

**Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігі
М. Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы**

**Жалпы техникалық пәндер, ақпараттық жүйелер және
технологиялар кафедрасы**

Беркимбаева А.О.

«Жану және жарылыс теориясы» пәні бойынша

ОҚУ-ӘДІСТЕМЕЛІК ҚҰРАЛ

Көкшетау – 2026 ж.

«Жану және жарылыс теориясы» пәні бойынша оқу-әдістемелік құрал. I бөлім. – Көкшетау: Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігі Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы, 2026.

Автор: Беркимбаева А.О. – жалпы техникалық пәндер, ақпараттық жүйелер және технологиялар кафедрасының аға оқытушысы, азаматтық қорғау подполковнигі

Рецензенттер:

Макеева Л.А. – биология ғылымдарының кандидаты, А. Мырзахметов атындағы Көкшетау университетінің экология, тіршілік қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау кафедрасының меңгерушісі

Жағұпаров Ж.Е. – Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігі М. Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы Төтенше жағдайларда қорғау кафедрасының профессоры, философия докторы (PhD), подполковник

Оқу-әдістемелік құрал Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігі Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясында «6B12302 – Өрт қауіпсіздігі», «6B12303 – Төтенше жағдайлардан қорғау», «6B12304 – Өрт сөндіру және авариялық-құтқару ісі» білім беру бағдарламалары бойынша білім алатын курсанттарға арналған.

Аталған оқу-әдістемелік құрал пән құрылымының бірінші бөлімі болып табылады және жану процесінің материалдық балансы мен жанғыш заттардың химиялық табиғаты және өрт қауіптілігі мәселелерін қамтиды. Құралда жану реакцияларының стехиометриялық негіздері, ауа мөлшерін және жану өнімдерінің көлемін есептеу әдістемесі, артық ауа коэффициенті, толық және толық емес жану өнімдері, түтіннің түзілу механизмі қарастырылады. Сонымен қатар көмірсутектердің, оттегіқұрамды, азот- және күкіртқұрамды қосылыстардың, сондай-ақ полимерлік материалдардың өрт қауіпті қасиеттері талданады.

Оқу-әдістемелік құрал Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігі Азаматтық қорғау академиясының Оқу-әдістемелік кеңесімен мақұлданды және баспаға ұсынылды.

Хаттама № ____ «___» _____ 2026 ж.

© Қазақстан Республикасы
Төтенше жағдайлар министрлігі
М. Ғабдуллин атындағы
Азаматтық қорғау академиясы, 2026

Мазмұны

Қысқартулар тізімі	4
ЖАЛПЫ ӘДІСТЕМЕЛІК НҰСҚАУЛАР	5
ҰСЫНЫЛАТЫН ӘДЕБИЕТТЕР	9
1-бөлім. Жану процесінің материалдық балансы.....	11
1.1. Жану туралы жалпы мәліметтер	11
1.2. Жану процесі химиялық реакция ретінде	17
1.3. Жанудағы стехиометрия	24
1.4. Жану процесінің материалдық балансы.	31
2-бөлім. Жанғыш заттардың химиялық табиғаты және өрт қауіптілігі.....	43
2.1. Көмірсутектердің өрт қауіпті қасиеттері	43
2.2. Құрамында оттегі бар заттардың өрт қауіпті қасиеттері	50
2.3. Құрамында азот және күкірт бар заттардың өрт қауіпті қасиеттері	57
2.4. Полимерлі материалдардың өрт қауіпті қасиеттері	65
Әдебиеттер тізімі	73

Қысқартулар тізімі

ИЮПАК – Халықаралық таза және қолданбалы химия одағы (International Union of Pure and Applied Chemistry)

ГОСТ – Мемлекеттік стандарт

α – ауаның артық коэффициенті

L – берілетін ауаның нақты мөлшері

L₀ – ауаның теориялық қажетті мөлшері

V_{пг}⁰ – жану өнімдерінің теориялық көлемі

м³ – текше метр

кг – килограмм

моль – зат мөлшерінің өлшем бірлігі

ЖАЛПЫ ӘДІСТЕМЕЛІК НҰСҚАУЛАР

«Жану және жарылыс теориясы» пәні бойынша оқу-әдістемелік құрал 6B12302 – «Өрт қауіпсіздігі», 6B12304 – «Өрт сөндіру және авариялық-құтқару ісі», 6B12303 – «Төтенше жағдайларда қорғау», 6B12191 – «Азаматтық қорғаныс күштерінің командалық-тактикалық» білім беру бағдарламалары бойынша жұмыс оқу бағдарламасына (силлабусқа) сәйкес әзірленді.

Пән азаматтық қорғау жүйесінің болашақ мамандарын даярлаудың жаратылыстану-ғылыми негізін қалыптастыратын базалық кәсіби-бағдарланған пәндер қатарына жатады.

Мамандарды даярлау құрылымындағы пәннің орны

«Жану және жарылыс теориясы» курсанттардың инженерлік даярлау жүйесінде негізгі орын алады. Пәнді меңгеру жану мен жарылыс процестерінің пайда болу, даму және тоқтау физика-химиялық механизмдері туралы іргелі білімді қалыптастыруды қамтамасыз етеді.

Алынған білім келесі пәндерді одан әрі зерделеу үшін теориялық негіз болып табылады:

- «Өрттің дамуы мен сөндіруінің физика-химиялық негіздері»
- «Технологиялық процестердің өрт қауіпсіздігі»
- «Құрылыстағы өрт қауіпсіздігі»

Пән химия, физика, термодинамика және математика салаларындағы білімдерді біріктіреді және курсанттарда өрт-жарылыс қауіпті процестерді кәсіби қызмет объектісі ретінде жүйелі түсінуді қалыптастырады.

Пәннің мақсаты мен міндеттері

– Пәнді оқытудың мақсаты – курсанттарда жану және жарылыс процестерінің заңдылықтары туралы ғылыми білімдер жүйесін қалыптастыру, өрт-жарылыс қауіпті жағдайларды болжау қабілетін дамыту және төтенше жағдайлар жағдайында негізделген инженерлік шешімдер қабылдау дағдыларын жетілдіру.

Пәннің міндеттері мыналарды қамтиды:

- жану және жарылыс процестерінің пайда болу, өту және тоқтау механизмдері туралы білім қалыптастыру
- жану процесінің материалдық және энергетикалық балансын есептеу әдістемесін меңгеру
- заттар мен материалдардың өрт және жарылыс қауіптілігінің сандық көрсеткіштерін зерделеу
- сыртқы факторлардың жанғыш жүйе параметрлеріне әсерін талдау дағдыларын дамыту
- өрттер мен жарылыстар салдарын болжау әдістерін меңгеру
- алынған білімді кәсіби міндеттерді шешуде қолдану білігін қалыптастыру

Оқу нәтижелері және қалыптастырылатын құзыреттер

Пәнді меңгеру нәтижесінде курсанттар:

түсінігі болуы тиіс:

- жану кезіндегі тізбекті реакциялар механизмдері туралы

- жалынның таралуының теориялық модельдері туралы
- жанудың жарылысқа ауысу заңдылықтары туралы
- детонация және соққы толқындарының параметрлері туралы білуі тиіс:

- жану процестерінің физика-химиялық негіздерін
- жанғыш заттар мен материалдардың жіктелуін
- өрт қауіптілігінің сандық көрсеткіштерін
- қысымды, температураны және жану өнімдерінің құрамын есептеу

әдістерін

істей алуы тиіс:

- жану реакцияларының теңдеулерін құрастыру
- қоспалардың стехиометриялық құрамын есептеу
- ауа мен жану өнімдерінің көлемін анықтау
- жанудың жылулық әсерін және температурасын есептеу
- өздігінен тұтану және жарылыс жағдайларын талдау

дағдыларды меңгеруі тиіс:

- заттардың өрт қауіптілігін сандық талдау
- өрттің дамуын болжау
- жарылыстың қиратушы әсерін бағалау
- кәсіби міндеттерді шешу кезінде нормативтік құжаттарды қолдану

Пәнді оқытудың әдіснамалық негізі

«Жану және жарылыс теориясы» пәнін оқыту дәстүрлі академиялық оқыту әдістерін азаматтық қорғау жүйесінің болашақ мамандарының кәсіби ойлауын қалыптастыруға бағытталған заманауи педагогикалық технологиялармен үйлестіру негізінде жүзеге асырылады [1].

Негізгі әдіснамалық тәсілдер ретінде қолданылады:

- проблемалық оқыту
- кейс-технологиялар
- есептік-талдамалық әдіс
- пікірталастық және интерактивті оқыту элементтері

Проблемалық оқыту әдісі:

Проблемалық оқыту теориялық материалды баяндау барысында қолданылады және курсанттарда жану және жарылыс процестеріндегі себеп-салдарлық байланыстарды өз бетінше анықтау қабілетін қалыптастыруға бағытталған [2].

Проблемалық дәріс келесі алгоритм бойынша құрылады:

- кәсіби тұрғыдан маңызды жағдайды тұжырымдау
- проблемалық сұрақ қою
- бастапқы деректерді талдау
- болжамдар ұсыну
- шешімді математикалық немесе физика-химиялық негіздеу
- қорытынды тұжырымдау

– Мұндай құрылым білімді берумен қатар, курсанттарда өрт-жарылыс қауіпті жағдайларды бағалау кезінде қажетті талдамалық ойлау дағдысын қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Пәнді оқытуда кейс-технологияларды қолдану

Проблемалық әдіспен қатар кафедра оқытушылары нақты немесе модельденген кәсіби жағдайларды талдауға негізделген кейс-технологияларды қолданады.

Кейс – талдауға арналған бастапқы деректерді қамтитын нақты өрт-жарылыс қауіпті жағдайдың сипаттамасы: жанғыш қоспаның құрамы, ортаның жағдайлары, температуралық параметрлер, компоненттердің концентрациясы, объектінің конструктивтік ерекшеліктері [3].

Кейспен жұмыс келесілерді көздейді:

- бастапқы жағдайларды талдау
- тәуекел факторларын анықтау
- сандық параметрлерді есептеу (ауа көлемі, жану температурасы, жарылыс қысымы және т.б.)

- оқиғаның ықтимал даму барысын бағалау
- негізделген профилактикалық немесе жедел шешімдер әзірлеу

Кейс-технологияларды қолдану мыналарды қамтамасыз етеді:

- теориялық материалды кәсіби тәжірибемен байланыстыру
- ұжымдық талқылау және дәлелдеу дағдыларын дамыту
- қабылданатын инженерлік шешімдер үшін жауапкершілікті қалыптастыру

- курсанттарды белгісіздік жағдайында жұмыс істеуге даярлау

Кейс-тәсіл әсіресе келесі тақырыптарды зерделеу барысында тиімді:

- материалдық және энергетикалық балансты есептеу
- тұтанудың концентрациялық шектерін талдау
- жанудың жарылысқа ауысуын болжау
- детонациялық процестер салдарын бағалау

Пәннің ерекшелігі курсанттардың жану және жарылыс процестерін сандық талдау әдістерін міндетті түрде меңгеруінде болып табылады. Практикалық сабақтар бастапқы параметрлері өзгертілетін инженерлік есептік міндеттерді шешу негізінде құрылады.

Бастапқы температураның, қысымның, артық ауа коэффициентінің немесе қоспа құрамының өзгеруі вариативті ойлауды қалыптастырудың және жүйенің сыртқы жағдайларға сезімталдығын түсінудің құралы ретінде қолданылады.

Пәннің құрылымы

«Жану және жарылыс теориясы» пәні өзара логикалық байланысқан төрт бөлімнен тұрады.

Осы оқу-әдістемелік құрал пәннің бірінші бөлімі болып табылады және онда пән құрылымының алғашқы екі бөлімі қамтылған:

1-бөлім. Жану процесінің материалдық балансы

2-бөлім. Жанғыш заттардың химиялық табиғаты және өрт қауіптілігі

Бұл бөлімдерде жану процесінің стехиометриялық негіздері, ауа мен жану өнімдерінің көлемін есептеу әдістемесі, артық ауа коэффициенті, толық және толық емес жану өнімдері, түтіннің түзілу механизмі, сондай-ақ көмірсутектердің, оттегікұрамды, азот- және күкірткұрамды қосылыстардың және полимерлік материалдардың өрт қауіпті қасиеттері қарастырылады.

Пән құрылымының келесі бөлімдері:

3-бөлім. Жану процесінің энергетикалық балансы

4-бөлім. Жарылыс процестері

жеке оқу-әдістемелік құралдың екінші бөлімінде (II бөлім) қарастырылатын болады.

Мұндай құрылым пән мазмұнын кезең-кезеңмен меңгеруді қамтамасыз етеді:

жанудың химиялық және материалдық негіздерін түсінуден → процестердің энергетикалық сипаттамаларын талдауға → реакцияның шектік түрі болып табылатын жарылыс құбылыстарын зерделеуге көшу жүзеге асырылады [4].

