

Қазақстан Республикасының ІІМ Төтенше жағдайлар комитеті
Көкшетау техникалық институты

Жалпы техникалық пәндер, ақпараттық жүйе және технологиялар
кафедрасы

Шарипов Р.А.

**«Жану және өрт сөндіру процестерінің теориялық
негіздері» пәнінен
ДӘРІС КУРСЫ**

Көкшетау, 2017ж.

УДК 614.8 (075.8)

Дәріс курсы 5В 100 100 «Өрт қауіпсіздігі» мамандығы бойынша бакалаврлар даярлауға арналған. Пәннің оқу-жұмыс бағдарламасына сәйкес құрастырылды.

Дәріс курсын құрастырған :

Жалпы техникалық пәндер, ақпараттық жүйе және технологиялар кафедрасының аға оқытушысы, химия магистрі, азаматтық қорғау капитаны Шарипов Р.А.

ҚР ТЖК ІІМ КТИ Оқу-әдістемелік кеңесінде қарастырып бекітілген басылым шығаруға мақұлданған.
Хаттама № 5, 2018 жылғы «07» қаңтар

Пікір жазғандар:

Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау мемлекеттік университетіндегі инженерлі профиль ядролық магниттік резонанс спектроскопия зертханасының меңгерушісі, х.ғ.к. профессор Сейлханов Төлеген Мұратұлы.

ҚР ІІМ ТЖК КТИ жалпы техникалық пәндер ақпараттық жүйе және технологиялар кафедрасының доценті, х.ғ.к., азаматтық қорғау аға лейтенанты Казьяхметова Дана Тұрсынбаевна.

Мазмұны

<i>1. Жану процесінің табиғаты.</i>	5
<i>2. Жану процестерінің жіктелуі. Түрлері мен режимдері.</i>	8
Дәріс №2 Тақырыбы: Жану процестерінің негізгі параметрлері. Жану процестерінің материалдық және жылулық балансы.	12
<i>1. Жану процесінің материалдық баланс теңдеуі.</i>	12
<i>2. Жануға қажетті ауа келемі. Ауаның артық мөлшері.</i>	13
<i>3. Жану өнімдері.</i>	15
<i>Бақылау сұрақтары</i>	16
Дәріс №3 Тақырыбы: Заттар мен материалдардың жанғыштығын бағалау. Заттардың негізгі өрт қауіпті көрсеткіштері. Жанғыштыққа байланысты топтарға жіктеу. Газ шаң-ауа қоспасының тұтану обласы.	17
Дәріс №4 Тақырыбы: Жанғыш жүйелердің өздігінен тұтануы және жануы. Өздігінен тұтану теориясы.	19
<i>1. Жану жүйесінің өздігінен тұтануы және жануы.</i>	19
<i>2. Химиялық реакция кинетикасы.</i>	20
<i>3. Жанғыш заттардың тотығу теориясы.</i>	21
<i>4. Өздігінен тұтану температурасы.</i>	22
<i>5. Өздігінен қызу температурасы.</i>	24
<i>6. Өздігінен тұтануға қабілетті химиялық қосылыстар және олардың қасиеттері.</i>	
Химиялық қосылыстардың химиялық реакция нәтижесінде тұтануын химиялық өздігінен тұтану деп атайды.	25
Дәріс № 5,6 Тақырыбы: Газдардың жануы.	28
<i>1. Кинетикалық жалынның құрылысы.</i>	28
<i>2. Жалын таралуының қалыпты жылдамдығы жайында түсінік.</i>	30
<i>3. Жалын таралуының теориясы.</i>	32
<i>4. Газдардың және булардың диффузиялық жануы.</i>	33
Дәріс № 7 Тақырыбы: Сұйықтардың жануы.	35
<i>1. Сұйықтықтардың булануы. Қанныққан бу.</i>	35
<i>2. Тұтанудың температуралық шектері. Жарқ ету температурасы.</i>	36
<i>3. Сұйықтықтардың жану процесі. Жанып біту жылдамдығы.</i>	38
Дәріс № 8 Тақырыбы: Қатты заттардың жануы. Қатты жанғыш заттардың құрамы мен құрылысы. Ағаштың пиролизі, Металдардың жануы. Шан-ауа қоспасының жануы.	40
<i>Ағаш негізді материалдарды өрттен қорғау.</i>	45
Дәріс № 9 Жанудағы шекті құбылыстар және сөнудің жылулық теориясы.	48
<i>1. Өртті тоқтатудың тәсілдері мен шарты.</i>	48
<i>2. Жану процесінің тоқтауының жылулық теориясы.</i>	50
Дәріс №10 Тақырыбы: Өрт параметрлері мен аймақтары. Өрт ұзақтығы, ауданы, температурасы. Өрттің сызықтық таралу жылдамдығы. Өрт температурасы. Түтінденудің қабілеті мен тығыздығы. Жану аймағы. Жылу әсер ету аймағы. Түтіндену аймағы. Өрт және оның жіктелуі.	52
Дәріс № 11 Ашық өрттердің дамуының жалпы заңдылықтары. Газды, мұнай-газды және мұнай фонтандарының өрттердің ерекшеліктері. Дала өрттері және астық өрті. Орман өрттері	59
<i>1. Ашық өрттер және олардың өзіне тән ерекшеліктері.</i>	59

2. Газ, газмұнай және мұнай фонтандардағы өрт ерекшеліктері.....	60
3. Орман өрттері. Классификациясы, болжануы, өрт сөндіруді ұйымдастыру.	63
Дәріс № 12 Тақырыбы: Ішкі өрттердің жалпы заңдылықтары. Өрттің жылу режимі. Өрттің динамикасы туралы түсінік. Уақытша және тұрақты өрт жүгі	67
1. Өрт динамикасы жайында түсінік.	67
2. Өрттің жылулық режимі.	70
3. Ішкі өрттердегі газ алмасу.	74
Дәріс №13 Тақырыбы: Жану процесін тоқтату механизмдерінің физико-химиялық негіздері.	77
Дәріс № 14 Өрт сөндіру заттары және олармен өрт сөндіру механизмдері.....	78
Дәріс № 15 Сөндірудің су-көбікті құралдары	81
1. Көбіктің қасиеттері.	81
2.Көбік түзушілердің қасиеттері және беттік активті заттар	83
3. Жану процесін көбікпен тоқтату механизімі.	84
Пайдаланылған әдебиеттер	87

Дәріс № 1 Тақырыбы: Жану табиғаты туралы жалпы түсінік.

Қарастырылатын сұрақтар:

1. Жану табиғаты туралы түсінік. Жану кезіндегі физика-химиялық процестер мен құбылыстар. Химиялық құбылыстар механизмі.

2. Жану процестерінің жіктелуі. Түрлері мен режимдері.

1. Жану процесінің табиғаты. Жану – жанғыш заттың жоғары температураның әсерінен тотықтырғышпен әрекеттесіп жану өнімдеріне айналатын, нәтижесінде интенсиивті түрде жылу мен жарық бөлетін күрделі физико-химиялық процесс.

Осы сипатына қарап жану процесін басқа құбылыстардан ажыратуға болады. Мысалы, электр лампасының жануының нәтижесінде жылу мен жарық бөлінсе де оның жану процесіне жатқызуға болмайды. Себебі бұнда жанғыш заттың тотықтырғышпен әрекеттесетін химиялық процесі жоқ.

Жай заттар мен қатар оттегінде көптеген күрделі заттар да жанады. Кейбір химиялық реакциялар өте жылдам жүреді. Бұндай реакцияларды қопарылыс арқылы жүретін реакциялар деп немесе жарылыс деп атайды. Мысалы, оттегінің сутегімен әрекеттесу реакциясы қопарылыс береді. Жану реакциясы тек оттегінде ғана емес сонымен қатар басқа да газдарда жүреді.

Ауадағы жану процесі таза оттегінде жануға қарағанда едәуір баяу жүреді. Былай болу себебі, ауаның құрамындағы оттегі мөлшерінің аз болуына (21 пайыз) және ауадағы оттегіні сұйылтушы ретінде азоттың (79 пайыз) болуына байланысты. Сол себепті жану ортасында оттегінің мөлшерін төмендеткен сайын жану процесінің қарқыны да төмендейді.

Таза оттегінде жылдам жанатын заттар ауада мүлдем жанбайды. Болат сымды ауада қатты қыздырса да ол жанбайды, ал таза оттегінде ол қызған шоқтың түзілуімен жанады.

Жану процесінің пайда болуының шарттары. Жану процесі пайда болу үшін төмендегі шарттар орындалуы қажет, бұны жану процесінің классикалық үшбұрышы деп атайды (сурет 1):

1. жанғыш заттың болуы;
2. тотықтырғыштың болуы;
3. тұтандыру көзінің болуы;

Тұтандыру көзі дегеніміз – жанғыш затты тұтандыруға қабілетті болып келетін кез-келген жылу көзі. Мысалы, үйкеліс кезінде пайда болған жылу, электрлік шоқ, жалын, шоқ ұшқындары, жылу және т.б.

Жанғыш зат пен тотықтырғыш арасында жану реакциясының пайда болуына төмендегідей факторлар әсер етеді:

- жанғыш қоспаны өздігінен тұтану температурасына дейін қыздыру;
- сыртқы тұтандыру көзінің әсері.



Сурет 1 – Жану процесінің классикалық үшбұрышы

Тотықтырғыштар. Жану – тотығу-тотықсыздану реакциясы (бір элементтің электрондарын беріп ал екінші біреулері электрон қабылдайтын) болып келетін күрделі физико-химиялық процесс.

Тотықтырғыштар (электрон қосып алатын элементтер немесе қосылыстар) тек ауа құрамындағы оттегі ғана емес сонымен қатар хлор, бром, күкірт, калий перманганаты, асқын тотықтар, бертолет тұзы және т.б. құрамында оттегі бар заттар жатады. Бірақ практикада жану процесі көбіне атмосфера ауасында жүреді.

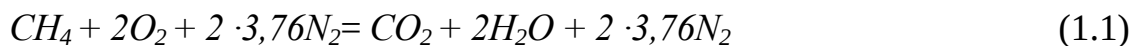
Ауа – бұл газдар қоспасы: азот – 78,084 %;
оттегі - 20,948 % , аргон- 0,934 %.

Өте аз мөлшерде неон, гелий, криптон, аммиак, күкірт диоксиді болады. Аргон инертті газ және жану процесіне қатыспайды. Азот инертті газ, ол да жану процесіне химиялық тұрғыда қатыспайды, бірақ азот жану реакциясының жылдамдығына әсер етеді. Жану процесі кезінде көптеген физикалық процестерге қатысады:

- жану ортасына оттегінің диффузиялануына қатысады;
- жанғыш затпен тотықтырғыштың инертті сұйылтушысы;
- жанғыш қоспаның қызу жылдамдығы мен жану жылдамдығына әсер етеді.

Ауа құрамы шартты түрде тұрақты деп алынады, құрамында 21 % оттегі көлемі бойынша және 79 % азот, яғни бір көлем оттегіне 3,76 азот көлемі сәйкес келеді, немесе бір моль оттегіне 3,76 моль азот келеді.

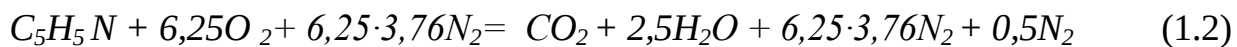
Сонда ауада метанның жануының химиялық теңдеуі төмендегідей жазылады:



Азот, жану реакциясының нәтижесінде бөлінетін жылудың бір бөлігін сіңіреді, және жану өнімдерінің құрамына кіретін – түтін газы.

(1.1) теңдігі бойынша жану процесі толық жүру үшін, жану аймағында 1 м^3 метанға $9,52 \text{ м}^3$ ауа ($2\text{O}_2 + 2 \cdot 3,76 \text{ N}_2$) сәйкес келеді.

Егер жанғыш зат құрамына көміртегі мен оттегінен басқа азот кірсе, онда жану кезінде N_2 бос түрінде бөлінеді, мысалы пиридиннің жануы кезінде:



Егер жанғыш зат құрамына хлор кірсе, онда жану кезінде әдетте хлорлы сутегі бөлінеді, мысалы хлорлы винилдің жануы кезінде:



Жанғыш зат құрамына кіретін күкірт элементі күкір диоксиді (SO_2) түрінде бөлінеді. Жанғыш зат құрамындағы оттегі және басқа да жанғыш элементтер қосылыстар түрінде бөлінеді, мысалы CO_2 немесе H_2O , бос күйінде бөлінбейді. Құрамында оттегісі бар заттар жанған кезде, ереже бойынша олардың жануына ауа аз қажет етіледі. Заттардың жануы басқа заттардың құрамында болатын оттегінің әсерінен болуы мүмкін, олар құрамындағы оттегіні жеңіл беруге қабілетті. Бұндай заттарға азот қышқылы HNO_3 , бертолет тұзы KClO_3 , нитраттар: KNO_3 , NaNO_3 , NH_4NO_3 , калий перманганаты KMnO_4 , барий пероксиды BaO_2 және т.б. жатады. Жоғарыда аталған тотықтырғыштар жанғыш заттармен жоғары жылдамдықпен әрекеттеседі, әдетте жарылыс түзеді. Бұл қоспалардың мысалына оқ дәрі, дабыл жарықшақтары және т.б. жатады.

Стехиометриялық қоспа және стехиометриялық коэффициент.

Стехиометриялық қоспа деп, ондағы жанғыш зат пен тотықтырғыштың сандық қатынасы жану реакциясының теңдеуіне сәкестігін атаймыз. Бұндай қоспалар өрт қауіпті, жеңіл тұтанады, жану процесі қарқынды түрде жүреді, жылдам таралады және жылудың максималды мөлшерін бөледі. Бай қоспаларда жанғыш зат артық мөлшерде болып тотықтырғыш жеткіліксіз болады. Кедей қоспаларда жанғыш зат аз мөлшерде болып тотықтырғыш артық мөлшерде болады, ал стехиометриялық қоспаларда жанғыш зат та тотықтырғышта артық немесе кем мөлшерде болмайды.

Жанғыш заттар және тотықтырғыш қосылып жанғыш қоспа (жанғыш жүйе) түзеді. Жанғыш жүйелер химиялық біртекті немесе әртекті болып келеді.

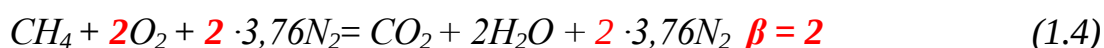
Химиялық біртекті жанғыш жүйелер – жанғыш газдардың, булардың ауамен қоспасы. Бұндай жүйелер гомогенді жүйелер және қоспалардың жануы гомогенді жану деп аталады.

Химиялық біртекті емес жанғыш жүйелер – жанғыш зат пен тотықтырғыш біртекті араласпаған болып келеді, олардың арасында бөлгіш фазасы бар. Химиялық әртекті жүйелер көбінесе қатты заттар болып келеді. Бұндай жүйелер гетерогенді жүйелер және жану процесі гетерогенді жану деп аталады.

Жанғыш зат бірлігінің (*моль, кг, м³*) толық тотығуы үшін қажетті тотықтырғыштың ең төмен саны стехиометриялық коэффициент деп аталады.

Мысалы, жоғарыда келтірілген метанның жану реакциясындағы стехиометриялық коэффициент 2-ге тең, өйткені метанның бір көлемі толық жануы үшін оттегінің 2 көлемі қажет. Оттегінің осы мөлшердегі қажеттілігі жану реакция теңдеуінің оң жағы мен сол жағын теңестірген кезде анықталады. Осылайша оттегінің алдына 2 қойылады. Бұл сан стехиометриялық коэффициент деп аталады және β деп белгіленеді. Сонымен қатар бұл 2 коэффициенті реакция теңдеуіндегі 3,76 көлем азот атомына да қатысты, яғни теңдіктің оң және сол жағындағы 3,76 көлем азоттың алдына да 2 коэффициенті қойылады.

Мысалы:



Немесе бұл теңдеуді төмендегідей түрде де жазуға болады, яғни теңдеудің сол жағындағы оттегі мен 3,76 көлем азотты жақшаға алып алдына екі қойылады:



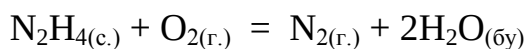
2. Жану процестерінің жіктелуі. Түрлері мен режимдері.

Жанғыш қоспа компоненттерінің агрегаттық күйіне байланысты жіктелу.

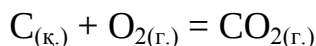
Заттардың үш агрегаттық күйде қатты, сұйық, газ күйлерінде болатыны белгілі. Жану аймағында жанғыш зат компоненттерінің агрегаттық күйлеріне байланысты жанудың екі режимі немесе түрі бар: гомогенді және гетерогенді. Егер жану аймағында екі компонент бірдей фазада (гомогенді жанғыш жүйе) болатын болса, бұндай жану гомогенді жану деп аталады, Мысалы: $CH_4_{(г.)} + 2O_{2(г.)} = CO_{2(г.)} + 2H_2O_{(бұ)}$ басқа да газ тәрізді тотықтырғыштардың қатысында жану: $H_{2(г.)} + Cl_{2(г.)} = 2HCl_{(г.)}$

Ал егер жанғыш қоспа компоненттері әртүрлі агрегаттық күйде (гетерогенді жанғыш жүйе) болса жану гетерогенді болады. Мысалы:

Сұйық гидрозиннің жануы:



Көміртегінің жануы:



Тұрақсыз заттардың ыдырауы (ацетилен)



Көп жағдайда жану процесі гомогенді болып табылады. Гетерогенді жануға антрациттің (сурет 2), кокстың жануын келтіруге болады, ал өрт жағдайында – қатты жанғыш материалдардың әсіресе ағаштың ыдырауынан қалған қатты көміртекті қалдықтардың жануын жатқызуға болады.



Сурет 2 - Антрацит және оның жануы

Себебі, бұнадай жағдайларды ұшқыш пиролиз өнімдері жанып бітіп, жану процесі тікелей қатты зат беткейінде жүреді.

Жанғыш компоненттердің түзілу шартына байланысты жіктелу.

Жанғыш компоненттердің түзілу шартына және химиялық жану реакциясы мен жанғыш қоспаның түзілуінің қатынасына қарай жану режимінің екі түрі бар: кинетикалық және диффузиялық жану. Жану режимінің кинетикалық немесе диффузиялық екендігі, жану процесі кезінде жанғыш қоспаның түзілу жылдамдығының немесе қоспа компоненттерінің химиялық жану өнімдеріне түрлену жылдамдығының лимиттеуші болатындығына байланысты анықталады.

Химиялық біртекті емес жүйенің толық жану уақыты жанғыш зат пен тотықтырғыштың физикалық түйісуіне жұмсалған уақыттан τ_f және химиялық реакцияның жүру уақытынан τ_x тұрады:

$$\tau_{\text{гор}} = \tau_d + \tau_{x.p.} \quad (1.6)$$

Өрт жағдайында әдетте алдын ала араласпаған газдардың жануы кездеседі. Жанғыш қоспа жану аймағында түзіледі. Реакция компоненттері жану аймағына әртүрлі орталардан келеді. олардың әрқайсысында тек бір ғана жанғыш компонент болады. Бұл жағдайда химиялық жану реакциясы жанғыш компоненттердің жану аймағына диффузияланып өткеннен кейін ғана жүреді.

Химиялық біртекті емес жанғыш жүйелердің жануы кезінде оттегінің жанғыш затқа физикалық диффузиялану уақыты τ_d химиялық жану реакциясының жүру уақытынан $\tau_{x.p.}$ артық, яғни $\tau_d > \tau_{x.p.}$. Бұл дегеніміз жану уақыты жанғыш затқа оттегінің диффузиялану уақытымен анықталады дегенді білдіреді. Бұндай жану диффузиялық жану деп аталады. Барлық өрттер диффузиялық жануға жатады.

Егер, оттегінің жанғыш затқа физикалық диффузиялану уақыты τ_d химиялық жану реакциясының жүру уақытынан $\tau_{x.p.}$ кем болса, яғни $\tau_d < \tau_{x.p.}$ онда жану процесінің жылдамдығы химиялық жану реакциясының жылдамдығымен анықталады. Бұндай жану кинетикалық жану деп аталады. Бұндай жану химиялық біртекті жүйелерге тән. Себебі оларды жанғыш зат молекуласы оттегі молекулаларымен жақсы араласқан болады және оттегінің жанғыш затқа өтіп онымен араласып қоспаның түзілуіне уақыт жұмсалмайды

(газдардың жануы, 5 дәріс). Кинетикалық жану әдетте өрттердің бастапқы сатыларында жүреді.

Егер, бұндай газ - ауа қоспасының жануы жабық ыдыста немесе кеңістігі шектелген ортада жүретін болса, жану процесі жарылыс сипатына ие болады. Себебі жанғыш қоспа жанған кезде түзілген энергия жану ортасынан шығып үлгермейді, осы кезде қысым артып конструкциялардың қыйрауына әкеледі.

Химиялық реакция аймағына жанғыш компоненттердің келіп түсу қарқындылығына байланысты жіктелу, аэродинамикалық шарттарға байланысты:

а) Ламинарлы жану – жалын фронты тегіс.

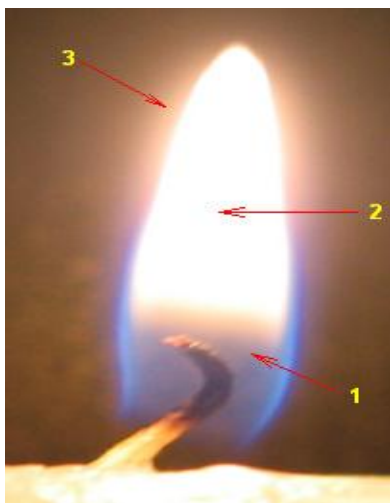
б) Турбулентті жану – жалын фронты қатты қыйсайған.

Химиялық жану реакциясы аймағының таралу жылдамдығы бойынша жіктелу.

а) дефлаграциялық жану - процестің баяу таралуы (жылуөткізгіштік немесе диффузия көмегімен).

б) детонациялық жану. Процесс жылдам таралады. Детонациялық жану процесі дыбыс жылдамдығынан жоғары жылдамдықпен жүреді яғни секундына 100 деген метрмен, секундына 1 километр.

Бу немесе газдардың жанып жатқан кеңістігі жалын деп аталады. Төмендегі суретте шамның жану мысалында диффузиялық жанудың мысалы көрсетілген (сурет 1).



Сурет 1 - Диффузиялық жалынның құрылысы

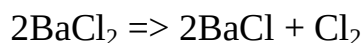
Суреттегі (1) - жанғыш зат қызған кезде одан бөлінген бу мен ыдырау өнімдеріне толған аймақ. Қоршаған орта ауасынан диффузияланатын оттегінің мөлшері бұл аймақта аз және бұл аймақтағы температура аса жоғары болмайды. Бірінші аймақтың көгілдір түсті екендігі суреттен жақсы көрініп тұр, бұның себебі, бұл аймақта толық емес жану жүреді нәтижесінде СО түзіледі, ал көгілдір түстің болуы көміртегі монооксидіне (СО) тән. Жалын аймағының шеткі жақтарында диффузияланатын оттегінің мөлшерінің арту салдарынан жану едәуір белсенді түрде жүреді, бұл өз кезегінде жалынның шеткі

аймақтарының түсінің өзгерісінен айқын көрінеді. (2) аймаққа аздаған мөлшерлерде оттегі өтеді, соның салдарынан булар мен жану өнімдерінің тотығуы жүреді, бірақ оттегінің жеткіліксіз болу салдарынан бұл аймақта шайырлану процесі жүріп көмірдің ұсақ бөлшектері түзіледі. Сол себепті бұл аймақ жарқыраған болады. Жалынның жарқырауы жалында қатты фазадағы бөлшектердің болу салдарынан болады. Бұл аймақта (1) аймаққа қарағанда температура едәуір жоғары. (3) аймақта, (2) аймақта түзілген өнімдердің және осы аймақта әрекеттесіп үлгермеген булардың соңына дейін жануы жүреді.

(3) аймақта диффузияланған оттегінің ең көп мөлшері болады, себебі бұл аймақ сыртқы аймақ болып ауқымды беткейге ие. Оттегі жеткілікті болған кезде газ тәрізді өнімдердің түзілуімен булардың толық тотығуы жүзеге асады. Сол себепті де осы аймақта жылудың ең көп мөлшері түзіледі. Бұл аймақтағы температура (2) аймаққа қарағанда жоғары, бірақ жалынның жарықтығы төмендеу, себебі бұл аймақта толық жанбаған қатты фазадағы бөлшектер болмайды.

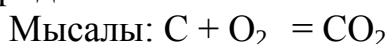
Органикалық қосылыстардың ауада жануы кезіндегі жалынының түстері олардың химиялық құрамына тәуелді болады. Әсіресе олардың құрамындағы оттегі мен көміртегінің мөлшеріне байланысты. Жанғыш зат құрамында оттегінің мөлшері 50% және одан артық болған жағдайда жалынның жарқырауы болмайды. Ал оттегінің мөлшері бұдан аз болса жалын жарқырайды. Жанғыш зат құрамында көміртегінің мөлшері 60 % және одан жоғары болған кезде түтінденген жалын түзіледі.

Жанғыш заттардың жалынының түсі оның құрамында көміртегінің қатты бөлшектерінің болуына байланысты. Егер жалынға көміртегінің орнына басқа заттың бөлшектерін ендіретін болсақ, онда жалынның түсі ендірілген заттың түріне байланысты басқа түстерге боялады. Мысалы, метил спиртінің түссіз жалынына стронций тұздарын ендіретін болсақ, онда жалын қызыл түске боялады. Барий тұздары жасыл түске, мыс тұздары көк түске, натрий тұздары сары түске бояйды. Жалынға ендірілген тұз жоғары температураның әсерінен диссацияға ұшырап диссация өнімдеріне айналып өздеріне тән сәулелерді сәулелендіреді. Мысалы, хлорлы барий жоғары температураның әсерінен төмендегідей диссацияланады:

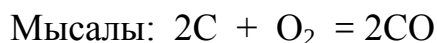


Барийдің монохлориді BaCl жасыл жолақты спектрде сәуле шығарады. Металл тұздарының бұндай қасиеттері олардан әртүрлі пиротехникалық құрамды заттар даярлау үшін қолданылады.

Тотықтырғыштың жеткілікті немесе жеткіліксіз болуына байланысты жіктелу. Тотықтырғыштың жеткілікті немесе жеткіліксіз болуына байланысты жану толық және толық емес жану болып жіктеледі. Жану ортасында оттегі жеткілікті болған жағдайда жану толық жүзеге асады және толық жану өнімдері түзіледі және олар әрі қарай жануға қабілетсіз: көміртегі диоксиді, су, азот, күкірт ангидридi.



Егер жану ортасында оттегі жеткіліксіз болса, онда жану толық жүзеге аспайды және толық емес жану өнімдері түзіледі. Толық емес жану өнімдеріне: көміртегі монооксиді (угарный газ), сажа, кетондар және т.б. органикалық қосылыстар жатады.



Бақылау сұрақтары

1. Жану процесі дегеніміз не?
2. Неліктен жану процесі физикалық және химиялық үрдіске жатады?
3. Жанып тұрған электр лампасы неліктен жану процесіне жатпайды?
4. Жану процесінің классикалық үшбұрышы дегеніміз не?
5. Тотықтырғыш дегеніміз не?
6. Стехиометриялық коэффициент деген не?
7. Стехиометриялық қоспа деп қандай қоспаны айтады?
8. Жану процестері қалай жіктеледі?

Дәріс №2 Тақырыбы: Жану процестерінің негізгі параметрлері. Жану процестерінің материалдық және жылулық балансы.

Қарастырылатын сұрақтар:

1. *Жану процестерінің материалдық және жылулық балансы.*
2. *Жануға қажетті ауа келемі. Ауаның артық мөлшері.*
3. *Жану өнімдері, құрамы мен көлемі. Түтін және оның қасиеттері.*

1. Жану процесінің материалдық баланс теңдеуі.

Жану кезінде жанғыш зат пен тотықтырғыш молекулалары белсенді түрде соқтығысады. Соның нәтижесінде жаңа молекулалар - жану өнімдері түзіледі және жылу бөлінеді.

Жану реакциясының материалды және жылулық баланс теңдігінің жалпы түрін былайша жазып алуға болады:

$$n_{\text{жс}}[\text{Ж}] + n_0[\text{O}] = \sum_{i=0}^k m_i [\text{ЖӨ}]_i + Q_{\text{жс.р}} \quad (2.1)$$

мұндағы: $[\text{Ж}]$ - жанғыш заттың химиялық формуласы;

$[\text{O}]$ - тотықтырғыштың химиялық формуласы;

$[\text{ЖӨ}]_i$ - ізатының химиялық формуласы, жану реакциясы нәтижесінде түзілген;

$n_{\text{жс}}, n_0, m_i$ - сәйкес заттар кезінде стехиометриялық коэффициенттері;

k – заттың саны, химиялық реакция нәтижесінде түзілген;

$Q_{\text{жс.р}}$ - жану реакциясының жылулық эффектісі, *кДж*.

Химиялық процесс теңдеуі әркеттесуші жүйенің күйін ғана бейнелейді, аралық фаза арқылы өту жолын көрсетпейді. Сондықтан (2.1) теңдігі *суммалық реакция теңдеуі* немесе *брутто-реакция* деп аталады. Есептеу кезіндегі

практикалық анализдер үшін, ереже бойынша бұл теңдікті қарастырған жеткілікті.

Жану реакциясының негізгі ерекшелігі оның жүруі кезінде жылудың көп мөлшерде бөлінуі болып табылады.

Өртте жану қауіптілігінің жоғары себептерінің бірі үлкен жылулық эффект болып табылады, реакция аймағында оның әсерінен температура артады. Жану ошағының қоршаған ортамен әрекеті (жанғыш материал және зат, құрылыс конструкциялары, адам организмімен, технологиялық аппарат, техника және т.б. оның қасында орналасқанда) өрт кезінде жүргізілетін жұмыстарға қиындық әкелуі мүмкін.

Жанғыш заттың бірлік санын есептеуде жану аймағының *жылулық балансын* былайша жазуға болады:

$$Q_T + Q_{Ж.з,Т} - Q_{реализ} = Q_{Ж.о.} + Q_{Жоғал} \quad (2.2)$$

$$Q_T = \frac{Q_{Ж.Р}}{n_{ж}} - \text{жанғыш заттың төменгі жану жылуы};$$

$Q_{Ж.з,Т}$ - жанғыш зат және тотықтырғышпен жану аймағына бірге келетін жылу мөлшері;

$Q_{Реализ.}$ - жану аймағында химиялық және механикалық жану кезінде реализацияланбайтын жылу мөлшері;

$Q_{Ж.о.}$ - жанғыш зат бірлігін және жану өнімінің қызуына жұмсалған жылу мөлшері;

$Q_{Жоғал.}$ - жану аймағынан қоршаған ортаға таралған жылу мөлшері.

Теңдеудің оң жағындағы бөлік (2.2) өрт жағдайының ерекшелігін сипаттайды. $Q_{П.Г.}$ есебінен, мысалы жану өнімдері жоғары температураға дейін ($\geq 1000^\circ\text{C}$) қызады, адамдарға қаупін тигізетін, жанғыш және жанғыш емес заттар мен материалдарды қыздырады, соның салдарынан құрылыс конструкциялары беріктік қасиеттерін жоғалтады. Жоғары температураға дейінгі қыздырылған жану өнімдері конвективті ағындарды түзеді.

2. *Жануға қажетті ауа көлемі. Ауаның артық мөлшері.* Заттардың жануына қажетті ауаның минималды көлемі, жануға қажетті ауаның теориялық көлемі деп аталады. V^0a - деп белгіленеді. Жанғыш заттар үшін ауаның теориялық көлемін реакция теңдеуі арқылы анықтайды. Реакция теңдеуіндегі қосылыстардың мольдік мөлшерін килограмм арқылы көрсетеміз, мысалы:



Жану реакциясының теңдеулері бойынша жанғыш заттың m кмоль мөлшеріне n кмоль оттегі және азот келеді. Жанғыш зат массасын кг арқылы белгілеп және молекулалық массасын M деп белгілеп пропорция құрамыз:

$$\frac{m \text{ М кг} - 22,4 \text{ м}^3}{1 \text{ кг} - V^0a \text{ м}^3}$$

$22,4 \text{ м}^3$ - 1 кмоль газдың қалыпты жағдайдағы (0°C және 101325 Па) көлемі. n – жану реакциясының теңдеуі бойынша оттегі мен азоттың мөлшері. m – жану реакциясы бойынша жанғыш заттың моль саны. Осы пропорциядан 1 кг зат жану үшін қажетті оттегінің теориялық көлемі тең болады:

$$V_a^0 = \frac{22.4 n}{mM} \quad (2.3)$$

Егер, қажетті оттегінің теориялық көлемін басқа жағдайларда, яғни қалыпты жағдайдан басқа жағдайда есептеу қажет болатын болса, келесі формула қолданылады:

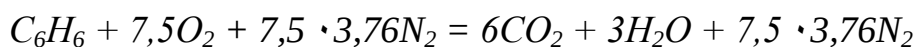
$$V_a = \frac{V_a^0 T 101325}{273 p} \quad (2.4)$$

Мұндағы T – газдар температурасы, K ; p – берілген қысым, Па .

