

Әдістемелік нұсқаулар зертханалық жұмыс

Ошақ камераларының геометриялық және жылулық сипаттамаларын анықтау

Жылу алмасу- ол дененің немесе денемен жұмыс жасалмағандағы ішкі энергияның өзгеру процесі. Жылу алмасу әрқашан да белгілі бір бағыт бойынша жүзеге асады: жоғары температурадағы денеден төменгі температурадағы денелерге қарай. Денелердің температуралары теңескен сәтте, жылуалмасу тоқтайды. Жылу алмасу 3 түрлі бағыт арқылы жүзеге асады: жылу шығару, конвекция, жылу өткізгіштік.

Жылу өткізгіштік-дененің температура айырмасы бар нүктелері арасында бір нүктеден екінші нүктеге жылу энергиясын жеткізу қасиеті; дененің температурасы жоғары жақтан температурасы төмен жағына қарай жылу өткізу қабілеті. Ең жоғарғы жылу өткізгіштік қабілет металдарда болып табылады. Металдардың жылу өткізгіштік қабілеті суға қарағанда, жүз есе артық. Ерекшелік ретінде қорғасын мен сынап алынады, бірақ бұл жерде де жылу өткізгіштік суға қарағанда он есе артық.

Конвекция – сұйықтың немесе газдың ағысы арқылы энергияның тасымалдынуы барысында жылу алмасу процесі. Электр лампасының астына немесе майшамның астына қойылған кішірек қағаздан жасалған тікұшақ қызғанда, ауа арқылы көтеріле бастайды. Бұл конвекция процесінің мысалы ретінде бола алады. Бұл процесті былай түсіндіруге болады. Ыстық майшаммен жанасқан ауа қызады, улкейеді және де қоршаған салқын ауаға қарағанда тығыздығы азая бастайды. Суық жақтан астынан үстіне қарай жылы ауаға әсер ететін Архимед күші жылы ауаға әсер ететін ауырлық күшінен артық. Нәтижесінде қызған ауа «қалқып шығады» жоғары көтеріледі де, оның орнын салқын ауа басады.

Конвекцияда энергия газ немесе сұйықтық ағындары арқылы тасымалданады.

Конвекцияның екі түрі бар:

Табиғи(немесе бос): Затты бірқалыпты қыздырмаған жағдайда өздігінен пайда болады. Бұндай конвекцияда заттың астыңғы қабаттары қызады да жеңіл болады және де бетіне қалқып шығады. Ал беткі қабаты ,керісінше суиды да ауыр болады және де төмен қарай шөгеді. Бұдан кейін процес қайталанады.

Еріксіз: Сұйықтықтарды бұлғауышпен, қасықпен, насоспен және т.б араластырғанда байқалады. Сұйықтық пен газда конвекция болу үшін оларды астынан қыздыру керек.

Конвекция қатты денелерде болмайды.

Жылу шығару- электромагниттік жылу шығару, қыздырылған дененің қоршаған кеңістікке сәуле таратып жылу шығару қабілеттілігі;

Объектінің жылу шығару қуаты абсолют қара дененің талаптарына сай келетін Стефан-Больцман заңымен сипатталады. Денелердің жұтып алу және сәуле шығару қасиеттерінің қатынастары Кирхгофтың сәуле шығару заңымен

сипатталады. Жылу шығару арқылы энергия тасымалдау жылу алмасудың басқа түрлеріне қарағанда ерекше: ол толық вакуумда жүзеге аса алады. Барлық дененің энергиясын шығарады: қатты қыздырылған да, жай қыздырылған да, мысалы адамның денесі, пеш, электр лампы және т.б. Бірақ дененің температурасы жоғарылаған сайын энергияны сәуле шығару арқылы тасымалдайды. Энергия осы денелермен жартылай жұтылады да, жартылай шағылысады. Энергияның жұтылуы кезінде, денелер беткі қатпарға байланысты әр түрлі қызады.

Қара түсті бетті денелер ақ түсті бетті денелерге қарағанда энергияны жақсы жұтады және де жақсы сәуле шығарады. Сонымен қатар қара түсті бетті денелер ақ т.сті бетті денелерге қарағанда , сәуле шығару жолымен тезірек суиды. Мысалы, ақ түсті шәйнекте қара түсті шәйнекке қарағанда су көбірек жоғарғы температураны сақтап тұрады.

Иделды жүйеде жартысфералы абсолют қара дененің жылу шығаруы және тұрақты температурада жалпы меншікті ағын энергиясы Стефан-Больцман заңымен өрнектеледі

$$E = \sigma T^4 \tag{5.1}$$

$$E_0 = c_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \tag{5.2}$$

Мұнда E_0 — жалпы меншікті ағын энергиясы, Вт/м²,

c_0 — абсолют қара дененің жылу шығару коэффициенті.;

T — абсолют температура, К.