Бақылау мен бағалауды ұйымдастыру

Материалды меңгеруді бақылау келесі нысандарда жүзеге асырылады:

- дәрістер мен практикалық сабақтардағы ағымдағы бақылау
- №1 межелік бақылау
- №2 межелік бақылау
- қорытынды емтихан

Бағалау теориялық материалды меңгеру деңгейін, есептік дағдылардың қалыптасуын және аналитикалық ойлау қабілетін көрсететін рейтингтік жүйеге сәйкес жүргізіледі.

ҰСЫНЫЛАТЫН ӘДЕБИЕТТЕР

«Жану және жарылыс теориясы» пәнінің ақпараттық қамтамасыз етілуі курсанттарда өрт-жарылыс қауіпті заттар мен материалдардың параметрлерін есептеу бойынша орнықты теориялық білім мен практикалық дағдыларды қалыптастыруға бағытталған.

Әдебиеттерді іріктеу келесі бағыттарды қамтиды:

- іргелі химиялық дайындық
- жану және жарылыс теориясы бойынша мамандандырылған басылымдар

- өрт-жарылыс қауіптілігі жөніндегі анықтамалық материалдар

- нормативтік құжаттар

Ұсынылған дереккөздерді пайдалану дәрістер мен практикалық сабақтарға дайындалу, өзіндік жұмысты орындау, сондай-ақ межелік және қорытынды бақылауға дайындық барысында міндетті болып табылады.

Негізгі әдебиеттер

1. Ахметов Н.С. Жалпы және бейорганикалық химия. – М.: Жоғары мектеп, 2001.

2. Артеменко А.И. Органикалық химия. – М.: Жоғары мектеп, 2000.

3. Демидов П.Г., Шандыба В.А., Щеглов П.П. Жану және жанғыш заттардың қасиеттері. – М.: Химия, 1981.

4. Корольченко А.Я. Жану және жарылыс процестері. – М., 2007.

5. Тарахно Е.В., Трегубов Д.Г., Жерноклев К.В., Хасанова Г.Ш., Казьяхметова Д.Т. Жанудың дамуы және тоқтатылуы теориясы. Практикум. 1-бөлім. – 2017.

6. Тарахно Е.В., Трегубов Д.Г., Жерноклев К.В., Хасанова Г.Ш., Казьяхметова Д.Т. Жанудың дамуы және тоқтатылуы теориясы. Практикум. 2-бөлім. – 2017.

7. Тарахно Е.В., Трегубов Д.Г., Жерноклев К.В., Хасанова Г.Ш., Казьяхметова Д.Т. Жанудың дамуы және тоқтатылуы теориясы. Практикум. 3-бөлім. – 2017.

8. Хасанова Г.Ш. Жанудың дамуы және тоқтатылуы теориясы. Практикум. 4–5-бөлімдер. – 2020.

9. Хасанова Г.Ш. Жану және жарылыс теориясы. Практикалық сабақтарға арналған әдістемелік құрал. – 2017.

Негізгі әдебиеттер пәннің барлық бөлімдерін меңгеру, есептік тапсырмаларды орындау және бақылау іс-шараларына дайындалу барысында пайдаланылады.

Қосымша әдебиеттер

10. Корольченко А.Я. «Заттар мен материалдардың өрт-жарылыс қауіптілігі және оларды сөндіру құралдары» анықтамалығы. 2 бөлімде. – М., 2004.

11. Наумов Г.Б., Рыженко В.Н., Ходаковский И.Л. Термодинамикалық шамалар анықтамалығы. – М., 1971.

12. Хасанова Г.Ш. «Химия» пәні бойынша зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар. – 2022.

Қосымша дереккөздер жекелеген тақырыптарды тереңдетіп зерделеу, баяндамалар дайындау, өзіндік жұмысты орындау және нақты кейстерді талдау барысында пайдаланылады.

Нормативтік құжаттар

–ГОСТ 12.1.044–2018 «Заттар мен материалдардың өрт-жарылыс қауіптілігі. Көрсеткіштер номенклатурасы және оларды анықтау әдістері».

–Қазақстан Республикасының аумағында қолданылатын өрт қауіпсіздігі саласындағы нормативтік құжаттар.

Нормативтік құжаттармен жұмыс істеу заттар мен материалдардың өрт-жарылыс қауіптілігі көрсеткіштерін зерделеу кезінде, сондай-ақ кәсіби бағыттағы қолданбалы есептерді шешу барысында міндетті болып табылады.

Әдебиетпен жұмыс істеу бойынша әдістемелік ұсынымдар

Дәрістер мен практикалық сабақтарға дайындалу кезінде курсанттарға:

–негізгі ұғымдар мен формулаларды бөліп көрсете отырып, жүйелендірілген конспект жүргізу

–әртүрлі авторлардың теориялық қағидаларын салыстырып талдау

–есептік тапсырмаларды орындау барысында анықтамалық деректерді пайдалану

–нормативтік талаптарды кәсіби қызмет контексінде талдау

Өзіндік ғылыми ақпаратты іздеу, талдау және интерпретациялау дағдыларын қалыптастыруға ерекше назар аудару қажет, бұл жұмыс оқу бағдарламасында көзделген оқу нәтижелеріне сәйкес келеді.

1-бөлім. Жану процесінің материалдық балансы

1.1. Жану туралы жалпы мәліметтер

1. Оқытушыға арналған әдістемелік ұсынымдар

Дәрістің мақсаты – курсанттарда жануды физика-химиялық процесс ретінде тұтас түсінік қалыптастыру, оның түрлерін, пайда болу шарттарын және негізгі сыртқы белгілерін ашып көрсету.

Сабақты өткізу барысында проблемалық әдісті және кейс-технология элементтерін қолдану ұсынылады [2].

Дәрісті кәсіби бағытталған проблемалық жағдай қоюдан бастаған жөн:

«Бірдей жағдайларда неге кейбір заттар жарық жалынмен жанады, басқалары бықсып жанады, ал үшіншілері жарылысқа ұшырайды? Процестің өту сипатын қандай параметрлер анықтайды?»

Одан әрі оқытушы курсанттардың болжамдарын тіркей отырып, талқылауды ұйымдастырады және біртіндеп ғылыми түсіндіруге көшеді.

Ұсынылады:

- диффузиялық жалынның құрылым сызбаларын пайдалану
- жалынның әртүрлі түрлерінің бейнелерін көрсету
- сыртқы белгілерді физика-химиялық механизмдермен салыстырып

талдау

Дәріс соңында теориялық қағидалардың азаматтық қорғау офицерінің кәсіби қызметімен байланысын көрсету қажет.

2. Курсанттарға арналған әдістемелік ұсынымдар

Тақырыпты зерделеу барысында:

- жану процесінің анықтамасын меңгеру
- жану мен тотығу арасындағы айырмашылықты түсіну
- жану түрлерінің жіктелуін білу
- жанудың пайда болу шарттарын түсіндіре алу
- жалын құрылымын талдай алу

Реакцияның өту шарттары мен процестің сыртқы белгілері арасындағы өзара байланысқа ерекше назар аудару қажет.

3. Дәріс тезисі

Қарастырылатын сұрақтар:

1. Жану туралы жалпы мәліметтер.
2. Жану түрлері мен режимдері.
3. Жалынның құрылымы мен түсі.

1. Жану туралы жалпы мәліметтер және оның пайда болу механизмі

Жану — бұл жылу бөле жүретін, тотығу-тотықсыздану сипатындағы, өзін-өзі ұстап тұратын физика-химиялық процесс. Ол жанғыш зат пен тотықтырғыштың өзара әрекеттесуінен туындайды. Көп жағдайда жану құбылысы жылу, жарық, жалын, түтін және жану өнімдерінің бөлінуімен қатар жүреді [5].

Қарапайым тілмен айтқанда, жану — бұл бір рет басталғаннан кейін бөлінген жылудың арқасында өздігінен жалғасатын ерекше химиялық реакция.

Бұл қасиет — өзін-өзі қолдаушылық — жануды коррозия немесе биологиялық тотығу сияқты басқа үрдістерден айрықшалайды.

Жану процесінің жүруі үшін үш негізгі шарттың орындалуы қажет. Бұл шарттар жиі «жану үшбұрышы» түрінде ұсынылады:

- Жанғыш зат — тотығуға қабілетті қатты, сұйық немесе газ тәріздес зат;
- Тотықтырғыш — көбіне ауадағы оттегі, бірақ фтор, хлор немесе азот тотығы да болуы мүмкін;
- Тұтану көзі — реакцияны бастауға қажетті жылу немесе энергия көзі.
- Егер осы үш құрамдастың бірі болмаса, жану процесі жүрмейді.



Сурет 1 – Жану үшбұрышы

Жанғыш заттың тұтануы — бұл заттың қыздырылу және дайындық күйінен белсенді жану фазасына өту үдерісі. Бұл үдерісті келесі кезеңдер арқылы сипаттауға болады:

1. Қыздыру. Тұтану көзі (ашық жалын, ұшқын, қызған бет, үйкеліс және т.б.) жанғыш затты қыздыруды бастайды. Белгілі бір температураға жеткенде сұйықтар үшін — булану, қатты заттар үшін — термиялық ыдырау басталады.

2. Жанғыш ортаның түзілуі. Жылу әсерінен бөлінген бу немесе газ тәрізді ыдырау өнімдері ауа құрамындағы оттеппен араласып, жанғыш қоспа түзеді.

3. Тұтану температурасына жету. Жеткілікті қыздырылғанда молекулалардың химиялық байланыстары үзіліп, белсенді бөлшектер — радикалдар түзіледі (мысалы, $\text{OH}\cdot$, $\text{H}\cdot$, $\text{O}\cdot$). Бұл радикалдар тізбекті реакцияларға қатысып, жану процесін жалғастырады.

4. Экзотермиялық реакция. Радикалдар оттеппен әрекеттесіп, жылу бөледі. Бұл жылу қалған жанғыш заттың булануын немесе ыдырауын жалғастырады. Осылайша, реакция өзін-өзі қолдап тұрады.

5. Жалынның таралуы. Реакция аймағында жалын фронты қалыптасады, ол қоршаған ортаға таралады. Бұл таралу жылдамдығы қоспаның құрамы, қысым, температура, компоненттердің араласу тәсілі мен ағынның турбуленттілігі сияқты факторларға байланысты болады.

6. Жанудың өзін-өзі қолдауы. Егер жану аймағына жанғыш зат пен оттек үнемі жеткізіліп тұрса және жылу шығыны бөлінген жылудан аз болса — жану процесі үздіксіз жалғасады.

Көрнекі мысал: от жағу. Алдымен сіріңкені жұқа шөпке апарасыз — ол қызады, шылымдана бастайды, бу бөлінеді. Кейін — жалын тұтанады. Бұл — тұтану сәті. Егер айналада ауа жеткілікті болса және отын қоссаңыз — от лаулап жана бастайды. Бірақ егер отқа су құйсаңыз немесе көрпемен жауып тастасаңыз — оттекке жол жабылады, жылу тарайды, және жану тоқтайды.

2. Жанудың түрлері

Жану процестерін дұрыс жіктеу — олардың жүру ерекшеліктерін түсінуге, өрт пен жарылыс қауіпін бағалауға, сондай-ақ сөндірудің тиімді әдістерін таңдауға мүмкіндік береді. Жанудың бірнеше түрі бар, олар келесі белгілер бойынша бөлінеді:

1. Жанғыш қоспа компоненттерінің агрегаттық күйіне қарай:

– Гомогенді жану — бұл газ фазасында өтетін жану, мұнда жанғыш зат пен тотықтырғыш алдын ала араласқан және біртекті қоспа түзген. Мысалы: газдардың, сұйықтық буларының ауада жануы. Мұндай жағдайда химиялық реакция бүкіл көлемге толқын тәрізді таралады.

– Гетерогенді жану — бұл жану кезінде фазалық шекара болады, яғни жанғыш зат (қатты не сұйық күйде) мен тотықтырғыш әртүрлі фазада орналасады. Мұндай жану ағаш, керосин, көмір сияқты заттарға тән [2]. Жану процесі жанғыш заттың бетінде жылу тасымалы мен оттегінің диффузиясына тәуелді жүреді.

2. Жалынның таралу жылдамдығына байланысты:

– Дефлаграциялық жану — жалын фронты ортадағы дыбыс жылдамдығынан баяу таралады. Химиялық реакция жылу өткізгіштік пен диффузия арқылы таралады. Мысал ретінде — газ плитасындағы жалынды келтіруге болады.

– Детонациялық жану — бұл жағдайда жалын фронты дыбыс жылдамдығынан артық жылдамдықпен таралып, соққы толқынымен бірге жүреді. Мұндай процесс — өте қауіпті және көбіне жабық көлемдегі парогаз қоспалары тұтанғанда пайда болады.