1 м^3 жанғыш газдар үшін ауаның қажетті көлемі келесі формула бойынша анықталады:

$$V_a^0 = n/m \quad (2.5)$$

Мысалы: 20°C температура және 99992 Па қысымда 1 кг бензолдың жануына қажетті ауаның теориялық көлемін анықта. Ол үшін бензолдың жану реакциясының теңдеуін жазамыз



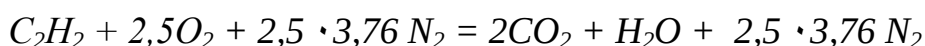
Реакция теңдеуіне сәйкес 1 кмоль бензол жану үшін $n=7,5 \cdot 7,5 \cdot 3,76 = 35,7$ кмоль ауа қажет. Бензолдың молекулалық массасы 78. (1) формула бойынша 1 кмоль бензолдың жануына қажетті ауа көлемін қалыпты жағдайда анықтаймыз:

$$V_a^0 = \frac{22.4 n}{mM} = 35,7 \cdot 22.4 / 78 = 10,25 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Есептің берілгеніндегі жағдайларда бұл көлем тең болады (2) формула:

$$V_a = \frac{10.25 \cdot 293 \cdot 101325}{273 \cdot 99992} = 11.14 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Мысал 2: 4 м^3 ацетилен жануына қажетті ауаның теориялық көлемін есепте. Ацетиленнің ауада жану реакциясын құрамыз:



Реакция теңдеуіне сәйкес 1 кмоль ацетилен жану үшін $2,5 + 2,5 \cdot 3,76 = 11,9$ кмоль ауа қажет. Жануға қажетті ауа көлемін есептейміз:

$$V_a = \frac{11.9 \cdot 4}{1} = 47.6 \text{ м}^3$$

C, S, O, H элементтерінен тұратын күрделі химиялық қоспалардың жануына қажетті ауаның көлемін келесі формула арқылы есептейді:

$$V_a^0 = 0.269 \left(\frac{[C]}{3} + [H] + \frac{[S]}{8} - \frac{[O]}{8} \right) \quad (2.6)$$

Ол үшін жанғыш заттың элементтік *C, S, O, H, N* құрамын және ылғал (W), күл (A) мөлшерін білу қажет. Жанғыш заттың элементтік құрамы зертханаларда анықталады.

Мысал 3. 40 % C, 4,0% H, 13,0% O және 20,0 % N элементтерінен тұратын 5 кг торфтың жануына қажетті ауа көлемін есепте, A=10%, W=13. %. Азот, күл және ылғал ескерілмейді, себебі олар реакцияға қатыспайды. 1 кг торфтың жануына қажетті ауа көлемін (4) формула арқылы есептейміз:

$$V_a^0 = 0.269 \left(\frac{[40,0]}{3} + [4,0] + -\frac{[13]}{8} \right) = 4,3 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Сонда 5 кг торфтың жануына қажетті ауа көлемі $4,3 \cdot 5 = 21,5 \text{ м}^3$

Практикада өр болған жағдайларда оттегі көлемі теориялыққа қарағанда көп жұмсалады. Оттегінің практикалық және теориялық көлемдеріндегі айырмашылық **оттегінің артық мөлшері** деп аталады. Практикалық ауа көлемінің теориялық ауа көлеміне қатынасы оттегінің артық мөлшерінің коэффициенті деп аталады:

$$\alpha = \frac{V_{a, \text{пр}}}{V_a^0} \quad (2.8)$$

Оттегінің артық мөлшерінің коэффициенті жану өнімдерінің құрамы арқылы анықтауға болады, егер оларға газдық талдау жүргізілген болса. Оттегінің ауадағы концентрациясын біле отырып 21%, ал, жану өнімдері құрамындағы бос оттегі мөлшері анализден анықталатын болса оттегінің артық мөлшерінің коэффициентін төмендегі формула арқылы оңай анықтауға болады:

$$\alpha = \frac{21}{21 - [O_2]} \quad (2.9)$$

3. Жану өнімдері.

Жану процесінде жанғыш зат оттегімен қосылуы нәтижесінде түзілетін газ тәрізді, сұйық және қатты заттар *жану өнімдері* деп аталады. Олардың құрамы жанғыш зат құрамы және жану жағдайына байланысты. Өрт жағдайында көбінесе органикалық заттар жанады (ағаш, мата, бензин, керосин, резина және т.б.), олардың құрамына көміртегі, сутегі, оттегі және азот кіргендіктен. Олардың жану кезінде ауа мөлшері жеткілікті болғанда және жоғары температура кезінде *толық жану өнімдері* түзіледі: CO_2 , H_2O , N_2 . Ауа

мөлшерінің жеткіліксіз жануы кезінде немесе төмен температура кезінде толық жану өнімдерінен басқа *толық емес жану өнімдері* түзіледі: CO , C (күйе).

Жанбайтын қоспа компоненттері жану өніміне ауысады, ал қоспадағы оттегі құрамы азот санын төмендетеді.

Өрт жағдайында заттар мен материалдар жануы кезінде, толық және толық емес газ тәрізді жанулардан басқа, әр түрлі қатты және сұйық бөліктер түзілуі мүмкін, смола, қышқылдар, тұз, су және т.б. сияқты.

Қатты және сұйық ұсақ бөлшектерден тұратын, газ тәрізді дисперстік ортада өлшенген дисперстік жүйе *түтін* деп аталады. Түтін дисперсті фаза бөлшектері (10^{-8} - 10^{-5}) м өлшем аралықтарында болады.

Өрт кезінде түзілетін түтін, келесі себептермен қауіпті:

- жоғары температура;
- кейбір жану өнімдерінің улы зат мөлшері және тотықтырғыштың термиялық ыдырауы, оның құрамына (HCl , CO , HCl , Na_2O , CO_2 және т.б.) кіреді;

- түтіннің тұнықсыздығы, өрт кезінде адамдардың қимылын қиындататы;
- өнімдермен термототықтырғышты ыдырау және толық емес жану өнімдері түтін құрамына кіреді және ауамен жарылыс қауіпті қоспа түзуі мүмкін.

Осылайша, реакция аймағынан шығатын түтін $1000^{\circ}C$ температураға ие, ал ортаның критикалық температурасы, адам ұзақ уақыт бойы жүре алатын температура $60^{\circ}C$.

Түтіннің дисперсті ортасындағы HCl , HCl , CO тәрізді газдар, төмен концентрация кезінде де демалу үшін өте қауіпті. Осылайша, құрамында 0,4 % CO бар ауамен демалған кезде 300 с ішінде адам өліміне әкелуі мүмкін.

Жану өнімдеріндегі CO_2 болуы түтіннің қауіптілігін арттыра түседі: көмірқышқылгазының 8÷10% аралығындағы концентрациясы тез арада естен тануға және өлімге әкеледі. Жану өнімдерінде бұл газдың құрамы 10 ÷ 12 %.

Түтінмен күресудің бірнеше әдісі бар, оларға жататыды:

- шашыратылған су ағыстарын қолдану, бұл жағдайда түтін температурасы төмендейді, ылғалдылығы ұлғаяды, зарядталған бөлшектер нейтралданады;

- бұдан басқа, түтінмен күрес мынадай механикалық жолмен жүзеге асады, түтінденген бөлмеден түтін сорғыштары немесе табиғи конвективті ағын арқылы түтін сыртқа шығарылады, мысалы түтін люктары көмегімен.

Бақылау сұрақтары

1. Жану процесінің материалдық жылулық балансына түсінік бер.
2. Ауаның артық мөлшері дегеніміз не?
3. Жану өнімдері дегеніміз не, оларды ата.

Дәріс№3 Тақырыбы: Заттар мен материалдардың жанғыштығын бағалау. Заттардың негізгі өрт қауіпті көрсеткіштері. Жанғыштыққа байланысты топтарға жіктеу. Газ шаң-ауу қоспасының тұтану обласы.

Бірнеше ғасырлар бұрын, адамзат отты тауып, оны өздерінің пайдалы іс-әрекеттеріне пайдаланған. Бірақ от, ол тек пайда ғана әкелмейді, сонымен қатар өзінің зарттаптарын да тигізеді. Өрттен тұрмыстық үйлер мен өндірістік ғимараттар, ұшақтар және т.б. тұрмыстық қажетті заттар жойылып кетеді.

Өрт дегеніміз материалдық шығынға әкелетін бей-берекет жану процесі. Өттің пайда болуына және дамуына қолайлы жағдайлар өрт қауіпін тудырады.

Өрт қауіпі дегеніміз, өрттің туындау және даму мүмкіндігі. Өрт қауіпін заттар мен материалдар туындатады, егер олар қасиеттері жағынан өрттің пайда болуы мен дамуына қолайлық жағдайлар жасайтын болса. Бұндай заттар мен материалдар өрт қауіпті болып есептеледі.

Өрт қауіпті заттар, жану қабілеттеріне байланысты, жанғыш, жанғыш емес және жанбайтын болып жіктеледі.

Жанғыш заттар. Жанғыш зат – бұл жануға қабілетті зат. Жанғыш заттар жанғыштық сипатымен сипатталады.

Жанғыштық – заттың немесе материалдың жалындап жануы мен түтіндеп жануды қолдауы.

Заттардың жанғыштығы физико-химиялық қасиеттерімен, агрегаттық күйлерімен, тұтану және жану ерекшеліктерімен сипатталады.

Заттар мен материалдар жанғыштығы бойынша үш топқа жіктеледі:

- жанғыш емес (несгораемые);
- қыйын жанатын (трудногораемые);
- жанғыш (сгораемые).

Жанғыш емес заттар ауада жануға қабілетсіз (металдар, олардың құймалары, керамикалық материалдар және т.б.).

Қыйын жанатын заттар және материалдар тұтандыру көзінің әсерінен ауада тұтануға қабілетті және тұтандыру көзін алып тастағаннан соң өздігінен жануға қабілетсіз. Бұндай заттарға полихлорвинилді тақта, фенолформальдегидті стеклопластик, беткі қабаты өртке тұрақты заттармен өңделген ағаш жатады.

Жанғыш заттар - тұтандыру көзінің әсерінен от алып тұтандыру көзін алып тастағаннан соң өздігінен жануға қабілетті (ағаш, торф, тас көмір, мұнай өнімдері, органикалық қосылыстар.) Жанғыш заттар өз кезегінде *тез тұтанатын* және *қыйын тұтанатын* болып жіктеледі.

Тез тұтанатын заттар дегеніміз төмен энергиялы тұтану көздерінің қысқа уақыттық әсерлерінен от алуға қабілетті заттар (жанғыш газдар: метан, сутегі, этан, пропан, және т.б., сұйықтықтар: ацетон, бензин, бензол диэтилэфирі және т.б. және жанғыш қатты заттар: қағаз парағы, ағаш кесінділері).

Қыйын жанатын заттарды өрт қауіпі бойынша 3 топқа бөлуге болады:

1. Өздігінен тұтану температурасына жақын температураға қызған кезде ғана от алатын заттар (натрийдің үшхлорацетаты, дихлоральмочевина);

2. Оларды қыздыруға қабілетті температураларда белгілі бір тұтану облысына ие заттар, сонымен қатар жабық тигльде жарқ етуге қабілетті заттар (дихлорметан);

3. Газ немесе бу бөлетін заттар, бөлінген бу немесе газ ауада белгілі бір тұтану облысына ие (спирттер, кетондар, альдегидтер, органикалық қышқылдар, аммиак суы).

Заттардың өрт қауіпінің көрсеткіштері. Кез-келген жанғыш заттың өрт қауіпін бағалау үшін заттардың агрегаттық күйлеріне байланысты жанғыш заттың көрсеткіштер қатары анықталады.

Газдардың өрт қауіпінің көрсеткіштері:

1. Өздігінен тұтану температурасы;
2. Ауадағы тұтану облысы;
3. Жарылыстың максималды қысымы;
4. Жарылыс қауіпті қоспа категориясы;
5. Тұтану энергиясының төмендігі;
6. Оттегінің жарылыс қауіпті мөлшерінің минималдылығы;
7. Жанудың қалыпты жылдамдығы;
8. Шекті (өшіру) диаметр;
9. Жанғыш заттың су-көбіктің затпен әрекеттесу сипаты.

Сұйық заттардың өрт қауіпінің көрсеткіштері:

1. Өздігінен тұтану температурасы;
2. Жанғыштық тобы;
3. Жарқету температурасы;
4. Тұтану температурасы;
5. Будың ауада тұтануының температуралық шектері;
6. Жанып біту жылдамдығы;
7. Жанғыш заттың өрт сөндіру заттарымен әрекеттесу сипаты;

Тез тұтанатын сұйықтықтардың өрт қауіпіне баға берген кезде жоғарыда келтірілген көрсеткіштермен қатар газдарға қатысты параметрлерді де есекереді. Барлық қатты заттардың өрт қауіпін бағалағанда келесі көрсеткіштер анықталады:

1. Өздігінен тұтану температурасы;
2. Жанғыштық тобы;
3. Тұтану температурасы;
4. Жанғыш заттың өрт сөндіру құралымен әрекеттесу сипаты.

Балқу температуралары 300 С –ден төмен қатты заттар үшін қосымша анықталады:

1. Жарқету температурасы;
2. Булардың ауада тұтануының температуралық шектері;

Саңылаулы, талшықты материалдар үшін қосымша келесі көрсеткіштерді анықтау ұсынылады:

1. Өздігінен қызу температурасы;
2. Өздігінен тұтанудағы түтіндеп жану температурасы;
3. Жылулық өздігінен тұтанудағы температуралық шектер.

Ұнтақ тәрізді немесе шаң түзуші заттар үшін қосымша анықтайды:

1. Шаң-ауа қоспасының тұтануының төменгі шегі;
2. Қоспаның жарылысының максималды қысымы;
3. Тұтанудың төменгі энергиясы;
4. Оттегінің минималды жарылыс тудыру мөлшері.

Дәріс №4 Тақырыбы: Жанғыш жүйелердің өздігінен тұтануы және жануы. Өздігінен тұтану теориясы.

Қарастырылатын сұрақтар:

1. Жану жүйесінің өздігінен тұтануы және жануы.
2. Химиялық реакциялардың кинетикасы.
3. Жанғыш заттардың тотығу теориясы.
4. Өздігінен тұтану теориясы. Өздігінен тұтану температурасы.

1. Жану жүйесінің өздігінен тұтануы және жануы.

Жанғыш заттардың тотығу реакциялары, белгілі бір жағдайларда өздігінен жылдамдап жану реакциясына айналуы мүмкін. Жанудың туындауының бұл процес *өздігінен тұтану* деп аталады. Өздігінен тұтану төмендегідей жолдармен жүзеге асады:

1. Жылулық өздігінен тұтану;
2. Тізбектік өздігінен тұтану.

Жылулық өздігінен тұтануда тотығу реакциясының жылдамдауына және жану процесінің туындауына тотығу нәтижесінде бөлінетін жылудың бөліну жылдамдығы оның таралу жылдамдығынан артық болуы әсер етеді.

Тізбектік өздігінен тұтануда тізбектің өсу ықтималдылығы оның үзілу ықтималдылығынан жоғары болған жағдайда байқалады.

Әдетте жану, жылулық өздігінен тұтанудың салдарынан туындайды.

Мысалы:

Ыдыстағы жанғыш газдардың ауамен қоспасында төмен температурада T_t газдың ауамен тотығу реакциясы жүрмейді. Тотығу реакциясы басталу үшін газдың ауамен қоспасын белгілі бір жоғары температураға жеткізу қажет. Ал егер, газдың ауамен қоспасын T_t температурасынан жоғары T_0 температурасына дейін қыздыратын болсақ, онда жылу бөле жүретін тотығу реакциясы басталады.

Сонда, жылудың бөліну жылдамдығы q_1 (кДж/сек) газдың жану жылуымен Q , қоспа көлемімен V және тотығу реакциясының жылдамдығымен ν есептеледі:

$$q_1 = Q\nu V \quad 4.1$$

Мұндағы Q -газдың жану жылуы (кДж/сек); V -жанғыш қоспа көлемі m^3 ; ν -реакция жылдамдығы, моль/ m^3 с.

Бөлініп шыққан жылу жанғыш қоспаға беріледі, осының салдарынан жанғыш қоспа қызады. Жанғыш қоспа температурасы сыртқы орта

температурасынан жоғарылаған сәтте ыдыстың қабырғалары арқылы қоршаған ортаға жылу таралады. Қоршаған ортаға таралған жылу мөлшерін q_2 төмендегі формула арқылы есептеуге болады:

$$q_2 = \alpha S(T - T_0) \quad 4.2$$

Мұндағы α – газдан ыдыс қабырғасына жылу берілу коэффициенті ($\text{кДж/м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{К}$); S – ыдыс қабырғаларының беткейі, м^2 ; T – қоспа температурасы, К ; T_0 – ыдыс қабырғаларының температурасы, К .

Сонымен q_1 және q_2 мәндерінің теңелуі ($q_1 = q_2$) кезіндегі орныққан температура өздігінен тұтану температурасы болып есептеледі.

Тұрақты температурада өздігінен тұтануға әкелетін тармақталған тізбектік реакция өздігінен жылдамдайды. Бұндай өздігінен тұтану *тізбектік өздігінен тұтану* деп аталады. Тізбектік өздігінен тұтану орындалу үшін, тармақталған тізбектік реакция жылдамдығы тізбектің үзілу реакциясының жылдамдығынан артық болуы шарт.

Таза тізбектік өздігінен тұтану едәуір сирек кездеседі, себебі ол, төмен температурада және төмен қысымда жүреді. Ал бұндай қысымда және температурада өздігінен тұтанатын заттар өте сирек кездеседі. Мысалы, сутегінің оттегімен тізбектік өздігінен тұтануы 485°C температурада және $773 - 1093 \text{ Па}$ қысым аралығында жүзеге асады.

Тармақталмаған тізбектік реакция барысында реакция жылдамдығы артпайды, сол себепті тармақталмаған тізбектік реакция өздігінен тұтанумен аяқталмайды. Ал, хлор мен сутегі арасындағы тізбектік фотохимиялық реакцияның жарылыспен, яғни өздігінен тұтанумен аяқталуы, тізбектік реакция жылдамдығының өте жылдам болу салдарынан жүйенің қызу жылдамдығы, жүйеден жылудың бөлініп шығу жылдамдығынан артып, жүйе температурасы артады, нәтижесінде жылулық өздігінен тұтануға әкеледі.

2. Химиялық реакция кинетикасы.

Зттар түріне және агрегаттық күйлеріне байланысты әртүрлі жылдамдықпен жанады. Мысалы сұйық бензин бу күйіндегі бензинге қарағанда әлдеқайда баяу түтіндеп толық емес жанумен жанады, ал бензин булары қопарылыс беру арқылы жанады.

Қатты заттардың жану жылдамдығы олардың бөлшектерінің ұсатылу дәрежесіне байланысты. Мысалы, тас көмірдің шаңы ауамен жарылыс қауіпті қоспа түзеді, ал ұсатылмаған көмір әдеттегідей баяу жанады.

Заттардың ауамен әрекеттесу жылдамдығына сонымен қатар концентрация, температура, катализатор әсер етеді.

Концентрацияның әсері. Заттар бір-бірімен реакцияға түсу үшін олардың молекулалары бір-бірімен соқтығысулары қажет. Неғұрлым молекулалардың соқтығысуы көп болатын болса, соғұрлым реакция жылдам жүреді. Концентрацияның реакция жылдамдығына әсері Гульдберг – Вааге заңымен (массалар әсер заңымен) анықталады. Химиялық реакциялардың жылдамдығы әрекеттесуші заттардың концентрацияларының көбейтіндісіне тура

пропорционал болады. Мысалы төмендегідей реакция жүрген болса: $mA + nB = C$ онда:

$$v = K[A]^m[B]^n \quad 4.3$$

Температураның әсері. Реакция жылдамдығының температураға байланыстылығы Вант-Гофф ережесімен анықталады: *температураны 10°C жоғарылатқанда реакция жылдамдығы 2—4 есе артады.*

Бұл ереженің математикалық өрнегі мынадай болады:

$$v_{t_2} / v_{t_1} = \gamma^{\frac{t_1 - t_2}{10}} \quad 4.4$$

v_{t_1} — бастапқы температура кезіндегі реакция жылдамдығы, v_{t_2} — температураны бірнеше 10°C температураға арттырғаннан кейінгі реакция жылдамдығы, γ — температуралық коэффициент, t_1 және t_2 — бастапқы және соңғы температуралар.

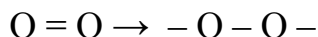
Катализатордың әсері. Химиялық реакциялардың жылдамдығының өзгеруіне әсер етіп, бірақ өзі алынған химиялық заттар құрамына кірмейтін заттарды *катализаторлар* деп атайды. Катализаторлардың қатысуы нәтижесінде химиялық реакциялардың жылдамдығының өзгеру процесін *катализ* деп атайды. Катализ *гомогенді* және *гетерогенді* болады.

3. *Жанғыш заттардың тотығу теориясы.* Тотығудың екі теориясы бар:

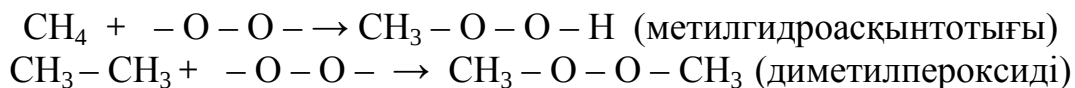
1. Асқын тотықты тотығу теориясы.

2. Тізбекті тотығу теориясы.

Асқын тотықты тотығу теориясына сәйкес оттегі молекуласының активациясы ондағы екі оттегі атомдары арасындағы қос байланыстың біреуінің үзілуі арқылы жүзеге асады.

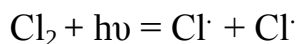


Оттегінің активті молекуласы жанғыш заттармен оңай әрекеттесіп асқын тотықтар түзеді.



Тізбекті тотығу теориясы. Тізбекті тотығу теориясында тотығу реакциясы тізбектеліп бірнеше сатыда жүреді. Реакция барысында бос валентті аралық активті бөлшектер түзіледі. Түзілген активті бөлшектер келесі сатылардың жүруін тудырады.

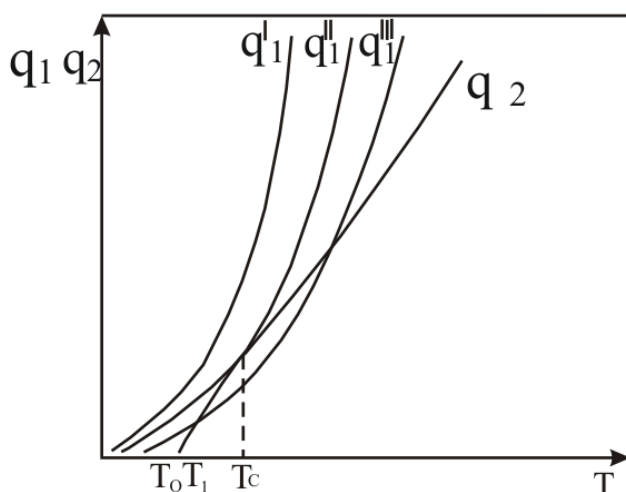
Мысалы, хлордың сутегімен қоспасын сәуле арқылы сәулелендіретін болсақ, онда хлор кванттық энергияны ($h\nu$) сіңіре отырып хлор атомдарына ыдырайды:



Активтелген хлор атомдары қопарылыс беру арқылы сутегі атомдарымен әрекеттеседі:



4. *Өздігінен тұтану температурасы.* Жылулық теорияға сәйкес, өздігінен тұтану температурасы дегеніміз, экзотермиялық реакция жылдамдығы артып, жалынды жану процесінің туындауына әкелетін заттың ең төменгі температурасы. 1 – суретте бұған сәйкес келетін температура В нүктесіне сәйкес келетін T_c температурасы. В нүктесі жылу берілу мен жылу шығарылудың сызықтарымен түйіседі. T_c температурасын практикалық тұрғыда анықтау өте қиынға соғады, себебі сұйықтық өздігінен қызған кезде температураның өзгеру жылдамдығы артады. Сондықтан да өздігінен тұтану температурасы ретінде, заттың өздігінен тұтануы жүзеге асатын ыдыс қабырғаларының немесе қоршаған ортаның ең төмен температурасы алынады, яғни T_0 температурасы.



Сурет 1. Жанғыш қоспаның әртүрлі концентрацияларында жылу берілу мен жылу шығарылу жылдамдықтарының өзгеруі

Жанғыш затта T_0 температурасы орнаған уақыттан T_c температура мәніне дейінгі аралық **индукция периоды** немесе **өздігінен тұтанудың кешігу** уақыты деп аталады. Бір зат үшін индукция периоды әртүрлі болуы мүмкін, себебі ол жанғыш зат құрамына температурасына және қысымына тәуелді. Сондықтан, өздігінен тұтану температурасы ретінде индукция периоды жоғары болатын ыдыс қабырғаларының немесе қоршаған орта температурасын алады. Төмендегі кестеді метанның ауамен қоспасының құрамына және ыдыстың температурасына байланысты индукция периодының өзгерісі көрсетілген:

Кесте 1. метанның ауамен қоспасының құрамына және ыдыстың температурасына байланысты индукция периодының өзгерісі

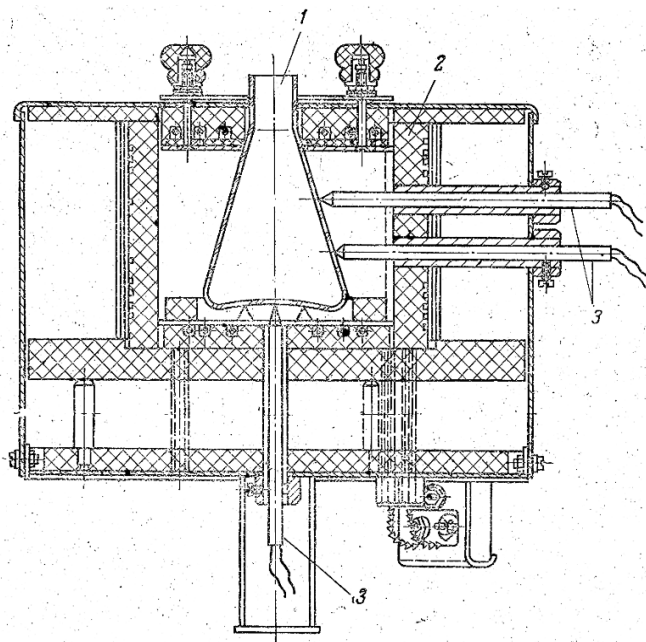
Температурасы, °C	Ауадағы метанның мөлшері, %		
	6	8	10
	Индукция периоды		
775	1,08	1,23	1,4
825	0,58	0,62	0,68
875	0,35	0,37	0,41

Өздігінен тұтану температурасын анықтағанда, индукция уақытын өлшеу мүмкін емес, сондықтан индукция периоды ретінде заттың қыза бастаған уақытынан тұтанған уақытына дейінгі аралықты алады. Индукция периодының практикада, жанғыш затқа төмен энергиялық от ұшқындарының әсеріне қарағанда маңызды. От ұшқыны жанғыш затқа, буға немесе газға тиген кезде жанғыш заттың белгілі бір бөлігі қызады, ал от ұшқыны салқындайды. Осы кездегі жанғыш заттың от алуы, индукция периодының уақыты мен шоктың салқындау уақытына қатысты. Егер шоктың салқындау уақыты, сұйықтықтың өздігінен тұтануының индукция периодының уақытынан кем болатын болса, онда сұйықтықтың тұтануы жүзеге аспайды. Ал егер шоктың салқындау уақыты индукция периодының уақытынан артық болса, онда сұйықтық тұтанады. Осылайша, төмен энергиялы шок ұшқыны, индукция периоды көп болып жанғыш заттың ауамен қоспасын от алдыра алмауы мүмкін және керісінше индукция периодының кем мәнімен от алдыруы мүмкін.

Қатты заттардың индукция периодтары газдардың және шаңның ауамен қоспаларының индукция периодтарынан айтарлықтай айырмашылықтары бар. Мысалы, газдың ауамен қоспасының индукция периоды ондаған секундтар болса, қатты заттар үшін бірнеше сағаттар болуы мүмкін. Заттардың өздігінен тұтану температура мәнінде жану процесі туындамайды, ол жану температурасында туындап дамиды. Мысалы, бензиннің өздігінен тұтану температурасы 260°C, ал оның жалынының температурасы 1200-1300 °C. 260°C –тан 1200°C –қа температураның лезде артуы бензин буларының ауамен қоспасының өздігінен қызуының нәтижесі.

Өздігінен тұтану температурасын анықтаудың бірнеше әдістері бар. Оның ішінде едәуір кеңтараған тамшы әдісі болып табылады. Тамшы әдісі сұйықтықтардың және оңай балқыйтын заттардың өздігінен тұтану температураларын анықтауға арналған. Белгілі бір температураға дейін қыздырылған ыдысқа зерттеліп отырған заттың тамшыларын тамызады. Сұйықтық от алған кездегі ыдыстың температурасы сол заттың өздігінен тұтану температурасы болып есептеледі. Тамшы әдісі арқылы сұйықтықтардың буларының өздігінен тұтану температураларын анықтау үшін стандартты прибор (ГОСТ 13920-68) құрастырылған (сурет 1). Прибор, термиялық тұрақты материалдан жасалған реакциондық шыны ыдыстан, электрлік пештен және 3 термопарадан тұрады. Пешті қажетті температураға дейін қыздырады және

пештегі температура тұрақты болуы керек. Қызғаннан соң реакцияндық ыдысқа зерттелетін затты тамызады. Колбада жалынның пайда болуы сол заттың от алғандығын білдіреді. Жалынның пайда болуының ең төменгі температурасын аңқытағанға дейін тәжірибені бірнеше рет қайталайды.



Сурет 4.2 - Стандартты өздігінен тұтану температураларын анықтауға арналған прибор. 1- реакцияндық ыдыс; 2- пеш; 3-термопара.

5. Өздігінен қызу температурасы.

Заттың өздігінен қызуын тудыратын заттың немесе материалдың ең төменгі температурасы *өздігінен қызу температурасы* деп аталады. Атмосфера ауасындағы заттардың өздігінен қызуы ондағы жылу бөле жүретін физикалық және химиялық процестердің (тотығу, ыдырау, орынбасу, адсорбция және т.б.) жүруіне негізделген.

Қатты заттардың (балқымайтын) өздігінен қызу температураларын термостаттарда анықтайды. Ол үшін, материалдың үлгісін термостатта белгілі бір температурада ұзақ уақыт бойы ұстайды. Материалдың температурасының бірден көтерілуі байқалып оның жануына немесе бықсып жануын тудыратын термостаттың минималды температурасы сол заттың немесе материалдың өздігінен қызу температурсы деп есептеледі.

Қатты материалдың қызу уақытын және өздігінен қызу температурасын есептеу үшін төмендегі формулалар ұсынылған:

$$lgt = A_p + n_p \lg S$$

$$lgt = A_e + n_e \lg \tau$$

мұндағы t – қоршаған орта температурасы, °C; A_p , A_e , n_p , n_e - тәжірибиеден анықталатын константалар; S – үлгі беткейінің ауданы, m^2 ; τ – үлгіні қыздыру уақыты, сәт.

Төмендегі кестеде кейбір жанғыш материалдардың константа мәндері берілген.