Отынның жануы- Жанғыш компоненттердің жылу шығарумен қоса жүретін жоғарғы температурада тотығуы. Жану әр түрлі факторлармен сипатталады, сонымен қатар жандыру тәсілі, оттықтың конструкциясы, оттегінің концентрациясы және т.б. Жану процессінің шарттары, ұзақтылығы, соңғы нәтижелері жанар майдың құрамына, физикалық және химиялық қасиеттеріне байланысты болады.

Жану жылуы- ол масса бірлігінің (кДж/кг) және отын көлемінің (кДж/м³) жануы кезінде бөлінетін жылу мөлшерін көрсететін физикалық шама. Жану жылуының төменгі және жоғарғы түрлері белгілі. Жоғары жану жылуына: жану заттарының құрамында болатын бу конденсациясының бөлінуі жатады. Отын жаққан кезде буланған газдар , дымқыл бу күйінде болатын температураға ие. Сондықтан бұл жағдайда төменгі жану жылуы қолданылады. Ол су буының конденсациялық жылуын ескермейді. Күлдің қасиеттері пешті және оттықты жабдықтау кезінде аса үлкен рөл атқарады. Жоғарғы жылдамдықта оның жанған заттарын алып кететін бөліктері, қыздырылған беткі қабатты ұнтақтайды. Ал аз жылдамдықта оларда бөлініп шығады., ал ол жылу алмасуды төмендетеді. Бу мұржасына баратын көмір қоршаған ортаға зиян келтіруі мүмкін. Қоршаған ортаға зиян келтірмес үшін күлтұтқышты орнату қажет.

Оттыққа байланысты отынның жану тәсілдері

Жағылатын заттардың негізгі түрлері: қатпарлы және камералы. Қатпарлы оттық қатты, үлкен бөлікті отынды жағуға арналған. Олар тығыз және қайнаған қатпармен болуы мүмкін. Тығыз қатпарда отынды жандырғанда оның тұрақтылығына әсер етпей, жануға қажетті ауа қатпар арқылы келеді, яғни жанып жатқан бөліктердің ауырлық күші ауаның динамикалық напорынан артық болады. Қайнаған қатпарда отынды жандырғанда ауаның жоғарғы жылдамдығының арқасында бөліктер «қайнау» күйіне көшеді. Сонымен қатар тотықтырғыш пен отынның белсенді араласуы болады, соның арқасында отынның жануы интенсификацияланады. Камералы оттықта қатты, тозаңды, сұйық және де газ тәріздес отынды жағады. Камералы оттық факелді және циклонды болып бөлінеді. Факелді жандыруда көмірдің бөліктері 100 мкм ден аспауы керек. Олар оттықты камера көлемінде жанады. Циклонды жандыруда бөліктердің үлкенірек өлшемі рұқсат етіледі. Центрілік күштің әсерінен олар оттықтың қабырғасынан лақтырылады да айналдырылған ағынның ішінде ыстық температурада жанып кетеді.

Жылуқабылдау

$$Q = c_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_n}{100} \right)^4 \right] \quad (5.3)$$

мұнда T_1 , T_n — жылушығару және жылуқабылдау бетінің температурасы, К.

Оттықтағы радиационды жылу алмасу шарттары идеалды шарттардан ерекшеленеді:

1. Қазандықтағы орта және оны қоршайтын бет абсолютті қара дене болып табылмайды. Нәтижесінде сәулеленушік қабілеттілік:

$$E = \varepsilon E_0 = \varepsilon c_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 = c \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (5.4)$$

мұнда $\varepsilon = \frac{c}{c_0} \leq 1$ — сұр дененің жылулық сәулеленуінің интегралды немесе орташа коэффициенті;

c — сұр дененің сәулелену коэффициенті, Вт/м²К.

2. Қазандықтың сәулеленетін ортасында кеңістіктік және симметриялық емес температураларының орны бар. Факел ядросындағы температура максималды болып табылады, ал қазандық шыға берісінде ол минималды және максималды температурадан 700÷800 °С-ға төмен.

Қазандықта бір уақытта отынның жануы мен радиационды және конвективті жылу алмасу жүреді.

Қазандықтағы берілген жылу, қазандық шығысындағы пайдалы жылу бөліну мен газдардың энтальпиясының айырмашылығы арқылы табылады.