3. Жанғыш қоспаның түзілу тәсіліне байланысты:

– Кинетикалық жану — жану алдын ала дайындалған біртекті (гомогенді) жанғыш және тотықтырғыш қоспада жүреді. Мұндай реакциялар химиялық кинетиканың заңдылықтарына бағынады және тұтану мен жану жылдамдығын зерттеуде маңызды рөл атқарады.

– Диффузиялық жану — мұнда компоненттер (жанғыш зат пен тотықтырғыш) алдын ала араласпайды. Олар реакция аймағына әртүрлі көздерден түседі, ал жану — осы компоненттердің түйісу аймағында жүреді және диффузия жылдамдығымен шектеледі. Мұндай мысал — газдың ауада немесе сұйық отынның факел түрінде жануы [3].

4. Ағынның газдинамикалық режиміне байланысты:

– Ламинарлық жану — газ тәрізді ортаның реттелген, қабатты ағысы кезінде байқалады. Жалын фронты тұрақты әрі баяу таралады. Көбінесе зертханалық тәжірибелерде кездеседі.

–Турбулентті жану — газ ағыны құйын тәрізді, ретсіз қозғалғанда байқалады. Мұндай кезде жалынның таралуы тез, жану қарқыны жоғары және тұрақсыз болады. Нақты өрт жағдайларында, әсіресе газдардың жоғары жылдамдықпен қозғалуы мен кеңістіктің үлкен болуы кезінде, көбінесе дәл осы режим байқалады [3].

Мұндай жану түрлерінің егжей-тегжейлі жіктелуі жалынның әртүрлі жағдайда қалай әрекет ететінін нақты бағалауға, өрттің даму ықтималдығын болжауға және тиісті алдын алу немесе сөндіру шараларын қолдануға мүмкіндік береді.

3. Жалынның құрылысы мен түсі

Жалын — бұл жану процесінің көзге көрінетін бөлігі, онда заттардың жылу мен жарық бөле отырып, химиялық түрленуі жүреді. Жалын — жаңа заттардың түзілуімен, температураның жоғарылауымен, сәуле шығарумен, сондай-ақ масса мен энергияның тасымалдануымен қатар жүретін интенсивті экзотермиялық реакциялар аймағы.

Жалынның құрылымын шартты түрде үш негізгі аймаққа бөлуге болады. Әрқайсысының өзіне тән сипаттамасы бар:

Кесте 1 – Жалынның құрылысы

Жалын аймағы	Сипаттамасы
1.Дайындық аймағы	Жалынның түбінде орналасқан. Мұнда жанғыш зат қыздырылып, буланады және (қатты/сұйық заттар үшін) ыдырай бастайды.
2. Жану аймағы	Негізгі реакция аймағы. Мұнда жанғыш зат буының немесе газының оттекпен қарқынды әрекеттесуі жүреді және жылу бөлінеді.
3.Жану өнімдерінің аймағы	Реакция аймағынан жоғары орналасады. Мұнда жану аяқталады, өнімдер салқындайды және қоршаған ортаға таралады.

Жалынның түсі мен сипаты бірнеше факторларға байланысты, соның ішінде ең маңыздылары:

- реакция аймағындағы температура;
- жанатын заттың құрамы;
- оттек пен жанғыш заттың арақатынасы;
- жанбаған бөлшектердің (мысалы, күйе, аэрозольдер) болуы;
- металдар мен олардың тұздарының, басқа химиялық элементтердің қоспалары.

Кесте 2 – Оттек мөлшерінің жалын түсіне әсері

Оттек пен жанғыш зат	Жалын сипаттамасы	Түсі
----------------------	-------------------	------

арақатынасы		
Оттектің артық мөлшері	Толық жану, жоғары температуралы жалын	Көгілдір, көк
Стехиометриялық қатынас	Ең қарқынды жалын, күйе түзілуі жоққа жақын	Жарқын, ашық қызғылт-сары
Оттектің жетіспеуі	Толық жанбау, күйе бөлінуі	Сарғыш, түтінді

Жарқырайтын (люминесцентті) жалын — бұл көмірсутектердің толық жанбауы кезінде түзілген күйе бөлшектерінің қызуынан пайда болатын жарық шығару нәтижесі. Бұл бөлшектер жалын аймағында 800–1000 °C температураға дейін қызады және көрінетін жарық шығарады, нәтижесінде жалынға сары-қызғылт реңк береді. Күйе неғұрлым көп болса — жалынның жарықтығы мен түтінділігі соғұрлым жоғары болады.

Керісінше, егер жану толық жүрсе (мысалы, метанның артық оттеппен жануы кезінде), жалын дерлік түссіз немесе көгілдір болады. Бұл жарық — CH , C_2 , CN тәрізді қозған молекулалар мен радикалдардың сәуле шығаруынан пайда болады [4].

Кесте 3 – Өртүрлі заттардың жану кезіндегі жалын түсі

Зат немесе элемент	Жалын түсі	Түс пайда болу себебі / Бақылау ерекшелігі
Алюминий (Al)	Ақ, көз қарықтырарлық	Жоғары температура, Al_2O_3 бөлшектерінің жарқырауы
Мыс және оның тұздары	Жасыл немесе көк	Қозған мыс атомдарының сәуле шығаруы
Натрий (Na)	Ашық сары	Na-ның спектрлік сызығы (589 нм), өте аз мөлшерде де жақсы көрінеді
Калий (K)	Күлгін	Күлгін реңктер, көк сүзгі арқылы жақсы байқалады
Барий (Ba)	Ашық жасыл	Көбіне пиротехникада қолданылады
Стронций (Sr)	Қызыл, карминді	Сигналдық ракеталарда жиі қолданылады
Магний (Mg)	Ақ, өте жарық	Өте жоғары температурада қарқынды сәуле шығарады
Бензин, керосин, ағаш	Сары, түтінді	Күйенің түзілуі және оның жарқырауы
Метан, сутек, спирт	Көгілдір, дерлік түссіз	Толық жану, күйенің болмауы

Жалынның құрылымы мен түсінің ерекшеліктерін түсіну — тек теориялық білім ғана емес, өрт орнына келген өрт сөндіруші үшін практикалық маңызы зор. Оқиға орнын көзбен алғашқы шолудың алғашқы секундтарында-ақ

жанудың сипаты, жанғыш материал түрі мен ықтимал қауіп туралы маңызды болжамдар жасауға болады.

Елестетіңіз: есептоп (расчёт) өрт орнына келіп жетті. Егер көру шектелген болса немесе ғимарат ішіне бірден кіру мүмкін болмаса — жалынның түсі, факелдің биіктігі, күйенің болуы мен иіс арқылы маңызды ақпарат алуға болады:

– Сары, түтінді жалын мен қою қара түтін — көбіне полимерлер, резеңке, пластик, шиналар немесе мұнай өнімдері жанғанда байқалады. Мысалы, автокөлік шиналары жанғанда жалын тығыз, қызғылт-сары түсті, ал түтін — қара, өткір иісті және тұншықтырғыш болады.

– Ашық сары, жалпылдақ жалын мен ұшқындар — шөп, сабан, ағаш сияқты материалдардың жануына тән. Әсіресе олар ылғалды болса — ақшыл түсті бу мен түтін, күйік иісі сезіледі.

– Жарқын көгілдір немесе көкшіл, кейде дерлік көрінбейтін жалын — көбіне пропан немесе метанның жануы кезінде байқалады. Мұндай факелдер тұрмыстық немесе магистралдық газдың ағып кетуі кезінде болады. Бұл өрттер өте қауіпті: жалын жоғары температуралы әрі күндізгі жарық фонында көзге көрінбеуі мүмкін.

– Ақ, көз қарықтырарлық жалын мен ұшқындар — көбіне магний, алюминий немесе басқа металдардың жануынан болады. Мұндай жағдайлар аккумулятор батареялары, автокөліктің жеңілқұйма бөлшектері, фейерверк немесе пиротехника жанғанда кездеседі. Металл жануы кезінде арнайы сөндіру тактикасы қажет — мысалы, ұнтақты өрт сөндіргіштерді қолдану.

– Қызғылт немесе жасыл түсті жалын мен қою түтін — металл тұздары немесе химиялық реагенттердің жануын көрсетуі мүмкін. Мұндай жағдайлар тыңайтқыштар, лактар мен бояулар, тұрмыстық химия өнімдері сақталған қоймаларда жиі кездеседі.

– Қызыл-қызғылт жалын мен қатты факел және дыбыстық жарылыстар — көбіне мұнай, мазут немесе бензиннің жануы кезінде болады. Бұл әсіресе резервуарлар жарылғанда немесе жанармай төгілгенде байқалады: өрт күшті жылу толқынымен және қою қара түтінмен жүреді.

– Күлгін немесе қою күлгін реңктердегі жалын — кейде лак, спирт немесе антисептик сияқты заттардың жануы кезінде байқалады. Бұл заттар құрамында калий, барий немесе этанол болуы мүмкін.

Өрт сөндірушінің күнделікті жұмысында бұл білім — жағдайды жедел бағалаудың маңызды құралына айналады. Жалын түсі арқылы оқиға орнындағы қауіп дәрежесін, өрттің даму жылдамдығын және тиімді сөндіру тәсілін анықтауға болады. Сонымен қатар, түтіннің уыттылық деңгейін алдын ала болжауға көмектеседі — мысалы, пластмассалар жанғанда өте қауіпті қосылыстар бөлінеді: циансутек, диоксиндер, тұз қышқылы [4].

Бақылау сұрақтары:

1. Жану ұғымын түсіндіріңіз. Оны басқа химиялық процестерден қандай белгілері ажыратады?
2. Жану процесінің басталуы үшін қандай үш шарт міндетті түрде орындалуы тиіс? «Жану үшбұрышы» ұғымын түсіндіріңіз.
3. Жанғыш заттың тұтану механизмін кезең-кезеңімен сипаттаңыз.
4. Жанғыш қоспа компоненттерінің агрегаттық күйіне қарай жану түрлерін атаңыз. Мысал келтіріңіз.
5. Дефлаграциялық жану мен детонациялық жанудың айырмашылығы неде?
6. Диффузиялық және кинетикалық жану деген не? Олар тәжірибеде қайда кездеседі?
7. Ламинарлық және турбулентті жану режимдерінің айырмашылығы қандай?
8. Жалын құрылымының негізгі аймақтарын атаңыз және олардың сипаттамасын беріңіз.
9. Жалын түсі қандай факторларға байланысты? Оттек мөлшерінің түспен түтінге әсерін түсіндіріңіз.
10. Өртүрлі заттар жанғанда жалынның түсі қандай болады? Жалынның түсі мен пішіні өрт сөндірушіге не туралы айта алады?

1.2. Жану процесі химиялық реакция ретінде

1. Оқытушыға арналған әдістемелік ұсынымдар

Дәрістің мақсаты – жану процесінің химиялық табиғатын ашу, оны тотығу-тотықсыздану реакцияларының бір түрі ретінде көрсету және курсанттарда жану процесінің өтуіндегі ауаның құрамының рөлі туралы түсінік қалыптастыру.

Дәрісті келесі проблемалық сұрақ арқылы құру ұсынылады:

«Неге кейбір заттар ауада оңай тұтанады, ал басқалары ерекше жағдайларды талап етеді?»

Түсіндіру барысында:

- жану процесін жалпы және органикалық химия курсымен байланыстыру
- тотықтырғыш пен тотықсыздандырғыш ұғымдарын еске салу
- ауаның құрамындағы азоттың рөлін көрсету
- атмосфера құрамының жану қарқындылығына әсерін талқылау

Сабак соңында оттегі мөлшері төмен ортада жанумен байланысты қысқаша кәсіби кейсті қарастыру орынды [1].

2. Курсанттарға арналған әдістемелік ұсынымдар

Сабакқа дайындалу кезінде:

- тотығу-тотықсыздану реакциялары ұғымын қайталау
- атмосфералық ауаның құрамын қайталау
- заттарды агрегаттық күйі бойынша жіктеуді қайталау

Жану реакциясы кезіндегі электрондардың берілу механизміне ерекше назар аудару қажет.

3. Дәріс тезисі

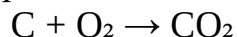
Қарастырылатын сұрақтар:

1. Жану химиялық реакция ретінде.
2. Ауаның құрамы.
3. Жанғыш заттардың жіктелуі.

1. Жану химиялық реакция ретінде. Жану — жоғары жылдамдықпен жүретін және әдетте жылудың едәуір мөлшерде бөлінуімен, сондай-ақ жарық шығарумен қатар жүретін тотығу химиялық реакциясы. Кез келген жану процесінің негізінде тотығу-тотықсыздану реакциясы жатады, яғни реакцияға түсетін заттар арасында электрондардың ауысуы жүзеге асатын химиялық реакция. Жану процесінің осы табиғатын түсіну ерекше маңызды, себебі жану реакцияларының теңдеулерін құрастыру, материалдық және жылулық балансты есептеу осы тотығу-тотықсыздану түрленулерінің заңдылықтарына негізделеді [5].