Кесте 2. Жанғыш материалдардың константа мәндері

Материалдар атауы	A_p	A_g	n_p	n_g
Қарағай ұнтақтары	1,855	2,296	0,219	0,096
Торф	1,760	2,271	0,248	0,117
шөп	2,103	2,311	0,109	0,058
Бидай сабақтары	2,185	2,301	0,067	0,035
Хлопок	2,018	2,332	0,140	0,057

Мысалы: өлшемі 0,8 x 0,8 x 0,8 м. болып келетін киптелген шөптің өздігінен қызу температурасын және қыздыру ауқытын анықта. Киптегі шөптің өздігінен қызу температурасын анықтаймыз. Киптің беттік ауданы тең болады:

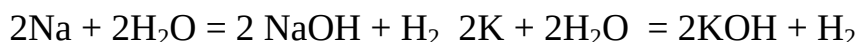
$$lgt = 2,103 + 0,109 \lg 7,5 = 2,198 \quad t = 158^\circ \text{C}$$

Киптегі шөптің қызу уақытын анықтаймыз: $\lg 158 = 2,311 - 0,058 \lg \tau$ $\tau = 85$ сәт.

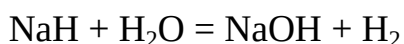
6. Өздігінен тұтануға қабілетті химиялық қосылыстар және олардың қасиеттері. Химиялық қосылыстардың химиялық реакция нәтижесінде тұтануын химиялық өздігінен тұтану деп атайды.

Сумен жанасқан кезде өздігінен тұтанатын химиялық қосылыстар. Бұл топқа калий натрий, рубиди, цезий, кальций карбиді және сілтілік металдар карбидтері, сілтілік және сілтілік жер металдар гидридтері, кальций натрий фосфидтері, силандар, сөнбеген ізбес, натрий гидросульфиді жатады.

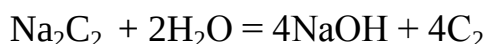
Сілтілік металдар – калий, натрий, рубидий және цезий – сумен сутегін және жылу бөлу арқылы әрекеттеседі.



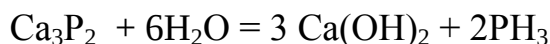
Бөлінген сутегі металл көлемі дәннің көлемінен үлкен болған жағдайда металмен бірге жанады. Жоғарыда аталған металдар кей жағдайда сумен жарылыс беріп балқыған металдың шашырауы арқылы әрекеттеседі. Сілтілік және сілтілік жер металдар гидридтері (KH , NaN , CaH_2) осы сияқты әректеседі.



Кальций карбиді судың аз мөлшерімен әрекеттескен кезде, жылу бөлінеді, бөлінген жылу мөлшері ауа қатысында түзілген ацетиленнің өздігінен тұтануына әкеледі. Сілтілік металдар карбидтері (мысалы, Na_2C_2 , K_2C_2) сумен әрекеттескен кезде жарылыс береді және металдар жанып көміртегі бос күйінде бөлінеді.

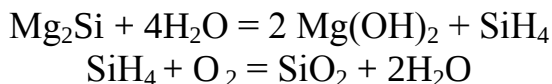


Кальций фосфиді Ca_3P_2 сумен әрекеттескен кезде фосфин түзіледі:



Фосфин жанғыш газ болып келеді, бірақ өздігінен тұтануға қабілетсіз. Фосфинмен қатар сұйық күйдегі P_2H_4 түзіледі, ол өз кезегінде ауада өздігіне тұтануға қабілетті және фосфиннің от алуына септігін тигізуі мүмкін.

Силандар, яғни кремнийдің әртүрлі металдармен қосылыстары, мысалы Mg_2Si , Fe_2Si судың әсерінен ауада өздігінен тұтанатын сутекті кремний түзеді:



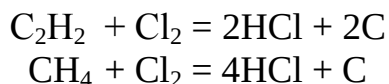
Барий натрий пероксидтері сумен реакцияға түскенімен жанғыш газдар түзбейді, ал егер пероксидтер араластырылған болса және жанғыш заттар әсерінен от алады.

Кальций оксиді сумен әрекеттескен кезде жарқырап жарық бөле жүреді және жанғыш заттардың өрттенуіне себепкер болуы мүмкін.

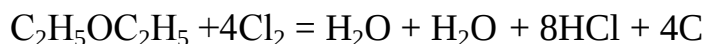
Натрий гидросульфиті ылғалдану салдарынан белсенді тотығады және жылу бөлінеді. Реакция нәтижесінде түзілген күкірт бөлінген жылу әсерінен тұтанады.

Тотықтырғыш әсерінен өздігінен тұтанатын заттар. Көптеген заттар, әсіресе органикалық қосылыстар бір – бірімен араласқан кезде немесе тотықтырғыштар әсерінен өздігінен тұтанады. Бұндай қосылыстардың өздігінен тұтануын тудыратын тотықтырғыштар қатарына сығылған оттегі, галогендер, азот қышқылы, натрий және барий пероксидтері, калий перманганаты, хром ангидридi, қорғасын диоксиді, селитралар, хлораттар, перхлораттар, хлорлы ізбес жатады. Кейбір тотықтырғыштар қоспасы жанғыш заттармен азот және күкірт қышқылдарының әсерінен өздігінен тұтанады. Сығылған оттегі минералды айлардың өздігінен тұтануын тудыруы мүмкін.

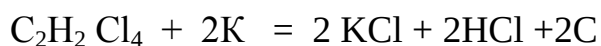
Хлор, бром, фтор және иод кейбір жанғыш заттармен өте қарқынды түрде әрекеттеседі және реакция нәтижесінде көп мөлшерде жылу бөлінеді және заттар өздігінен тұтанады. Мәселен, ацетилен, сутегі, метан, этилен хлормен қоспасында жарық әсерінен өздігінен тұтанады. Егер, жоғарыда келтірілген газдар хлордың бөлінген ортасында болатын болса, олар қараңғы жерде де тұтанады:



Галогендерді тез от алғыш заттармен бірге сақтауға болмайды. Мысалы, қағаз бетіне немесе мақтаға жағылған скипидар хлорда өздігінен тұтанады. Диэтилэфирінің булары хлорда өздігінен тұтанады:

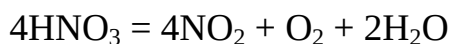


Қызыл фосфор хлор және бром әсерінен лезде тұтанады. Кейбір галоген қосылыстар металдармен жарылыс беру арқылы әрекеттеседі:



Төртхлорлы көміртек немесе төртбромды көміртек сілтілік металдармен 70⁰С температурада жарылады.

Азот қышқылы ыдыраған кезде оттегін бөледі, сол себепті күшті тотықтырғыш болып, бірқатар заттардың өздігінен тұтануын тудырады:

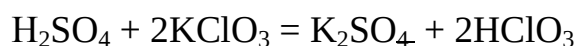


Азот қышқылының әсерінен этил спирті және скипидар өздігінен тұтанады. Өсімдік текті материалдар (шөп, ағаш, хлопок, лен, ағаш ұнтақтары) азот қышқылының әсерінен тұтанады.

Натрий пероксидінің әсерінен метил, этил, пропил, бутил, изоамил және бензил спирттері, этиленгликоль, диэтилэфирі, анилин, скипидар сірке қышқылы өздігінен тұтанады.

Калий перманганаты күшті тотықтырғыш болып келеді, оның қатты күйдегі жанғыш заттармен қоспасы өте қауіпті. Олар концентрлі күкірт және азот қышқылдарының әсерінен, соққы және үйкеліс әсерінен өздігінен тұтанады. Глицерин және этиленгликоль калиперманганатымен араласқаннан соңмбәрнеше секундтардан кейін өздігінен тұтанады.

Селитралар, хлораттар және перхлораттар күкірт және азот қышқылдарының әсерінен өздігінен тұтанады. Өздігінен тұтануға бос күйіндегі оттегінің бөлінуі себеп болады. Бертолет тұзына күкірт қышқылымен әсер еткен кезде төмендегідей реакция жүреді:



Хлорлы қышқыл тұрақсыз және түзілгеннен соң оттегіні бөлу арқылы ыдырайды: $2\text{HClO}_3 = 2\text{HCl} + 3\text{O}_2$

Бақылау сұрақтары:

1. Өздігінен тұтану дегеніміз не?
2. Өздігінен тұтану процесі қандай теориялармен түсіндіріледі?
3. Өздігінен қызу температурасы дегеніміз не?
4. Химиялық өздігінен тұтану дегеніміз не?
5. Химиялық өздігінен тұтануға қабілетті қосылыстар қатарын ата.
6. Тотықтырғыш әсерінен өздігінен тұтану дегеніміз не, оның жүру механизмін түсіндір.

Дәріс № 5,6 Тақырыбы: Газдардың жануы.

Қарастырылатын сұрақтар:

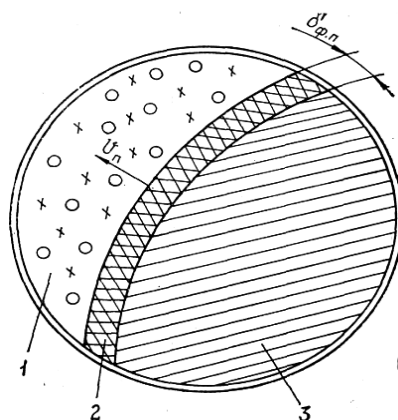
1. Кинетикалық жалынның құрылысы.
2. Жалын таралуының қалыпты жылдамдық түсінігі.
3. Жалынның таралу теориялары.
4. Газдардың және булардың диффузиялық жануы.

1. Кинетикалық жалынның құрылысы.

Кинетикалық жану, жанғыш зат пен тотықтырғыштың алдын-ала араласқан қоспасының жануы.

Жану температурасы 2500-3000 °С дейін жетеді. Кинетикалық жану жылдамдығы өте жылдам болу салдарынан жану өнімдері мен жанбаған бастапқы қоспа сығылысады және осының салдарынан соққы толқыны пайда болады. Соққы толқыны жарылыстың жойқын әсері. Жарылыс кезіндегі артық қысым 1000 кПа, дефлаграциялық және детонациялық жануда 50000 кПа құрайды.

Кинетикалық жалын қалыңдығы өте жұқа, 0,1 мм ден аз. Оны көбіне есепке алмайды және жалынды кеңістіктің бір бөлігі ретінде қарастырмай оны беткей ретінде қарастырады да «жалын фронты» деп атайды. Қалай болғанда да жалын фронты дегеніміз жанғыш зат пен тотықтырғыштың арасында тотығу реакциясы басталатын және аяқталатын кеңістіктің бір бөлігі (5.1 сурет).



Сур. 5.1 - Алдын-ала араласқан гомогенді қоспалардағы жалынның таралу сызбасы:

- 1** – бастапқы жанғыш қоспа;
2 – жалын фронты; **3** – жану өнімі;

$\delta_{ф.л.}$ – жалын фронтының қалыңдығы.

Газ тәрізді қоспа бойымен жалын таралу механизмін түсіндіру үшін, 5.1 суретте көрсетілген келесі принципіалды схеманы келтіреміз. Жалын таралуы кезінде бастапқы қоспаны **1** жану өнімінен **3** жарқыраған аймақ **2** ажыратып тұрады. Бұл жарқыраған аймақ жалын фронты деп аталады. Жалын фронты үш өлшемді облысқа ие, бұнда жанғыш заттың тотықтырғышпен

әрекеттесуі басталып осы аймақта аяқталады. Бұл аймақта жану жылуы ретінде отынның барлық потенциалдық химиялық энергиясы бөлініп жану аймағындағы температура максималды мәніне жетеді. Бұл температура *жану температурасы* деп аталады. Жалын фронты алдындағы аймақта бастапқы компоненттер концентрациясы айтарлықтай өзгермейді. Себебі, компоненттер арасында химиялық әрекеттестік жүрмейді және жанғыш қоспа температурасы бастапқы күйінде қалады. Жалын фронтының алдында (химиялық реакция аймағында) реагенттер концентрациясы жану өнімдерінің араласу салдарынан төмендейді.

Жалын фронтында химиялық жану реакциясы салдарынан бастапқы компоненттер концентрациясы нөлге дейін төмендейді, ал температура максималды мәнге жетеді. Молекулалардың жылу өткізгіштігі салдарынан химиялық жану реакциясы алдындағы аймақ температурасы бастапқы температурадан жану температурасына дейін біртіндеп көтеріледі. Бұл аймақ *физикалық жылыну аймағы* теп аталады.

Көптеген көмірсутектер қоспалары үшін жалын фронты жарқыраған ерекше жарық аймақ түрінде көрінеді, оны көзбен немесе фотосуретке түсіру арқылы көруге болады. Жалын фронтының жарқырауы химиялық табиғатына ие. Бұл құбылыс заттардың C_2 , CN және HCO радикалдарына айналу нәтижесінде пайда болады. Жарқырау аймағының қалыңдығы реакция аймағының қалыңдығы сияқты болады.

Егер, жалынға электрлік кернеуді әкелетін болсақ, онда жалын қыйсайып теріс электродқа қарай ауытқыйды, ал натрий, калий, магний және көмірсутектер жанған жағдайда жану реакциясының жылдамдығы төмендегені байқалған.

Бұл мәліметтер (1801 жыл Вольт тәжірибелері) жалында электрлік зарядтар – иондар мен электрондардың бар екендігін көрсетеді. Олардың концентрациялары 1 м^3 –қа 10^{16} – 10^{17} иондарды құрайды. Қазіргі кезде газдың термиялық ионизациясы, сондай-ақ элементер химиялық соқтығыстар салдарынан болатын иондалудың бар екендігі дәлелденген.

Жоғары температураларда өзара соқтығысқан бөлшектердің (молекулалар, атомдардың) кинетикалық энергиялары олардың белсенді күйге көшулері мен қатар олардың иондалуына да, яғни олардың электронның бөлініп кетуіне де жеткілікті. Әрине, бұған қарама-қарсы да үрдіс болуы мүмкін, яғни нейтрал молекулалардың түзілуімен аяқталатын зарядталған бөлшектер рекомбинациясы.

Стационарлы және стационарлы емес жалындар. Жану процесінің жүру жағдайына байланысты, жалын фронты жылжымалы немесе жылжымайтын болады. Бірінші жағдайда стационарлы жалын орын алады, ал екіншісінде – стационарлы емес.

Стационарлы жалынды бунзен жаққышынан байқауға болады, жалын фронтының кеңістіктегі орналасуы белгіленген жерден ауытқып өзгермейді. Бұл жағдайда жаққыштан шығатын жанғыш қоспа және жалын фронты қарама-қарсы орын ауыстыруы арасында динамикалық тепе-теңдік орнатылады.

Стационарлы емес сфералық жалын жанғыш қоспаның үлкен көлемінде жану басталған кезде түзіледі. Бұл жағдайда жалын фронты сфералық беткей тәрізді, оның диаметрі жанудың жылдамдығы мен уақытына пропорционал. Стационарлы емес жалын Ковард-Джонс құбырында келтірілген 5.2 сурет.

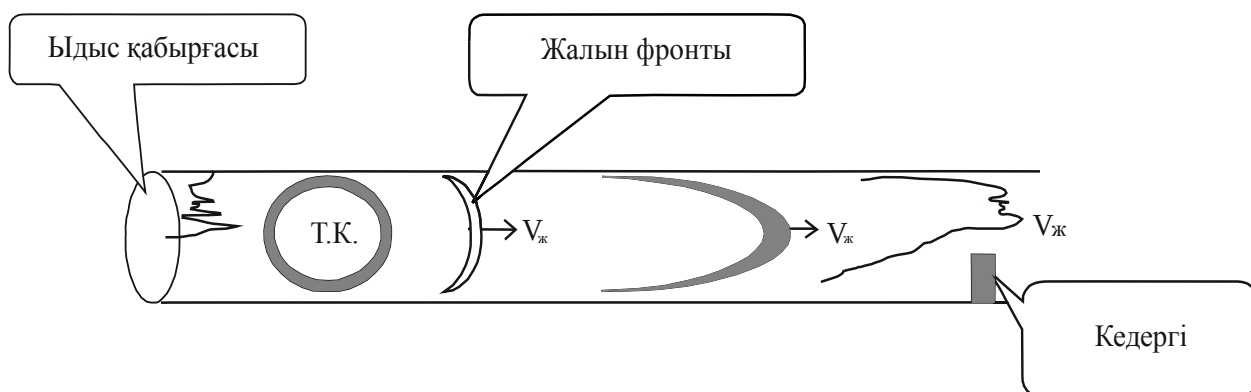
2. Жалын таралуының қалыпты жылдамдығы жайында түсінік.

Жалынның төмендегідей жылдамдықтары бар:

- Көрінетін (ыдыс қабырғасына қатысты көрінеді);
- Қалыпты V_k («фундаментальді» - жанбаған қоспа бөліктерінің жалын беткейінің қалпына қатысты). V_k газдардың өрт – жарылыс қауіпінің негізгі көрсеткіші;
- Массалық жану жылдамдығы: метан – $V_m = 0.08 \text{ кг/м}^2\text{с}$; мұнай (булары) - $0.04 \text{ кг/м}^2\text{с}$ (газға қарағанда аз).

Кинетикалық жану кезінде жалынның қалыпты таралу жылдамдығы $V_k = 2,5 - 10$ (160 м/с дейін) (жоғарыда айтылғандай бұндай жоғары жалдамдық соққы толқынын тудыра алады). Жалынның шекті жылдамдығы деген ұғым да бар. Осы жылдамдықтан төмен жылдамдықта жану процесі жүрмейді $V_k = 0,04 \text{ м/с}$.

Кинетикалық жанудың мысалын Ковард-Джонс құбырында байқауға болады сурет 5.2.



Сурет 5.2 - Кинетикалық жанудың таралуы

Дайындалған газ-бу-ауа қоспасына тұтандыру көзін әкелген кезде жалынның сфералық таралуы орын алады. Ыдыстың жабық тұрған қабырғасына қарай жылдамдық ала алмаған жалын фронты сөнеді. Ыдыстың ашық жағына қарай бағытталған жалын фронтының ыдыс қабырғасымен жанасқан бөлігі баяулайды. Жалының орталық бөлігі жалын фронтының дамуына және интенсивті жанудың пайда болуына әкеледі.

Кей жағдайларда жалын таралуының қалыпты жылдамдығы V_k жылдамдап 2,5-5 км/с дейін жетеді және дефлаграциялық жану детонацияға ($P_{жар.} = 50\,000 \text{ кПа}$, өте жоғары қысым, әдеттегі жарылыстағы қысымнан 50 есе жоғары) ауысады.

Жану процесінің детонацияға көшуі үшін белгілі – бір қашықтық қажет. Бұл қашықтық *шекті қашықтық* деп аталады. Сутегі үшін шекті қашықтық $L_{шек} = 70 \text{ м}$, этан үшін 600 м, пропан үшін – 3500 м, метан үшін 5000 м құрайды.

Жалын жылдамдығына әсер ететін факторлар:

- *Жанғыш заттың табиғаты.* Реакциялық қабілеттері төмендеу болып келетін метан мен бензиннің жалынының таралу жылдамдықтары 40 м/с дейін жетеді. Орташа реакциялық қабілетті этан, пропандікі – 80 м/с, реакциялық қабілеті жоғары сутегі, ацетилен – 160 м/с.
- *Қоспа құрамы.* Жалынның максималды таралу жылдамдығы стехиометриялық концентрацияларда жүреді. Флегматизаторлар мен ингибиторлар жалынның жылдамдығын тежейді.
- *Жылу өткізгіштік;*
- *Газдың жылу сыйымдылығы;*
- *Турбуленттілік* жалын жылдамдығын арттырады, детонацияның орын алуына қолайлы жағдай тудырады. Жалынның таралу жолындағы кедергілер *шекте қашықтықты* қысқартады. Кедергілердің өлшемі неғұрлым жоғары болса соғұрлым жану процесі детонацияға оңай көшеді.
- *Кеңістіктің конфигурациясы.* Жалынның жылдамдық алуы ғимараттың ұзындығының оның диаметріне қатынасында $L/D \gg 1$ жүзеге асады. Жану өнімдерінің ұлғаюы газдың жалын фронты алдына қозғалуына әкеледі, турбуленттілікті генерациялайды, жалын ауданы артады, осының барлығы детонацияның орын алуына қолайлы жағдайлар тудырады.
- *Бүркілген су ағыстарымен себезгілеу.* (жануды үдетіп детонацияға әкеледі).

Газдардың жануының *көрінетін және қалыпты* жылдамдықтары жоғарыда келтірілді. Егер жалын Ковард-Джонс шыны құбырының қозғалмайтын газ қоспасының бойымен таралса, онда байқалатын немесе көрінетін жылдамдық жалын фронтының құбыр қабырғасына қатысты орын ауыстыруы болып табылады:

$$U_{\kappa} = \frac{dl}{d\tau} \quad (5.1)$$

мұндағы U_{κ} – жалынның көрінетін орын ауыстыру жылдамдығы м/с;

l – жалын фронтының жүріп өткен жолы м, τ – уақыты ішінде, с.

Егер жанғыш қоспаны жалынға қарсы төменнен жоғарыға қарай $v_{\text{қос}} \approx u_{\kappa}$ жылдамдығымен бағыттасақ, онда қозғалмайтын стационарлы жалын фронтын алуға болады, яғни бұл жағдайда жалын таралу жылдамдығының анықтамасына сәйкес мынаған тең болады:

$$v_{\kappa} = v_{\text{қос}} = \frac{V_{\text{қос}}}{S} \quad (5.2)$$

мұндағы $v_{\text{қос}}$ - жанғыш газ қоспасының ағу жылдамдығы, м/с;

$V_{\text{қос}}$ – қоспаның шығыны, м³/с

S – құбырдың көлденең қимасының ауданы, м².

Қалыпты немесе фундаментальді жылдамдық былайша түсіндіріледі, жалын фронтының бастапқы қоспаға қатысты оның беткейіне беткейлес бағытта таралуы:(сур. 5.2, а):

$$v_{\text{қалыпты}} = \frac{dn}{d\tau} \quad (5.3)$$

мұндағы v_k - жалын таралуының қалыпты жылдамдығы, м/с;

$n - \tau, c$ уақыт ішінде жалын фронты беткейіне беткейлес бағыт бойынша жалын фронтының жүріп өткен жолы, м.

Стационарлы жалын жағдайында, жалын фронты қозғалыссыз болғанда (сур. 5.2, б), осыған ұқсас (5.2) :

$$v_{\text{қалыпты}} = \frac{V_{\text{кос}}}{F} \quad (5.4)$$

мұндағы F – жалын майданының беті, m^2 .

(5.2)-ден және (5.4) шығатыны:

$$v_{\text{қалыпты}} = v_k \frac{S}{F} \quad (5.5)$$

яғни қалыпты жылдамдық көрінетіннен осыншама есе кіші. Егер көрінетін және қалыпты жылдамдық арасындағы бұрыш φ болса (сур. 5.2), онда:

$$v_{\text{қалыпты}} = v_k \cdot \cos \varphi. \quad (5.6)$$

Михельсонмен ұсынылған (5.6) қатынасы, *косинус заңы* деп аталады.

Сонымен қатар жалын майданының бірлік беттігінен бірлік уақытта жанып кететін зат массасын көрсететін, *массалық* жану жылдамдығын ажыратады:

$$m = u_n \rho_0, \quad (5.7)$$

мұндағы m — массалық жылдамдық, $кг/(м^2 \cdot с)$;

ρ_0 — жанғыш қоспаның бастапқы тығыздығы, $кг/м^3$.

(5.7) формуласы, жанудың массалық және қалыпты жылдамдықтары арасындағы өзара байланысты орнатады.

3.Жалын таралуының теориясы.

Кинетикалық жану кезіндегі жалынның таралуы төмендегі теориялар (механизмдер) арқылы түсіндіріледі.

Диффузиялық механизм. Жалын фронтының орын ауыстыруы сутегі атомдарының, радикалдар деп аталатын активті орталықтардың химиялық әрекеттесу аймағынан диффузиялану салдарынан жүзеге асады. Химиялық әрекеттесу аймағында артық мөлшерде түзіліп әлі жанбаған аймаққа

диффузияланып өтеді. Өте реакцияға қабілетті болу салдарынан олар қалыпты температураның өзінде жанғыш заттың тотықтырғышпен әрекеттесуінің белсенді орталығы бола алады. Сол себепті олар жалын фронты алдындағы жанғыш қоспаның салқын бөліктеріне түскен кезде химиялық жану реакциясын инициациялап жалын фронтының кеңістікте таралуына септігін тигізеді.

Жылулық механизм. Жалын жылу ағынының салдарынан таралады. Жылу өткізгіштік салдарынан жылу ағыны жанғыш қоспаны өздігінен тұтану температурасына дейін қыздырады. Нәтижесінде өздігінен жүретін химиялық реакция пайда болады. Жылу өздіксіз берілетіндіктен жанғыш қоспа біртіндеп тұтанады, яғни жалын жанбаған қоспа арқылы таралады.

Жалынның таралу механизмдерін диффузиялық және жылулық деп жіктеу шартты болып келеді. жалынның таралу процесінде екі фактор да орын алады, яғни диффузиялық жылулық механизм орын алады.

Жану процесі таралған кезде активті орталықтар (R, H атомы) жалындам жану аймағынан жалынның алдыңғы, яғни жалын таралмаған аймаққа диффузияланады. Жалын фронтының температурасы өздігінен тұтану температурасымен теңескен кезде бөлінетін жылу жылдамдығы жылудың қоршаған ортаға таралу жылдамдығынан бірден артып, активті орталықтар ағынын жанбаған қоспа бөліктеріне беретін «тізбекті-жылулық жарылыс» орын алады.

Тармақталған тізбектік процес тізбекті-жылулық жарылысқа өткенде реакция жылдамдығының температуралық тәуелділігі өзгереді. Егер баяу режимде ($T < T_{\text{өзд.тұтану}}$) болса, бұл тәуелділік Аррениус формуласымен анықталады:

$$\omega = k_o C_a^{v_1} C_b^{v_2} e^{-\frac{E}{RT}}, \quad (5.8)$$

Мұндағы C_a және C_b – реагенттер концентрациясы;

v_1 және v_2 - реакция ретінің көрсеткіші, ал тізбекті-жылулық жарылыста $\omega \cong \exp \{ \exp(-E/RT) \}$.

4. Газдардың және булардың диффузиялық жануы.

Диффузиялық жану кезінде жанғыш қоспа жану процесі кезінде дайындалады және оның жылдамдығы жанғыш зат пен тотықтырғыштың араласу жылдамдығымен анықталады (жану процесінің жіктелуі, жану режимдері 2 дәріс). Сондықтан да диффузиялық жану кинетикалыққа қарағанда едәуір баяу жылдамдықпен жүреді: $V^{\text{диф}} = 0,4 - 2,5$ м/с, ал кинетикалық жану жылдамдығы $2 - 150$ м/с. Артық қысымның болуына қарамастан ($0,5$ кПа сирек жағдайларда 5 кПа жетеді) соққы толқыны түзілмейді.

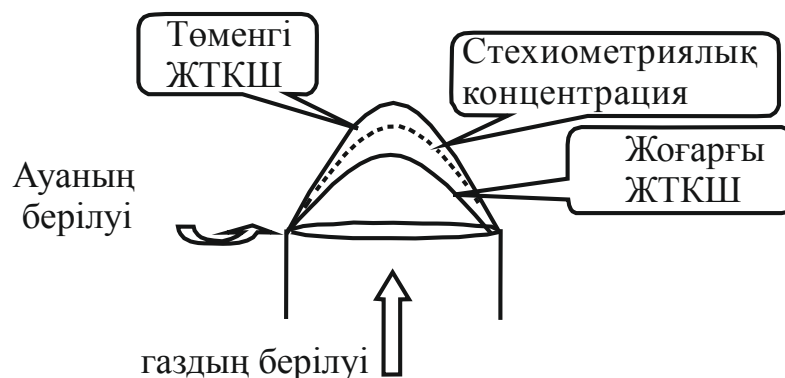
Артық қысымның пайда болуы 1 л жанғыш газдан 10 л жану өнімінің түзілуіне байланысты.

Диффузиялық жану интенсивтілігі кинетикалыққа қарағанда 1000 есе төмен, жалыны қалың (химиялық реакцияға көп уақыт жұмсалады) және

$\delta_{\text{жалын}}^{\text{диф}} = 1$ см. Жану температурасы шамамен 1000-1200 °C құрайды. Диффузиялық жалынның екі түрі бар ламинарлы және диффузиялық.

Ламинарлы диффузиялық жану.

Жанып жатқан кезде жалын қабаттары көрінетін қалыпты жану. Ламинарлы диффузиялық жалынның құрылысы төмендегі суретте көрсетілген. Жалынның биіктігі газ ағысының берілу жылдамдығына байланысты.



Сурет 5.3 Ламинарлы диффузиялық жалын құрылысы

Турбулентті диффузиялық жану.

Ламинарлы жалын газ ағысының жылдамдығын арттырғанда немесе ламинарлы жалынға кедергілер әсер еткен кезде ол турбулентті жалынға айналады.

Турбулентті жалынның таралу механизмі.

1. Жылулық;
2. диффузиялық;
3. турбулентті пульсациялар салдарынан жанбаған қоспаға жалынның лақтырылуы. Турбулентті жалын жылдамдығы тұрақсыз, себебі жалынның пульсациясы пайда болады.

Басқаша айтқанда, турбулентті жану режимінде жалынның диффузиялық-жылулық таралу механизміне бытырау, жалынның лақтырылуы қосылады. Турбулентті жалын жану өнімдерінің айналасында қалыпты жылдамдықпен жүретін жаңа қоспаның жеке көлемдерінен тұрады. Турбулентті жалын интенсивтілігі 100 – 1000 есе ламинарлыдан төмен.

Осылайша, газ-бу-ауа қоспасының кинетикалық және диффузиялық жануларын ажыратады. Кинетикалық жану дегеніміз жанғыш зат пен тотықтырғыштың алдын ала араласқан қоспасының жануы. Өрттерде әдетте диффузиялық жану орын алады. Бұнда қоспаның араласуы жану процесі кезінде жүреді. Бұндай жану жылдамдығы жанғыш қоспаның түзілу жылдамдығымен шектеледі, яғни диффузия салдарынан жанғыш заттың тотықтырғышпен араласу жылдамдығымен шектеледі. Газ-бу жүйесі арқылы жалын таралған кезде бастапқы қоспаны жану өнімдерінен жалын фронты деп аталатын жарқыраған жіңішке жолақты аймақ бөліп тұрады. Жалын фронты – жанғыш заттың тотықтырғышпен реакциясы басталатын және аяқталатын үш өлшемді облыс. Бұл облыста жанғыш заттың потенциалдық энергиясы жылу

түрінде бөлінеді және жану температурасы максималды мәнге, яғни жалын температурасының мәніне жетеді. Жану аймағында жалын фронтының алдында бастапқы заттар концентрациясы өзгермейді деуге болады, себебі олардың арасында химиялық әрекеттестік болмайды, температура мәні бастапқы мәнде. Жалын фронты (жалынды реакция аймағы) алдында реагенттер концентрациясы жану өнімдері арқылы сұйылу салдарынан төмендейді. Жалындаған реакция аймағында жану реакциясының салдарынан бастапқы компоненттер концентрациялары нөлге дейін төмендейді, ал температура максималды мәнге жетеді. Молекулалардың жылу өткізгіштігі салдарынан химиялық реакцияға дейінгі аймақтар, жану температурасына жақын температураларға дейін қызады. Осы аймақ физикалық жылыну аймағы деп аталады.

Бақылу сұрақтары:

1. Газдардың жануының негізгі жағдайларын ата.
2. Кинетикалық жанудың таралу механизмдерін ата.
3. Жанбаған газ-бу-ауа қоспасына жылудың берілу жолдарын ата.
4. Детонациялық және кинетикалық жарылыстардың қысымдары қайдай болуы мүмкін?
5. Осы тарауда қарастырылған өрт жарылыс қауіпті көрсеткіштерді ата.
6. Жалын жылдамдығына қандай факторлар әсер ететді?
7. Жалынның таралуына қандай факторлар әсер етеді?
8. Қандай жағдайларда ламинарлы жану турбулентті жануға ауысады?

Дәріс № 7 Тақырыбы: Сұйықтардың жануы.