Қазандықтағы пайдалы жылу бөліну:

$$Q_r = Q_p^p \frac{100 - q_3 - q_4 - q_6}{100 - q_4} + Q_B - Q_{BH} + zI_{r.or} \quad (5.5)$$

QT шамасы отынның орналастырылған жылуынан оттық шығын шегеріп Q_{BH} сыртқы ауа немесе циркуляциялық газ жылуын қосу арқылы табылады.

$$Q_B = (a_r - \Delta a_r - a_{HH})I_{TB}^0 + (a_r + a_{HH})I_{XB}^0 \quad (5.6)$$

мұнда r – рециркуляцияланған газдардың бөлігі;

$I_{r.or}$ – қазандықтағы рециркуляцияланған газ энтальпиясы;

$$\vartheta_a = \frac{Q_r}{\sum v_i c_i}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.7)$$

ϑ_a - жылуалмасу болмаған кезде факел ядросындағы температура максималды болады'

c_i – соңғы жуықтаулар тәсілімен анықталады'

ϑ''_r -Қазандық шығы берісіндегі газдардың температурасы. Отын сипатына байланысты таңдалады.

3. Қазандықтың салыстырмалы жылу қабылдауы:

$$Q_T = \varphi(Q_r - I'_r) \quad (5.8)$$

мұнда φ – газ жылуының сақталу коэффициенті

5.1-ресте - Әр түрлі заттардың жанғыш массасының құрамы.

Отын	Жанғыш қоспа құрамы, %				
	C ^r	W ^r	O ^r	N ^u	S ^r _{ор+к}
Древесина	51	6	42,5	0,5	-
Торф	58	6	33	2,5	0,5
Қоңыр көмір	64-77	4-6	15-25	1	0,5-7,5
Тас көмір	75-80	5-6	10-16	1,5	0,5-7
Антрацит	90-93	2-4	2-4	1	0,5-2
Жанғыш сланец	60-65	7-9	10-17	1	5-15
Мазут	86-88	10-10,5	0,5-0,8	0,5-0,8	0,5-3

Бу генераторының немесе су қыздырғыш қазандықтардың оттық камерасын есептеу оның жұмыс сенімділі мен тиімділігін анықтау мақсатында жүргізіледі. Оттық камерасын есептеу конструктивті және тексеретін болуы мүмкін.

Оттық камерасының техникалық негіздері келесі сәулелену түрлерін ажыратады. Өздік сәулелену дененің температурасы мен оның сәулелену дәрежесімен анықталады.

$$q_{\text{соб}} = a\sigma_0 T^4 \quad (5.9)$$

мұнда, a – сәулелену дәрежесі;

σ – абсолют қара дененің сәулелену константасы;

$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$;

T – абсолют температура, К.

5.2-кесте-Металдардың сәулелену дәрежесі

Металдар	Температура, °С	Сәулелену дәрежесі, ϵ
Алюминий	200-600	0,11-0,19
Латынь	200-600	0,61-0,69
Мыс	200-600	0,57-0,87
Тотыққан темір (болат)	175-900	0,74-0,96
Болат (тоғ баспайтын)	200-600	0,25-0,35
Болат (өңделген)	900-1100	0,52-0,61
Болат (тотыққан)	40-370	0,94-0,97
Темір (тотыққан)	30	0,23

Басқа денеден түскен сәулеленуді түсуші сәулелену деп атайды, $q_{\text{пад}}$.

Жұтып алған сәулелену түскен сәулеленудің бір бөлігі болып табылады. Сонымен бірге

$$q_{\text{пог}} = q_{\text{пад}} a \quad (5.10)$$

Шағылған сәулелену түскен сәулелену дененің бетінің шағылған бір бөлігі болып табылады. Сонымен бірге

$$q_{\text{отр}} = (1 - a)q_{\text{пад}} \quad (5.11)$$

Эффективті сәулелену:

$$q_{\text{эф}} = q_{\text{соб}} + (1 - a)q_{\text{пад}} \quad (5.12)$$

Қорытқы сәулелену:

$$q_p = q_{\text{пад}} - q_{\text{эф}} = aq_{\text{пад}} - q_{\text{соб}} \quad (5.13)$$

Қазандықтағы жылу алмасу бетінің жылу қабылдауы жылу алмасу теңдеуінен анықталады, ол Стефана-Больцмана заңына сәйкес мына түрде болады:

$$Q_{\text{л}} = \xi_{\text{T}} c_0 \psi_{\text{э}} F_{\text{ст}} (\overline{T^4} - \overline{T_{\text{ст}}^4}) \quad (5.14)$$

мұнда $Q_{\text{л}}$ – қыздыру бетінің жылу қабылдауы, кВт;

ξ_{T} – қазандықтың жылулық сәулеленуінің коэффициенті (қазандықтың сәулелену дәрежесі);

c_0 – абсолютті қара дененің сәулеленуі, $5,76 \cdot 10^{-11}$, кВт/(м²К⁴);

$F_{\text{ст}}$ – қазандықты шектеуші қабырға беттерінің ауданы, м²;

$\psi_{\text{э}}$ – қыздыру беттерінің жылулық эффективтілік коэффициенті;

$\overline{T^4}$ – оттықтағы жану өнімдерінің орташа температурасы, К;

$\overline{T_{\text{ст}}^4}$ – қыздыру беттерінің орташа температурасы, К.