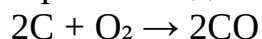
Жану процестерінің басым көпшілігінде негізгі тотықтырғыш ретінде ауадағы оттегі қызмет атқарады, ол химиялық түрде молекулалық оттегі O_2 деп белгіленеді. Жанғыш зат өзінің табиғатына қарай жай зат болуы мүмкін, мысалы көміртек C , сутек H_2 немесе магний Mg , сондай-ақ күрделі химиялық қосылыс болуы мүмкін, мысалы метан CH_4 , этанол C_2H_5OH немесе көмірсутектер қоспасы болып табылатын бензин. Жану барысында оттегі O_2 электрондарды қабылдап, тотықсызданады, ал жанғыш зат электрондарды беріп, тотығады.

Мұны көміртектің жануының ең қарапайым мысалында қарастырайық. Еркін күйдегі көміртек С таңбасымен белгіленеді. Ол молекулалық оттегі О₂-мен әрекеттескенде келесі химиялық реакция жүреді:



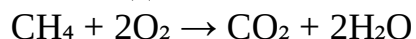
Бұл теңдеуде көміртек С тотығады, себебі оның тотығу дәрежесі 0-ден +4-ке дейін артады, ал оттегі О₂ тотықсызданады, өйткені оттегі атомдарының тотығу дәрежесі 0-ден -2-ге дейін төмендейді. Реакция нәтижесінде көмірқышқыл газы СО₂ түзіледі, ол толық жану өнімдеріне жатады.

Егер оттегінің мөлшері жеткіліксіз болса, реакция басқа бағытта жүреді де, көміртек оксиді СО түзіледі:



Бұл жағдайда жану толық емес жану деп аталады. Түзілетін көміртек оксиді СО химиялық тұрғыдан белсенді және өте улы газ болып табылады, бұл өрт кезіндегі қауіпті факторларды талдау үшін маңызды.

Құрамында көміртек С пен сутек Н бар органикалық заттар үшін жану реакциялары күрделірек сипатқа ие. Мысалы, табиғи газдың негізгі құрамдас бөліктерінің бірі болып табылатын метан СН₄ үшін толық жану теңдеуі келесі түрде жазылады:



Бұл реакцияда көміртек С көмірқышқыл газына СО₂ дейін тотығады, сутек Н суға Н₂О дейін тотығады, ал оттегі О₂ тотықтырғыш қызметін атқарады. Бұл теңдеу көмірсутектердің жану реакцияларын әрі қарай құрастыруда, сондай-ақ ауаның қажетті көлемін және жану өнімдерінің көлемін есептеуде негізгі үлгі ретінде қолданылады.

Энергетикалық тұрғыдан жану экзотермиялық реакцияларға жатады. Бұл бастапқы заттардағы, мысалы С–Н немесе С–С байланыстарындағы химиялық байланыс энергиясы жану өнімдерінде түзілетін байланыстар энергиясынан, мысалы СО₂-дегі С=О және Н₂О-дағы О–Н байланыстарынан жоғары екенін білдіреді. Осы энергиялар айырмасы жылу түрінде бөлінеді. Дәл осы бөлінетін жылу тұтану көзінің әсерінен басталғаннан кейін жану процесінің өздігінен жалғасуын қамтамасыз етеді.

Жану реакциясының маңызды ерекшелігі — оның тізбекті механизм бойынша өту қабілеті. Реакция аймағында жеткілікті жоғары температура кезінде молекулалық оттегі О₂ мен жанғыш зат молекулалары ыдырап, белсенді бөлшектер — О атомдары, Н•, ОН•, СН₃• радикалдары және басқа да бөлшектер түзіледі. Бұл бөлшектер жоғары химиялық белсенділікке ие болып, жаңа реакцияларға қатысады да, жалпы процестің жылдамдығын арттырады. Осылайша, жану бір ғана элементар реакция емес, өзара байланысты тотығу-тотықсыздану түрленулерінің жиынтығы болып табылады [5].

Ауадағы оттегі қалыпты жағдайларда салыстырмалы түрде химиялық тұрақты болғанымен, жану процесінде жоғары реакциялық қабілет көрсетеді. Бұл О₂ молекуласының қыздырылған кезде белсенді күйге өтуімен және оттегінің бір бөлігінің аса күшті тотықтырғыш қасиеттерге ие атомарлық О түрінде болуы мүмкіндігімен түсіндіріледі. Дәл осы себептен температураның

жоғарылауы жану процесін күрт жылдамдатады және реакцияның активтену энергиясын төмендетеді.

Осылайша, жану химиялық реакция ретінде жанғыш зат тотықсыздандырғыш, ал оттегі O_2 тотықтырғыш болып табылатын, олардың өзара әрекеттесуі нәтижесінде тотығу өнімдері мен жылу бөлінетін жылдам тотығу-тотықсыздану процесі ретінде қарастырылады.

2. Тотықтырғыш ретінде ауаның құрамы және жану реакцияларын құрастыру кезінде оны ескеру

Өрттер мен жарылыс қаупі бар жағдайларда пайда болатын жану процестерінің басым көпшілігінде тотықтырғыш ретінде атмосфералық ауа қолданылады. Сондықтан жану теориясын оқып-үйрену кезінде тек тотығу реакциясының химиялық мәнін ғана емес, сонымен қатар жану процесі өтетін газдық орта ретіндегі ауаның нақты қасиеттерін де қарастыру қажет. Ауаның қасиеттері жанудың мүмкіндігін, қарқындылығын және даму сипатын едәуір дәрежеде анықтайды [6].

Атмосфералық ауа газдардың механикалық қоспасы болып табылады. Ауаның негізгі құрамдас бөлігі — азот N_2 , оның көлемдік үлесі шамамен 78 % құрайды. Оттегінің O_2 үлесі ауа көлемінің шамамен 21 % мөлшеріне тең. Қалған шамамен 1 % инертті және қосалқы газдарға тиесілі, олардың ішінде негізінен аргон Ar , сондай-ақ көмірқышқыл газы CO_2 және су буы H_2O бар. Су буының мөлшері температура мен ауаның ылғалдылығына байланысты өзгеріп отырады. Оттегінің ауадағы үлесі салыстырмалы түрде аз болғанымен, дәл осы компонент ауаның химиялық белсенді бөлігі болып табылады және жану процесінің жүру мүмкіндігін анықтайды.

Оттегі O_2 негізгі тотықтырғыш қызметін атқарады. Жану процесінде ол жанғыш заттың атомдары мен молекулаларынан электрондарды қабылдап, тотықсызданады, ал жанғыш зат тотығады. Ауаның негізгі құрамдас бөлігі болып табылатын азот N_2 қалыпты жану жағдайларында химиялық тұрғыдан инертті болып табылады. Ол тікелей реакцияға қатыспайды, алайда бөлінетін жылудың бір бөлігін сіңіріп, жалынның температурасын төмендету арқылы процестің жылулық режиміне елеулі әсер етеді. Ауа құрамында азоттың көп мөлшерде болуы таза оттегімен салыстырғанда ауада жану процесінің қарқындылығының төмен болуына себеп болады.

Газдық ортадағы оттегінің концентрациясы жанудың мүмкіндігін анықтайтын негізгі факторлардың бірі болып табылады. Қалыпты жағдайда, яғни ауадағы O_2 мөлшері шамамен 21 % болғанда, жанғыш заттардың көпшілігі тұтанып, тұрақты түрде жана алады. Оттегінің концентрациясы төмендеген сайын жану қарқындылығы азаяды, ал белгілі бір шекті мәнге жеткенде жану мүлдем мүмкін болмайды. Көмірсутекті газдар мен булар үшін жанудың тоқтауы, әдетте, оттегінің концентрациясы 14–15 % деңгейіне дейін төмендеген кезде байқалады. Ал тлеу арқылы жанатын қатты материалдар үшін бұл шек одан жоғары болуы мүмкін. Бұл жағдай жанудың тоқтау механизмдерін түсінуде аса маңызды және инертті газдар мен көмірқышқыл газын өрт сөндіру құралдары ретінде қолданудың негізінде жатыр.

Ауа құрамында шамамен 0,04 % мөлшерде болатын көмірқышқыл газы CO_2 көміртектің толық тотығу өнімі болып табылады және жануды қолдамайды. Оның газдық ортадағы концентрациясының артуы оттегінің үлесін азайтады, соның нәтижесінде жану әлсірейді немесе толықтай тоқтайды. Су буы H_2O да жоғары жылу сыйымдылығы мен булану жылуының есебінен жалын температурасын төмендетіп, жану процесіне тежеуші әсер көрсетеді.

Инженерлік және өрт-техникалық есептеулерде жану реакцияларының химиялық теңдеулерін құрастыру кезінде ауа шартты есептік қоспа ретінде қарастырылады. Ауаның көлемдік құрамына сәйкес 1 моль оттегі O_2 -ге шамамен 3,76 моль азот N_2 сәйкес келеді. Бұл қатынас азоттың көлемдік үлесін оттегінің көлемдік үлесіне бөлу арқылы анықталады: $78 / 21 \approx 3,76$. Осыған байланысты жану реакцияларының теңдеулерінде ауа $\text{O}_2 + 3,76\text{N}_2$ түрінде жазылады. Мұндай жазылу ауаның нақты химиялық формуласы емес, алайда материалдық баланс пен жану өнімдерінің құрамын талдау үшін қолайлы есептік модель болып табылады.

«Жану және жарылыс теориясы» пәнінде реакция теңдеулерін құрастыру кезінде толық жанудың эталондық реакциясы қолданылады. Бұл жағдайда оттегінің жеткілікті мөлшері бар деп есептеледі және барлық жанғыш компоненттер ең тұрақты тотығу өнімдеріне дейін толық тотығады. Органикалық заттар үшін толық жану өнімдері ретінде көмірқышқыл газы CO_2 және су H_2O қабылданады. Көміртек оксиді CO немесе күйе сияқты толық емес жану өнімдерінің түзілуі эталондық реакцияда ескерілмейді [7].

Ауамен бірге келетін азот жану реакциясына химиялық тұрғыдан қатыспайды. Ол жану аймағынан химиялық күйі өзгермей өтіп, жану өнімдерінің құрамына молекулалық азот N_2 түрінде енеді. Есептік теңдеулерде азот әрқашан N_2 ретінде жазылады және оның мөлшері ауамен түскен азоттың мөлшеріне дәл сәйкес келеді.

Азоттың жанғыш заттың өз құрамында болуы ерекше жағдай болып табылады. Бұл, мысалы, анилин $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ сияқты азотқұрамды органикалық қосылыстарға тән. Мұндай заттарда азот атомдары көміртек пен сутек атомдарымен байланысқан және жану кезінде молекулалық құрылымның бұзылуы нәтижесінде босап шығады. Толық жанудың эталондық реакциясында жанғыш заттың құрамындағы азот тотығуға ұшырамайды және молекулалық азот N_2 түрінде бөлінеді.

Бұл ретте ауамен бірге келген азот пен жанғыш заттың құрамындағы азотты қатаң түрде ажырату қажет. Олардың шығу тегі әртүрлі және жану реакциясының теңдеуін құрастыру кезінде, тіпті оң жақ бөлігінде біріктіріліп жазылған жағдайда да, саналы түрде бөлек ескерілуі тиіс.

Анилин $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ үшін ауаны ескере отырып жазылған толық жанудың эталондық реакциясы келесі жалпы түрде өрнектеледі:



Бұл теңдеуде $0,5\text{N}_2$ мүшесі жанғыш заттың құрамынан шыққан азотқа сәйкес келеді, ал $3,76a\text{N}_2$ мүшесі ауамен бірге келген азотты білдіреді. Бұл азот

мөлшерлері бір-бірімен химиялық байланысқа түспейді және жану процесінің жиынтық материалдық балансын сипаттайды.

Нақты өрт жағдайларында жоғары температурада азот оксидтерінің NO және NO₂ түзілуі мүмкін болғанымен, мұндай реакциялар эталондық есептік теңдеулерде ескерілмейді. Себебі олар негізгі компоненттер бойынша материалдық балансқа елеулі әсер етпейді және жану өнімдерінің уыттылығын талдау кезінде жеке қарастырылады.

Осылайша, жану процесінде ауа екіжақты рөл атқарады: бір жағынан, ол белсенді тотықтырғыш — оттегі O₂ көзі болып табылады, екінші жағынан, құрамында едәуір мөлшерде инертті компоненттер, ең алдымен азот N₂ болады. Бұл компоненттер жанудың жылулық режиміне және жану шектеріне әсер етеді. Ауаның нақты құрамын, оттегінің концентрациясын және азоттың шығу тегін ескеру жану реакцияларын дұрыс құрастыру мен кейінгі өрт-техникалық есептеулерді орындаудың міндетті шарты болып табылады.