Қарастырылатын сұрақтар:

1. *Сұйықтықтардың булануы. Қанныққан бу.*
2. *Тұтанудың температуралық шектері. Жарқ ету температурасы.*
3. *Сұйықтықтардың жану процесі. Жанып біту жылдамдығы.*

1. *Сұйықтықтардың булануы. Қанныққан бу.*

Сұйықтықтардың маңызды қасиеттерінің бірі – оның булануға қабілеттілігі. Жылулық қозғалыстың салдарынан кейбір молекулалар сұйықтықтың беттік тартылыс күшін игеріп газ фазасына өтеді. Осылайша, жоғары кинетикалық энергияға ие болған молекула сұйықтық беткейінен ажырап газ фазасына өтіп тез тұтанатын және жанғыш сұйықтықтардың беткейлерінде бу-ауа қоспасын түзеді. Булану – қайнау температурасынан төменгі температуралық нүктеде сұйықтықтардың буға айналуы. Булану эндотермиялық процесс. Булану жылдамдығы уақыт бірлігінде сұйықтық беткейінде түзілген бу мөлшерімен анықталады. Ол сұйықтық температурасына тәуелді. Булану жылдамдығының артуы жарылыс қауіпті бу концентрацияларының түзілуіне әкеледі. Жабық ыдыстағы сұйықтық булана

отырып қаныққан бу түзеді. Қанныққан бу дегеніміз сұйықтықпен динамикалық тепе-теңдіктегі бу. Динамикалық тепе-теңдік буланған молекулалар саны конденсирленген молекулалар санымен тең болған жағдайда пайда болады. Ашық ыдыста қанныққан бу ауаға шығып ауамен сұйылып қанықпаған буға айналады. Бөлмедегі ыстық сұйықтықтардың булары қанықпаған буға жатады.

Қанныққан және қанықпаған булар ыдыс қабырғаларына қысым тудырады. Қаныққан бу қысымы қанықпаған бу қысымына қарағанда арқашан жоғары. Бу қысымы сұйықтық мөлшеріне, ыдыс формасына тәуелді емес, тек сұйықтық температурасы мен оның табиғатына тәуелді. Температура артқан сайын қанныққан бу қысымы артады. Көптеген сұйықтықтар үшін қанныққан бу қысымының мәндері белгілі, анықтамаларда берілген.

Осылайша, сұйықтық беткейінде әрдайым бу-ауа қоспасы болады, ол тепе-теңдік жағдайында сұйықтықтың қаныққан бу қысымымен немесе концентрациясымен сипатталады. Температура артқан сайын қаныққан бу қысымы Клапейрон-Клаузиус теңдеуіне сәйкес артады:

$$\frac{d \ln P_{\text{қ.б.}}}{dT} = \frac{Q_{\text{булану}}}{RT^2} \quad (7.1)$$

Мұндағы: $P_{\text{қ.б.}}$ – қаныққан бу қысымы, Па;

– булану жылуы, сұйықтықты буға айналдыруға жұмсалған жылу мөлшері, кДж моль⁻¹;

T – сұйықтық температурасы, К.

2. Тұтанудың температуралық шектері. Жарқ ету температурасы.

Жоғарыда келтірілген теңдеуден сұйықтық температурасы артқан сайын қаныққан бу қысымы экспоненциалды артатындығын көреміз. Сондықтан да кез-келген сұйықтық үшін сұйықтық беткейіндегі қаныққан бу концентрациясы тұтану облысына сәйкес келетін температуралар аралықтары болады, яғни тұтанудың төменгі концентрациялық шегі (ТТКШ) және тұтанудың жоғарғы концентрациялық шегі (ТЖКШ). Тұтандыру көзі болған жағдайда сұйықтық беткейінде түзілген бу-ауа қоспасы тұтануға қабілетті.

Сұйықтық беткейінде тұтанудың төменгі концентрациялық шегінің мәніне сәйкес келетін қанныққан бу концентрациясын тудыратын сұйықтық температурасы тұтанудың төменгі температуралық шегі (ТТТШ) деп аталады.

Сұйықтық беткейінде тұтанудың жоғарғы концентрациялық шегінің мәніне сәйкес келетін қанныққан бу концентрациясын тудыратын сұйықтық температурасы тұтанудың жоғарғы температуралық шегі (ТЖТШ) деп аталады.

Мысалы, ацетон үшін температуралық шектер, ТТТШ – 253 К, ТЖТШ - 279 К. Осы температура аралықтарында 2,6 және 12,6 % бу концентрациясы түзіледі.

Тұтанудың температуралық шектері өрт қауіпті сұйықтықтармен жұмыс жасаған кезде өрт қауіпіне баға беру үшін қолданады. Технологиялық

процестердің өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін буланатын өрт қауіпті сұйықтықтардың температураларын ТТТШ – нен 10 К төмен, немесе ТЖТШ – ң мәнінен 15 К жоғары болған күйде ұстайды. Көптеген сұйықтықтар үшін температуралық шектер мәні анықталған және анықтамаларда беріледі.

Жарқ ету температурасы дегеніміз сұйықтық беткейінде тұтандыру көзінің әсерінен ауада жарқ етуге қабілетті бу концентрациясын тудыратын, бірақ сұйықтықтың тұрақты жануын болдырмайтын сұйықтықтың ең төменгі температурасы. Жарқ ету температурасы жанғыш сұйықтықтарды сипаттау үшін қолданылады. МЕМСТ 12.1.004 – 91 (өрт қауіпсіздігі. Жалпы еределер) сәйкес жануға қабілетті сұйықтықтар *тез тұтанатын сұйықтықтар (ТТС)* және *жанғыш сұйықтықтар (ЖС)* болып жіктеледі. Тез тұтанатын сұйықтықтарға жарқ ету температуралары жабық тигельде 61°C және одан төмен немесе ашық тигельде 66°C болып келетін сұйықтықтар жатады, ал жанғыш сұйықтықтарға жабық тигельде жарқ ету температуралары 61°C немесе ашық тигельде 66° С болып келетін сұйықтықтар жатады.

Эксперименттік тұрғыда сұйықтықтардың жарқ ету температураларын ашық және жабық типті приборларда анықтайды. Жабық ыдыстағы жарқ ету температураларының мәні ашық ыдыстағыға қарағанда әрқашан төмен болады. Себебі ашық ыдыста сұйықтық булары атмосфераға өтуге қабілетті және сұйықтық бетінде жанғыш концентрацияны пайда ету үшін температураны жоғары көтеру қажет. Төмендегі кестеде ашық және жабық типтегі приборларда анықталған кейбір сұйықтықтардың жарқ ету температуралары келтірілген.

Кесте 1. Кейбір сұйықтықтардың жар ету температураларының мәндері

Сұйықтық	Жарқ ету температурасы, К	
	Жабық типтегі прибор	Ашық типтегі прибор
Мұнай	303	319
Мазут	369	382
Цилиндрлік май	488	509

Жарқ ету температурасынан басқа *тұтану температурасы* да қолданылады. Тұтану температурасы бұл – сұйықтық буларының тұтандыру көзінің әсерінен тұтанғаннан кейін тұрақты жану процесінің пайда болуын тудыратын сұйықтықтың ең төменгі температурасы.

Тез тұтанатын сұйықтықтарда тұтану температурасы жарқ ету температурасына қарағанда 1-5°C дейін жоғары болады. Жар ету температурасы төмен болған сайын тұтану температурасы мен жарқ ету температурасы арасындағы айырмашылық төмен болады. Жарқ ету температуралары жоғары жанғыш сұйықтықтарда жарқ ету температурасы мен тұтану температуралары арасындағы айырмашылық 25-35°C құрайды.

Жарқ ету температурасы мен тұтану температурасы арасындағы тәуелділік олардың мәндерін есептеу әдісі арқылы баға берген кезде айтарлықтай қыйындықтар тудырады. Ол есептеулердің бірі В.И. Блиновтың ұсынған әдісі болып табылады:

$$T_{\text{жарқ ету}} = \frac{A}{D_0 \cdot \beta \cdot R_{\text{жарқ ету}}} \quad (7.2)$$

Мұндағы: $T_{\text{жарқ ету}}$ – жарқ ету (тұтану), К;

$R_{\text{жарқ ету}}$ – жар ету (тұтану) температурасы кезіндегі сұйықтықтың қаныққан буының парциалдық қысымы, Па;

D_0 – сұйықтық буларының диффузия коэффициенті, м²/с;

β – жанғыш заттың бір молекуласының толық тотығуы үшін қажетті оттегі молекуласының мөлшері;

A – анықтау әдісінің тұрақтысы.

Жабық ыдыстағы жарқ ету температурасын есептеген кезде $B = 28$, ал ашық ыдыста $\beta = 45$, тұтану температурасын есептеген кезде $\beta = 53$ деп алу ұсынылады.

Халықаралық ұсыныстарға сәкес тез от алатын сұйықтықтардың үш категорияға жіктеледі.

I – категория. Аса қауіпті тез тұтанатын сұйықтықтар, жарқ ету температуралары жабық тигельде -18°C және одан төмен, ашық тигельде -13°C және одан төмен болып келетін сұйықтықтар.

II – категория. Әрқашан қауіпті тез тұтанатын сұйықтықтар, жарқ ету температуралары жабық тигельде -18°C – тан 23°C дейін, ашық тигельде -13°C – тан 27°C дейін.

III – категория. Ауа температурасы жоғарылаған кезде қауіпті, жарқ ету температурасы жабық тигельде 23°C – тан 61°C дейін, ашық тигельде 27°C – тан 66°C дейін болып келетін тез тұтанатын сұйықтықтар.

3. Сұйықтықтардың жану процесі. Жанып біту жылдамдығы.

Сұйықтықтардың жану тек химиялық процесс қана емес, процесс барысында сондай-ақ физикалық құбылыстар да көрініс береді. Жанғыш булардың оттегімен әрекеттесуі жану аймағында жүзеге асады. Сұйықтық буға айналу үшін ол белгілі бір жылу мөлшерін сіңіреді, бұл жылу жану аймағындағы жалыннан келеді. Бұл жылу сұйықтық беткейіне сәулелену арқылы беріледі. Осының салдарынан сұйықтық буға үнемі айналып отырады.

Уақыт бірлігінде факелден сұйықтық беткейіне берілген жылу мөлшерін төмендегі формула арқылы анықтауға болады:

$$Q_{\phi} = \varepsilon \sigma (T_{\phi} - T_c) \quad (7.3)$$

Мұндағы ε – қараю дәрежесі; σ – Стефан-Больцман тұрақтысы $2079 \cdot 10^{-7}$ кДж/(м² сағ. К) тең; T_{ϕ} – жалын температурасы; T_c – сұйықтық беткейінің температурасы, К.

Бұл жылу, сұйықтықтың булануына q' , және сұйықтықтың қызыуына q'' жұмсалады.

$$Q_{\phi} = q' + q'' \quad (7.4)$$

$$q' = r \rho v \quad q'' \quad (7.5)$$

Сұйықтықтардың жану жылдамдығы. Екі жылдамдық түрі бар:

1. Массалық.
2. Сызықтық.

Массалық жылдамдық G – уақыт бірлігінде сұйықтық беткейінен жанып кеткен сұйықтық массасымен есептеледі.

Сызықтық жылдамдық дегеніміз –жанып кеткен сұйықтық беткейінің қалыңдығы.

$$G = \rho v / 1000 \quad (7.6)$$

$$v = h / T \quad (7.7)$$

ρ – сұйықтық тығыздығы, h – жанып кеткен сұйықтық қабатының биіктігі, T – жануға жұмсалған уақыт.

Жанған кездегі сұйықтықтардың қызуы. Қайнау. Шашырау.

Жану кезінде жалыннан келген жылудың бір бөлігі сұйықтықтың жануына жұмсалады. Жанғыш сұйықтықтың беткі бөлігі басқа бөліктеріне қарағанда қатты қызады. Жылудың сұйықтықтың басқа бөліктеріне таралуы сұйық заттың табиғатына және жану жағдайларына байланысты. Мысалы, жанып жатқан бензиннің беткі қабатының температурасы 90-110 С, керосиндікі 170-220 С.

Бақылау сұрақтары:

1. Қыздыру кезінде сұйықтықта қандай процесстер өтеді? Жану және тұтану құбылыстарында олардың ролі қандай?
2. $T_{жарқ}$, $ТТШ$ сияқты жанғыш сұйықтарының физикалық мағынасын түсіндіріңіз. Неліктен $T_{жарқ}$ кезінде сұйықтық жанбайды?
3. Сұйықтардың жануы кезінде жылу- және масса алмасу қалайша жүзеге асады.
4. Жалын факелінде және сұйықтың өзінде қалыптасқан жану кезінде температуралардың таралуын түсіндіріңіз.
5. Сұйықтың тереңдікте қызуы қандай механизм бойынша жүзеге асады, беттік бойынша таралуы кезінде жалын факелының беттігіндегі температурасы қандай?
6. Сұйықтардың жанғыштық классын қандай МЕСТ анықтайды?
7. Жану процессінде сұйықты лақтыру үшін қандай шарттар қажет?
8. Сұйықтардың $T_{жарқ}$ практикалық мәні.

Дәріс № 8 Тақырыбы: Қатты заттардың жануы. Қатты жанғыш заттардың құрамы мен құрылысы. Ағаштың пиролизі, Металдардың жануы. Шан-ауа қоспасының жануы.

Қатты жанғыш заттардың қасиеттері мен құрамы.

Қатты жанғыш заттардың құрамы әртүрлі болып келеді. Олардың құрамында көміртегі, сутегі, азот, оттегі, хлор, фтор, кремний және т.б. элементтер болуы мүмкін.

Көптеген өрттер кезінде шаруашылықта кеңінен қолданылысқа ие заттар жанады. Оларға бірінші кезекте целлюлозалы материалдар (ағаш, қағаз, хлопок), көмірсутектерден жасалған заттар (резина, пластмасса, химиялық талшықтар), тағам өнімдері (бидай, майлар қант) жатады.

Төмендегі кестеде келтірілгендей целлюлозалы материалдар құрамында жану процесінде ауадағы оттегімен қатар жану процесіне қатысатын оттегі бар. Сондықтан да олардың жануына қажетті оттегі мөлшері басқа да құрамында оттегі жоқ жанғыш заттарға қарағанда азырақ жұмсалады. Целлюлозалы материалдардың бықсып жануы және жану жылуының төмен болуы осымен түсіндіріледі.

Целлюлозалы материалдардың ерекше сипаттарының бірі, олар температураның әсерінен ыдырайды. Нәтижесінде бу және көміртекті газдар түзіледі. Торф және ағаштың ыдырау температуралары әртүрлі, торф 100-105 °С ыдырай бастаса, ағаш 160-170 °С ыдырай бастайты. Ағаштың интенсивті ыдырауы 250-300 °С жүреді, ал торфтікі 150 °С жүреді.

Кесте 1 - Целлюлозалы материалдар құрамы

Жанғыш материал	Элементтік құрамы, %				Ылғал мен күл құрамы, %	
					W	A
Емен	46,08	5,50	38,18	1,14	7,0	2,1
Қарағай	46,00	5,50	39,2	0,90	7,0	1,4
шөп	39,06	4,70	42,2	1,04	8,0	5,0
Хлопок	42,40	5,92	46,6	0,58	4,0	0,5

Сұйық заттардағыдай, қатты заттардың жану жылдамдығы да массалық жану жанып біту жылдамдығымен анықталады. Қатты заттардың массалық жану жылдамдықтары қатты зат беткейінің ауданына тәуелді емес ол тек ылғалдылық пен температураға тәуелді.

Практикада жанып біту жылдамдығын анықтау қиынға соғады, себебі жанып жатқан заттардың беткейлері әрдайым тегіс болмайды. Осыған байланысты жанып біту жылдамдығын есептеуді өрт ауданының бірлігіне жүргізеді, яғни, жанып жатқан заттардың горизонталь беткейінің ауданының бірлігіне есептеу жүргізеді. Бұл шаманы ***берілген массалық жанып біту жылдамдығы*** v_m деп атайды.

Кесте 2 - Кейбір материалдардың массалық жанып біту жылдамдығы

Жанғыш материалдар	Массалық жанып біту жылд., кг/м ² · мин			Жанып біту жылдамдығы, кг/м ² · мин
	Температура, °C			
	500	700	900	
Ағаш (W = 10 %)	0.34	0.45	0.65	0,5
Стеклопластик	0,74	0,90	1,10	1,0
Каучук	0,45	0,85	-	1,12

Жану аймағынан келген жылу әсерінен заттардың жануы ғана емес, сонымен қатар жалын фронты жанбаған беткейлерге көшіп отырады. Қатты зат беткейі арқылы жалын фронтының орын ауыстыруы *жанудың таралуы* деп аталады және жанудың таралу жылдамдығымен v (м/мин) сипатталады

$$v = l/t \quad (8.1)$$

l – жалын фронты жүріп өткен қашықтық, м; t – жалын фронтының орын ауыстыру уақыты, мин.

Жанудың таралуының екі түрі бар – вертикалды және горизонтальды беткей арқылы таралу. Бірақ, өрт сөндіруде есептеулер жүргізген кезде горизонтальді беткей бойынша таралуды алады.

Ағаш негізді материалдардың жануы мен пиролизі процессі кезінде негізгі заңдылықтар. Ағаштың жануы.

Ағаш тұтандыру көзімен жанасқан кезде 250 °C температурадан төмен температурада жануға қабілетсіз су буы, көміртек диоксиді және аз мөлшерде жанғыш газдар бөлінеді. 250-260 °C температурада көміртек монооксиді және метан бөлінеді. Бұл заттар жанғыш болып келеді. Бұл газдар тұтандыру көзінің әсерінен тұтануға қабілетті. Осы кезден бастап ағаш өздігінен жана бастайды.

От алғаннан кейін ағаш беткейіндегі қабатының температурасы 290-300 температураға жетеді. Осы кезде газ тәрізді заттардың ағаштан бөлінуі максималды деңгейге жетеді. Нәтижесінде ағаштың беткі қабаты ағаш көміріне айналады және ағаш көмірі жануға қабілетсіз болады. Ағаш көмірінің температурасы 500-700°C жетеді. Ағаштың төменгі қабаты 300°C дейін қызады және қызу салдарынан ыдырап жанады.

Жану процесінің параметрлеріне қатты материалдардың термиялық ыдырауы әсер ететін негізгі заңдылықтарын қарастырамыз. Қатты заттардың температурасын жоғарлатқан кезде жай компоненттердің (қатты, сұйық және газтәрізді) түзілуімен химиялық байланыстардың үзілуі өтеді. Термиялық ыдырау немесе пиролиз химиялық реакциялардың негізгі классы, оның кинетикасы Аррениус теңдеуімен сипатталады, осыған сәйкес реакция жылдамдығы температурамен экспоненциалды түрде өседі. Термиялық ыдырау кезінде, ереже бойынша, біруақытта параллельді реакциялардың көп мөлшері ағып өтеді, сондықтан да тәжірибие берілгендері бойынша

анықталған активизация энергиясының шамасы кейбір орташаланған процесстерді сипаттайды. Көптеген заттар үшін оның мәні $140 \div 250$ кДж/моль шектерінде өзгереді.

Термиялық ыдырау көптеген параметрлерге тәуелді, кездейсоқ күрделі процесс болып табылады. Ол *изотермиялық және изотермиялық емес пиролиз* деп екіге бөлінеді. Бірінші жағдайда үлгі температурасы тұрақты және барлық уақыт периодында ыдырау өзгермейді. Изотермиялық емес пиролиз кезінде температура үлгінің тереңдігінде де, уақытта да өзгеруі мүмкін. Жану кезінде қатты фазаның изотермиялық емес пиролиздің орны бар.

Заттардың көп мөлшері үшін өткізілген көптеген зерттеулер көрсеткендей, ыдырау заңдылықтары тек жанғыш зат түріне ғана байланысты емес, сонымен қатар пиролиз температурасына, жылдамдықтың уақытта өзгеруіне, пиролизданатын үлгі түріне, оның формасына, ыдырау процессіне де тәуелді. Пиролиз процессі үлгінің ыдырау өнімдерімен байланысына тәуелді.

Мысал ретінде жанғыш материалдың ең кең таралған түрі – *ағаштың* схемалық ыдырауы келтірілген. Ағаш ол түрлі қасиетті және құрылысты заттардың үлкен мөлшердегі қоспасы. Оның негізгі компоненттері *гемицеллюлоза, целлюлоза және лигнин* болып табылады.

Целлюлоза эмпириялық формуласымен $(C_6H_{10}O_5)_m$ жоғары молекулалы полисахарид болып табылады. Целлюлозаның молекулярлық салмағы 1 500 000 құрайды.

Гемицеллюлозалар *пентозан* $(C_5H_8O_4)$, *гексозан* $(C_6H_{10}O_5)$ және *полиуронидтердің* қоспасынан тұрады. Ағашта пентозандар және гексозандар саны тең мөлшерде болады, жапырақты ағашта гемицеллюлозалар толығымен пентозандардан тұрады.

Лигнин ароматты табиғатқа ие және құрамында ароматты заттармен байланысқан көмірсутектер бар. Орташа алғанда ағаш 25% гемицеллюлоза, 50% целлюлоза және 25% лигниннен тұрады. Ағаштың құрамында - 50% көміртегі, ~6% сутегі және ~ 44% оттегі бар. Бұл ұсақ саңылаулы зат, саңылаулар көлемі оның көлемінің $50 \div 75$ % құрайды. Ағаш құрамына кіретін заттар әр түрлі құрылысқа және біркелкі термиялық тұрақтылыққа ие. Ең термотұрақтысы – гемицеллюлозалар, олардың ішінде ең тұрақтысы лигнин болып табылады. Осылайша, егер целлюлозаның интенсивті ыдырауы 285°C температурасына сәйкес келсе, лигнин тек $350 \div 450^\circ\text{C}$ температурасына жеткен кезде ғана интенсивті ыдырайды. Лигниннің үлкен термиялық тұрақтылығы оның химиялық құрылысымен түсіндіріледі. Ароматты қосылыстар гетероциклді қосылыстарға қарағанда термиялық тұрақты екендігі белгілі, оларға гемицеллюлозалар және целлюлоза жатады. Сондықтан да құрамында өте жоғары гемицеллюлозалары бар ағаш тұқымдары, жеңіл тұтануға қабілетті.

Ағаштың ыдырауын қарастырайық. Ағаш пиролизінің бірнеше этаптарын шартты түрде бөліп алуға болады.

$120 \div 150^\circ\text{C}$ температураға дейін жоғарлату кезінде ағаштың құрғау процессі аяқталады, яғни физикалық судың бөлінуі.

150÷180 °C температураға дейін қыздыру кезінде ішкі тамшылық және химиялық байланысқан ылғалдың бөлінуі өтеді.

Ағаш 200-250°C жоғары температура кезінде өзінің түсін жоғалтып, көміртектенеді, бірақ бұл нәтиженің ұзақ қыздыру және төмен температурада орны (≥ 120 °C) бар. 300°C жоғары температура кезінде жедел физикалық бұзылу басталады. Бұл процесс көміртекті қалдықтың бетінде әлсіз жарықтардың пайда болуымен басталады, талшық бағытына перпендикуляр. Бұл, ұшқыш өнімдерге қабаттан бұзылған бет арқылы оңай өтуін жеңілдетеді, бұл өнімдердің түзілуі өткен жерде (сур. 8.1). Көміртекті қабатты ұлғайтумен жарықтар кеңейеді, осыдан ертелі-кеш беттіктің жарылу суретіне әкеледі. Бұндай құбылыстардың өртпен зақымдалған ғимараттарда пайда болуы, өрт өрбуінің интенсивтілігі туралы түсінік береді.



Сур. 8.1. Жанып жатқан ағаш пиролизіне түсетін брустың көлденең қимасы

- 1 – жарық және жарық түзілу аймағы;
- 2 – бұзылмаған аймақ;
- 3 – көміртекті қалдық;
- 4 – пиролиз аймағы;
- 5 – пиролизге түспеген аймақ.

Иілген бағытшалар ұшқыш өнімдердің қозғалыс бағытын көрсетеді.

250°C температура кезінде CO , CH_4 , H_2 , CO_2 , H_2O және т.с.с. газдардың бөлінуімен ағаш пиролизі өтеді.

Түзілген газ қоспасы тұтандыру көзінің әсерінен тұтануға қабілетті. Сұйықтықтармен салыстырғанда бұл температураны ағаштың жарқ ету температурасы деп те қабылдауға болады. 280-300 °C температура кезінде ағаштың интенсивті ыдырауы басталады.

350÷450°C температура кезінде ағаштың интенсивті пиролизі өтеді және жанғыш газдардың негізгі массасы бөлінеді — 40% мөлшерде. Пиролиздің бұл аймағында бөлінетін газ қоспасы - 25% H_2 және 40% қаныққан және қанықпаған көмірсутектерден тұрады. Осы температуралық облыстың ең негізгі сипаттамасы оның экзотермиялығы болып табылады. Мұнда алғашқы ыдырау өнімдері – қышқылдар, альдегидтер және жылу бөлінуімен жүретін интенсивті химиялық реакциялар өтеді.

Пиролиз баяу өткен сайын, ыдырау процесінің экзотермиялығы үлкен болады. Соңғы зерттеулерге сәйкес, лигниннің ыдырауы оң мәндегі жылулық эффектке ие. 500 ÷ 550 °C температура кезінде ағаштың термиялық ыдырау

жылдамдығы тез төмендейді. Ұшқыш өнімдердің шығуы тоқталады, өйткені үлгі ыдырауы, негізінде төмен температуралар кезінде аяқталады. 600 °C температура кезінде ағаштың газ тәрізді өнімдерге және көміртекті қалдықтарға ыдырауы аяқталады.

Қатты жанғыш заттар жоғары температураға дейін қызып тұтандыру көзімен жанасқан кезінде жылу алмасу пайда болады. Әдетте жылу алмасудың үш түрі орын алады: конвекция, сәуле шығару, жылу өткізу. Бұл жағдайда, ереже бойынша, бұлардың ішіндегі біреуі доминициялаушы болып табылады. Тұтану кезінде, мысалы, ашық жалыннан (жанып жатқан сіріңке, газ жанарғысы және т.б.) жылу алмасу конвекциясын игереді, жанғыш материалмен байланысы жоқ қызған спираль, сәулелік жылу арқылы соңғыны тұтандырады. Тұтану бықсушы бөлшектерден жылу өткізгіштіктің жылуалмасуы арқылы өтеді (кондукция).

Қатты материалдардың тұтану механизмы көбінесе сұйықтың тұтануымен ұқсас, бірақ бірқатар айырмашылықтары бар. Жылулық ағынның жоғары температуралық жандыру көзінен әсер етуі кезінде жанғыш материал қызады, содан соң кейбір температуралар интервалында (50÷150°C) одан ылғал буланады. Ылғалдың булануынан кейін, материал инертті дене тәрізді ыдырау температурасы басталғанға дейін қайтадан қызады, өсуші материалдар үшін 250°C құрайды. Ыдырау процесі ұшқыш өнімдердің қоршаған атмосфераға бөлінуімен жүреді. Бұған қоса ұшқыш өнімдердің тотықтырғышпен және газ ауалы қоспаның түзілуі өтеді. Егер жандыру көзінің қуаты жеткілікті болса, онда тұтанудың төменгі концентрациялық шегіне тең жанғыш өнімдердің ыдырау концентрациясына жетуі кезінде, жалынды жануымен газ ауалы қоспаның жандырылуы өтеді. Егер де қандай да бір себептермен газ ауалы қоспа тұтанбаса, қатты дене пиролиздың бөлінуімен қызады. Егер жанғыш зат пиролиз процессінде көміртекті қалдықты түзсе, онда ыдырау жылдамдығы төмендей бастайды.

Анықталған жағдайларда көміртекті қабаттың гетерогенді жануы пайда болуы мүмкін.

Өз кезегінде жақсы жағдайларда, нақтысы: егер газ ауалы қоспаның концентрациясы тұтану облысында болса, ол көміртекті қабаттан тұтануы мүмкін.

Осылайша, тұтану процесінің жалпы ұзақтығы ылғал материалдың қыздыру стадиясы, кептіру, құрғақ материалды қыздыру, газификациядан және гетерогенді тұтанудың пайда болуы жағдайында көміртекті қалдықтың қыздыру стадиясынан болуы мүмкін. Өрт пайда болуының тағы бір ошағы ретінде кейбір жоғары температуралық денелердің жылу ағысы болады. Сәулеленудің үдемелілігінің жоғарылаған сайын тұтану көзінің уақыты төмендейді. Ағаш тығыздығының жоғарылауымен тұтанудың уақыты көбейеді.

Жандырғыш от болмаған кезде көміртекті қабаттың пиролизінен пайда болатын гетерогендік тұтану басталады.

Ағаштың гетерогендік тұтануының температурасы тұрақсыз, сондықтан жылу ағысы үдемелігіне тәуелді. Гетерогендік жанудың пайда болуы материалдардың ыдырау процессіне әкеледі, өйткені көмірдің гетерогендік жануы кезінде жылудың бір бөлігі конденсирдық фазаның қызуына кетеді.

Ыдырау кезінде жанудың ұшқыш өнімдерінің бөліну жылдамдығы төмендей бастайды, себебі көмірлі қабаттың қалыңдығы артады да, оның термиялық кедергісі артады. Бұл қатты фазаның терең қабаттарының қызу жылдамдығының төмендеуіне әкеледі, ал бұл пиролиз жылдамдығының төмендеуіне әкеледі.

Ағаш негізді материалдарды өрттен қорғау.

Ағаштың құрылысқа қолдануын төмендейтін негізгі кемшілігі – оның жоғары жанғыштық қабілеті, бұл материалдың органикалық табиғатымен түсіндіріледі. Ағаш материалдарын өрттен қорғау мынаған негізделген: ағашты қиын тұтанатындар тобына, ал ең жақсысы - өрттің тек нағыз ошағында ыдырайтын және жануды оның сыртында шектеулі ғана тарататын қиын жанатын материалдарға айналдыру.

Осындай қорғаудың тиімді тәсілдердің бірі – арнайы пасталармен, майлаумен, лак пен сыр немесе сіндірілулермен өңдеу.

Лактар мен сырлар. Олардың өрттен қорғауы мынаған негізделеді: жоғары температура әсер еткен кезде беткі қабаты көпіріп, қатты жанбайтын көбіктен тұратын жылудан қорғайтын экран пайда болады.

Пасталар мен майлаулар – бетке жағылатын пасталық құрамдар, өрттен қорғайды, бірақ қажетті декоративтік қасиеттері жоқ.

Сіндірілулер – тұздардың сулы ерітінділері (антипирендер), ағаш бетіне жағылады немесе қысым арқылы терең сіндірілу тәсілімен енгізіледі. Ағаш құрылыстардың жайылмалы өрт әсерінен қорғауын, мысалы, өрт жану жағдайында қамтамасыз етеді. Бұл кезде тек өртпен тікелей қатынаста болған бөлігінің көлемінің көмірленуі байқалады. Олармен өңдеуді қайталап тұру керек, сыртта қолданыста – жиі, ішкіде – сирек.

Әрине, осы қоспалардың біреуі де ағашты өрттен толық қорғай алмайды, бірақ олар әрқайсысы ағаштың өртке төзімділігін арттырыды. Бұл не ағаш тұтануының температуралық шегінің артуына байланысты, не өртке төзімділіктің артуының нәтижесінде жүзеге асады. Сонымен қатар, жоғарыды келтірілген бүркегіштердің барлығы өртті сөндіруді жеңілдетеді, ал кейбір жағдайларда оның пайда болуын жоққа шығарады.

Осыған дейін ағаш үйлердің сыртын өңдеу үшін қолданыста болған барлық сіндірулер қорғау эффектісінің тек екінші тобын қамтамасыз еткен еді. Ал енді рынокта бірінші топты қамтамасыз ететін қоспалар пайда болды. Мысалы, НПП "РОГНЕДА" (Ресей) "*Фенилакс*" сулы негізде оттан биокорғау құрамды шығарды, ол 300 г/м² шығын кезінде оттан қорғау эффектісінің екінші тобын, ал 500 г/м² шығын кезінде бірінші топты қамтамасыз етеді. Сыртқы ағаш беттерді өңдеуден кейін суға төзімді лакты-сырлы материалдармен жағу рұқсат етіледі. Ағашқа бірінші топты қамтамасыз ететін сіндірілуді ресейдің тағы бір фирмасы - НПО "ДЕРЕВОЗАЩИТА" шығарды. Өнім аты "*Сенеж огнебио проф*" және ол тек ішкі қолданысқа арналған (ұсынылған шығын - 600 г/м²). Ол ағашқа қызылдау түс береді.

