Кулинченко В.Р. Справочник по теплообменным расчетам. - Киев: Техника, 1990. - 165 с.
22. Барсуков С.И., Рейзин И.И., Кузнецов В.И. Малые теплообменные аппараты. - Томск: Изд-во Том. ун-та, 1993. - 208 с.
23. Бажан П.И., Каневец Г.Е., Селиверстов В.М. Справочник по теплообменным аппаратам. - М.: Машиностроение, 1989. - 366 с.
24. Hewitt G.F. (Coor. Ed.), Schluender E.U. (Ed.-in-Chief). Hemisphere handbook of heat exchanger design. - NY: Hemisphere Publ. Corp., 1990.

25. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача: Учебник для вузов. – 4 изд. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
26. Кутателадзе С.С., Боришанский В.М. Справочник по теплопередаче. – Л. – М.: Госэнергоиздат, 1959. – 414 с.
27. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.
28. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод): 2-е изд. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.
29. Гидравлический расчет котельных агрегатов (нормативный метод). – М.: Энергия, 1978. – 256 с.
30. Аэродинамический расчет котельных установок (норм. метод): 3-е изд. – Л.: Энергия, 1977. – 256 с.
31. Розен А.М. (ред.). Масштабный переход в химической технологии. Разработка промышленных аппаратов методом гидродинамического моделирования. – М.: Химия, 1980. – 320 с.
32. Ляшков В.И., Черепенников И.А. Тепловой расчет теплообменных аппаратов: Метод. указ. и варианты расчетно-граф. заданий по теплопередаче для студ. 2-4 курсов днев., веч. и заоч. отделений всех специальностей. – Тамбов: ТИХМ, 1991. – 48 с.
33. Гильденблат И.А. Влияние структуры потоков на эффективность работы теплообменных аппаратов: Учебное пособие. – М.: МХТИ им. Д.И.Менделеева, 1979. – 24 с.