3. Жанғыш заттардың жіктелуі

Жанғыш заттар мен материалдар жану процесінің міндетті элементі болып табылады және өрттің пайда болу мүмкіндігін, оның даму ерекшеліктерін, жылулық режимін және қауіпті факторлардың сипатын анықтайды. Жанғыш заттың физикалық қасиеттері мен химиялық табиғаты тотықтырғышпен әрекеттесу механизмін, жану реакциясының жүру жылдамдығын, жану өнімдерінің құрамын және өрт сөндіру құралдарын қолданудың тиімділігін айқындайды. Жану және жарылыс теориясында жанғыш заттарды агрегаттық күйі мен химиялық құрамы бойынша жіктеу негізгі болып саналады және өрттерді талдаудың, сондай-ақ өрт-техникалық есептеулерді орындаудың теориялық негізін құрайды [8].

Жанғыш заттарды агрегаттық күйі бойынша жіктеу

Агрегаттық күйіне қарай жанғыш заттар келесі топтарға бөлінеді:

- газ тәрізді жанғыш заттар
- сұйық жанғыш заттар
- қатты жанғыш заттар

Газ тәрізді жанғыш заттар қалыпты жағдайларда газ фазасында болады және ауамен тікелей жанғыш қоспалар түзе алады. Оларға сутек H₂, метан CH₄, пропан C₃H₈, бутан C₄H₁₀, ацетилен C₂H₂ және басқа газдар жатады. Газдардың жануы газ-ауа қоспасының көлемінде жүреді және біртекті жануға жатады. Молекулалардың жоғары қозғалғыштығы мен активтену энергиясының төмен болуы газ тәрізді жанғыш заттардың оңай тұтануына және жарылыс қаупінің жоғары болуына себеп болады.

Сұйық жанғыш заттар қалыпты жағдайларда сұйық күйде болады. Бұл топқа бензин, керосин, дизель отыны, спирттер, эфирлер және органикалық еріткіштер жатады. Олардың жануының негізгі ерекшелігі — *сұйықтың өзі емес, оның булары жанатыны*. Қыздыру кезінде сұйық зат буланып, түзілген булар ауамен араласып, жану реакциясына түседі. Сұйық жанғыш заттардың өрт қауіпті қасиеттері тұтану температурасына, қаныққан булар қысымына және булану жылдамдығына тәуелді.

Қатты жанғыш заттар жанудың ең күрделі механизмімен сипатталады. Оларға ағаш, көмір, қағаз, тоқыма материалдары, полимерлік материалдар, резеңке және органикалық текті басқа да қатты заттар жатады. Қыздыру кезінде мұндай заттар алдымен пиролизге ұшырайды, нәтижесінде газ тәрізді өнімдер түзіледі, ал олар кейін газ фазасында жанады. Сонымен қатар қатты қалдықтың тлеуі немесе беткі тотығуы мүмкін, бұл жану процесіне аралас сипат береді.

Жанғыш заттарды химиялық құрамы бойынша жіктеу

Химиялық құрамы бойынша жанғыш заттар бейорганикалық және органикалық болып бөлінеді, әрі бұл топтардың әрқайсысы жану механизмі мен өрт қауіпті қасиеттері бойынша айтарлықтай ерекшеленетін бірнеше ішкі топтарды қамтиды:

- бейорганикалық жанғыш заттар
- органикалық жанғыш заттар

Бейорганикалық жанғыш заттарға тотығу кезінде жылу бөле отырып реакцияға түсе алатын жай заттар мен жекелеген күрделі қосылыстар жатады. Бұл топтың ішінде келесі ішкі топтар ажыратылады:

- жанғыш металдар
- жанғыш бейметалдар
- жанғыш бейорганикалық қосылыстар

Жанғыш металдарға магний Mg, алюминий Al, натрий Na, калий K, титан Ti және олардың қорытпалары жатады. Олар жану жылуының жоғары мәнімен және реакция температурасының жоғарылығымен сипатталады. Металдар жанған кезде қатты оксидтер түзеді, мысалы MgO және Al₂O₃. Металдар өртінің ерекшелігі — олардың тек оттегі O₂-мен ғана емес, сонымен қатар су H₂O және көмірқышқыл газы CO₂-мен де әрекеттесе алуында, бұл дәстүрлі өрт сөндіру құралдарының тиімділігін төмендетеді. Металл ұнтақтары мен шаңдары жоғары реакциялық қабілетке ие болып, жарылыс қаупі бар аэрозольдік қоспалар түзе алады.

Жанғыш бейметалдарға көміртек C, күкірт S, фосфор P және бор B жатады. Олардың жануы газ тәрізді немесе қатты оксидтердің түзілуімен қатар жүреді, мысалы CO₂, SO₂ және P₂O₅. Күкірт пен фосфор үшін тұтану температурасының салыстырмалы түрде төмен болуы тән, ал көміртек ұсақ дисперсті күйде болғанда тез тотығып, жарылыс тәрізді жануға қабілетті [7].

Жанғыш бейорганикалық қосылыстар металдардың карбидтері, гидридтері және нитридтерімен ұсынылған. Бұл заттар ауадағы оттегімен және ылғалмен белсенді әрекеттесе алады, процесс барысында едәуір мөлшерде жылу бөлініп, жанғыш газдар түзіледі, бұл олардың өрт қауіптілігін айтарлықтай арттырады.

Органикалық жанғыш заттар техносферадағы өрттердің басым бөлігінің негізгі себебі болып табылады. Олардың молекулалары көміртек C пен сутек H негізінде құралады және қосымша түрде оттегі O, азот N, күкірт S және басқа элементтерді қамтуы мүмкін. Элементтік құрамына байланысты органикалық жанғыш заттар келесі топтарға бөлінеді:

- көмірсутектер

- оттекқұрамды органикалық заттар
- азотқұрамды органикалық заттар
- күкіртқұрамды органикалық заттар

Көмірсутектер тек көміртек пен сутектен тұрады және жану жылуының жоғары мәнімен сипатталады. Оларға метан CH_4 , пропан C_3H_8 , бензин және керосин жатады. Оттекқұрамды органикалық заттар, мысалы спирттер мен эфирлер, жану жылуы жағынан төменірек, алайда көбінесе тұтану температурасы да төмен болады. Азотқұрамды органикалық заттар жанған кезде CO_2 , H_2O және молекулалық азот N_2 түзеді, сондай-ақ уытты газдардың түзілуімен қатар жүруі мүмкін. Күкіртқұрамды органикалық заттар жану кезінде күкірт диоксидін SO_2 түзеді, ол өрттің қауіпті факторы болып табылады.

Осылайша, жанғыш заттарды химиялық құрамы бойынша кеңейтілген жіктеу олардың жанғыштығын ғана емес, жану механизмін, реакцияның жылулық әсерін және жану өнімдерінің сипатын ескеруге мүмкіндік береді. Бұл жіктеу агрегаттық күйі бойынша жіктеумен бірге өрттерді талдаудың, жану параметрлерін есептеудің және өрт қауіпсіздігін қамтамасыз етудің тиімді шараларын таңдаудың теориялық негізін құрайды.

Бақылау сұрақтары

1. Неліктен жану тотығу-тотықсыздану реакцияларына жатады?
2. Атмосфералық ауаның құрамы қандай?
3. Жану процесінде азот қандай рөл атқарады?
4. Қатты заттар тұтануға дейін қандай сатылардан өтеді?
5. Органикалық және бейорганикалық заттардың жануының айырмашылығы неде?
6. Жану теңдеулерін жазу кезінде ауаны неге $\text{O}_2 + 3,76\text{N}_2$ қоспасы түрінде көрсетеді және бұл қатынастың негізінде қандай физикалық жорамал жатыр?
7. Толық жанудың эталондық реакциясының өрт жағдайындағы нақты жану процесінен принципті айырмашылығы неде?
8. Ауадағы оттегі концентрациясының 14–15 % дейін төмендеуі көмірсутек газдарының көпшілігінің жануын неліктен тоқтатады?
9. Жанғыш заттың химиялық табиғаты жану өнімдерінің құрамына және олардың уыттылық деңгейіне қалай әсер етеді?
10. Металл ұнтақтары мен шаңы тұтас металл үлгілеріне қарағанда неліктен жоғары жарылыс қауіптілігіне ие?

1.3. Жанудағы стехиометрия

1. Оқытушыға арналған әдістемелік ұсынымдар

Дәрістің мақсаты – курсанттарда жану процесінің сандық жағы туралы түсінік қалыптастыру және есептеулердің негізі ретінде стехиометриялық қоспа ұғымын енгізу.

Дәрісті келесі проблемалық сұрақтан бастаған жөн:

«Бірдей зат болған жағдайда неге кейбір жағдайларда тұрақты жалын пайда болады, ал басқа жағдайларда қоспа тұтанбайды немесе жарылыс орын алады?» [3]

Талқылау барысында курсанттарды концентрациялық тұтану шектерінің ұғымына және олардың температура мен қысымға тәуелділігіне біртіндеп жеткізу қажет.

2. Курсанттарға арналған әдістемелік ұсынымдар

Сабаққа дейін келесі ұғымдарды қайталау қажет:

- химиялық теңдеулерді құрастыру
- моль және мольдік көлем ұғымы
- массаның сақталу заңы

Артық ауа коэффициентін түсінуге ерекше назар аудару қажет.

Дәріс тезисі

Қарастырылатын сұрақтар:

1. Жанудағы стехиометрия.
2. Жанғыш қоспа.
3. Тұтанудың концентрациялық шектері.

1. Жанудағы стехиометрия.

Жанудағы стехиометрия жанғыш зат пен тотықтырғыш арасындағы химиялық жану реакциясының жүруі мүмкін болатын сандық қатынастарды зерттейді. Жану теориясында стехиометрия ауаның теориялық мөлшерін есептеудің, жанғыш қоспалардың құрамын анықтаудың, тұтану жағдайларын талдаудың және жану процесінің толықтығын бағалаудың негізгі теориялық негізі болып табылады [9].

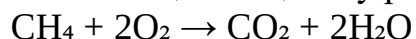
Жалпы түрде жану реакциясы жанғыш заттың ауадағы оттегімен өзара әрекеттесуі нәтижесінде тотығу өнімдері түзілетін тотығу-тотықсыздану процесі ретінде қарастырылады. Реагенттердің сандық қатынастары массаның сақталу заңына сәйкес анықталады және химиялық реакция теңдеулерінде бейнеленеді.

Стехиометрия және стехиометриялық қоспа ұғымы

Стехиометрия — химиялық реакцияға түсетін заттардың сандық қатынастарын зерттейтін химияның бөлімі. Жану процесіне қатысты стехиометрия жанғыш зат пен оттек арасындағы жанғыш заттың толық тотығуын қамтамасыз ететін қатынасты анықтайды, яғни ең тұрақты тотығу өнімдерінің түзілуін қамтамасыз етеді.

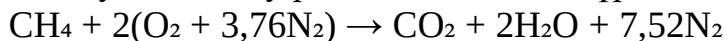
Стехиометриялық қоспа деп жанғыш заттың толық жануы үшін қажетті оттек мөлшері дәл қамтамасыз етілген жанғыш қоспаны айтады. Мұндай қоспада жанғыш заттың да, оттектің де артық мөлшері болмайды.

Метанның толық жану реакциясын қарастырайық:



Бұл теңдеуден 1 моль метанның жануы үшін 2 моль оттегі қажет екені көрінеді. Бұл қатынас көміртек, сутек және оттегі атомдарының балансына негізделген және қатаң түрде анықталған.

Егер оттегі ауа құрамында берілсе, есептеулерде ауаның көлем бойынша шамамен 21 % O_2 және 79 % N_2 бар екені ескеріледі. Осыны ескере отырып, метанның ауамен жану реакциясы келесі түрде жазылады:



Заттың толық жануы үшін қажетті ауа мөлшері ауаның теориялық мөлшері деп аталады.

Жанғыш заттың стехиометриялық концентрациясы

Газ-ауа және бу-ауа қоспалары үшін маңызды параметрлердің бірі — жанғыш заттың стехиометриялық концентрациясы болып табылады. Стехиометриялық концентрация деп қоспадағы оттегі мөлшері жанғыш заттың толық жануы үшін теориялық тұрғыда қажетті мөлшерге дәл сәйкес келетін жанғыш зат концентрациясын айтады.

Стехиометриялық концентрация көлемдік пайызбен немесе бірлік үлесімен өрнектелуі мүмкін. Метан үшін реакция теңдеуіне сәйкес 1 көлем метанға 2 көлем оттегі қажет, ал ауаны ескергенде шамамен 9,52 көлем ауа қажет болады. Осыған сәйкес, метанның ауадағы стехиометриялық концентрациясы көлем бойынша шамамен 9,5 % құрайды.