Бүгінгі күнге дейін болған барлық өрттен қорғауға арналған және ағашты оттан қорғау эффектісінің бірінші тобына жатқызатын лактар мен сырлар ғимараттардың тек ішкі қолданысына арналған болатын. Бірақ та, НПП

"РОГНЕДА" "Пирекс" сулы негізде оттан қорғау сырын шығарды, ол ішкі қолданыста да (бұл кезде шығарушы оттан қорғау және декоративтік қасиеттердің 5 жылға дейін сақталуына шарт береді), сыртқы қолданыста да тура солай. Бірақ та, сыртқы қолданыс кезінде сыр үстінен атмосфератөзімді лак қабатын жағу қажет (мысалы, НПП "РОГНЕДА"-дан қорғаушы ЛЗП-1, 120-150 г/м² шығынмен) немесе эмальдар (ПФ-115 - шығыны 150-180 г/м², НЦ-132П- шығыны 110-130 г/м², ХВ-16 - шығыны 200-250 г/м²). Осындай бүргеніштер оттан қорғау сырының атмосфераның әсерінен қирауына жол бермейді.

Кесте 8.1

Құрылыс конструкцияларының өрттен қорғау эффектісінің топтары		
Топ нөмірі	Ағашты	Болатты
	Бүргеніш қамтамасыз етеді	
	белгілі методикалық шарттында өрттену кезінде тәжірибелік үлгі массасының төмендеуін	металлдың критикалық температураға жетуі (500 °C) уақыт, мин.
бірінші	9% -дан көп емес- қиын өрттенетін ағаш	150-ден кем емес
екінші	9-дан 30%-ға дейін – қиын тұтанатын ағаш	120-дан 150-ге дейін
үшінші	30%-дан көп - өрттен қорғауды қамтамасыз етпейді	90-нан 120-ға дейін
төртінші	Жоқ	50-ден 90-ға дейін
бесінші	Жоқ	30-дан 60-қа дейін
алтыншы	Жоқ	30-дан кем емес

Металдардың жануы.

Жану сипатына қарай металдар екі топқа бөлінеді: ұшқыш және ұшқыш емес.

Ұшқыш металдардың балқу температуралары $T_{пл} < 1000$ К, $T_{кип} < 1500$ К. оған сілтілік металдар (литий, натрий, калий және т.б.) және сілтілік жер металдар (магний, кальций) жатады.

Ұшқыш емес металдардың балқу, қайнау температуралары $T_{пл} > 1000$ К, $T_{кип} > 2500$ К. Жану механизмдері көп жағдайда металл оксидтерінің қасиеттерімен анықталады. Ұшқыш металдардың балқу температуралары T_6 өздерінің оксидтерінің балқу температураларынан төмен.

Тұтату көзін металл беткейімен жанастырғанда металл беткейі буланып тотығады. Бу концентрацияларының тұтанудың төменгі шегі мәніне жеткенде тұтанады.

Металл беткейіне тұтандыру көзін әкелген кезде металдың булануы және тотығуы жүреді. Металл буларының концентрациялары тұтанудың төменгі концентрациялық шектеріне жеткен кезде металл тұтанады. Диффузиялық жану металл беткейінде жүреді. Жылудың көп мөлшері металға беріліп, металл қайнау температурасына дейін қызады. Осының салдарынан түзілген булар оттектік қабықшадан оңай диффузияланып жану аймағына түседі. Металдың қайнауы салдарының оттекті қабықша біртіндеп бұзылып жану қарқынды

түседі. Жану өнімдері (металл оксидтері) тек метал беткейінде шоғырланбай, атмосфераға ақ түтін түрінде тарайды. Атмосферада тығыз ақ түтіннің пайда болуы ұшқыш металдардың жануының белгісі.

Ұшқыш емес металдардың фазалық өту температуралары жоғары және металл беткейімен берік байланыста болатын едәуір қалың оксидтік қабықша түзіледі. Осының салдарынан металл буларының оттектік қабықша арқылы диффузиялануы төмендейді де металл бөлшектері жануға қабілетсіз болады. Сондықтан да бұндай металдардың жануы олардың кесінді ұнтақ және аэрозоль күйінде болғанда жүзеге асады және жану процесінде түтін түзілмейді.

Кесте 8.1 Ұшқыш металдар және олардың оксидтерінің қасиеттері

Металдар	Температура, °C			Металл оксидтері	Температура, K	
	балқу	қайнау	От алу		балқу	қайнау
Li	179	1370	190	Li ₂ O	1610	2500
Na	98	883	114	Na ₂ O	920	1277
K	64	760	69	K ₂ O	527	1477
Mg	651	1107	623	MgO	2800	3600
Ca	851	1482	550	CaO	2585	3527

Ұшқыш металдардың жану температуралары оксидтерінің қайнау температураларының жоғары болғандықтан, олардың оксидтері газ күйінде болады. Жану аймағына ауаға өтіп салқындап қатты күйге көшеді.

Ұшқыш емес металдар жануының өзіндік ерекшеліктері (кесте 16.2).

Кесте 8.2 Ұшқыш емес металдардың және оксидтерінің қасиеттері

Металдар	Температура, °C			Металл оксидтері	Температура, °C	
	балқу	қайнау	От алу		балқу	қайнау
Ерімейтін оксидтер						
Al	660	250	1000	Al ₂ O ₃	2050	3527
Si	1412	3309	-	SiO ₂	1610	2727
Еритін оксидтер						
Ti	1677	3277	300	TiO ₂	1855	4227
Zr	1852	4477	500	ZrO ₂	2687	4927

2. шаңдардың жануы

Шаң - қатты (ұн, қант, ағаш, көмір және т.б.) және газды (ауа және т.б.) дисперсті фазадан тұрады.

Шаң-газ қоспасы арқылы жалынның таралуы салқын қоспаның жану фронтынан келген сәулелік жылу арқылы қызуынан. Қатты бөлшектер сәулелік ағыннан жылуды сіңіріп қызып жанғыш заттар түзе отырып ыдырайды, олар, яғни ыдырау өнімдері ауамен жанғыш қоспалар түзеді.

Шаң-газ қоспасы арқылы жалынның таралуына әсер ететін факторлар:

- 1) шаң концентрациясы
- 2) күлділігі
- 3) қоршаған ортадағы оттегінің мөлшері

Шаңдардың өрт жарылыс қауіпі бойынша жіктелуі:

- I класс – жоғары өрт қауіпті - φ_n 15 г/м³ дейін;
- II класс – жарылыс қауіпті - $15 \text{ г/м}^3 < \varphi_n < 65 \text{ г/м}^3$;
- III класс – жоғары өрт қауіпті - $\varphi_n > 65 \text{ г/м}^3$; $T_{св}$ до 250 °С;
- IV класс – өрт қауіпті - $\varphi_n > 65 \text{ г/м}^3$; $T_{св} > 250 \text{ °С}$.

Бақылау сұрақтар:

1. Металдардың жануының ерекшелігі неде?
2. Ұшқыш емес металдардың жануы қалай жүзеге асады?
3. Шаң-газ қоспасы арқылы жалынның таралуына әсер ететін факторларды ата.

Дәріс № 9 Жанудағы шекті кұбылыстар және сөнудің жылулық теориясы.

Қарастырылатын сұрақтар:

1. *Өртті тоқтатудың тәсілдері мен шарты.*
2. *Сөнудің жылулық теориясы.*

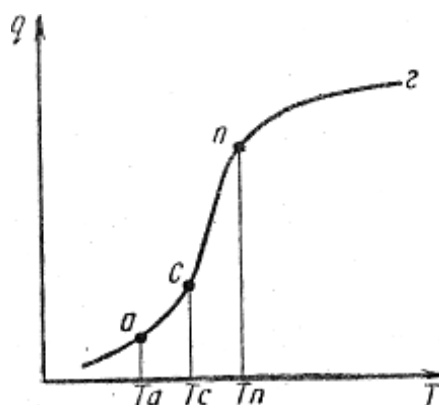
1. Өртті тоқтатудың тәсілдері мен шарты.

Жануды тоқтату үшін жану аймағындағы жарықтанған жіңішке қабатта пайда болатын экзотермиялық реакцияны тоқтату қажет.

Орныққан жайылмалы өрт кезінде реакция аймағында жылулық тепе-теңдік бар, сол кезде жылу бөліну жылдамдығы жылу бергіштік жылдамдығына тең. Жылулық тепе-теңдігіне белгілі жану температурасы қатысты, ол *жылулық тепе-теңдік температурасы* деп аталады. Берілген температура тұрақты емес және жылу бөліну мен жылу бергіштік жылдамдықтарының өзгеруімен өзгереді. Жылу бөлінуінің артуымен жану температурасы жоғарылайды және жаңа жылулық тепе-теңдікке дейін жылу бергіштік артады. Жылу бөлінудің төмендеуімен температура төмендейді және жылу бергіштік азаяды. Жылу бөлуінің жылдамдығын төмендете беріп жану аймағында жану тоқтайтындай температураға жетуге болады. Бұл аумалы мағынаны *сөну температурасы* деп атайды.

Сөну температурасы — бұл жану аймағындағы (реакция аймағындағы температура) ең төмен температура, бұдан төмен жылу бұру жылдамдығы жылу бөлу жылдамдығынан артық және жану тоқталады.

Температураға қатысты жылу бөлінудің өзгерісін көрсетілген график арқылы байқауға болады, сурет 9.1.



Сур. 9.1. Жылу бөліну мен жану температурасы арасындағы тәуелділік графигі.

Графикта көрсетілгендей сөну температурасы $T_{\text{сөну}}$ жанғыш заттың өздігінен жану температурасынан $T_{\text{өз}}$ айтарлықтай жоғары және жалынмен жану температурасынан төмен. Өртті сөндіру кезінде жануды тоқтату үшін жану реакциясының температуралық деңгейін өзгертіп жылу тепе-теңдікті бұзу қажет. Ол үшін реакция аймағындағы температураны сөну температурасынан төмендету керек. Берілген шартқа жетудің екі жолы бар: Жылу бұрудың жылдамдығын арттыру немесе жылу бөлінудің температурасын төмендету. Өртті сөндіру кезінде бұл шарттар жану реакциясына физикалық және химиялық әсер ету арқылы жүзеге асырылады.

Физикалық әсер ету кезінде жану реакциясының бағыты өзгермейді, яғни ол соңына дейін экзотермиялық болып қалады, ал жану реакциясының физикалық тоқтатуы нәтижесінде температура мен басқа параметрлер кішірейеді. Химиялық әсер ету кезінде температуралық деңгей және жану жылдамдығы жану реакциясының химиялық тоқталуының бағытының өзгеруі нәтижесінде кішірейеді, яғни ол экзотермиялық реакциядан эндотермиялық реакцияға өтеді.

Жануды тоқтатудың төрт тәсілі бар:

- жану аймағын немесе жанғыш заттардың өзін суыту;
- әсер ететін заттарды реакция аймағынан оқшалау;
- жану аймағында әсер ететін заттарды жанбайтын заттармен

араластыру;

- жану реакциясын химиялық тоқтату.

Суыту, оқшалау және араластыру жану реакциясын тоқтатудың физикалық тәсілдеріне жатады, ал химиялық тоқтату – химиялық тәсіл.

Жиі тәжірибеде жануды тоқтатудың бірнеше тәсілдерінің қосылысы қолданылады. Ондай қосылыста тәсілдің біреуі негізгі болады, ал қалғандары —жануды жоюды тездетуге үлесін қосады. Сонымен қатар, әр тәсіл келесінің эффекттілігін төмендетпей, арттыру керек.

Тәсілдердің ең мақсаттылары адам өміріне қауіптісіз, материалдық құндылықтардың, құрылыстардың, жабдықтардың бұзылуын болдырмайтын, жануды минималды қысқа уақытта және күш пен құралдарды аз жұмсау арқылы жойған болып есептеледі.

Өртпен күресу тәсілдерінің ең эффективті және сыналғандары алдын ала шаралары болып келеді, олар тұтану процесстерінің шекті параметрлерін білуге негізделген, өйткені өрт тұтанудан, өздігінен жанудан немесе керек тұтанудан – тұрақты өрт көзінен жанғыш жүйенің жануы.

Өндірудің техникалық процесстерінде, сонымен қатар, жанғыш газдарды, ЖТС және ЖС-ды сақтау және тасымалдау кезінде алдын алудың негізгі тәсілі газды және булы-газды қоспалардың белгілі концентрациялық құрамын қамтамасыз ету: тұтанудың төмен концентрациялық шегінен төмен (немесе жабық жүйе, аппараттар, құбырлар мен резервуарлар үшін тұтанудың жоғарғы концентрациялық шегінен жоғары). Бұл алдын алу шарасы берілген жүйелерде тотықтырғыштың қауіпсіз концентрациясын сақтауға негізделген: тотықтырғыш концентрациясы бойынша тұтанудың төменгі концентрациялық шегінен төмен.

Өрт және жарылғыш қауіпсіздікті қамтамасыз ету тұтанудың концентрациялық шегі негізінде немесе өнім түрінің әрқайсысының температуралық регламентін анықтау және орындау, жанғыш заттар мен материалдарды сақтау және тасымалдау (ТТКШ және ТЖКШ бойынша), немесе берілген шарттарды жүйе мен аппараттардағы желдеткіш қуаттылығына байланысты жанғыш компоненттердің шығыны мен қысымы бойынша жүзеге асады.

Мұндай шарттарды орындау мүмкін емес жағдайда химиялық активті ингибиторлар немесе нейтральды газдардың керекті концентрациясын сақтау арқылы өрт және жарылғыш қауіпсіздігін қамтамасыз ету тәсіліне жүгінеді. Олардың концентрациясы әрқашанда жану процесстерінің пайда болу мүмкіндігін жоққа шығаратын шекті мағынадан жоғары болу керек. Осындай тәсілдерге кей-кезде объектілерде аэродисперстік газосұйықтық және ауалытозанды қоспалардың тұтану мен жарылу қауіпсіздігіне байланысты өрт пен жарылуды алдын алу үшін жүгінеді.

2. Жану процесінің тоқтауының жылулық теориясы.

Жанудың сөну процесстерінің ең таралған ғылыми негізделген теориясы *жалын сөнуінің жылулық теориясы* немесе *жану тоқтауының жылулық теориясы* болып табылады. Оның мағынасы мынада: жынудың химиялық реакциясы өту аймағында жылу тепе-теңдігі шарттарының сақталмауы кезінде бұл реакциялардың өздігінен және тоқтаусыз өтуі мүмкін емес, сонымен жану процесі тоқтайды. Бұл жанудың химиялық реакциясы өту аймағында жылу тепе-теңдігі бұзылу нәтижесінде температура кейбір критикалық мәніне дейін төмендегенде $T_{кр} = T_{пл} - \Delta T$ жүзеге асады. Алдын ала араласқан газдардың диффузиялық жануы кезінде күйіп кетудің массалық жылдамдық теңдеуін Я.Б. Зельдовичтің жұмысында талдаған кезде жалын температурасын төмендетудің максималды шамасы алынды (жалынды үзу моментіне дейін):

$$\Delta T_{ad} = \frac{3R \cdot T_{ad}^2}{E_{акт}}, \quad (9.1)$$

Мұндағы, R - универсальды газ тұрақтысы, $4,19 \text{ кДж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$;

T_{ad} - жалынның адиабаталық температурасы, 2300 K ;

$E_{акт}$ – активтендіру энергиясы, $125000 \text{ кДж}/\text{моль}$.

Шамалардың сан мәндерін орнына қойып жалынның критикалық температурасын немесе жалынның теориялық температурасын немесе сөнудің теориялық температурасының мәнін аламыз:

$$T_c \approx T_{ad} - \frac{3R \cdot T_{ad}^2}{E} = 2300 - \frac{3 \cdot 2 \cdot 529 \cdot 10^4}{3 \cdot 10^4} \approx 1240 \text{ K} \approx 967^\circ \text{C}$$

Сонымен, жалын сөнуінің жылулық теориясы бойынша тапсырма химиялық реакция аймағында температураны сөну температурасына дейін төмендетуге сүйенеді. Ал бұл жану аймағында жылу тепе-теңдігін бұзу арқылы жүзеге асады.

Жанудың химиялық реакциясы аймағында жылу тепе-теңдігін бұзуды не реакция аймағында өздігінен тоқтаусыз жану реакциясы мүмкін емес ететіндей жылу бөліну үдемелілігін төмендету арқылы, не жылуды бұру үдемелілігін арттыру арқылы, не бір уақытта химиялық реакция аймағында температураны сөну температурасына дейін жылу бөлінуінің үдемелілігін төмендетіп және жылу бұрудың үдемелілігін арттырып жүзеге асыруға болады. Аналитикалық жол бойынша реакция аймағын газды жанғыш компоненттің кедейленуіне, реакция аймағын тотықтырғышпен (қоршаған ауамен) араластыруына, жану өнімдеріне, одан кейін жану реакциясының үдемелілігінің және жылу бөлінудің үдемелілігінің төмендеуіне әкеледі. Бұл өз кезегінде реакция аймағындағы температураның төмендеуіне, яғни реакция аймағының сууына әкеледі.

Егер жанудың химиялық реакциясы өтіп жатқан аймақта ортаның температурасын мүмкін тәсілдермен 1000°C -ге дейін төмендетсе, онда өздігінен жану процесі мүмкін болмайды және жану тоқтайды.

Жану аймағында температураның мұндай төмендеуіне әртүрлі тәсілдермен жетуге болады, соның ішінде жанғыш және тотықтырғыш компоненттерінің қатынасын өзгертумен (оларды жанудың қаныққан немесе қанықпаған концентрациялық шегіне дейін жеткізіп); жану аймағын нейтральды газдармен араластырумен: химиялық реакцияның жылдамдығын төмендететін химиялық активті ингибиттерді енгізу; реакция аймағында қысымды төмендетумен (егер мүмкін болса) және т.б. Көрсетілген барлық тәсілдерле тотығудың химиялық реакциясының жылдамдығы төмендейді, соның нәтижесінде жылу бөлінудің үдемелілігі де, сонымен қатар, жану аймағындағы температура да төмендейді. Жану аймағында төмендетудің басқа да тәсілдері мүмкін. Олар жану аймағындағы жылу бөліну үдемелілігін төмендетуге негізделмеген, олар жану аймағынан жылу бұру процесстерінің интенсификациясына сүйенеді. Жану аймағынан жылу бұрудың үдемелілігін арттыру үшін: жану аймағында компоненттердің не шағылу қабілеттігін, не жылу өткізгіштігін арттыру керек, немесе жанудың жоғары температуралық

реакцияларының өту аймағында бөтен компоненттердің фазалық айналуының эндотермиялық процесстеріне жылудың біршама бөлігін алу керек, немесе жоғарыда сипатталған тәсілдердің бір уақытта комбинациялау керек. Бұл тәсілдердің жүзеге асу жанудың химиялық реакциясы өту аймағына кейбір арнайы ингредиенттерді енгізу арқылы мүмкін. Мысалы, жіңішке дисперстік нейтральды жылу төзімді ұнтақтар, металлды бөлшектер, жіңішке шашыранғыш су мен т.б.

Бақылау сұрақтары

1. Сөну температурасы деген не?
2. Жану температурасын сөну температурасына дейін төмендету тәсілдерін ата.
3. Жану кезінде жылу бөлінуді төмендетудің қандай тәсілі бар?
4. Жану температурасына тең температура кезінде жылу тепе-теңдігі неге тұрақты болады?
5. Температурасына тең температура кезінде жылу тепе-теңдігі неге тұрақсыз?
6. Жылулық теория бойынша жалынды жануды тоқтатудың негізгі тәсілдерін атаңыз.

Дәріс №10 Тақырыбы: Өрт параметрлері мен аймақтары. Өрт ұзақтығы, ауданы, температурасы. Өрттің сызықтық таралу жылдамдығы. Өрт температурасы. Түтінденудің қабілеті мен тығыздығы. Жану аймағы. Жылу әсер ету аймағы. Түтіндену аймағы. Өрт және оның жіктелуі.

Өрт дегеніміз материалдық шығынға әкелетін реттелмеген жану процесі. Жанып жатқан заттар мен материалдардың түріне қарай өрттер А, В, С, Д кластарына және А1, А2, В1, В2, Д1, Д2 және Д3 класастына жіктеледі.

А класының өрттеріне қатты заттардың жануы жатады. Егер бықсып жануға қабілетті зат (ағаш, қағаз, текстиль өнімдері) жанса, онда өрттер А1 класастына жатады. Бықсып жануға қабілетсіз заттар (пластмассалар және т.б.) жанса А2 класастының өрттеріне жатады.

В класының өрттеріне тез тұтанатын жанғыш сұйықтықтардың өрттері жатады. Егер, тез от алатын жанғыш сұйықтық суда ерімейтін (бензин, дизель жанармайы, мұнай және т.б.) болса олардың өрттері В1 класастына жатады. Ал егер суда еритін (спирттер және т.б.) болса, В2 класастына жатады.

С класының өрттеріне газдардың (водород, пропан, бутан, ацетилен және т.б.) жануы жатады.

Д класының өрттеріне металдардың өрттері жатады. Д1 класастына жеңіл металдардың (алюминий, магний және олардың құймалары) жануы жатады. Д2 – класастының өрттеріне сілтілік металдардың (натрий, калий, литий) өрттері жатады. Д3– құрамында металы бар қосылыстардың (металлоорганикалық қосылыстар, гидридтер) өрттері жатады.

Жану ауданының өзгеру сипатына байланысты өрттер таралатын және таралмайтын болып жіктеледі.

Сонымен қатар өрттердің жіктелуін қарастырған кезде ашық кеңістіктерде болатын жаппай болған өрттерді атап өтуге болады. Жаппай болған өрттерге тұрғылықты жерлердегі тұтас және жекелеген өрттер жиынтығы, өндірістік мемкемелердегі және қоймалардағы жанғыш материалдардың өрттері жатады. *Жекелеген өрттер* дегеніміз жеке ғимаратта пайда болған өрттерді айтады. Интенсивті жанудың бірнеше ғимараттарды қамтуы *тұтас өрттерге* жатады. Желді күндері немесе жел болмаған кездерде де жаппай болған өрттер *өрт боранына* айналуы мүмкін. *Өрт бораны* бұл – өрттің ерекше бір түрі. Бұл кезде қызған жану өнімдерінің және ауа ағынының секундына 14-15 м жететін ағысынан тұратын қуатты конвективті бағаналы алып турбулентті жалын факелі түзіледі.

Қоршаған ортадан оқшауланған орталардағы өрттерді екігі жіктеуге болады: *вентиляциямен реттелген өрттер және өрт жүгімен реттелген өрттер*.

Вентиляциямен реттелген өрттер дегеніміз бөлмедегі ауа ортасында оттегінің мөлшері аз ал жанғыш заттар мен материалдардың артық мөлшері болған жағдайдағы өрттер. Оттегінің мөлшері бөлме вентиляциясының жағдайымен анықталады. Бөлмеге оттегі саңылаулар арқылы немесе арнайы вентиляциялық жолдар арқылы келуі мүмкін.

Өрт жүгімен реттелген өрттерге бөлмеде оттегі жеткілікті болып өрттің дамуы өрт жүгіне (1 м^2 ауданда орналасқан жанғыш заттар мен материалдардың массасына) тәуелді болған өрттер жатады. Бұл өрттің түрі параметрлеріне қарағанда ашық өрттерге ұқсайды.

Қоршауға әсер ету сипатына қарай өрттер *шоғырланған және көлемдік өрттер* болып жіктеледі. Шоғырланған өрттер қоршауларға әлсіз жылулық әсер ететеді және оттегінің артық мөлшерінде дамып жанғыш заттар мен материалдардың түріне және олардың орналасу орнына тәуелді болады.

Көлемдік өрттер қоршауларға интенсивті жылулық әсер етеді. Вентиляциямен реттелген көлемдік өрттерде жалын факелі мен қоршау беткейі арасында түтін газының газдық қабатшасы болады, оттегінің артық мөлшерінде дамиды. Өрт жүгімен реттелген көлемдік өрттерге жалын факелі мен қабырға арасында газдың қабатшаның болмауы тән.

Өрттің пайда болу орнына байланысты өрттер *ашық және ішкі өрттер* болып жіктеледі.

Ашық өрттерге газды және мұнай фонтандарының өрті, ағаш қоймаларының, жанғыш сұйықтық резервуарларының, газгольдердегі сұйытылған газдардың, технологиялық құрылғылардағы (ректификациялық бағана, сорбциялық башня) өрттер жатады. Сонымен қатар ашық өрттерге дала және орман өрттері де жатады.

Жоғарыда келтірілген өрттердің жіктелуі шартты болып саналады, өйткені өрт даму барысында өрттер бір түрден келесі түрлерге ауысуы мүмкін.

Өрт параметрлері. Өрт параметрлері дегеніміз физикалық құбылыс ретінде өрттің даму процесі мен жағдайын сипаттайтын өлшем.

Өрт параметрлеріне төмендегілер жатады:

Өрт ұзақтығы (τ_n мин) – жану процесінің басталуынан оның толық аяқталуына дейінгі уақыт.

Өрт температурасы (T_n, K) – ішкі өрттердің өрт температурасы дегеніміз бөлмедегі газ ортасының орташа көлемдік температурасы.

Өрттің сызықтық таралу жылдамдығы $v_{c.t.} (m \cdot s^{-1})$ – дегеніміз уақыт бірлігінде жанудың таралуы. Ол бірнеше факторларға тәуелді: жанғыш зат түрі мен жағдайы, бөлменің жоспарлануы және т.б.

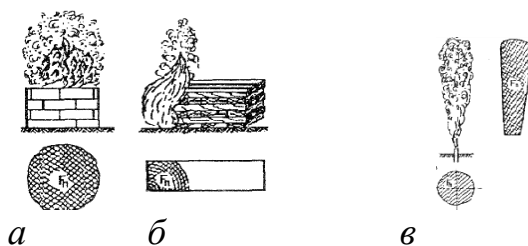
Газдардың өрті жоғары сызықтық таралу жылдамдығына ие, себебі олар ауамен алдын ала араласқан жануға және жану процесінің жалғасуына дайын. Жану процесі басталғаннан кейін жылу тек жанғыш қоспаның тұтану температурасына дейін қызуына ғана жұмсалады.

Сұйықтықтар үшін өрттің таралуының сызықтық жылдамдығы олардың бастапқы температураларына тәуелді. Жанғыш сұйықтық жарқ ету температурасына дейін қызған жағдайда өрт өте жылдам таралады.

Едәуір төмен таралу жылдамдығына қатты заттардың өрті ие. Олардың жануына газдар мен сұйықтықтарға қараған көп жылу жұмсалады. Өрттің сызықтық таралу жылдамдығы жоғарыда келтірілген барлық факторларға тәуелді, сонымен қатар ол жанғыш заттың кеңістіктегі орналасу жағдайына да тәуелді. Мысалы, вертикал және горизантал бағыттағы өрттердің таралу жылдамдықтары бір-бірінен 5-6 есе ерекшеленеді. Вертикал жағдайда жоғарыдан төмен қарай бағытталғанда 10 есе айырмашылық болады. Сызықтық жылдамдық горизантал бағытта есептеулерде кеңінен қолданылады.

Өрт ауданы $F_n (m^2)$. Өрт сөндіру тактикасында және күштер мен жарақтарды есептеуде негізгі параметр болып есептеледі. Өрт ауданы өрттің тарлу жылдамдығы және ұзақтығы туралы мәліметтер негізінде есептеледі.

Өрт ауданы дегеніміз жану аймағының ауданының вертикаль немесе горизантал жазықтыққа проекциясы. 10.1 суретте өрт ауданын анықтаудың жолдары келтірілген. Ішкі өрттерде көп қабатты ғимараттарда өрттің жалпы ауданы ретінде әр қабаттағы өрт аудандарының қосындысы ретінде алынады.



Сурет 10.1. Өрт ауданы: а – сұйықтықтар резервуарларда жанғандағы;
б – ағаш материалдарының штабельдерде жануы;
в – газ – мұнай фонтандарының жануы.

Газ алмасу интенсивтілігі $I_z (kg/m^2 \cdot s)$ – уақыт бірлігінде өрт ауданына келіп жеткен ауа мөлшері. Газ алмасу интенсивтілігінің екі түрін ажыратады: талап етілетін газ алмасу интенсивтілігі және фактілі газ алмасу интенсивтілігі.

Талап етілетін газ алмасу интенсивтілігі $I_{m.г.}$ - материалдың толық жануы үшін уақыт бірлігінде өрт ауданына келіп жететін ауа мөлшерін көрсетеді.

Фактілі газ алмасу интенсивтілігі $I_{ф.г.}$ – өрт ауданына нақты келіп жеткен ауа мөлшерін көрсетеді. Соған сәйкес жану толықтығын, түтіндену тығыздығын, өрт интенсивтілігі мен таралу интенсивтілігін және т.б. параметрлерді көрсетеді.

Өрт жүктемесі $P_{ө.ж.}$ (кг/м²) – 1м² ауданда орналасқан барлық жанғыш және қыйын жанатын материалдардың массасы:

$$P_{ө.ж.} = \frac{P}{F} \quad (10.1)$$

Мұндағы: $P_{ө.ж.}$ - өрт жүктемесі;

P – жанғыш және қыйын жанатын материалдардың массасы, кг;

F – бөлме еденінің немесе ашық кеңістіктің ауданы, м².

Ғимараттардың өрт жүктемесіне тек жанғыш және қыйын жанатын материалдардың массасы ғана емес сонымен қатар конструкциялық материалдар: қабырғалар, есіктер, стеллаждар, терезелер, төбелер жатады.

Ғимараттың өрт жүгі *тұрақтыөрт жүгі* (құрылыс конструкцияларының жанғыш және қыйын жанатын материалдары, технологиялық құрылғылар және т.б.) және *уақытша өрт жүгі* (шикізат, дайын өнімдер, жиһаздар және т.б.) болып жіктеледі.

Ғимараттарда өрт жүгі әр қабатқа жеке есептеледі. Төбе жабындыларының жанғыш элементтерінің массасы шатырдың өрт жүгіне жатады.

Кейбір бөлмелердің өрт жүктерінің мәні төмендегідей алынады:

- Тұрмыстық және әкімшілік және өндірістік ғимараттар үшін өрт жүгі 50 кг/м² аспайды (егер ғимараттың негізгі элементтері жанбайтын болса);
- Тұрғын үйлерде бір бөлмелі пәтерлер үшін өрт жүгінің орташа мәні - 27 кг/м², екі бөлмелі пәтерлерде – 30 кг/м², үш бөлмелі пәтерлерде - 50 кг/м²;
- Жанғыш материалдарды өңдеумен айналысатын өндірістік бөлмелерде өрт жүгі – 250 – 500 кг/м² құрайды;
- Қоймаларда өрт жүгі 1000-1500 кг/м² дейін жетеді;
- Заманауи технологиялық процестер бөлмелерінде және жоғары стеллажды қоймаларда өрт жүгі – 2000-3000 кг/м².

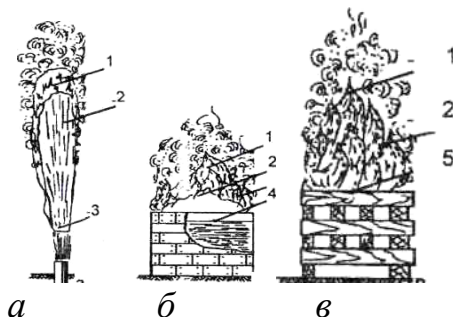
Жоғарыда аталған параметрлерден басқа түтіндену тығыздығы, өрт жылдамдығы, жалын биіктігі, сәулелену интенсивтілігі деген параметрлер бар.

Өрт аймақтары. Өрттерді сөндіру мен сәйкес өрт сөндіру тактикасын қолдану және өртті алдын алу бойынша іс-шараларды ұйымдастыру өрт болып жатқан кеңістікпен тікелей байланысты. Сол кеңістіктегі өрттің қауіпті факторлары төмендегідей жіктеледі: *жану аймағы, жылулық әсер ету аймағы және түтіндену аймағы.*

Жану аймағы дегеніміз жанғыш заттардың жануға дайындығы (қызуы, булануы, ыдырауы) жүретін кеңістіктің бір бөлігі. Бұл аймақ өзіне жану аймағымен және жанғыш зат беткейімен шектескен жану аймағына келген газдар мен буларды қамтиды. Жалынсыз жану кезінде жану аймағы жану беткейіне сәйкес келеді.

Өрттерде жану аймағы жылудың генераторы болып табылады. Себебі осы жерде барлық жылу бөлініп жоғары температура пайда болады. Жылу бөліну жану аймағының барлық бөлігінде жүзеге аспайды, ол тек жану фронтында ғана жүреді және осы жерде максималды мәнге жетеді.