Қыздыру беттерінің жылу қабылдағыштығы:

$$Q_{\text{л}} = \varphi V_{\text{р}} (Q_{\text{T}} - H_{\text{T}}'') \quad (5.14)$$

мұнда $\varphi = \frac{1 - q_5}{\eta + q_5}$ – оттықтағы жылу сақталу коэффициенті;

$V_{\text{р}}$ – отынның есептелген шығыны, м³/с;

Q_{T} – оттықтағы пайдалы жылу бөлгіштік, кДж/м³;

H_{T}'' – оттық шыға берісіндегі жану өнімдерінің энтальпиясы, кДж/м³.

Жылу сақталу коэффициенті:

$$Q_{\text{T}} = Q_{\text{р}}^{\text{р}} \frac{100 - q_3 - q_4 - q_6}{100 - q_4} + Q_{\text{в}} \quad (5.15)$$

Есеп 1.

Берілгені: кузнецтік СС маркалы көмір жануының адиабаталық температурасын анықтау. Отынның жану шарты: сұйық қожды оттық, ыстық ауа температурасы $t_{\text{г.в.}} = 370^{\circ}\text{C}$, $\Delta\alpha_{\text{T}} = 0$, $\Delta\alpha_{\text{пл}} = 0$; қазандық қысымы көтерілген, газдардың рециркуляциясы жоқ, оттықтан тыс артық ауа $\alpha_{\text{T}} = 1,15$, $\alpha_{\text{у.н}} = 0,5$.

Шешімі:

1. Жану өнімдерінің адиабаттық температурасының күтілетін диапазоны кезіндегі газдардың энтальпиясын анықтау ($2200-2000^{\circ}\text{C}$). Ол үшін берілген отын үшін теориялық энтальпияны қолданамыз $H_{\text{в}}^0$ және $H_{\text{г}}^0$. Олар сәйкесінше $\vartheta = 2200^{\circ}\text{C}$ кезінде, $H_{\text{в}}^0 = 24865 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$, $H_{\text{г}}^0 = 25971 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Асқын газ кезінде $\alpha_T = 1,15$ газ энтальпиясы мынаған тең:
 при $\vartheta = 2200^\circ\text{C}$ $H_T = 28855 + (1,15 - 1) * 24865 = 32585 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$;
 $\vartheta = 2000^\circ\text{C}$, кезінде $H_T = 25971 + (1,15 - 1)22408 = 29332 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Алдын ала ауаны ысыту болмағандықтан $Q_{в.вн} = 0$, отынның физикалық жылуын ескермейміз; онда $Q_P^p = Q_H^p = 27420 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

2. Q_3 және Q_4 жану жылуларын П7 кестесі бойынша анықтаймыз: химиялық кемжанудан $q_3 = 0$, $q_4 = 1\%$

3. Шлактың физикалық жылу жоғалтуы :

$$q_6 = \frac{0,5 * 2064,1 * 14,1}{27420} = 0,531\%$$

Шлак температурасы $t_{н.ж.} = 1700^\circ\text{C}$, сонымен қоса $(c\vartheta)_{сл} = 2064 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

4. Оттықтағы пайдалы жылу бөлінуді анықтаймыз: Ыстық ауаның теориялық энтальпиясы берілген отын үшін: $t_{г.в.} = 400^\circ\text{C}$ болған

кезде, $H_B^0 = 3960 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$, $t_{г.в.} = 200^\circ\text{C}$ болған кезде, $H_B^0 = 1947 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$. Температура

үшін: $t_{г.в.} = 370^\circ\text{C}$ $H_B^0 = 3960 - (3960 - 1947) \frac{30}{400 - 200} = 3658 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ Ауамен

келетін жылу; $Q_B = (1,15 - 0 - 0)3658 + 0 = 4207 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

Оттықтағы пайдалы жылу шығару:
 $Q_T = 27420 \frac{100 - 1 - 0 - 0,531}{100 - 1} + 4207 = 31480 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

$Q_T = 31480 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ үшін адиабаттық температура

$$\vartheta_B = 2000 + (2200 - 2000) \frac{31480 - 29332}{32585 - 29332} = 2132^\circ\text{C}$$