Стехиометриялық концентрация тұтану жағдайларын және жалынның таралуын талдауда ерекше рөл атқарады, себебі әдетте дәл осы құрамға жақын аймақта реакция жылдамдығы мен жану температурасы ең жоғары мәндерге жетеді.

Ауаның артық коэффициенті

Нақты жану жағдайларында жанғыш зат пен ауа арасындағы қатынас көбінесе стехиометриялық қатынастан ауытқиды. Осы ауытқуды сандық тұрғыда бағалау үшін ауаның артық коэффициенті енгізіледі, ол α әрпімен белгіленеді.

Ауаның артық коэффициенті берілетін ауаның нақты мөлшері L -дің ауаның теориялық қажетті мөлшеріне L_0 қатынасы ретінде анықталады:

$$\alpha = L / L_0$$

- $\alpha = 1$ болғанда қоспа стехиометриялық болады;
- $\alpha < 1$ болғанда ауа жетіспейді, қоспа жанғыш затқа бай болады;
- $\alpha > 1$ болғанда ауа артық беріледі, қоспа жанғыш затқа кедей болады.

$\alpha < 1$ кезінде оттегі толық тотығу үшін жеткіліксіз болып, нәтижесінде толық емес жану өнімдері — көміртек оксиді CO , күйе және көмірсутектер түзіледі.

$\alpha > 1$ кезінде оттегінің бір бөлігі реакцияға қатыспай, балластты газ ретінде әсер етеді және жылу сыйымдылығының жоғары болуына байланысты жалын температурасының төмендеуіне әкеледі.

Ауаның артық коэффициентінің мәні жану параметрлеріне шешуші әсер етеді. Әдетте жану температурасы α мәні 1-ге жақын болғанда ең жоғары

деңгейге жетеді. Ауа артық болғанда температура төмендейді, ал ауа жетіспеген жағдайда улы жану өнімдерінің түзілу қаупі артады.

Жанудағы стехиометрияның практикалық маңызы

Стехиометриялық есептеулер жануға қажетті ауаның теориялық көлемін анықтауда, жану өнімдерінің құрамын және көлемін есептеуде, газ-ауа және бу-ауа қоспаларының өрт-жарылыс қауіптілігін талдауда, сондай-ақ жану процестерімен байланысты технологиялық процестерді жобалау және пайдалану кезінде кеңінен қолданылады.

Осылайша, стехиометрия, стехиометриялық концентрация және ауаның артық коэффициенті ұғымдары жану процестерін сандық талдаудың бірыңғай теориялық негізін құрайды және өрт қауіпсіздігі саласындағы мамандарды кәсіби даярлаудың міндетті элементі болып табылады [10].

2. Жанғыш қоспа.

Жану процесі тек жанғыш қоспа болған жағдайда ғана мүмкін, яғни жанғыш зат пен тотықтырғыш белгілі бір сандық қатынаста болып, жылу бөлінуімен жүретін химиялық реакцияға түсе алатын жүйе болуы қажет. Жану теориясында жанғыш қоспа физика-химиялық жүйе ретінде қарастырылады, оның қасиеттері қоспаның құрамына, компоненттердің араласу дәрежесіне және сыртқы ортаның жағдайларына тәуелді.

Жанғыш қоспа деп жанғыш заттың тотықтырғышпен, әдетте ауадағы оттектен, тұтану және жалынның таралуы мүмкін болатын концентрациялар шегінде түзілген қоспасын айтады. Жанғыш заттың агрегаттық күйіне байланысты жанғыш қоспалардың газ-ауа, бу-ауа және шаң-ауа түрлері ажыратылады. Өрт және жарылыс тұрғысынан ең қауіптілері газ-ауа және бу-ауа қоспалары болып табылады, себебі олар молекулалардың жоғары қозғалғыштығымен және химиялық реакциялардың өте жылдам жүруімен сипатталады.

Жанғыш зат пен ауа арасындағы сандық қатынас жанғыш қоспаның қасиеттерін анықтайтын негізгі фактор болып табылады. Жану теориясында жанғыш компоненттің стехиометриялық құрамға қатысты мөлшеріне байланысты қоспалардың бірнеше сипаттық түрлері бөлінеді.

Стехиометриялық қоспа деп жанғыш заттың берілген мөлшерінің толық жануы үшін теориялық тұрғыда қажетті оттектен мөлшері дәл қамтамасыз етілген жанғыш қоспаны айтады. Мұндай қоспа үшін ауаның артық коэффициенті бірге тең, яғни $\alpha = 1$. Стехиометриялық қоспада жанғыш зат та, оттектен те толық жұмсалады, ал реакция өнімдері тек толық жану өнімдерінен тұрады.

Стехиометриялық қоспа жану теориясында ерекше орын алады, себебі дәл осы құрамда, әдетте, жалын температурасының және химиялық реакция жылдамдығының ең жоғары мәндері байқалады. Бұл жағдай реакцияға қатысатын жанғыш зат пен тотықтырғыштың оңтайлы мөлшерде болуымен түсіндіріледі.

Егер қоспадағы жанғыш заттың мөлшері стехиометриялық мәннен артық болса, мұндай қоспа бай қоспа деп аталады. Бай қоспаларда теориялық қажетті мөлшермен салыстырғанда оттектен жетіспейді, бұл ауаның артық

коэффициентінің $\alpha < 1$ мәндеріне сәйкес келеді. Мұндай жағдайларда оттегі толық жұмсалады, ал жанғыш заттың бір бөлігі жанбай қалады немесе толық емес тотығуға ұшырайды. Нәтижесінде толық емес жану өнімдері, ең алдымен көміртек оксиді CO, сутек H₂, сондай-ақ күйе және басқа да көмірсутектік фрагменттер түзіледі.

Бай жанғыш қоспалар жану өнімдерінің ұйымшылдығы тұрғысынан жоғары қауіпті болып табылады. Сонымен қатар, олардың тұтануы кезінде реакцияның бастапқы сәтінде жылу бөлінуі қарқынды болуы мүмкін, алайда оттектің жетіспеуіне байланысты жалынның жалпы температурасы, әдетте, стехиометриялық қоспамен салыстырғанда төмен болады.

Ал егер қоспадағы жанғыш заттың мөлшері стехиометриялық мәннен төмен болса, мұндай қоспа кедей қоспа деп аталады. Кедей қоспалар ауаның артық мөлшерімен сипатталады, яғни $\alpha > 1$. Бұл жағдайда жанғыш зат толық жанып кетеді, алайда оттектің бір бөлігі реакцияға қатыспай, балластты компонент рөлін атқарады. Ауаның артық болуы жану температурасының төмендеуіне әкеледі, себебі жылудың едәуір бөлігі қоспаның инертті компоненттерін, ең алдымен азот N₂-ні, қыздыруға жұмсалады.

Кедей қоспалар, әдетте, стехиометриялық немесе орташа бай қоспалармен салыстырғанда жарылыс қаупі төмен болады, алайда белгілі бір жағдайларда олар да тұтанып, жалынның таралуына қабілетті. Қоспа шамадан тыс кедейленген кезде жылу бөлінуі жылу шығындарын өтеуге жеткіліксіз болып, жану мүмкін болмайды [11].

Осылайша, барлық жанғыш қоспаларды кедей қоспалардан бастап стехиометриялық қоспалар арқылы бай қоспаларға дейінгі үздіксіз қатар ретінде қарастыруға болады. Қоспа түрінің өзгеруі жану температурасының, химиялық реакция жылдамдығының, жану өнімдерінің құрамының және өрт-жарылыс қауіптілігінің өзгеруімен қатар жүреді.

Практикалық есептеулерде және өрттерді талдау барысында жанғыш қоспаның түрі ауаның артық коэффициенті α немесе жанғыш заттың ауадағы концентрациясы бойынша бағаланады. Дәл осы параметрлер тұтану жағдайларын анықтауда, тұтанудың концентрациялық шектерін есептеуде және газ-ауа мен бу-ауа ортасының қауіптілігін талдауда қолданылады.

Осылайша, жанғыш қоспа ұғымы және оны стехиометриялық, бай және кедей қоспаларға жіктеу жану процестерінің пайда болуы мен дамуының заңдылықтарын түсінудің негізгі элементі болып табылады және тұтанудың концентрациялық шектерін зерттеуге қажетті өтпелі буын қызметін атқарады.

3. Жанғыш қоспалардың тұтану концентрациялық шектері

Газ-ауа, бу-ауа және шаң-ауа қоспалары үшін жанудың пайда болуы мен дамуы тек жанғыш зат пен тотықтырғыштың болуымен ғана емес, олардың сандық арақатынасымен де анықталады. Әрбір жанғыш жүйе үшін ауадағы жанғыш заттың белгілі бір шектелген концентрациялар диапазоны бар, осы диапазонда ғана қоспа тұтанып, жалынның таралуын қамтамасыз ете алады. Бұл шектер тұтанудың концентрациялық шектері деп аталады және заттардың

өрт-жарылыс қауіптілігін сипаттайтын негізгі көрсеткіштердің бірі болып табылады.

Тұтанудың концентрациялық шектері деп ауадағы жанғыш зат концентрациясының жану көзінен тұтанып, жану реакциясының дамуын қамтамасыз ете алатын шекті мәндерін айтады. Бұл диапазоннан тыс жағдайда, тіпті жеткілікті энергиясы бар тұтану көзі болғанның өзінде, тұтану мүмкін болмайды.

Тұтанудың төменгі концентрациялық шегі және тұтанудың жоғарғы концентрациялық шегі ажыратылады.

Тұтанудың төменгі концентрациялық шегі ауадағы жанғыш заттың қоспасы тұтануы әлі мүмкін болатын ең аз концентрациясына сәйкес келеді. Осы мәннен төмен концентрацияларда қоспа жанғыш затқа шамадан тыс кедей болып табылады. Мұндай жағдайда тотығудың элементарлық актілері кезінде бөлінетін жылу қоршаған ортаға кететін жылу шығындарын өтеу үшін жеткіліксіз болады. Нәтижесінде реакция аймағындағы температура тізбекті жану реакцияларын өздігінен қолдауға қажетті мәнге жетпейді және жалын таралмайды.

Тұтанудың жоғарғы концентрациялық шегі қоспадағы жанғыш заттың ең жоғары мөлшеріне сәйкес келеді. Осы мәннен жоғары болғанда қоспа жанғыш затқа шамадан тыс бай болып есептеледі және оттектің жетіспеуіне байланысты тұтану мүмкін болмайды. Жанғыш компоненттің жоғары концентрациясына қарамастан, тотығу реакцияларының жылдамдығы тотықтырғыштың тапшылығымен күрт шектеледі, бұл тұрақты жанудың дамуына мүмкіндік бермейді [12].

Осылайша, тұтанудың төменгі және жоғарғы концентрациялық шектерінің арасында тұтану аймағы орналасады, оның ішінде жанғыш қоспа тұтанып, жалынның таралуына қабілетті болады. Әдетте жанудың ең жоғары қарқындылығы, жалынның таралу жылдамдығы мен жану температурасының ең үлкен мәндері стехиометриялық концентрацияларға жақын аймақта байқалады. Алайда стехиометриялық концентрация тұтану шектерімен сәйкес келмейді, ол осы аймақтың ішінде орналасады.

Газ-ауа және бу-ауа қоспаларының өрт-жарылыс қауіптілігін сандық тұрғыда бағалау үшін эксперименттік жолмен анықталған тұтанудың концентрациялық шектері қолданылады. Бұл деректер жану және жарылыс теориясы бойынша анықтамалық әдебиеттерде келтіріледі және инженерлік, сондай-ақ өрт-техникалық есептеулерде пайдаланылады. Төменде қалыпты жағдайлар үшін (температура шамамен 20 °С, атмосфералық қысым, ауадағы оттек мөлшері шамамен 21 %) кең таралған жанғыш газдардың тұтану концентрациялық шектерінің мәндері келтірілген.

Кесте 4 – Жанғыш газдардың тұтану концентрациялық шектері

Жанғыш зат	Химиялық	Тұтанудың төменгі	Тұтанудың
------------	----------	-------------------	-----------

	формула	концентрациялық шегі, % (көлем бойынша)	жоғарғы концентрациялық шегі, % (көлем бойынша)
Сутек	H ₂	4,0	75,0
Метан	CH ₄	5,0	15,0
Этан	C ₂ H ₆	3,0	12,5
Пропан	C ₃ H ₈	2,1	9,5
Бутан	C ₄ H ₁₀	1,8	8,4
Ацетилен	C ₂ H ₂	2,5	≈100
Көміртек оксиді	CO	12,5	74,0

Келтірілген деректер әртүрлі заттар үшін тұтану аймағының ені айтарлықтай ерекшеленетінін көрсетеді. Мысалы, метан үшін тұтану аймағы салыстырмалы түрде тар, бұл қауіпті концентрациялар диапазонын шектейді. Ал сутек пен ацетилен үшін тұтану аймағы өте кең, яғни қоспа құрамы стехиометриялық мәннен айтарлықтай ауытқыған жағдайда да тұтану қабілеті сақталады.