Жалын факелінің ішкі жағында температура едәуір төмендеу, жанғыш зат беткейінде одан да төмен. Жанғыш зат беткейіндегі температура сол заттың немесе материалдың ыдырау температурасына ал сұйық заттардың қайнау температураларына жақын болады. Газ, қатты және сұйық заттардың жануы кезінде жалын факелінің температураларының таралу схемасы 10.2 суретте келтірілген.



Сурет 10.2. Жану кезінде жалын температурасының таралуы:
а – газ тәрізді заттар; б – сұйықтықтар; в – қатты заттар. (1 – 1200 - 1350°C; 2 - 900-1000°C; 3 - 50-100 °C; 4 - 100-200 °C; 5 - 700-900 °C)

Өрт сөндіру кезінде адамдар мен өрт техникасының жану аймағына түсуі ауыр жағдайларға әкеледі.

Жылулық әсер аймағы дегеніміз жану аймағымен жалғасқан кеңістіктің бір бөлігі. Жылулық әсер аймағының әсерінен материалдар мен конструкциялардың өзгерісіне әкеледі және адамдардың бұндай орталарда арнайы жылулық қорғалған құралдарда (жылулық қорғау костюмы, шағылыстырушы экран, су бүркемелері) болуын талап етеді.

Егер жылулық әсер аймағында жанғыш заттар мен материалдар болатын болса, онда бұл аймақта олардың жану процесіне дайындығы жүреді және жану процесінің таралуы мен қарқынды жүруіне жағдай тудырады. Жану аймағы таралған сайын жылулық әсер аймағының шекаралары кеңейеді және бұл процес үздіксіз жалғасады.

Жылулық әсер аймағы қауіпсіз болып есептеледі егер төмендегі шарт орындалатын болса:

$$q_n \leq q_{\text{рауалды}} \quad (10.2)$$

Мұндағы: q_n – берілген жылу ағынының тығыздығы, кВт · м²;
 – белгілі-бір объект үшін жылу ағынының рауалды мәні, кВт · м²;

Түтіндену аймағы. Түтіндену аймағы дегеніміз жану аймағымен тұтасқан адамның денсаулығы мен оның өміріне қауіп төндіретін және өрт сөндіру бөлімшелерінің жұмысын қыйындататын түтін газдарының концентрациясына толы кеңістіктің бір бөлігі. Түтіндену аймағы өрттерде ең үлкен аудандарды алып жатады. Себебі түтін, ауаның толық және толық емес жану өнімдерімен қоспасы болып келетін аэрозольғ сондықтан ол кез-келген әлсіз конвективті қозғалыстардың әсерінен оңай қозғалысқа келіп жылдам таралады. Ал өрттерде болатын қуатты конвективті ағындарда түтін ұзақ қашықтықтарға дейін тарайды. Ішкі өрттерде, бөлмелердегі, ғимараттардағы өрттерде түтіндену аймағының ауқыт аралығында параметрлерінің өзгеру ерекшеліктері айқын байқалады.

Ашық өрттерде түтін әдетте жоғары кетіп адамдарға және өрт сөндіру іс-әрекеттеріне аса қатты әсер етпейді. Ашық өрттерде түтіндену аймағы өрт айданына және метрологиялық жағдайларға байланысты. Практикадан және зерттеулерден белгілі болғандай желдің жылдамдығы 2 – 8 м/с болғанда түтіндену аймағының ауданы көп болады. Жел жылдамдығы 2 м/с болғанда түтін жерге жақындамай жоғары кетеді. Жел жылдамдығы 8 м/с жоғары болғанда түтін жерге жақындағанымен ол қатты жел ағысымен сұйылып жылдам тарайды және адамдарға, өрт сөндіру іс-әрекеттерін жүргізуге қатты әсер етпейді.

Түтіндену аймағының сыртқы шекараларын анықтаудағы негізгі параметрлерге төмендегілер жатады: түтіндену аймағындағы көріну дәрежесі; оттегі концентрациясы, адам өміріне қауіп келтірмейтін концентрация 12-15 % төмен болмауы шарт; материалдардың жануы мен пиролиз өнімдерінің қауіпті концентрациясының болуы.

Түтіннің тығыздығы, жану өнімдерінің құрамы мен түтін түзілу жылдамдығы жанғыш материалдың химиялық құрылысына, оның тығыздығымен өлшеміне, оған келген жылу ағысына, жану жылдамдығына, жанудың аэродинамикалық жағдайларына және оттегінің артық мөлшерінің коэффициентіне байланысты.

Өрттерде бөлінетін түтін қасиеттері жағынан, мөлшері және құрамы жағынан алуан түрлі. Түсі жағынан ақшылтан қара түске дейін болады. Түтіннің түсі ондағы толық жанбаған жану өнімдеріне және жанғыш материалдың конденсациялануына байланысты. Түтіннің мөлшері жанғыш материалдың қасиетімен ғана емес, сонымен қатар олардың жану режимдерімен де анықталады. Түтіннің кейбір компоненттері түссіз газ тәрізді (ауа, көміртегі монооксиді, көміртегі диоксиді, және т.б.) заттар, басқалары будан конденсацияланып ұсақ дисперсті тамшылар түзіліп жарық өткізбетән бұл түзеді. Сонымен қатар түтінге тән құрам бөлігінің бірі қатты бөлшектер. Түтінді қауіпті фактор ретінде сипаттайтын төмендегідей қасиеттері бар:

- бөлмедегі жарықтың төмендеуі, соның салдарынан көріну мүмкіндігінің азаюы;
- адамдардың өміріне тікелей қауіп тудыратын жану өнімдерінің улылығы.

Түтіннің тығыздығы көріну мүмкіндігін төмендетін эвакуацияның толыққанды жүргізілуіне кедергі жасайды. Көріну мүмкіндігінің төмендеуі түтін құрамы мен концентрациясына, жарықтандырылу интенсивтілігіне, адамның психологиялық физикалық жағдайларына байланысты. Түтіннің тығыздығын жарық сәулесі интенсивтілігінің төмендеуі арқылы анықтайды. Өлшеулер нәтижелері мен түтіннің тығыздығы жарық интенсивтілігінің төмендеуі немесе оптикалық тығыздығының бірліктерімен сипатталады.

Өрттерде түтін газдарында әрқашан улы газдар болады. Егер тыныс алу органдарын қорғау құралдары болмаса оның арты адам өліміне апарады.

Көміртегі монооксиді түтінні құрамында әрқашан болады. Бұл газ бен қатар басқа да улы компоненттер болады бірақ көміртегі монооксидінің мөлшері басқаларына қараған көп болады. Сол себепті көптеген өлімдерге осы газ себепші болады.

Түтін құрамындағы компоненттер мен олардың көздері 10.1 кестеде берілген.

Кесте 10.1. Түтін құрамындағы компоненттер мен олардың көздері

<i>Улы газ немесе бу</i>	<i>Түзілу көздері (материалдар)</i>
Көмірқышқыл газы (көміртегі диоксиді), Көміртегі монооксиді (угарный газ)	Құрамында көміртегі бар барлық заттар
Азот оксидтері	Целлулоид, полиуретан
Цианды сутек	Ағаш, шелк, былғары, пластмасса, целлюлозды материалдар, целлюлозды пластмассалар, вискоза
Акролеин	ағаш, қағаз
Күкірт диоксиді	Резина
Құрамында галогендері бар қышқылдар немесе басқада қосылыстар (тұз қышқылы, бромды сутек)	Поливинилхлорид, өртке тұрақты пластмасса, фторирлы пластмассалар
Аммиак	Меламин, нейлон, мочевинофор-мальдегидті шайырлар
Альдегиды	Фенолформальдегид, ағаш, нейлон, полиэфирлі шайырлар
Бензол	Полистирол
Азо-бис-сукцинонитрил	Пенопласттар
Құрамында сурьма бар қосылыстар	Кейбір өртке тұрақты пластмассалар
Изоцианаттар	Пенополиуретан

Кестеден түтін құрамында болатын улы қосылыстардың қаншалықты алуан түрлі екендігін көруге болады.

Адамдарға улы газдардың әсері адамдардың психологиялық және физикалық жағдайына байланысты. Психологиялық стресс жағдайларында улы газдардың аз мөлшері адамдардың өліміне әкелетіндігі белгілі.

Түтін температурасы жоғары болады. Бұл өз кезегінде адам ағзасына қолайсыз жағдайлар тудырады. Температура 60-70° С және ылғалдылық жоғары болған жағдайда адам ағзасына қолайсыз жағдайлар туындайды, әсіресе дене қыймылы кезінде. Сол себепті түтіннің нақты шекарасы жоқ.

Бақылау сұрақтары

1. Өрт параметрі деп нені айтады?
2. Өрттің негізгі параметрлеріне: өрт ауданы, өрт ұзақтығы, өрт температурасы, газ алмасу қарқындылығы, жанып кетудің сызықтық және массалық жылдамдығына анықтама бер.
3. Жану таралуының ең төмен сызықтық жылдамдығын қандай заттар иемденеді?
4. «Өрт жүгі» түсінігі нені білдіреді? Мысал келтіру.
5. Жанғыш материалдар түріне байланысты өрт классификацияларын түсіндіру. Әр түрге мысал келтіру.
6. Қандай өрт массалық, жекеленген, жалпы және от бораны деп аталады?
7. «Өрттік жүгімен реттелетін өрт» және «желдетумен реттелетін өрт» деген нені білдіреді?
8. Өрт аймағының негізгілерін атап, оларға сипаттама беріңіз.
9. Түтіннің қауіпті факторларын атап сипаттама бер.

Дәріс № 11 Ашық өрттердің дамуының жалпы заңдылықтары. Газды, мұнай-газды және мұнай фонтандарының өрттердің ерекшеліктері. Дала өрттері және астық өрті. Орман өрттері

Қарастырылатын сұрақтар:

1. Ашық өрттер және олардың өзіне тән ерекшеліктері.
2. Газды, газомұнайлы және мұнайлы фонтандардағы өрт қасиеттері.
3. Орман өрті: классификациясы, болжау және сөндіруді ұйымдастыру.

1. Ашық өрттер және олардың өзіне тән ерекшеліктері.

Ашық өрттерге газ және мұнай фонтандарының өрті, ағаш, мақта қоймаларының, шым тезек керуендерінің және басқа жанғыш заттар мен материалдардың өрттері, резервуардағы жанғыш сұйықтықтардың, газгольдерлердегі сұйытылған газдардың өрті, ректификационды колонна, сорбционды мұнара мен газ, мұнай, химия және мұнайхимия өндіріс объектілеріндегі технологиялық қондырғылар өрттері жатады. Сонымен қатар,

ашық өртке орман және дала өрті, шым тезек егістіктеріндегі өрт, тас көмір мен басқа жанғыш заттардың ашық қоймаларындағы өрттер жатады. V дәрежелі өртке тұрақты ғимараттар мен құрылыстардағы ішкі өрттер ашық өртке айналуы да мүмкін.

Осы өрттердің ерекшелігі жылу және газ алмасу шарты болып табылады. Бұл өрттерде жану аймағының газ кеңістігінде жылудың «жиналуы» болмайды. Жану процесіне құрылыс конструкциялары кедергі жасамайды. Жылу алмасу сыртықы ортамен жүреді. Сондықтан, бұл өрттердің температурасы ретінде жалын температурасын қарастырылады.

Ашық өрттегі газ алмасу да ішкі өрттегі газ алмасудан айырмашылығы бар. Ашық өртте ол ғимарат пен құрылыстың конструкциялық элементтермен шектелмейді, яғни қарқындылығы жоғары болады. Сол себепті бұл өрттер сыртқы газ ағындарына, яғни желдің бағыты мен интенсивтілігіне байланысты. Желдің бағыты мен қарқындылығы ашық өрттегі жану процесі мен жану аймағына үлкен әсерін тигізеді.

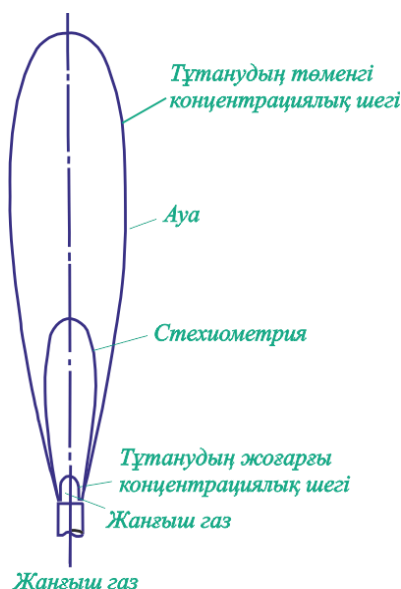
2. Газ, газмұнай және мұнай фонтандардағы өрт ерекшеліктері.

Фонтандардың өртін шартты түрде 3 топқа жіктейді: газды, газмұнай және мұнай фонтандары. Егер құрамындағы газдың мөлшері 95 % болса фонтан газды фонтан болады, егер 50% мұнай 50% газ болса газмұнай және мұнайдың мөлшері 50% - дан жоғары болғанда фонтан мұнай фонтаны болып есептеледі. Бұдан басқа фонтанның қуаттылығына қарай газ және газмұнай фонтандары төмендегідей жіктеледі: әлсіз - тәулігіне 2 млн. м³, орташа қуатты – тәулігіне 2-ден 5 млн. м³–қа дейін және қуатты – тәулігіне 5 млн. м³ жоғары.

Скважиналарда апат орын алған жағдайларда фонтандық арматурадан мұнайдың немесе газдың төгілу жылдамдығы орнайды. Бұл жылдамдық дыбыс жылдамдығына теңеледі. Метан үшін дыбыс жылдамдығы 400 м/с. газ фонтанының жануы диффузиялық болып табылады. Қоршаған ортаға ауамен араласпаған газ шығады, ал жану процесі газ бен ауа молекулаларының диффузиясы арқылы жүзеге асады.

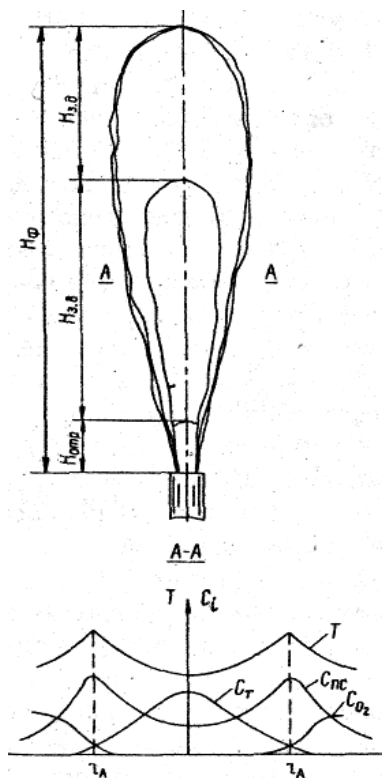
Газ фонтандарының жануы тұрақты және бірнеше апталарға, айларға созылады. Метерологиялық жағдайлар әсер етпейді. Бұндай өрттерді тоқтату үшін аса көп техника мен адамдардың күші қажет.

Газмұнай фонтандарының факелін қарастырған кезде турбулентті газ ағысының негізгі заңдылықтарын қолдануға болады, себебі мұнай көлемімен газ көлеміне қатынастары 1000 – ға дейін барады. Құбырдан алыстаған сайын (қоршаған орта ауасымен араласу салдарынан) бұл қатынас ондаған есе артады. Ағыстағы мұнай ағысының жылдамдығы газ ағысының жылдамдығына тең. сондықтан бұл екі фазадағы заттар ағысын еркін турбулентті ағыс ретінде қарастыруға болады. 11.1 суретте вертикал құбырдан этиленнің ағысының таралуы көрсетілген.



Сурет 11. 1. Вертикал құбырдан этиленнің ағысының таралуы

Суретте үш концентрациялық облыс көрсетілген: ТЖКШ, ТТКШ және стехиометриялық мәндегі концентрация. Жоғары концентрациялық шектен жоғары және төменгі концентрациялық шектен төмен концентрацияларда тұтану мүмкін емес. Себебі ТЖКШ жоғары концентрацияда жанғыш зат концентрациясы артық мөлшерде болып оттені жеткіліксіз, ал ТТКШ төмен концентрацияда оттегі жеткілікті болғанымен жанғыш зат мөлшері аз болады. Стехиометриялық облыста жану процесі едәуір қарқынды жүреді. 11.2 суретте А – А қыймасындағы ағынның турбулентті жануы көрсетілген.



Сур. 11. 2 - Жанып жатқан турбулентті газ ағысының құрылысы.

Турбулентті диффузиялық жану кезінде жану аймағында жанғыш газ концентрациясы C_T және оттегі концентрациясының $C_{оттегі}$ мәні нөлге дейін төмендейді, ал жану өнімдерінің концентрациясы жоғарылайды және температура максималды мәнге жетеді. Түзілген жану өнімдері сыртқа диффузияланып қоршаған орта ауасымен араласады, сондай – ақ ішке өтіп жанғыш газбен де араласады.

Жалынның таралуы мен газдың жаңа бөлшектерінің тұтануы турбулентті диффузиялық жану кезінде жылу өткізгіштік және жанып жатқан жану өнімдерінің диффузиясы арқасында жүзеге асады. Жану бетінің жағдайы мен жану жылдамдығы турбулентті диффузия қарқындылығымен анықталады. Тұрақты жылдамдық ядросында газ температурасы газ ағылу жылдамдығына жақын болады. Жалынның максималды температурасы стехиометриялық құрамының бетінде орналасқан.

Газдың турбулентті ағысының тұтануы периферия бойымен (сақиналы аумақ бойымен) жүзеге асады, онда жалынның таралу жылдамдығы максималды мәнге ие болады. Құбыр қимасынан алшақтау шамасы бойынша жоғары температуралар аймағы ағыс осіне жақындайды және құбыр қимасынан кей арақашықтықта жоғары температуралар аймағы құбыр осіне жетеді. Бұл арақашықтық *тұтану аймағының ұзындығы* $H_{з.в}$ деп аталады. Турбулентті диффузиялық шырақтың тұтану аймағының ұзындығы газдың физико-химиялық қасиетіне, отын молекуласындағы көміртек атомы құрамына тәуелді болады. Отынның молекулалық массасы жоғары болса, тұтану аймағы үлкен болады, өйткені газ массасы бірлігінің жануы үшін қоршаған атмосферадан көп мөлшерде ауа келуі керек. Керісінше, отынның молекулалық массасы төмен болса, тұтану аймағының ұзындығы да аз болады.

Газ шырағының негізгі параметрлерінің бірі оның *ұзындығы (биіктігі)* болып табылады. Жану шырағының *биіктігі* деп шырақтың «химиялық» емес, визуальды байқалатын немесе «фотографиялық» ұзындығын атайды.

Өткізілген зерттеулермен жалын шырағы мен газ скважинасының дебиті арасындағы тәжірибелік тәуелділік анықталды:

$$H_{\phi} = 23 \cdot V^{0.4}, \quad (11.1)$$

мұндағы: V – газ шығыны, млн. $m^3 \cdot t_{әуілік}^{-1}$.

Бұл формула жалын биіктігі бойынша фонтан дебитін анықтау үшін қолдануы мүмкін.

Шырақ биіктігін нақтылығы $\pm 5\%$ болатын практикалық есептеу үшін мына формула қолданыла алады:

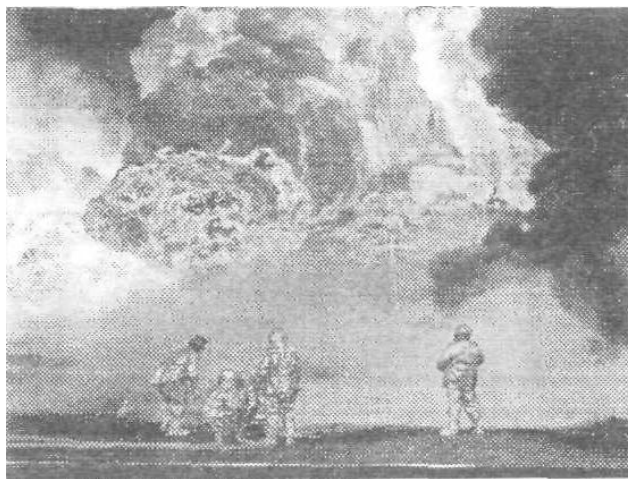
$$H_{\phi} = 23 \cdot \sqrt{V}, \quad (11.2)$$

Зерттеулермен анықталған, газ шығынының көбейуімен жалынның газ шырағының биіктігі баяу өседі.

Газомұнайлы фонтандар газ фонтандарына қарағанда биіктеу болады. Мұнайдың үлкен емес дебиті және құрамында шамалы ғана газ бар мұнайлы фонтандардың жалын шырағының ұзындығы шамамен 20-30м. Газ фонтанының жалыны сағыштау түсті болып келеді.

Газмұнайлы фонтандар жанғанда әдетте бүкіл мұнай ауада түгел жанады, жалын түсі сарғыш-қоңыр болады, кей кезде жану қара түтінмен ұштасады. Мұнайлы фонтандар жанғанда мұнайдың тек аз бөлігі ауада булануға және толық жанып бітуге үлгереді, ал оның көп бөлігі жерге, скважинаның бастауына төгіліп, әрі қарай жана береді. Мұнайлы фонтан жанғанда жалын түсі сарғыш-қоңыр болады және көп мөлшерде қара түтін бөлінеді. Фонтанның ағылуы мен жану процессі қатты дыбыспен (ақырумен) қатар жүреді. Ол бастауда 130 дицеллге дейін жетеді.

Өрт сөндіруде және басқа да жұмыстарда қатысып жатқан адамдар үшін жанып жатқан фонтан шырағының жылулық әсері қауіпті болып табылады. Мысалы, 1985 жылы Атырау облысындағы Тенгиз мұнай орнының 37-ші скважинасының жану кезінде фонтан бастауынан 130 метр арақашықтықта ауа температурасы 140 °C, ал жер температурасы 200 °C болды. Сондықтан газ фонтандарының өртін жоюына кедергі келтіретін факторлардың бірі жалын шырағының жылулық сәулеленуінің жоғары қарқындылығы болып табылады. Сондықтан газ фонтанын сөндіргенде судың көп мөлшері ($500 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}$ –ге дейін) скважина айналасындағы радиусы 10-15м. арақашықтықта осы аймақтағы температураны төмендету үшін жер бетін суландыруға, сонымен қатар өртті жоюда қатайсқан жеке құрам мен техниканы жылулық сәулеленуден қорғауға жұмсалады.



Сур.11.3 - Шашыраңқы фонтан жалынының формасы.

3. Орман өрттері. Классификациясы, болжануы, өрт сөндіруді ұйымдастыру.

Орман өрттері – орман территориясымен стихиялық таралатын өсімдік текті заттардың жануы.

Орман өрттерінің пайда болуының негізгі себептері адамдардың іс-қимылдары, найзағай разрядтары, ыстық ауа райы кезінде немесе өртке қауіпті кезде (орманда қар бетінің ерігенінен бастап жасыл шөптің толық шығуына дейін немесе тұрақты жаңбырлы күз ауа райының басталуы) шымтезек бетінің өздігінен жануы болып табылады. Орман өрттері ағаштар мен талшықтарды, ормандағы дайын отынды жойып жібереді. Өрттердің нәтижесінде орманның қорғаныштық, ылғалды сақтау және басқа да қажетті қасиеттері төмендейді, фауна, құрылыстар, кей-кезде тұрғын орындар да жойылып кетеді. Сонымен қатар, орман өрттері адамдар мен ауылшаруашылыққа, жан-жануарларға қауіп төндіреді.

Орман өрттерінің классификациясы.

Орманның құрамы мен жану сипатына байланысты орман өрттері *төменгі, жоғарғы және жердегі* болып бөлінеді.

Қарқындылығы бойынша орман өрттері *әлсіз, орташа және қатты* болып бөлінеді. Жану қарқындылығы жанғыш материалдардың түріне, жерге, тәуілік уақыты мен желдің күшіне тәуелді болады.

Оттың таралу жылдамдығы бойынша төменгі және жоғарғы өрттер *тұрақты және жылжымалы* болып бөлінеді. Әлсіз төменгі өрттің таралу жылдамдығы 1м/мин-тан аспайды, қатты өрт – 3м/мин-тан жоғары. Әлсіз жоғарғы өрт жылдамдығы 3м/мин-қа дейін, орташа өрт – 100м/мин-қа дейін, ал қатты өрт – 100м/мин-тан жоғары.

Әлсіз төменгі өрт биіктігі 0,5 м-ге дейін, орташа өрт – 1,5 м, қатты өрт 1,5 м-ден жоғары.

Әлсіз жер (жер асты) өртінің жану тереңдігі 25 см-ден артық емес, орташа жер өрті – 25-50 см, қатты жер өрті – 50 см-ден артық.

Орман өрттері мен олардың зардаптарын болжау.

Орман өрті жағдайын бағалау әдістемелері аймақтағы (облыстағы, аудандағы) мүмкін өрттердің ауданы мен аймағының периметрін анықтауға мүмкіндік береді. Орман өртінің коэффициенті мен өрттің даму уақытының мәндері бастапқы мәліметтер болып табылады.

Орман өрті коэффициентінің мәні аймақтағы табиғи және ауа райы жағдайлары мен жыл мезгіліне тәуелді.

Өрттің даму уақыты орман өрті аймағына өртті жою күштері мен құралдарының келу уақытымен анықталады.

Ормандарды жоғалтуды қысқарту жолдары.

Орман өрті мәселесін шешу бір қатар ұйымдастыру мен техникалық мәселерді шешумен және біріншіден жоспарлы тәртіпке сәйкес өткізілетін және орман өрттерінің пайда болуын, таралуын және дамуын ескертуге бағытталған өртке қарсы және алдын алу жұмыстарын өткізумен тікелей байланысты. Орман өрттерінің таралуын ескерту шаралары бірқатар орман өсіру шараларын (санитарлық шабулар, орманды шабу орындарын тазарту), сонымен қатар орманда өртке қарсы тосқауылдар жүйесін құрастыру және әр түрлі өртке қарсы объектілерді салу бойынша арнайы шараларды жүргізуді қарастырады.

Орман өрттерін сөндіруді ұйымдастыру.

Тәжірибе көрсеткендей, орман өрттерімен күресуде басты назар уақытқа бөлінеді. Орман өртін анықтаудан оны жою бойынша шешім қабылданғанша минималды уақыт кету керек. Осы кезде негізгі тапсырма өртті сөндіру құралдары мен күштерін ұйымдастыру болып табылады.

Өртті сөндіру үшін қажетті күш пен құралдарды жіберген кезде өрт таралуының жылдамдығы мен күшін және өрт қауіптілігі дәрежесін ескеру қажет. Үлкен өрттерді сөндіргенде ормандағы бар рубеждерді және тосқауылдарды максималды түрде қолдану керек, сонымен қатар қоршаған өрт аймақтарының жанғыштығының әр түрлі болуын ескеру керек, күш пен құралдармен тез маневрлеу, бірінші кезекте дұрыс таңдап алынған "шешуші бағыттарға" сүйену керек.

Орман өрттерін анықтау басты түрде жердегі бақылау пункттерінен, сонымен қатар, ормандарды авиациядан және жерден патрульдеу арқылы жүзеге асады.

Үлкен өрттерді сөндіру жұмыстарын келесі бөлімдерге бөлуге болады: өртті барлау; өртті тоқтату, яғни өрттің жаңадан таралу мүмкіндігін болдырмау; өртті жою, яғни жану ошақтарын сөндіру; өртті қарауылдау.

Өртті барлауға өрттің шекарасын нақтылау, тәуіліктің әр уақытында жанудың жиегі мен бөлек аймақтарында өрттің түрі мен жану күшін анықтау кіреді.

Тірек желілерін (өзен, бұлақ, жол және т.б.) және аймақтардың орман пирологиялық сипаттамасын ескере отырып өрттің таралуын болжау негізінде өртті тоқтату жоспары құрастырылады, өртті тоқтатудың тәсілдері мен амалдары анықталады.

Ереже бойынша, орман өрттің тоқтату екі кезеңде жүргізіледі. Бірінші кезеңде өрттің жанып жатқан жиегіне тікелей әсер ету жолымен өрттің таралуын тоқтату жүзеге асады. Екінші кезеңде тосқауыл орлар мен тілімдерді салу жүргізіледі, өрттің қайтадан пайда болу мүмкіндігін болдырмау мақсатында өрттің перифериялық аймақтары өңделеді.

Айналасында тосқауыл тілімдері бар немесе өртті сөндіруде қолданылған басқа тәсілдер де өрттің қолпына келуін болдырмайтын кезде ғана өртті толық тоқтатылған деп атаймыз.

Өртті тоқтатқаннан өртпен қамтылған ауданда қалған жану ошақтарын жою өртті сөндіруді аяқтау болып есептеледі.

Өртті қарауылдау өрттің жаңадан таралуын болдырмау мақсатында өртті үздіксіз немесе периодты түрде өрт қамтыған ауданда және өрт жиегінде бақылау жүргізу болып табылады. Өртті қарауылдау тоқтату тілімі бойынша жүйелік тексеріс жолымен жүзеге асырылады. Қарауылдау ұзақтығы ауа райыға байланысты анықталады.

Орман өрттерін сөдірген кезде келесі тәсілдер мен техникалық құралдар пайдаланылады:

- өрт жиегі бойынша бұтақтармен отты өршелеу;
- өрт жиегін жермен көму;
- өрттің таралу жолына тосқауыл және минералды тілімдер салу;
- жануды жіберу (қарама-қарсы төменгі және жоғарғы отты);

- жанып жатқан жиекті сумен сөндіру;
- химиялық заттарды қолдану;
- жауын-шашынды бұлттардан қолдан жаудыру.

Мекеннің тосқауыл тілімі деп беттен барлық орманды отырғызулар мен жанғыш материалдар жойылған орынды, ал минералды деп шөптесін өсулер мен жердің минералды қабатына дейін алынған орнының тілімін айтады.

Өртті сөндіру үшін техникалық құралдар мен тәсілдерді таңдау өрттің таралу жылдамдығы мен күшіне, түріне, табиғи жағдайға, өртті сөндіру құралдары мен күштеріне және ұсынылған сөндіру тәсілдеріне байланысты. Орман өрттерімен күресудің тағы бір тәсілі ол жандыру - өрт жағына бағытталған қолдан шығарылған от.

Қарсы өрт жіберу орман ауданындағы шекарадан жіберіледі (жолдар, бұлақтар, соқпақ жол), ал ондай тосқауылдар жоқ болған кезде жарылғыш заттар, техника немесе химиялық заттар қоспасы көмегімен арнайы салынған тірік тілімдерімен жүзеге асырылады. Тірек тілімдерінің ені 0,3-0,5 м және одан да көп. Қарсы өртті бастау алдында орман астын кесіп, жас шыбықтар жағына алып тастайды. Қылқан жапырақтылардың төлдерінің бастарын өрт жаққа қаратады, шөмшекті және ағызақтарды жануды жібергеннен кейін өрттің тілімінің ар жағындағы ағаштарға өтіп кетпес үшін тілімнен ары тастап, оны тереңге апарып тастайды.

Топырақ үсті жамылғысына қарсы өрт жіберген кезде от алдыру үшін арнайы от алдыратын аппараттар немесе қол астындағы құралдар қолданылады. Қарсы өрт жіберуді өрт майданына қарама-қарсы 10-100 м арақашықтықта, ал жоғарғы өрт кезінде – 100-200 м арақашықтықта жүзеге асыру қажет.

Бақылау сұрақтары.

1. Қандай өрттер ашық деп аталады? Мысал келтіріңдер.
2. Ашық өрттердің негізгі ерекшелігі қандай?
3. Ашық өрт кезінде өрт аймағы немен сипатталады?
4. Фонтандардың дебиті мен газ және мұнай бойынша өрттердің классификациясын түсіндіріңдер.
5. Газды фонтанның жану механизмін түсіндіріңдер.
6. Жанғыш газдың диффузиялық жалынының құрылысын түсіндіріңдер.
(11.1 сур. бойынша)
7. Газдың турбулентті жанып жатқан ағысының құрылысын түсіндіріңдер.
(11.2 сур. бойынша)

Дәріс № 12 Тақырыбы: Ішкі өрттердің жалпы заңдылықтары. Өрттің жылу режимі. Өрттің динамикасы туралы түсінік. Уақытша және тұрақты өрт жүгі

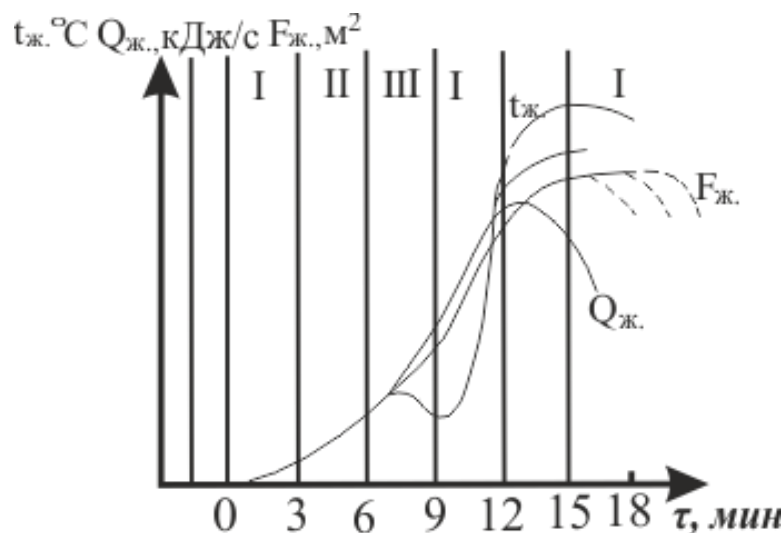
Қарастырылатын сұрақтар:

- 1. Өрт динамикасы жайында түсінік.*
- 2. Өрттің жылулық режимі.*
- 3. Ішкі өрттердегі газ алмасу.*

1. Өрт динамикасы жайында түсінік. Өрт динамикасы дегеніміз негізгі өрт параметрлерінің уақыт ішінде өзгеруі. Сондықтан да кеңістікте уақыт аралығында өрт параметрлерінің өзгерісін зерттеу қажет. Өрттерді сипаттайтын негізгі параметрлерге жатады: өрт ауданы, өрт температурасы, жалынның таралу жылдамдығы, жылу бөліну интенсивтілігі, газ алмасу интенсивтілігі, өрт жүгінің жану жылдамдығы, түтіндену интенсивтілігі мен тығыздығы.

Осы аталған параметрлерден кейбір параметрлер өрттің дамуында шешуші болып табылады, сондықтан да өрт динамикасын қарастырғанда келесі параметрлер ғана қарастырылады: өрт ауданы, жану температурасы және түтіндену интенсивтілігі. Бұл параметрлер өлшеуге және талдауға едәуір қол жетімді.

Температурасы 20° С әдеттегі бөлмедегі қатты еден арқылы өрттің таралуын қарастырайық. Қатты жанғыш материалдардың өрттеріне қатысты болған өрттерде жану процесі көбіне жалындап жанудан немесе белгілі бір ауданда бықсумен басталады. Тұтандыру көзінің әсерінен пайда болған жалын жанғыш зат беткейі арқылы баяу таралады (12.1 сурет). Жану аймағының айналасында бірден конвективті газ ағыны пайда болады. Ол өз кезегінде жану процесіне қажетті газ алмасуды қамтамасыз етеді. Жану аймағының астындағы жанғыш зат беткейі мен оның жаны қызып, қызуы терең қабаттарына дейін өтеді. Қатты жанғыш материалдың пиролизі салдарынан ұшқыш компоненттер көбейе түседі. Жалын факелінің ауданы өседі және өздігінен тұтану температурасына дейін және одан жоғары температураларға дейін қызған жанғыш зат бөліктеріне таралады. Бұнымен қатар бір уақытта жалын факелінің айналасында газ алмасу интенсивтілігі де арта түседі. Жану аймағынан қоршаған ортаға және жанғыш зат беткейіне таралатын жылу ағысы да арта түседі. Бұл сипатталған процесс *өрттің бірінші фазасы* және бұл фаза 1-3 минутқа созылады.



Сурет 12.1. Уақыт аралығында кеңістіктегі өрттің негізгі параметрлерінің өзгерісі

Содан соң өрттің даму сатысы басталады. Басқа фактор іске қосылады. Бұл фактор қоршаған орта температурасының біртіндеп көтерілуі (өрттің II фазасы). Жоғарыда сипатталған процесс толық қайталанады бірақ жоғары интенсивтілікпен. Жанып жатқан қатты заттың беткейі жылдам қызады, қызу тереңгі қабаттарына жылдам өтеді. Соған сәйкес жанғыш материалдың ұшқыш фракциялары интенсивті түрде бөлінеді. Жану аймағы жылдам өседі. Конвективті газ ағыны мен сәулелік жылу бөліну интенсивтілігі артады. Бөлме температурасы одан әрі артады. Өрттің бұл сатысы шамамен 5-10 минутқа созылады. Содан соң өрттің III сатысы – жоғарыда келтірілген барлық параметрлердің қарқынды даму сатысы басталады. Бөлме температурасы 250 – 300 °C дейін көтеріледі. Өрттің көлемдік дамуы басталады, яғни жалын бөлменің барлық көлемін алады. Өрттің дамуы жанғыш зат беткейі арқылы ғана емес, сондай-ақ қашықтықтарға таралады. Конвективті сәулелік жылу ағынының әсерінен алыс қашықтықта тұрған заттар от алады. Бөлме температурасы 300°C болғанда бөлмедегі шынылар қыйрайды. Өрт сыртқы орталарға шығуы мүмкін. Газ алмасу интенсивтілігі күрт өзгереді. Жану өнімдері жылдам шығып орнына таза ауа ағыны келеді (өрттің IV сатысы). Бөлме терезелері қыйраған кезде салқын ауа кіру салдарынан бөлменің температурасы біршама төмендейді, бірақ жану процесінің үдеуінен ол 500 - 600°C бірден көтеріледі. Өрттің даму қарқындылығы артады. Бөлме температурасы 800-900°C дейін жетеді.

Өрттің 5 фазасында өрт параметрлерінің дамуы тұрақталады. Бұл фаза өрттің 20-25 минуттарында орын алады және 20-30 минутқа созылады.

Содан соң біртіндеп өрттің 6 фазасы басталады. Бұл фазада өрт жүгінің біраз бөлігі жанып біткендіктен өрт интенсивтілігі төмендейді. Жанғыш заттың күйген беткейінің қалыңдығы 5-10 мм болып, одан әрі қызыға және ұшқыш фракциялардың жанғыш заттан бөлінуіне кедергі жасайды және негізгі ұшқыш фракциялардың көп бөлігі осыған дейінгі сатыларда бөлініп кеткен. Қатты зат беткейі оттегінің көп мөлшерін пайдалана отырып гетерогенді жану механизмі бойынша жалынсыз жана бастайды. Бөлмедегі оттегінің орташа көлемдік

мөлшері 16-17 пайызға жетеді, ал жану өнімдерінің концентрациясы шекті мәндерге жетеді. Өрт ауданы кішіреймейді керісінше ұлғаюы мүмкін немесе тұрақталады. Содан соң өрттің 7 сатысы басталады. Бұл сатыда жанған заттар бықсып жану арқылы соңына дейін жанып жану процесі тоқтайды.

Қазіргі кезде көптеген объектілерде автоматты өрт дабылдары мен өрт сөндіру қондырғылары бар. Автоматты өрт дабылдары өрттің I– ші сатысында іске қосылуы керек. Өрт сөндірудің автоматты қондырғылары өрттің I – II фазаларында іске қосылуы керек. Бұл фазаларда өрт жоғары интенсивтілікке жетпеген болады. Қозғалмалы өрт сөндіру құралдарының көмегімен өрт сөндіру 10-15 минуттан соң басталады, яғни өрт басталғаннан соң 15-20 минуттан соң. (3-5 мин. автоматты дабылдардың қосылуы; 5-10 мин. өрт орнына бару; 3-5 мин. барлау және жауынгерлік қанат жаю). Яғни тактикалық өрт сөндіру іс-шаралары III - IV фазада, ал кей жағдайларда V фазада басталады.

Өрт динамикасын сипаттайтын кейбір параметрлерді қарастырайық. Жану процесіндегі жылу бөліну интенсивтілігі төмендегідей анықталады:

$$Q_* = \beta \cdot Q_H^p \cdot v_M \cdot F_* \quad (12.1)$$

Бұл өрнекке екі ауыспалы өлшемдер v_M және F_* кіреді. Олар өрттің даму уақытына, өрт температурасына, газ алмасу интенсивтілігіне және басқа да параметрлерге тәуелді. Келтірілген массалық жану жылдамдығын төмендегідей формуламен анықтайды:

$$v_M = (a \cdot T_\theta \cdot b \cdot \Gamma_H) v_{M0} \quad (12.2)$$

$$v_M = (a \cdot T_\theta \cdot b \cdot \Gamma_H) v_{M0} \quad (12.2)$$

a, b – эмперикалық коэффициенттер; v_{M0} – берілген жанғыш материал өрт жүгінің келтірілген массалық жану жылдамдығы; T_θ – өрт температурасының орташа мәні; Γ_H - газ алмасу интенсивтілігі.

Полимерлі жанғыш материалдардың жану жылдамдығын ауадағы оттегінің концентрациясының функциясы ретінде төмендегі формула арқылы анықтауға болады:

$$\lg v_M = a \cdot \lg C_{O_2}, \quad a = 3,175 \quad (12.3)$$

Немесе қатты жанғыш материалдың температурасының функциясы ретінде төмендегі формула арқылы анықтауға болады:

$$v_M = \frac{A}{T_{\text{meri}} - T_v} - B \quad (12.4)$$

A және B – константалар; T_v – жану жылдамдығы бірден жылдамдайтын температура, °C; $T_{шегі}$ – жану жылдамдығы максималды мәнге (v_m^{max}) жететін температура, °C.

Өрт ауданының басқа да параметрлерге тәуелділігі төмендегідей болады:

$$F_{\bullet} = k (v_T \cdot r)^n \quad (12.5)$$

k, n – өрт ауданының геометриялық формасына тәуелді коэффициенттер; v_T – өрттің таралуының сызықтық жылдамдығы; r – өрттің еркін таралу уақыты.

Уақыт ішінде өрт ауданының өсу жылдамдығын анықтаймыз $F_{\bullet} = f(r)$. Бірінші $F_{\bullet}$ формуласына кіретін тұрақты өлшемдердің сандық мәндерін анықтаймыз. Содан соң уақытқа тәуелді ауыспалы өлшемдердің мәндерін анықтаймыз. Мысалы, өрттің дамуы мен оның бағытына әсер ететін бөлме еденіндегі өрт жүгінің бірдей таралуында және интенсивті бағытталған ауа ағынынсыз шеңбер формалы өрттер үшін:

$$k = \pi, n = 2$$

Жанбайтын вертикал қабырғада немесе өрт жүгінің шеттерінде орналасқан қабырғада пайда болған (жартылай шеңберлі) өрттер үшін:

$$k = \frac{\pi}{2}, n = 2$$

Екі жаққа да таралатын тік бұрышты өрт аудандары үшін $k = 2a, n = 1$. Мұндағы a – өрт фронтының таралу ені.

$F_{\bullet}$ формуласына кіретін өрттің таралуының сызықтық жылдамдығы – ауақыт аралығында ауыспалы өлшем, және ол жанғыш зат түріне, өрттің орташа температурасы мен газ алмасу интенсивтілігіне тәуелді:

$$v_T = (a_1 \cdot T_n + b_1 \cdot \Gamma_n) v_{T0} \quad (12.6)$$

a_1, b_1 – өрттің сызықтық таралу жылдамдығының орташа температура және газ алмасу интенсивтілігіне тәуелділігін орнататын эмпирикалық коэффициент, олардың мәні әр жанғыш заттың әрқайсысына жеке – жеке тәжірибелік тұрғыда анықталады; v_{T0} – берілген жанғыш зат үшін сызықтық таралу жылдамдығы.

2. Өрттің жылулық режимі.

Өрт кезінде бөлінетін жылу өрттің дамуы мен оның таралуына тікелей әсер етеді. Бұл жылудың салдарынан қоршаған орта, ондағы жанғыш және жанбайтын заттар мен материалдар қызады. Бұндай жылулық әсерден жанғыш заттар от алуға дайындалып тұтанады, ал жанбайтын заттар ыдырайды, балқыйды және беріктігін жоғалтады. Жылулық әсерлердің пайда болуы мен олардың интенсивтілігі жану аймағындағы жылудың бөлінуіне, яғни жану

жылуына тәуелді. Өрттердегі жылу бөліну процесінің әртүрлі факторларға қатыст өзгерісін сандық жағынан температуралық режим сипаттайды. Өрттің температуралық режимі дегеніміз уақыт ішінде температура өзгерісі.

Өрт температурасын есептеулар арқылы, сондай-ақ тәжірибе арқылы анықтау өте қыйынға соғады. Инженерлік есептеуларде белгілі-бір практикалық мәселелерді шешкенде өрт температурасын жылулық баланс теңдеуінен анықтайды. Өрттердің жылулық балансы өрт температурасын анықтау үшін ғана емес, сонымен қатар жылулық энергияның сандық таралуын анықтау үшін де қолданылады. Өрттердегі жылулық балансты төмендегідей өрнекпен анықтауға болады:

$$Q_{\text{с}} = Q_{\text{ж.ө.}} + Q_{\text{к}} + Q_{\text{с}} \quad (12.7)$$

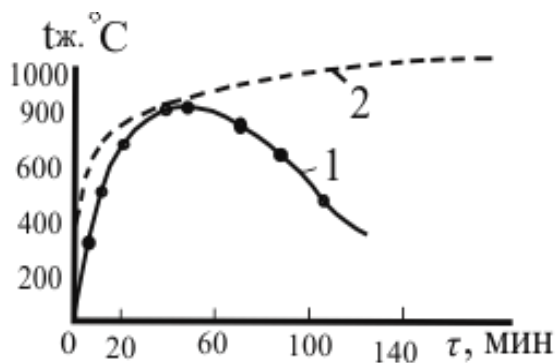
$Q_{\text{с}}$ – өрт кезінде бөлінетін жылу; $Q_{\text{ж.ө.}}$ - жану өнімдерінде кеткен жылу; $Q_{\text{к}}$ – жану аймағынан конвекция арқылы ауаға берілетін жылу; $Q_{\text{с}}$ – жану аймағына сәулелену арқылы берілетін жылу.

$$Q_{\text{к}} = a \cdot F_{\text{ө}} \cdot \Delta T \quad (12.8)$$

$$Q_{\text{с}} = \delta_0 \cdot \varepsilon \cdot T_{\text{ж}}^4 \cdot F_{\text{ө}} \quad (12.9)$$

Ашық өрттер үшін жану аймағынан конвекция және сәуле шығару арқылы берілетін жылудың мөлшері жану жылуының 40-50% құрайтындығы анықталған. Қалған 60-70% жылу жану өнімдерін қыздыруға жұмсалады. Осылайша, 60-70% жылу жалын температурасының жуықтап алғандағы мәнін береді. Ашық өрттер температурасы жанғыш материалдың жылу түзу қабілетіне, жану жылдамдығына және метеорологиялық жағдайларға байланысты. Орташа есеппен алғанда жанғыш газдардың ашық өрттерінің температурасы 1200-1350 °С, сұйықтықтар үшін 1100-1300°С және қатты жанғыш заттар үшін 1100-1250°С құрайды.

Ішкі өрттерде өрт температурасына көптеген факторлар әсер етеді: жанғыш зат түрі, өрт жүгінің мөлшері мен орналасқан орны, өрт ауданы, ғимараттың ауданы (еденнің ауданы мен бөлменің биіктігі), газ алмасу интенсивтілігі (есік, терезелердің өлшемдері).



12.1. Сурет. Уақыт ішінде ішкі өрт температурасының өзгеруі
1 – нақты өрт жағдайының қыйсығы; 2 – стандартты қыйсығы

Аталған факторларды жеке-жеке қарастырайық.

Ішкі өрттердің температураларының уақыт ішінде өзгеруі 12.1 сызбасында келтірілген. Өрт ұзақтығын температура өзгерісіне қарай 3 периодқа бөліп қарастыруға болады. Алғашқы период өрттің қарқындау периодына сәйкес келеді. бұнда температура мәні орташа, аса қатты көтерілмеген.

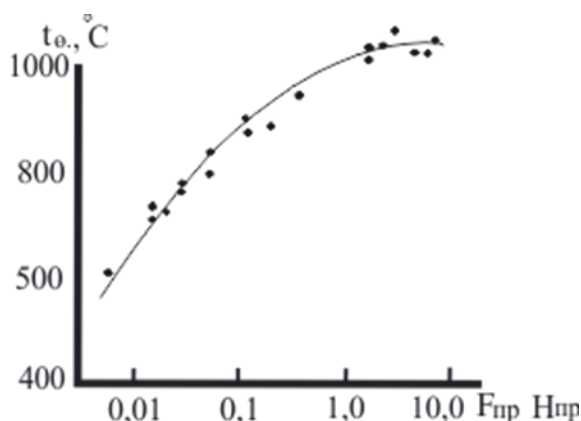
Екіншісі - негізгі период. Бұл периодта жанғыш материалдар жүгінің 70-80 % жанады. Негізгі периодтың аяқталуы орташа мәндегі температура жоғары мәнге жетуіне немесе максималды мәнінен 80% дейін төмендеген мәнге жетуіне сәйкес келеді.

Соңғы период, өрт жүгінің негізгі массасының жанып кету себебінен бұл периодта температура төмендейді.

Температураның өсу жылдамдығы мен оның мәні әр өртте әртүрлі. Сол себепті ішкі өрттердегі температура өзгерісінің жалпылама мәнін көрсететін стандартты температуралық қыйсық ендірілді. Стандартты температуралық қыйсық төмендегі теңдеумен өрнектеледі:

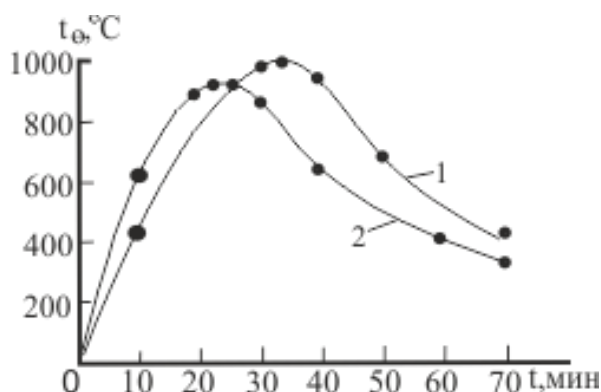
$$t_{\theta}^{CT} = 345 \lg(8r + 1) \quad (12.10)$$

Өрт температурасы өрттің басқа да параметрлерінің әсіресе газ алмасу интенсивтілігінің функциясы болып табылады. Ішкі өрттердің газ алмасу интенсивтілігі ғимараттың конструктивті ерекшеліктеріне байланысты болады. Біріншіден, есік пен терезелер орындарының биіктігі (h) немесе терезе орындарының ауданы (F) және олардың орналасуы, еденнің ауданы және бөлме биіктігіне тәуелді болса, екіншіден болып жатқан өрттің ауданына да тәуелді. Өрттің массалық таралу жылдамдығы газ алмасу интенсивтілігі артқан сайын артады. Содан соң біраз уақыт тұрақты болады. Бірақ өрт температурасының абсолютті мәнінің газ алмасу интенсивтілігіне қатысы басқаша болады. Оның мәні мынада. Өрт болып жатқан бөлмеге келіп жеткен ауа екі бөлікке бөлінеді. Бір бөлігі жану процесіне қатысып жану аймағына кетсе, екінші бөлігі конвективті ағынның ықпалынан жану өнімдеріне араласып жану өнімдерін сұйылтады және оны біршама салқындатады. Жану процесіне қатыспаған бұл ауа - ауаның артық мөлшерінің коэффициентімен есепке алынады.



Сурет 12.2. Өрт температурасының өрттегі газ алмасуға қатынасы

Өрт температурасына бөлменің биіктігі де әсер етеді. 12.3 графикте бөлме биіктігінің өрт температурасына тәуелділігі көрсетілген.



Сурет 12.3. Бөлме биіктігінің өрт температурасына тәуелділігі
1- Бөлме биіктігі $h = 3,2$ м; 2 - $h = 6,4$ м.

Графикте көрсетілгендей бөлменің биіктігі артқан сайын өрт температурасы жылдам артады, ал температураның максималды мәні төмен болады. Аласа бөлмелерде керісінше, температураның максималды мәні жоғары болады. Себебі, бөлме биіктігі биік болған кезде оттегінің артық мөлшерінің коэффициенті артады, соның салдарынан жылудың көп мөлшері ауаның артық мөлшері жану ортасынан температураның бір бөлігін өзіне сіңіреді.

Ішкі өрттер - сыртқы өрттерге қараған күрделірек болып есептеледі. Себебі, ішкі өрттерде көлем шектелген, соның салдарынан жылу сыртқы ортаға бірден таралып кетпейді. Сондықтан да ішкі өрттердің жылулық баланс теңдеуі сыртқы өрттердікінен өзгеше жазылады. Бұнда жанғыш материал мен ауаның жылу сыйымдылықтары ескерілмейді:

$$Q_{\text{в}} = Q'_{\text{ж.в.}} + Q''_{\text{ж.в.}} + Q_{\text{қ.к.}} + Q_{\text{ж.м.}} + Q_{\text{с}} \quad (12.11)$$

Мұндағы $Q_{\text{в}}$ — өрт кезінде бөлінген жылу мөлшері; $Q'_{\text{ж.в.}}$ - жану өнімдеріндегі жылу мөлшері, жану ортасынан жану өнімдерімен бірге шығады; $Q''_{\text{ж.в.}}$ - бөлмедегі жану өнімдеріндегі жылу мөлшері, кДж; $Q_{\text{қ.к.}}$ — сәуле шығару және конвекция арқылы құрылыс конструкцияларына берілетін жылу мөлшері, кДж; $Q_{\text{ж.м.}}$ — конвекция және сәуле шығару арқылы жанғыш материалдарға берілетін жылу мөлшері, кДж; $Q_{\text{с}}$ - өрт болып жатқан ортадан сыртқы ортаға есік, терезелер және конструкциялардың қыйрау салдарынан шыққан жылу мөлшері, кДж.

Бұл теңдеудегі мәндер уақыт аралығында ауыспалы болып келеді. олар жанғыш материал түріне, оның мөлшеріне, өрт ауданына және басқа да параметрлерге байланысты. $Q'_{\text{ж.в.}} + Q_{\text{қ.к.}} + Q_{\text{ж.м.}} + Q_{\text{с}}$ келтірілген мәндер 10-80% аралығында өзгереді және газ алмасу интенсивтілігі мен жану өзактығына байланысты. Практика көрсеткендей $Q_{\text{с}}$ өрттегі барлық жылу мөлшерінің 3-4%

құрайды, $Q_{ж.м.}$ – 6-8%, $Q_{к.к.}$ – 1,5-3% құрайды. Ішкі өрттердегі жылудың 85-90% жану өнімдерінің қызуына жұмсалады. $Q_{ж.в.}$ және Q_c жану аймағындағы температураның артуына әкелмейді, себебі екі жағдайда да жылу сыртқы ортаға шығады.

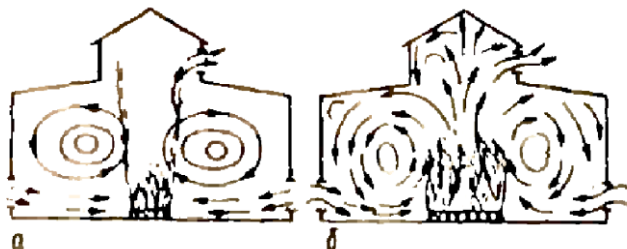
$Q_{ж.м.}$ – жанып жатқан және жануға дайындалып жатқан жанғыш материалдардың қызуына жұмсалған жылу мөлшері өрттің жылдамдауына және таралуына септігін тигізеді. Бұл жылу әдетте көп емес шамамен 3 пайызды құрайды, бірақ сапалық жағынан бұл жылу ағыны өте қауіпті. $Q_{ж.м.}$ жылу мөлшерінің нөлдік мәні өрттің шоғырлануы мен тоқтауына әкеледі.

$Q_{к.к.}$ – қауіпті жылу ағынының бірі. Себебі құрылыс конструкцияларының температураларының жоғарылауы олардың механикалық беріктігін төмендетіп олардың қыйрауына әкеледі.

$Q_{ж.в.}$ – бұл жылу жану аймағында түзіліп бөлменің барлық жағына таралып өрт температурасын құрайды.

Өрттерде жылу жану аймағында түзіледі және конвекция сәуле шығару және жылу өткізгіштік арқылы жану аймағынан таралады. Жылу өткізгіштік арқылы таралатын жылу көп емес, сол себепті есептеулерде ескерілмейді.

3. *Ішкі өрттердегі газ алмасу.* Өрттің жылулық режиміне, оның даму интенсивтілігіне, өрттің таралу бағытына және бөлменің түтіндену дәрежесіне ішкі өрттердегі газ алмасу, газ алмасудың конвективті ағыны тікелей әсер етеді. Жану процесінің басталғанынан бастап өрттің даму процесін қарастырайық. Кез-келген жылу көзінің жоғарғы жағында жылу ағыны пайда болатындығы белгілі. Жану аймағындағы жоғары температураға дейін қызған ауа жоғарыға қарай кетеді, ал оның орнына едәуір салқын ауа келеді. өрттің бастапқы даму сатысында жану процесі сол бөлмедегі ауамен жүреді. Сыртқы ортадан ауа ағыны туындамайды. Жану аймағындағы жоғары температураға дейін қызған жану өнімдері жоғары көтеріліп өзімен бірге салқын ауаны да ілестіріп алып кетеді. Жану өнімдерімен араласқан салқын ауа арасында жылу алмасу салдарынан жану өнімдерінің температурасы мен жылдамдығы төмендейді және салқындаған ауамен араласқан жану өнімдері жану аймағына қайтып келеді. Өрттің бастапқы сатыларында жылу ағыны тоқтап бөлменің жоғарғы жағына бармайды.



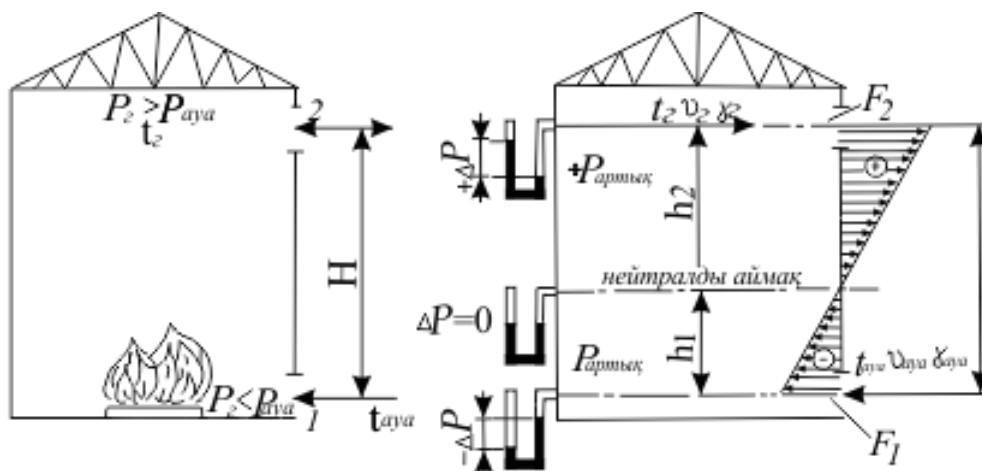
Сурет 12.4. Бөлме өрттеріндегі газ ағынының сызбасы

Жану процесі бөлме ауданында ауа массасы ағынының қозғаушы күші. Өрт ауданы артқан сайын ауа ағыны күшейеді, қызған газ салқын ауамен араласып бөлменің жоғарғы жағына таралады, кейбір бөлігі саңылаулар арқылы

сыртқа шығады. Өзінің бойындағы жылудан арылған салқын ауа қабырғаның бойымен төмен түсіп химия жану аймағына келіп жетеді және қызған соң қайтып көтеріледі. Бөлмеде газ ағынының айналымы орын алады. Бөлме температурасы біртіндеп артады. Бөлмедегі қызған газдар мен қоршаған ортадағы салқын ауа арасында температураның айырмашылығына байланысты, яғни салқын ауа мен қызған газдың тығыздытарындағы ерекшеліктерге байланысты бөлмеде газ алмасу пайда болады. Қызған газдың біраз бөлігі термиялық ұлғаю салдарынан бөлме сыртына ығыстырылады. Оның орнына қоршаған ортадан салқын ауа келеді. Сыртқы және ішкі ауа қысымындағы айырмашылық газ алмасуды тудырады.

Өрттердегі негізгі газ алмасу заңдылықтарын 12.5 сурет бойынша қарастырайық. Өрт стационарлы емес физико-химиялық процесс, сондықтан төмендегідей шарттарды қарастырамыз:

1. Бөлмедегі газдар температурасы сыртқы орта ауасының температурасынан жоғары және уақыт өткен сайын бөлме температурасы өзгеріссіз қалады.
2. Ғыймартқа желдің әсері жоқ.
3. 1 және 2 саңғылауларының ауданы уақыт ішінде өзгермейді.
4. бөлмеге келген газ көлемі бөлмеден шығып кеткен газдар көлеміне тең.

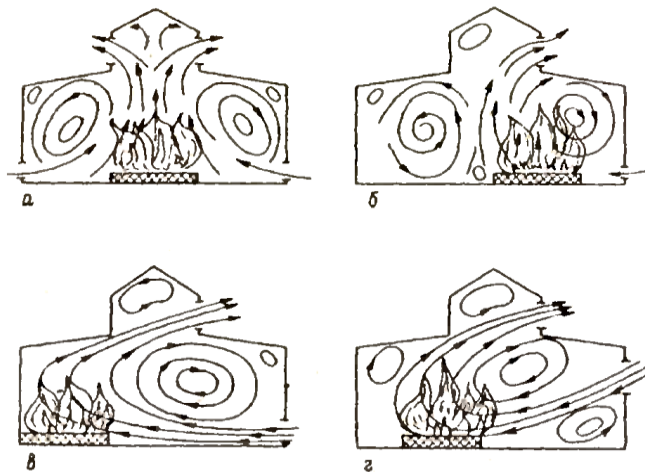


Сурет 12.5. Өрттердегі негізгі газ алмасу заңдылықтары

Өрт кезінде бөлме температурасы сыртқы орта температурасынан әлде қайда жоғары және . Гравитациялық қысымның әсерінен қоршаған орта ауасымен бөлмедегі газдар арасында газ алмасу пайда болады. 1 саңылауы арқылы салқын ауа бөлмеге кіріп Архимед заңы бойынша қызған газ 2 (жану өнімдерінің ауамен қоспасын) сыртқа ығыстырып шығарады. Газ ағысының бағыты бөлменің төменгі жағындағы қысым оның жоғарғы жағындағы қысымға қарағанда қоршаған орта қысымынан төмен екендігін көрсетеді. Егер бөлме көлемін биіктігінен бірнеше параллель жазықтықтарға бөлетін болсақ, онда жазықтықтардың бірінде артық қысым нөлге тең болатынын аңғаруға болады. Бұл жазықтық бірдей қысымдар жазықтығы немесе нейтралды аймақ

деп аталады. Нейтралды аймақты орналасуын жоғарыдағы және төмендегі саңылаулардың орнын ауыстыру арқылы өзгертуге болады. Бұл әдісті өрт сөндіру кезінде кеңінен қолданады. Төмендегі өрт сөндіру жұмыстарын жүргізетін аймақты температурасын төмендету үшін және түтіндену дәрежесін төмендету үшін нейтралды аймақты жоғары көтереді.

12.6 суретте бөлмедегі ауа келетін және шығатын саңылаулардың орналасуына байланысты газ ағындарының бөлме көлемінде таралуы көрсетілген.



Сурет 12.6. Бөлмедегі ауа келетін және шығатын саңылаулардың орналасуына байланысты газ ағындарының бөлме көлемінде таралуы

Бөлмедегі ауа келетін саңылаулар от ошағынан алыс орналасқан сайын бөлмеге келетін ауа ағыны соншалықты алыс қашықтыққа барады. Бөлмедегі түзілетін ауа ағыны мен ауа ағыны орын алмайтын бөлме бөліктерінің орналасуы бөлмедегі от ошағының және бөлменің конструктивті жоспарлануына байланысты. Газ ағындарының аэродинамикасын өрт сөндірудің автоматты жүйесін орнатқанда және өрт сөндіру іс-шараларын жүргізген кезде ескеру қажет.

Бақылау сұрақтары.

1. Өрт динамикасына дегеніміз не?
2. Ішкі өрт параметрлерін ата.
3. Уақыт бойынша өрттің негізгі параметрлерінің өзгеру сипатын түсіндір. (12.1 сурет бойынша).
4. Ішкі өрттегі жылулық тепе-теңдіктің негізгі құрайтындарға қысқаша сипаттама беру және өрт жағдайының қалыптасуындағы рөлін анықтау.
5. Жылулық тепе-теңдікті құрайтындардың әр түрлілігінің қауіптілігі неде?