Ацетиленге ерекше назар аудару қажет, себебі оның тұтанудың жоғарғы концентрациялық шегі іс жүзінде 100 %-ға жуық. Бұл ацетиленнің оттегі мөлшері өте аз болған жағдайда да тұтана алатынын көрсетеді. Мұндай қасиет ацетиленнің жоғары реакциялық қабілетімен және оның тізбекті тотығу механизмінің ерекшеліктерімен түсіндіріледі.

Сутек үшін тұтану аймағының кеңдігімен қатар жалынның таралу жылдамдығының жоғары болуы тән, бұл сутекті қоспаларды жабық және жартылай жабық көлемдерде аса қауіпті етеді. Ал пропан мен бутан сияқты ауыр көмірсутектер үшін тұтану аймағы тар болғанымен, тұтанудың төменгі концентрациялық шектерінің төмен мәндеріне байланысты ауадағы газдың аз ғана мөлшерінің өзі жарылыс қаупін тудыруы мүмкін.

Айта кету қажет, тұтанудың концентрациялық шектерінің анықтамалық мәндері стандартты жағдайларға сәйкес беріледі. Нақты өрт немесе авариялық жағдайларда температураның, қысымның немесе оттегі мөлшерінің өзгеруіне байланысты тұтану шектері ығысуы мүмкін. Соған қарамастан, өрт-жарылыс қауіптілігін бағалау және өрт қауіпсіздігі шараларын әзірлеу кезінде бастапқы деректер ретінде дәл осы анықтамалық мәндер қабылданады.

Тұтанудың концентрациялық шектерінің физикалық табиғаты жану процесінің жылулық және кинетикалық балансымен байланысты. Төменгі шек маңында жылу бөліну реакция температурасын ұстап тұру үшін жеткіліксіз болады, ал жоғарғы шек маңында тотығу жылдамдығы оттектің жетіспеуіне байланысты шектеледі. Тек аралық аймақта ғана химиялық реакциялар жылдамдығы мен жылу шығындары арасындағы тепе-теңдік қамтамасыз етіледі, бұл жалынның тұрақты таралуына мүмкіндік береді.

Тұтанудың концентрациялық шектері тұрақты шамалар болып табылмайды және сыртқы жағдайларға тәуелді. Газ ортасының температурасы жоғарылаған сайын, әдетте, тұтанудың төменгі концентрациялық шегі төмендейді, ал тұтану аймағы кеңейеді. Қысымның артуы да химиялық

реакциялардың жылдамдығын арттыру арқылы тұтану аймағының кеңеюіне ықпал етеді. Керісінше, оттегі мөлшерінің азаюы немесе инертті газдардың енгізілуі тұтану аймағын тарылтады және белгілі бір жағдайда жанудың толық тоқтауына әкеледі [10].

Тұтанудың концентрациялық шектері эксперименттік жолмен анықталады және стандартты жағдайлар үшін анықтамалықтарда келтіріледі. Дәл осы деректер газ ортасының өрт-жарылыс қауіптілігін бағалауда, авариялық жағдайларды талдауда және өрт пен жарылыстың алдын алу шараларын әзірлеуде қолданылады. Есептік әдістер тек шамамен бағалау үшін қолданылуы мүмкін, алайда инженерлік және өрт-техникалық есептеулерде әрқашан анықтамалық мәндерге басымдық беріледі.

Осылайша, тұтанудың концентрациялық шектері жанғыш қоспалардың өмір сүру шарттарын сандық тұрғыда сипаттайды және тұтану мен жанудың дамуы мүмкін болатын концентрациялар диапазонын анықтайды. Бұл шектерді білу қауіпті жағдайларды талдауда және технологиялық процестер мен объектілердің өрт қауіпсіздігін қамтамасыз етуде шешуші мәнге ие.

Бақылау сұрақтары

1. Стехиометриялық қоспа деп нені атайды?
2. Артық ауа коэффициенті нені көрсетеді?
3. Тұтанудың төменгі және жоғарғы шегі дегеніміз не?
4. Концентрациялық шектер қандай факторларға тәуелді?
5. Неліктен бай қоспа тұтанбауы мүмкін?
6. Неліктен жалынның максималды температурасы мен таралу жылдамдығы, әдетте, стехиометриялық құрамға жақын концентрацияларда байқалады?
7. Жылулық және кинетикалық баланс тұрғысынан кедей және бай қоспаның принципті айырмашылығы неде?
8. Газ ортасының температурасы мен қысымы артқанда тұтану аймағының кеңеюі неліктен байқалады?
9. Атмосферадағы оттегі мөлшерінің өзгеруі тұтанудың төменгі және жоғарғы концентрациялық шектерінің шамасына қалай әсер етеді?
10. Неліктен шаң-ауа қоспалары үшін көлемдік концентрацияның орнына массалық концентрация қолданылады және бұл олардың физикалық табиғатымен қалай байланысты?

1.4. Жану процесінің материалдық балансы.

1. Оқытушыға арналған әдістемелік ұсынымдар

Дәрістің мақсаты – курсанттарда жану процесінің материалдық балансы туралы массаның сақталу заңының сандық көрінісі ретінде тұтас түсінік

қалыптастыру, толық және толық емес жану өнімдерінің айырмашылығын ашу және түтіннің өрттің негізгі қауіпті факторларының бірі ретіндегі физика-химиялық табиғатын түсіндіру.

Дәрісті келесі проблемалық сұрақтан бастаған жөн:

«Бірдей массалы жанғыш зат әртүрлі өрт жағдайларында неге әртүрлі мөлшерде түтін мен уытты газдар түзеді?» [3]

Бұл сұрақ курсанттарды жану өнімдерінің құрамының қалыптасуындағы артық ауа коэффициентінің, араласу шарттарының және температураның рөлін түсінуге жетелейді.

Түсіндіру барысында:

- материалдық баланстың массаның сақталу заңымен байланысын көрсету;
- стехиометриялық реакциядан массалық есептеулерге көшу тәртібін көрсету;
- толық және толық емес жану айырмашылығына назар аудару;
- түтіннің түзілуін пиролиз процестерімен және оттегі тапшылығымен байланыстыру;
- жану өнімдерінің құрамының өрттің қауіпті факторларына әсерін түсіндіру қажет.

Алдыңғы дәрістермен пәнаралық байланысты ерекше атап өту қажет: стехиометрия, артық ауа коэффициенті және тұтанудың концентрациялық шектері.

Сабак соңында қысқаша кәсіби кейсті талдау ұсынылады: оттегі жетіспеушілігі жағдайында тұйық бөлмедегі өртті талдау, СО түзілуі және қарқынды түтіндену.

2. Курсанттарға арналған әдістемелік ұсынымдар

Сабакқа дайындалу барысында келесілерді қайталау қажет:

- массаның сақталу заңы;
- ауаның құрамы;
- артық ауа коэффициенті α ұғымы;
- толық және толық емес жану айырмашылығы.

Ерекше назар аудару қажет:

- материалдық баланс химиялық элементтердің атомдары бойынша құрылатынына;
- жану шарттарының өзгеруі зат массасына емес, оның тотығу дәрежесіне әсер ететініне;
- түтін толық емес тотығу мен термиялық ыдыраудың салдары екеніне.

Материалды меңгеру кезінде ұсынылады:

- метанның жану теңдеуін молярлық және массалық түрде өз бетінше талдау;
- $\alpha < 1$ және $\alpha > 1$ жағдайында өнімдер құрамының қалай өзгеретінін бақылау;
- СО түзілуі мен ортаның уыттылығы арасындағы байланысты анықтау.

Дәріс тезисі

Қарастырылатын сұрақтар:

1. Жану процесінің материалдық балансы.

2. Жану процесіндегі ауа көлемдері.

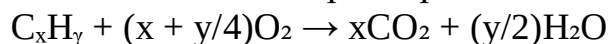
3. Жану өнімдерінің көлемдері және шығу кезіндегі газ құрамы.

1. Жану процесінің материалдық балансы

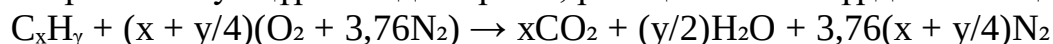
Жану процесінің материалдық балансы – тотығу реакцияларына қолданылатын массаның сақталу заңының сандық көрінісі болып табылады. Массаның сақталу заңы бойынша реакцияға түсетін бастапқы заттардың жалпы массасы реакция нәтижесінде түзілген өнімдердің жалпы массасына тең. Жану жағдайында бұл жанғыш зат пен тотықтырғыштың массасы түзілген жану өнімдерінің массасына дәл тең екенін білдіреді.

Жану теориясында материалдық баланс жану үшін қажетті ауа мөлшерін, жану өнімдерінің құрамын, олардың көлемін және жекелеген компоненттердің массалық үлестерін анықтау үшін қолданылады. Дәл осы материалдық баланс өрт-жарылыс қауіптілігін инженерлік есептеудің, желдету жүйелерін жобалаудың және тұйық көлемдердегі өрттің дамуын талдаудың негізін құрайды [13].

Жалпы формуласы C_xH_y көмірсутегінің толық жануы мысалында материалдық балансты қарастырайық. Толық жану реакциясының теңдеуі:



Егер оттегі ауа құрамында берілсе, реакция келесі түрде жазылады:



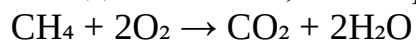
Бұл теңдеуден жану өнімдері мыналардан тұратыны көрінеді:

– көмірқышқыл газы CO_2 ;

– су буы H_2O ;

– ауамен бірге келген азот N_2 .

Материалдық баланс молярлық және массалық түрде өрнектелуі мүмкін. Массалық есептеулерге көшу үшін заттардың молярлық массалары қолданылады. Мысалы, метан үшін:



CH_4 молярлық массасы 16 кг/кмоль,

O_2 — 32 кг/кмоль,

CO_2 — 44 кг/кмоль,

H_2O — 18 кг/кмоль.

1 кмоль метанды жағу үшін 2 кмоль оттегі қажет, яғни 64 кг O_2 . Бастапқы заттардың массасы:

$$16 + 64 = 80 \text{ кг.}$$

Реакция өнімдерінің массасы:

$$44 + 2 \times 18 = 80 \text{ кг.}$$

Осылайша, массаның сақталу заңы орындалады.

Инженерлік есептеулерде әдетте 1 кг немесе 1 м³ жанғыш заттың толық жануы үшін қажетті теориялық ауа мөлшері анықталады. Ауадағы оттегінің массалық үлесі шамамен 0,23 болғандықтан, теориялық ауа массасы мына формуламен анықталады:

$$L_o = m(O_2) / 0,23,$$

мұнда L_o — теориялық қажетті ауа массасы.

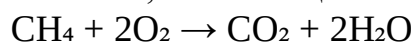
Материалдық баланс тек жану өнімдерінің жалпы мөлшерін ғана емес, олардың құрамын да анықтауға мүмкіндік береді. Бұл өрттің қауіпті факторларын бағалауда принциптік маңызға ие, өйткені жану өнімдерінің құрамы ортаның уыттылығын, бөлмедегі көрінуді және конструкцияларға түсетін жылулық әсерді анықтайды.

Нақты өрт жағдайында материалдық баланс жанудың толық болмауына, материалдардың термиялық ыдырауына, қатты бөлшектер мен эталондық реакцияда қарастырылмаған газдардың түзілуіне байланысты күрделене түседі. Алайда талдаудың бастапқы негізі ретінде әрқашан толық материалдық баланстың есебі алынады, кейін ол артық ауа коэффициентін және процестің нақты жағдайларын ескере отырып түзетіледі.

Жану өнімдерінің химиялық құрамы реакцияның өту шарттарымен анықталады, ең алдымен жанғыш зат пен тотықтырғыштың арақатынасына, температураға, қысымға және компоненттердің араласу дәрежесіне байланысты. Жану теориясында толық және толық емес жану өнімдері ажыратылады. Олардың құрамы өрттің жылулық сипаттамаларына, ортаның уыттылығына, түтіндену деңгейіне және адамдар мен конструкциялар үшін жалпы қауіптілікке шешуші әсер етеді.

Толық жану өнімдері деп жанғыш зат жеткілікті мөлшердегі оттегі қатысында толық тотығу нәтижесінде түзілетін заттарды айтады, яғни артық ауа коэффициенті $\alpha \geq 1$ болған жағдайда. Құрамында көміртек С және сутек Н бар органикалық заттар үшін толық жану өнімдері көмірқышқыл газы CO_2 және су буы H_2O болып табылады. Егер жанғыш зат құрамында күкірт S болса, қосымша күкірт диоксиді SO_2 түзіледі, ал азот N болса — эталондық реакция шеңберінде ол молекулалық азот N_2 түрінде бөлінеді.