Дәріс №13 Тақырыбы: Жану процесін тоқтату механизмдерінің физико-химиялық негіздері.

Өртке қарсы қызметтің негізгі жауынгерлік мәселелері – адамдардың денсаулығы мен өмірлерін қорғау, өртті тоқтату және материалдық құндылықтарды өрттен қорғау. Бұл мәселелер қысқа уақыт ішінде тиімді әдіс тәсілдермен, өрт сөндіру процесінің төмен дәрежеде нұсқан келтіруімен орындалуы керек.

Бұндай өрт сөндірудегі тиімділікке ғылыми негізделген өрт сөндіру әдіс тәсілдерін қолдану арқылы, шешуші бағытты дұрыс анықтау, өрт сөндіруді дұрыс ұйымдастыру арқылы, өрт сөндіру затын дұрыс таңдап оларды оптималды интенсивтілікпен беру арқылы қол жеткізуге болады.

Сол себепті өрттің дамуының физико-химиялық негіздері мен оны сөндірудің физико-химиялық негіздерін білмеген жағдайларда, өрт сөндіруді ұйымдастырған кезде көптеген қателіктердің орын алуына жол береді.

Өрт сөнуіне (жалындап және бықсып жануының тоқталуына) қол жеткізу үшін жану процесінің «үш бұрышының», яғни жанғыш зат – тотықтырғыш – тұтандыру көзі, осы үшеуінің біреуін алып тастау керек. Оны мынадай жолдармен жүзеге асыруға болады. Егер жану ортасынан жанғыш затты алып тастайтын болсақ, онда өрт сөнеді. Егер жану ортасына тотықтырғыштың баруын тоқтатын жанғыш затты тотықтырғыштан оқшаулап тастасақ та жану процесі тоқтайды.

Жанғыш затты алып тастаудың қарапайым мысалы технологиялық құрылғыларда магистральді құбырдағы жанғыш газ немесе сұйықтықтардың төгілуін тоқтату болып саналады.

Жану процесін тоқтату жанғыш зат пен тотықтырғыштың байланысын үзу арқылы да жүзеге асады. Бұнда жанғыш зат асбестпен немесе басқа да жанғыш емес заттармен оттегіден оқшауланады. Мысалы жанғыш конструкцияларды қопарып алу, ағаш штабельдерін жану ортасынан алу да жанғыш затты жану процесінен алып тастағанға жатады. Бөлмеге оттегінің баруын шектеу подвалдарда, шахталарда сирек жағдайларда қолданылады. Бұл өрт үшбұрышынан тотықтырғышты алып тастау болып табылады. Бірақ бұл жағдайда тек диффузиялық жалындап жану (оттегінің 14-15% мөлшерінде жүреді) тоқталады. Ал, оттегінің аз концентрацияларында жүруге қабілетті (оттегінің 5-6% мөлшерінде жүреді) болып келетін жалынсыз жану, бықсып жану тоқтамайды. Бұндай жағдайда бөлмені ашқан жағдайда, таза ауаның белгілі бір мөлшері берілген жағдайда бөлмеде жиналған газ тәрізді жағыш газдардың болуынан кенеттен жану процесі туындайды, кей жағдайда жарылыс болуы да мүмкін.

Жану реакциясының жылдамдығы жанғыш зат пен тотықтырғыш молекулаларының белсенді соқтығысуларына тәуелді. Ал, соқтығысулар саны жану аймағы көлеміндегі сол молекулалардың санына тура пропорционал. Сондықтан жану процесінің интенсивтілігі қысымға тәуелді. Өртүрлі технологиялық құрылғыларда жану процесін жылдамдату үшін қысымды жоғарылатады. Қысымды төмендеткен кезде диффузиялық жану интенсивтілігі

төмендейді. Қысымды белгілі төмен мәндерге жеткізу арқылы көлем бірлігіндегі молекулалар санын азайтуға болады және жану процесінің тоқтауына қол жеткізуге болады.

Кейбір жанғыш заттар заттардың (магний, сутегі) жалындарының температурасы өте жоғары және жану ортасынан сыртқы ортаға таралатын жылу мөлшері жоғары болуы керек. Бірақ олардың жалыны түссіз болғандықтан жылудың таралуы төмендейді. Жалынға белгілі бір заттарды қосқан кезде жалынның жылуды тарату қабілеті артады. Жану ортасынан жылудың таралуы артып жану процесі тоқтайды.

Кез-келген әдіспен өрт сөндіру жану ортасының температурасын сөну температурасына жеткізу арқылы жүзеге асады. Бұған екі жолмен қол жеткізуге болады: 1) Жану аймағындағы жылудың бөліну интенсивтілігін төмендету; 2) жану ортасынан жылудың таралу интенсивтілігін жоғарылату. Осы екі әдіс арқылы жану процесін тоқтату үшін бірінші жағдайда жану ортасындағы қысымды төмендету қажет. Қысымды екі жолмен төмендетуге болады: 1) жану реакциясындағы компоненттер концентрацияларын өзгерту, яғни жағшыш затты немесе тотықтырғышты инертті сұйылқыштармен сұйылту немесе олардың жану ортасына өтуін тоқтату. 2) жану ортасына белсенді ингибиторларды ендіру арқылы жану реакциясын тежеу.

Жану ортасынан жылудың таралу интенсивтілігін жоғарылату үшін жану ортасынан жылудың таралу коэффициентін арттыру және қоршаған орта температурасын төмендету керек.

Бақылау сұрақтар:

1. Жану процесінің үш бұрышы деген не?
2. Жану процесін тоқтатудың қандай шарттары бар?
3. Жану процесін тоқтату қандай процестерге негізделген?

Дәріс № 14 Өрт сөндіру заттары және олармен өрт сөндіру механизмдері

Жану процесінің тоқтауын қамтамасыз ететін барлық заттар мен материалдар өрт сөндіру заттары болып табылады. Барлық өрт сөндіру заттары екі белгісіне қарай жіктеледі: 1) агрегаттық күйіне байланысты; 2) өрт сөндіру механизміне байланысты.

Агрегаттық күйіне байланысты өрт сөндіру заттары сұйық (су және су ерітінділері), көбікті өрт сөндіру заттары (жоғары молекулалық және химиялық көбік), ұнтақты (кұм, топырақ, флюс және т.б.).

Өрт сөндіру механизміне қарай өрт сөндіру заттары төмендегідей 4 топқа жіктеледі: салқындатушы өрт сөндіру заттары (ӨСЗ), сұйылтушы, жану реакциясын химиялық тежеуші, оқшаулаушы ӨСЗ. Салқындату механизмі барлық жағдайда орын алады.

Нейтрал газдармен жану процесін тоқтату.

Жану реакциясы аймағындағы жанғыш қоспа C_A және C_B компоненттерінің концентрациясын сұйылтып жану реакциясының

жылдамдығының төмендеуіне әкелетін инертті газдардың (ИГ) ендірілуін қарастырайық. Бұндай сұйылтушылар ретінде азот, көмірқышқылгазы, су буы, сирек жағдайларда гелий, аргон және т.б. қолданылады. Бұл газдар жану ортасына түскен кезде олар жанғыш зат пен тотықтырғышты сұйылтып олардың концентрацияларын төмендетеді. Нәтижесінде жанғыш зат пен тотықтырғыш молекулалары арасындағы соқтығысулар азайып жану реакциясының жылдамдығы, жану ортасының температурасы сөну температурасына дейін төмендейді. Диффузиялық жану оттегінің концентрациясы 14% пайыз болған жағдайда тоқтайды. Сұйылту механизмінде инертті газдардың жану процесін тоқтату механизмдері тек жанғыш зат пен тотықтырғышты сұйылту ғана емес. Олай болғанда жану процесіне сұйылтушы ретінде берілген барлық инертті газдардың мөлшері бірдей болар еді. Олай болса инертті газдардың жану процесін тоқтату концентрациялары жанғыш зат түріне және т.б. факторларға да байланысты. Физикалық қасиеттеріне байланысты нейтралды газдар жану реакциясы әртүрлі әсере етеді. Нейтралды газ 20-30 °С температурада жану ортасына түскеннен соң жану аймағындағы жылудың бір бөлігін өзіне алып 1000 °С температураға дейін қызады. Нейтрал газдың өзіне алатын жылу мөлшерін төмендегі теңдеуден көруге болады:

$$Q_{\text{н.г.}} = V_{\text{н.г.}} \cdot \rho_{\text{н.г.}} - c_{p \text{ н.г.}} \cdot \Delta t_{\text{н.г.}} \quad (14.1)$$

Мұндағы $V_{\text{н.г.}}$ – жану аймағына берілген нейтралды газдың көлемі; $\rho_{\text{н.г.}}$ – нейтрал газ тығыздығы; $c_{p \text{ н.г.}}$ – нейтрал газдың меншікті жылу сыйымдылығы; $\Delta t_{\text{н.г.}}$ – нейтрал газ бен жану аймағы температураларының айырымы.

Сондықтанда нейтралды газдың жылу сыйымдылығы артқан сайын оның өрт сөндіру тиімділігі де артады.

Кейбір нейтрал газдар жану реакциясы нәтижесінде бөлінетін жылудың бөліну жылдамдығын төмендетіп, жылудың таралу жылдамдығын арттырып қана қоймайды, сонымен қатар газ қоспасының жылу өткізу коэффициентінің бірден жоғарлау салдарынан жану аймағынан жылудың берілу интенсивтілігі артады ($\lambda_{\text{қоспа}}^{\parallel} \gg \lambda_{\text{қоспа}}$). Бұндай жануды тоқтату механизміне гелий ие юолып келеді. Бұндай жағдайда жанғыш заттың ауамен қоспасының жанбаған бөліктеріне жылудың берілуі жылдамдайды және бұл жағдайда жану процесі жылдам таралуы керек. Бірақ нейтралды газдармен жану процесін тоқтату өте күрделі процесс. Бұл процесс жылу берілу интенсивтілігіне, нейтралды газдардың жылу сыйымдылықтарына тәуелді емес, жанғыш қоспаның сұйылу дәрежесіне және берілу интенсивтілігі мен $c\rho/\lambda$ кешенді факторларына тәуелді.

Нейтралды газдардың жоғарыда аталған параметрлеріне талдау жасайтын болсақ, онда

$$\lambda_{\text{CO}_2} = 13,6 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}, \text{ а } \lambda_{\text{Ar}} = 16,6 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)} \quad (14.2)$$

Аргон және көмірқышқылгазы үшін жылу өткізгіштік мәндері бір – біріне жақын. Ал олардың жылу сыйымдылықтарында 2 есе айырмашылық бар:

$$c_{p\text{CO}_2} = 0,91 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}), \text{ а } c_{p\text{Ar}} = 0,53 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \quad (14.3)$$

Сәйкесінше көмірқышқылгазы үшін c_p / λ кешені тең болады:

$$\left(\frac{c_p}{\lambda} \right)_{\text{CO}_2} = \frac{0,91}{13,6} \approx 6,7 \cdot 10^{-2} \quad (14.4)$$

Ал аргон үшін:

$$\left(\frac{c_p}{\lambda} \right)_{\text{Ar}} \approx \frac{0,53}{16,6} \approx 3,2 \cdot 10^{-2} \quad (14.5)$$

Осы кешендер қатынасы төмендегідей мәнге тең:

$$\frac{\left(\frac{c_p}{\lambda} \right)_{\text{CO}_2}}{\left(\frac{c_p}{\lambda} \right)_{\text{Ar}}} = \frac{6,7 \cdot 10^{-2}}{3,2 \cdot 10^{-2}} \approx 2,1; \quad (14.6)$$

Ендеше көмірқышқылгазының өрт сөндіру тиімділігі аргонға қарағанда 2 есе жоғары болуы керек.

Жабық орталарда қопарылысты алдын алу үшін немесе метан факелін өшіруге көмір қышқыл газын (CO_2) немесе азот (N_2) қолданылады және өрт сөндіргіш ретінде көмірқышқыл газының минималды мөлшері 27 %, ал аргон 53 % болуы керек екендігін практика көрсеткен.

Су буының өрт сөндіру механизмі де осындай. Оның өрт сөндіру концентрациясы азоттікіне жақын 30-35 %.

Бақылау сұрақтары:

1. Қандай заттарды нейтральды газдарға жатқызуға болады және неге? Мысал келтіріңіз.

2. Жалынды сөндіру үшін қолданылатын жанбайтын газдардың салыстырмалы концентрацияларын атаңыз? Өрт сөндіру концентрацияларына инертті газдардың жылу өткізгіштігі және жылу сыйымдылығы қалай әсер етеді. Неге?

3. Фреондармен сөндіргенде жануды тоқтатудың қандай доминантты механизмі қолданылады?

4. Ұнтақты өрт сөндіру қоспалары өрт сөндіру құралдарының қандай классына жатады?

Дәріс № 15 Сөндірудің су-көбікті құралдары

Қарастырылатын сұрақтар:

1. Көбіктің қасиеттері.
2. Көбік түзушілердің қасиеттері және беттік активті заттар.
3. Жану процесін көбікпен тоқтату механизімі.

1. Көбіктің қасиеттері.

Көбік – бұл қабықша мен каналдарда болатын ауа мен сұйықтықтың деформацияланған көпіршіктерінен тұратын екі фазалық дисперсті жүйе болып табылады. Ол газ немесе бұмен толтырылған және қабықшамен бөлінген ұяшықтардан тұрады. Ұяшықты толтыратын газ немесе бу – *дисперсті фаза* болып табылады, ал сұйықтық – *дисперсті орта*. Көбікті алу тәсіліне қарай *химиялық* және *ауа-механикалық* болып бөлінеді.

Алу тәсіліне қарамастан көбік кейбір қасиеттерге ие. Оларға мыналар жатады:

1) *Көбіктің құрылысы*. Көбіктің құрылысы газ және сұйық фаза көлемінің көбік көлемінің бірлігіне қатынасымен анықталады және оның қасиетін сипаттайды. Егер де газ фазасының көлемі сұйықтық көлемінен 10-20 есе артық болса, онда газбен толтырылған көбік ұяшықтарының пішіні сфера тәрізді болады. Мұндай көбікте газ көпіршіктері сұйықтықтың қалың қабықшасымен қоршалған. Қатынастың артуымен $V_r/V_{ж}$ газ көлемдерін бөлетін сұйықтық қабықшасының қалыңдығы кішірейеді, ал газды орта өзінің сфералық пішінін жоғалтып, көпбұрышқа айналады. Уақыт өте сұйық ортаның жұқаруы, яғни көбік құрылысының өзгеруі жүреді. Өзгеру процесі барысында ұяшықтардың шар тәрізді пішіні көпбұрышқа айналады.

2) *Көбіктің еселігі*. Көбік еселігі K_{κ} – бұл көбік көлемінің V_{κ} сұйықтық көлеміне $V_{сұй.}$ қатынасы, бұдан мына формула алынған:

$$K_{\kappa} = \frac{V_{\kappa}}{V_{с.}} \quad (15.1)$$

Еселік өлшеміне байланысты көбік төрт топқа бөлінеді:

- Көбік эмульсиялы, $K_{\kappa} < 3$;
- төменгі еселік көбігі, $3 < K_{\kappa} < 20$;
- орташа еселік көбігі, $20 < K_{\kappa} < 200$;
- жоғары еселік көбігі, $K_{\kappa} > 200$.

Өрт сөндіру тәжірибесінде көбіктің барлық төрт түрі де алыну жолына қарамастан қолданылады:

- көбік эмульсия – ерітіндінің бос ағыстарының қосылысы;

Қамбадағы мұнай өртін сөндіру үшін:

- төмен еселікті көбіктер - көбік генераторылармен алынады, онда эжекторлық ауа көбіктендіргіштің ерітіндісімен араласады;

- орташа еселікті көбік эжекционды көбік генераторларының металлды торларында пайда болады;

- Жоғары еселікті көбікті желдеткіштен көбік генераторына ауаны үрлеу нәтижесінде арнайы қондырғыларда немесе перфорирлік беті бар жұқа металлды қабаты бар генераторларда алады.

Көбіктегі газ көлемінің V_r – көбік көлеміне V_k қатысы көбіктің *газ құрамы* деп аталады β :

$$\beta = \frac{V_r}{V_k} \quad (15.2)$$

3) *Көбіктің дисперсиясы.* Көбік дисперсиясы көпіршіктің орташа өлшемімен немесе көбік көпіршіктерінің өлшемі бойынша таралуымен сипатталады. Негізінен дисперсия мәні деп көпіршік өлшеміне кері өлшемді айтады:

$$D_n = \frac{1}{d_{cp}} \quad (15.3)$$

Көбік көпіршігінің орташа диаметрі қаншаға кіші болса, оның дисперсиялығы соншаға үлкен. Көбіктің дисперсиялығы фазалар бөлінісінің меншікті бетімен сипатталады.

Көбік *жоғары дисперсиялық* және *төмен дисперсиялық* болуы мүмкін.

Көбіктің дисперсиялығына көбік түзуші ерітіндінің физико-химиялық қасиеті (беттік қатаю, жабысқақтық және т.б.), фазалардың араласу тәсілі, көбік генераторының конструкциясы маңызды әсерін тигізеді.

4) *Көбіктің жабысқақтығы.* Жабысқақтық көбіктің реологиялық қасиетін сипаттайды, яғни ағылуға мүмкіндігі және *динамикалық жабысқақтық коэффициентімен* - μ , немесе *қозғалу кернеуімен* - σ бағаланады.

Сұйықтыққа қарағанда көбік «қатты дене» қасиетіне ие. Сырттан бұл көбіктің белгілі уақытта өзінің бастапқы пішінін сақтай алатындығында көрінеді.

Көбіктің жабысқақтығы көптеген факторлар мен параметрлерге байланысты, ең алдымен – көбік түзушінің табиғаты, еселігі, дисперсиялығы. Көбіктің динамикалық жабысқақтық коэффициенті оның еселігі мен дисперсиялығының артуымен жоғарылайды.

Уақыт өте көбіктің қартаю процессінде оның жабысқақтығы басында үлкейеді, одан кейін көбік түзушінің түріне байланысты тұрақы болады немесе кішірейеді. Жоғары жабысқақты көбік болып, сұйықтығының ағылу жылдамдығы аз көбіктер болып табылады.

Көбіктің тығыздығы сұйық және газ фазаларының қатынасына байланысты және $0,5 p_1$ –ден (p_1 – сұйық фазаның тығыздығы) $p_{газ}$ –ға жақын мәндерге дейін ауытқуы мүмкін. Өртті сөндіру үшін қолданылатын көбіктің тығыздығы $10-5 \text{ кг/м}^3$ және төмен болады. Көбіктің тығыздығы уақыт бойынша өзгертін шама болып табылады және көбіктің сыну дәрежесіне тәуелді.

5) Көбіктің жылу өткізгіштігі.

Көбіктегі жылу газ көпіршіктері арқылы және осы көпіршіктер арасындағы сұйық қабықшалар арқылы беріледі. Газ фазасы болғандықтан көбіктің жылу өткізгіштігі өте төмен.

6) Көбіктердің электр өткізгіштігі.

Көбіктердің электр өткізгіштігі оның құрамындағы сұйықтық мөлшеріне пропорционал болады. Тәжірибе жүзінде дәлелденген, сұйықтық электр өткізгіштігінің көбіктің электр өткізгіштігіне қатынасы сызықты түрде олардың тығыздықтарының қатынасымен байланысты.

7) Көбіктің тұрақтығы.

Көбіктің тұрақтығы – бұл көбік элементінің (бөлек көпіршіктің, қабықшаның) немесе оның белгілі бөлек көлемінің өмір сүру уақыты. Бос энергиясы бар тұйық жүйе тұрақсыз тепе-теңдікте болады, сондықтан мұндай жүйенің энергиясы әрқашан кішіреюге ұмтылады. Бұл процесс бос энергия минималды мәніне жеткенге дейін жүреді, бұл кезде жүйеде тепе-теңдік орнығады. Мысалы, егер де жүйе сұйықтық пен газдан тұрса, онда бос энергия өзінің минималды мәніне фазалардың бөліну беті минималды болған кезде жетеді.

Көбіктің тұрақтығы деп көбік алынған сұйықтықтың 50% бөлінген кездегі уақытты атайды. Бұл шама меншікті болып табылады, өйткені өрт сөндірген кезде көбік жоғарыда қарастырылған факторлар (сұйық фазаның синерезисі және капиллярлы күштің әсерінен көпіршік қабырғаларының жұқаруы) есебінен ғана емес, сонымен қатар көбіктің сығылуы (қозғалыс кезіндегі үйкелес күші) сияқты фактор да; қоршаған ортаның термиялық әсері (жаннанып жатқан сұйықтықпен немесе бетпен әсер, жалыннан бөлінетін сәулелік жылу ағысы) және конвективті ағыстар да көбіктің ыдырауына әсер етеді.

2. Көбік түзушілердің қасиеттері және беттік активті заттар

Таза сұйықтықтар беттік кернеуі жоғары болғандықтан көбік түзбейді. Беттік-активті заттардың (ББЗ) беттік кернеуді сұйықтық-газ немесе сұйықтық-сұйықтық бөлінісі шекарасында төмендету ББЗ молекулаларының фаза бөлінісінің бетіне жиналу қасиетімен түсіндіріледі. Бұл өз кезегінде ББЗ молекулаларының құрылысымен анықталады. ББЗ молекулалары гидрофобты бөліктен және гидратталатын гидрофильды топтан тұрады. ББЗ-ға сұйықтық енгізгенде соңғының молекулаларының беттіктің газ ортасымен бөлінісінде адсорбациясы жүреді. Осыдан беттік қабат пайда болады, онда ББЗ молекулалары былай орналасқан: молекуланың гидрофильды бөлігі су фазасында, ал гидрофобты бөлігі дисперсті фазаға (газ ортасына) қарай бағытталған.

Көбік түзушілердің құрамы мен қолдануына байланысты классификациясы:

Көбік түзушілер және көбік тағайындалуы бойынша, құрамы бойынша, беттік-белсенді заттардың химиялық табиғаты бойынша және түзілу тәсілі бойынша бөлінеді.

Негізгі беттік-белсенді заттың табиғаты бойынша:

- протеинды (ақуызды);

- синтетикалықкөмірсутекті;

- фторқұрамды.

Түзілу тәсілі бойынша:

- химиялық (конденсациялық);

- ауа-механикалық;

- барботажды;

- ағысты.

Қолдануы бойынша көбік түзушілерді бөледі:

- жалпы қолданыстағы;

- арнайы қолданыстағы;

- қабықша түзетін.

Құрылысына байланысты көбіктер жоғары дисперсті және қатаң дисперсті болып бөлінеді.

3. Жану процесін көбікпен тоқтату механизімі.

Көбіктің ЖС-пен жанып жатқан бетке беру моментінен бастап жалпы қабат түзгенге дейін әсерлесуі құбылыстар кешені болып табылады. Осы құбылыстарды жеңілдетіп негізгі моменттерді бөлуге болады:

- Жанғыш сұйықтықты сөндіргенде оның бетінде көбіктің жалпы қабатының түзілуі екі қарама-қарсы бағытталған жылдамдық арақатынасына тәуелді: бір жағынан көбіктің жанғыш сұйықтықтың бетінде ыдырау жылдамдығы, ал екінші жағынан көбікті беру қарқындылығы. Егер көбікті беру қарқындылығы оның ыдырау жылдамдығынан артық болса, онда жанғыш бетте жалпы қабат бірден түзіледі, өйткені уақыт өте көбіктің ыдырау жылдамдығы жанғыш сұйықтықтың сууына байланысты төмендейді, сонымен бірге осы қабаттың қалыңдау жылдамдығы және оның жанғыш сұйықтық бетімен ағылу жылдамдығы да артады. Ал егер көбік беру қарқындылығы оның ыдырау жылдамдығынан төмен болса, онда жалпы қабат бірден түзілмейді, ол жанғыш сұйықтықтың температурасы төмендегенде уақыт өте, көбік беру процессі оның ыдырауанан артқаннан кейін түзіле бастайды.

- Жанғыш сұйықтықтың қызған қабатын көбікпен суыту сұйықтықтың булану жылдамдығын төмендетеді, осының салдарынан жану аймағындағы жанғыш заттың концентрациясы, химиялық реакция жылдамдығы, жылу бөліну жылдамдығы және жану температурасы төмендейді.

- ЖС бетінде көбіктің жалпы қабаты түзілгеннен кейін ол жанғыш сұйықтықтың бір бөлігін жалынның сәулелік ағысынан қоршайды және жоғарғы қызған қабатты суытады. Бұл жанғыш сұйықтықтың қызған қабатының температурасының төмендеуіне әкеледі және соның салдарынан тотығу реакциясының жылдамдығы, бөлінетін жылу мөлшері және жану температурасы төмендейді.

- Сұйықтықтың бетінде көбік қабаты белгілі қалыңдыққа жеткеннен кейін ол жанғыш сұйықтықтан бөлінетін булардың жану аймағына өтуіне кедергі келтіреді. Сонымен, көбік жанып жатқан сұйықтықты (дәлірек, оның буларын) жану аймағынан оқшалайды және жану тоқтайды.

Көбік арқылы сөндіргенде әсер ететін қарастырған үш негізгі фактордан басқа тағы да қосалқылары бар. Оларға жатады:

- Жанғыш қоспаны жану аймағында су булары арқылы сұйылту: көбік ыдырағанда көбік түзгіштің ерітіндісінің (негізінен су) бір бөлігі буланады, ал қалғаны төменге ағып кетеді. Пайда болған бу ЖС буларымен жану аймағына өтеді. Бұл жану аймағында концентрацияның төмендеуіне, яғни жылу бөліну реакциясы жылдамдығының және жану температурасының төмендеуіне әкеледі;

- Жану аймағын су буымен суыту. Жану аймағына түскен су булары жанғыш заттың концентрациясын ғана төмендетпейді, сонымен қатар осы аймақты суытады. Бұл реакция аймағынан жылуды жоғалтуды үлкейтеді, яғни жану температурасын төмендетеді.

Сонымен, сенімді сөндіру үшін жанғыш сұйықтықтың булары жану аймағына өте алмайтындай жанғыш сұйықтықтың бетіне көбіктің қабатын төгу керек. Сондықтан ауа-механикалық көбік оқшалауғыш өрт сөндіру құралдарына жатады.

Су әртүрлі материалдар мен заттардың жануымен байланысты өрттерді сөндіруде кеңінен қолданылатын зат болып табылады. Судың ерекшелігі оның арзандығы мен қолайлылығында, салыстырмалы жоғары үлесті жылу сыйымдылығы, буланудың жоғары жасырын жылуы, көптеген материалдар мен заттарға қатысты химиялық инерттілігі. Судың жетіспеушілігіне оның жоғары жылу өткізгіштігі (әсіресе егер суды оның өрт сөндіргіш және эксплуатациялық қасиетін арттыратын қоспалармен қолданған жағдайда), суландырудың салыстырмалы төмен қасиеті, сөндіру объектісіне жеткіліксіз адгезия және т.б.

Сонымен қатар, су, нәтижелі суландырғыш болып табылғандықтан жанып жатқан объектімен көршілес объектілердің от алуынан қорғауға кең қолданылады, мысалы, мұнай өнімдерінің резервуарларын басқа өрт сөндіру құралдарымен сөндіргенде суыту.

14.1. кестесінде су негізді өрт сөндіргіш құралдар, олардың қолдану аймағы мен қолдану шегі көрсетілген.

Судың өрт сөндіргіш қасиетін арттыру үшін шашыранды немесе жіңішке шашыранды су қолданылады (14.1. кесте). Соңғы уақытта аэрозольды шашыранды су кең қолдану табуда, тамшылардың орташа диаметрі шамамен 50 мкм. Мұндай күйде су сұйықтық пен газ аралығындағы күйде болады және өрт сөндірудің газ және сұйықтық қасиетін иемденеді. Судың аэрозольды түрін алу үшін не қатты ысытылған су жіберіледі, не арнайы шашыратқыштар арқылы қысыммен газға қанакқан (CO_2 судағы ерітіндісі) су жіберіледі.

Судың суландырғыш (өту) қасиетін арттыру үшін оған әр түрлі *суландырғыштар* қосады, олар беттік кедергінің төмендеуіне байланысты шашыраған судың дисперсиясының артуына әкеледі.

Полиоксиэтиленнің су ерітінділері "тайғақ су" атауын алды. Полимердің сызықты молекулалары ағыс бойымен орналасады да, оның турбулизациясын төмендетеді, ал бұл құбырлардың өткізгіштік қасиетінің жоғарылауына әкеледі. Сонымен қатар суда еритін полимерлі қоспаларды өрт сөндіру құралының жанып жатқан объектіге адгезиясын жоғарлату үшін де қолданылады. Мұндай қоспалар "жабысқақ су" атауын алды.

Сонымен қатар судың өрт сөндіру қасиетін жоғарлату үшін бейорганикалық тұздардың қоспаларын қолданылады.

Суды онымен қатты әсерлескенде жылу, жанғыш және коррозиялық-белсенді газдар бөлетін заттарды сөндіруге қолдануға болмайды. Мұндай заттарға көптеген металлдар, металлоорганикалық қосылыстар, карбидтер мен металлдардың гидридтері, бөлінген көмір және темір жатады.

Сонымен қатар, сумен мұнай мен мұнай өнімдері өртін сөндіруге болмайды, өйткені жанып жатқан өнімдердің шашылуы немесе бөлінуі мүмкін. Сонымен бірге компакты су ағысымен шаңды сөндіруге болмайды, өйткені ол жарылғыш орта құруы мүмкін.

Су өрт сөндіруде қолданылатын ең көп таралған және уневерсальды заттардың бірі болып табылады.

Жанып жатқан ағаш бетіне су берілген кезде ол материалдың беттік қабатын суытады, берілу мөлшеріне байланысты судың бір бөлігі немесе барлық су буланып кетеді (14.1 суретте жану процессінің және ағаш үлгісінің горизонтальды бетінің үстіндегі жалынды сөндіру сызбасы көрсетілген). Егер барлық су буланып кетпесе, онда оның жанғыш материалдың бетіндегі қабаты материалды жылу ағысынан қаршайды. Беттік қабаттағы температура төмендейді және ішкі қабаттар суып үлгермесе де, жану тоқтайды, өйткені өздігінен жану процессіне қажетті жанғыш газ жалын фронтына қажетті мөлшерде келмейді. Сонымен қатар, өрт сөндіруге судың буы да әсер етеді. Олар ағаш бетінен жоғары қарай көтеріліп, жанғыш газды теңгерімдейді және тұтану мүмкіндігін төмендетеді. Жану аймағына жетіп, булар ол арқылы ысыйды да, жану температурасын төмендетеді.

Бақылау сұрақтары.

1. Көбіктің параметрлері мен сипаттамасы.
2. Көбіктің еселігі деп нені атайды? Көбіті еселік бойынша қалай классификациялайды?
3. Көбіктің еселігі оның ыдырау қарқындылығына қалай әсер етеді? Бұл құбылыс немен түсіндіріледі?
4. Сұйықтықты сөндіру процессінде көбіктің ыдырауы қандай рөл атқарады?

Пайдаланылган әдебиеттер

1. Демидов П.Г., Шандыба В.А., Щеглов П.П. Горение и свойства горючих веществ. - М. 1981.
2. Абдурагимов И.М., Андросов А.С., Исаева Л.К., Крылов Е.В. Процессы горения. - М. 1984..
3. Джумагалиев Р.М. Теория горения и тушения пожаров. - Алматы, 1998.
4. Хасанова Г.Ш. Учебно-методический комплекс дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения пожаров». – Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК, 2011.
5. Крольченко А.Я. Процессы горения и взрыва. - М.: Пожнаука, 2007.
6. Монахов В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ. - М. Химия, 1979.
7. Крольченко А.Я. , Крольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. - М.: Пожнаука, 2004.

03.04.2018 ж. басылым шығаруға қол қойған
Пішімі 210/297x1/80
Мөр RISO
Баспа табақ көлемі 3,6 Тапсырыс № 94
Таралымы 50

Қазақстан Республикасы ІІМ ТЖК КТИ ҒЗ және РБЖҰБ бойынша бөлімінің
типографиясында басылып шығарылды
(020000, Ақмола облысы, Көкшетау қ., Ақан сері көшесі, 136
Тел.: 8(7162) 25-58-59