Мысалы, метанның CH_4 толық жану реакциясы:

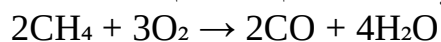


Бұл жағдайда көміртектің барлығы CO_2 -ге, ал сутектің барлығы H_2O -ға дейін тотығады. Ауа жеткілікті болған кезде жану өнімдерінің құрамында ауамен бірге келген азот N_2 де болады.

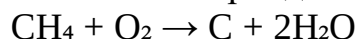
Толық жану өнімдері жылудың максималды бөлінуімен сипатталады, себебі тотығу процесі энергетикалық тұрғыдан ең тұрақты қосылыстарға дейін жүреді. Мұндай жағдайда, әсіресе қоспа құрамы стехиометриялық құрамға жақын болғанда, жалын температурасы ең жоғары мәнге жетеді.

Толық емес жану өнімдері оттегі жетіспегенде, компоненттер нашар араласқанда немесе реакция аймағы тез салқындағанда түзіледі. Бұл жағдайда жанғыш заттың бір бөлігі толық тотығып үлгермейді. Көміртек CO_2 орнына көміртек оксиді CO-ға дейін тотығуы мүмкін, ал оттегі тапшылығы одан әрі күшейгенде көміртектің қатты бөлшектер — күйе түрінде конденсациялануы ықтимал.

Метанның толық емес жануына тән реакция мысалы:



Оттегі мөлшері одан әрі азайғанда бос көміртектің түзілуі мүмкін:



Көміртек оксиді CO — өрт кезіндегі ең қауіпті уытты өнімдердің бірі. Ол түссіз және иіссіз, әрі қандағы гемоглобинмен оттегіне қарағанда әлдеқайда белсенді байланысады, бұл гипоксияның дамуына әкеледі. Тұйық бөлмелердегі өрттер кезінде адамдардың қаза болуының негізгі себептерінің бірі — дәл осы CO түзілуі.

CO мен күйеден басқа, толық емес жану кезінде сутегі H_2 , әртүрлі көмірсутекті радикалдар, альдегидтер және аралық тотығу өнімдері түзілуі мүмкін. Олардың мөлшері жанғыш заттың химиялық табиғатына және реакцияның өту шарттарына байланысты.

Әсіресе полимер материалдардың жану өнімдерінің құрамы күрделі болады. Мұндай жағдайда CO_2 мен H_2O -мен қатар хлорсутек HCl , цианды сутек HCN , азот оксидтері NO және NO_2 және басқа да жоғары уытты қосылыстар түзілуі мүмкін. Сондықтан толық емес жану ортаның уыттылығын едәуір арттырып, өрттің қауіптілігін күшейтеді.

Нақты өрт жағдайында толық және толық емес жану өнімдері іс жүзінде әрқашан бір мезгілде болады. Артық ауа берілгеннің өзінде турбуленттілік, ауаның біркелкі берілмеуі немесе бөлме геометриясының күрделілігі салдарынан оттегі тапшылығы бар жергілікті аймақтар пайда болуы мүмкін. Сондықтан жану өнімдерінің нақты құрамы газ тәрізді және қатты компоненттердің күрделі қоспасы болып табылады.

Материалдық баланс тұрғысынан толық емес жану көміртек пен сутек атомдарының әртүрлі өнімдер арасында қайта бөлінуін білдіреді, алайда заттардың жалпы массасы бұрынғыдай массаның сақталу заңына бағынады. Айырмашылық зат мөлшерінде емес, оның тотығу дәрежесінде және сәйкесінше реакцияның энергетикалық әсерінде жатыр.

Осылайша, толық және толық емес жану өнімдерінің айырмашылығы реакцияның өту шарттарымен және артық ауа коэффициентімен анықталады. Толық жану өнімдері максималды тотығу дәрежесімен және ең жоғары жылу бөлінуімен сипатталса, толық емес жану өнімдері жоғары уыттылықпен, күйе түзілуімен және процестің энергетикалық тиімділігінің төмендеуімен қатар жүреді.

Түтін — өрттің негізгі және ең қауіпті факторларының бірі болып табылады. Инженерлік және өрт-техникалық тұрғыдан түтін жану және заттардың термиялық ыдырауы кезінде түзілетін дисперсті жүйе ретінде қарастырылады. Ол газ тәрізді жану өнімдерінің, газ ортасында қалқып жүретін қатты және сұйық бөлшектердің күрделі қоспасы болып табылады [14].

Физика-химиялық тұрғыдан түтін аэрозольдерге жатады. Дисперсті фазаның агрегаттық күйіне байланысты түтін, тұман және шаң ажыратылады, алайда өрт жағдайында бұл формалар көбінесе бір мезгілде кездеседі. Түтін ортасының негізін CO_2 , CO , H_2O , N_2 және басқа газдар сияқты газ тәрізді жану өнімдері, сондай-ақ ұсақ дисперсті көміртек бөлшектері, күл қалдықтары және толық емес тотығудың конденсацияланған өнімдері құрайды.

Түтіннің түзілуі жанудың толық болмауымен және пиролиз процестерімен тікелей байланысты. Органикалық материалдар термиялық

ыдырағанда ұшқыш өнімдер түзіледі, олар оттегі жетіспеген жағдайда толық тотығып үлгермейді. Нәтижесінде көміртектің конденсациясы жүріп, күйе бөлшектері түзіледі. Бұл бөлшектердің өлшемі микронның үлестерінен бірнеше микрометрге дейін жетеді және олар ұзақ уақыт бойы газ ортасында қалқып тұра алады.

Түтіннің мөлшері мен қасиеттері жанғыш материалдың химиялық табиғатына және жану шарттарына тәуелді. Метан CH_4 сияқты таза газдар жеткілікті оттегі жағдайында жанғанда түтін түзілуі минималды болады, себебі реакция өнімдері негізінен CO_2 және H_2O болып табылады. Керісінше, сұйық көмірсутектер мен әсіресе полимер материалдар жанғанда күйе мен уытты қосылыстардың көп мөлшері түзіліп, қарқынды түтіндену байқалады.

Өрт қауіпсіздігі тұрғысынан түтін кешенді қауіпті әсер көрсетеді. Біріншіден, ол аэрозоль бөлшектерінің жарықты шашыратып және жұтуы есебінен бөлмедегі көрінуді төмендетеді. Түтіннің жарық жұту коэффициенті қауіпсіз эвакуация уақытының есебінде қолданылады. Екіншіден, түтін ортасында уытты компоненттер болады, олардың ішінде көміртек оксиді CO , цианды сутек HCN , хлорсутек HCl және синтетикалық материалдар жанғанда түзілетін басқа да қосылыстар ерекше маңызға ие. Үшіншіден, түтін жылуды тасымалдаушы орта болып табылады және өрттің бөлме көлемі бойынша таралуына ықпал етеді.

Түтіннің оптикалық қасиеттері бөлшектердің концентрациясы мен өлшеміне тәуелді. Күйе мен басқа қатты бөлшектердің концентрациясы артқан сайын жарықтың жұтылуы мен шашырауы күшейеді. Бұл жану өнімдерінің салыстырмалы түрде аз концентрациясының өзінде-ақ көрінудің күрт төмендеуіне әкеледі. Есептеулерде түтіннің массалық концентрациясы мен жарық ағынының әлсіреу коэффициенті арасындағы тәжірибелік тәуелділіктер пайдаланылады.

Түтін ортасының температурасы да маңызды рөл атқарады. Қызған жану өнімдерінің тығыздығы төмен болады және олар жоғары көтеріліп, бөлме төбесі астында түтін қабатын түзеді. Жабық көлемдердегі өрттің дамуына тән ерекшелік – стратификацияланған түтін аймағының қалыптасуы. Температура мен жану қарқындылығы артқан сайын түтін қабатының қалыңдығы мен температурасы өседі, бұл құрылыс конструкцияларына қосымша жылулық жүктеме түсіреді.

Түтіннің құрамы тұрақты емес және өрттің дамуына қарай өзгеріп отырады. Бастапқы кезеңде пиролиз өнімдері мен толық емес тотығу өнімдері басым болады, ал кейін ауа ағыны артқан сайын CO_2 және H_2O үлесі көбейеді. Алайда нақты жағдайларда оттегінің біркелкі берілмеуіне байланысты толық және толық емес жану аймақтары бір мезгілде қатар жүреді, бұл түтін ортасының күрделі және өзгермелі құрамын айқындайды.

Материалдық баланс тұрғысынан түтін — газдық және дисперсті фазалар арасында таралған химиялық түрлену және термиялық ыдырау өнімдерінің жиынтығы болып табылады. Оның сандық сипаттамаларын толық емес жану өнімдерінің шығымын және күйе түзілу дәрежесін есептеу арқылы анықтауға

болады. Дегенмен практикалық есептеулерде көбінесе нақты материалдардың түтін түзу қабілетіне қатысты тәжірибелік деректер пайдаланылады.

Осылайша, түтін — толық емес тотығу мен термиялық ыдырау нәтижесінде түзілетін күрделі көпфазалы жану өнімі. Ол өрттің дамуына, адамдарды эвакуациялау жағдайына және сөндіру тиімділігіне елеулі әсер етеді. Түтіннің түзілу табиғаты мен қасиеттерін түсіну өртті талдаудың және оның қауіпті факторларын бағалаудың міндетті элементі болып табылады.

2. Жану процесіндегі ауа көлемдері

Жану процесі – тотығу реакциясы болып табылатын химиялық процесс, оның сандық жағы жанғыш зат пен оттегі арасындағы стехиометриялық қатынастармен анықталады. Инженерлік жану теориясында ауа сандық тұрғыдан есептелетін реагент ретінде қарастырылады, оның көлемі процестің әртүрлі режимдері үшін есептелуі мүмкін.

Ауа газ тәрізді орта болғандықтан, есептеулерде оның мөлшері көбінесе көлемдік түрде (м^3) немесе молярлық түрде (кмоль) өрнектеледі. Бұл химиялық теңдеулердегі стехиометриялық коэффициенттерді тікелей пайдалануға мүмкіндік береді.

Жануға қатысатын ауа көлемі келесі түрлерге бөлінеді:

- теориялық көлем;
- меншікті көлем;
- нақты көлем;
- толық көлем;
- келтірілген көлем.

1. Теориялық ауа көлемі

Теориялық ауа көлемі V_0 деп берілген мөлшердегі жанғыш заттың толық жануы үшін қажетті, құрамында дәл қажетті мөлшерде оттегі бар ең аз ауа көлемі аталады.

Теориялық көлем реакцияның стехиометриялық теңдеуі негізінде анықталады және тотықтырғыштың артық та, кем де болмайтын режиміне сәйкес келеді.

Метанның толық жану реакциясын қарастырайық:
 $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Теңдеуден көрініп тұрғандай, 1 моль метанды жағу үшін 2 моль оттегі қажет. Ауа көлемдік құрамы бойынша шамамен 21 % O_2 құрайды, яғни 1 моль оттегіге шамамен 4,76 моль ауа сәйкес келеді. Сондықтан 1 моль CH_4 жануы үшін:

$$2 \times 4,76 = 9,52 \text{ моль ауа қажет.}$$

Идеал газдар үшін бірдей жағдайларда көлем зат мөлшеріне пропорционал болғандықтан, 1 м^3 метан жанғанда теориялық ауа көлемі шамамен:

$$V_0 = 9,52 \text{ м}^3 \text{ ауа} / 1 \text{ м}^3 \text{ CH}_4.$$

Қатты және сұйық жанғыш заттар үшін де теориялық ауа көлемі осыған ұқсас анықталады. Мысалы, орташа элементтік құрамдағы ағаш үшін

теориялық қажеттілік шамамен 1 кг материалға 4,5–5 м³ ауа құрайды. Бензин үшін бұл көрсеткіш 14–15 м³/кг дейін жетеді.

Осылайша, V_0 – отынның химиялық құрамымен ғана анықталатын есептік шама.

2. Меншікті ауа көлемі

Меншікті ауа көлемі деп жанғыш заттың бірлік мөлшерін толық жағу үшін қажетті теориялық ауа көлемі аталады.

Ол келесі түрде өрнектелуі мүмкін:

- 1 м³ газ тәрізді отынға м³ ауа;
- 1 кг конденсацияланған затқа м³ ауа;
- 1 кмоль жанғыш затқа кмоль ауа.

Меншікті ауа көлемі – заттың сипаттамалық шамасы және өрттің нақты өту жағдайларына тәуелді емес.

Мысалы:

- метан үшін: 9,52 м³/м³;
- ағаш үшін: шамамен 5 м³/кг;
- автомобиль резинасы үшін: 10–12 м³/кг.

Жанғыш заттың белгілі бір массасы немесе көлемі белгілі болған жағдайда тотықтырғышқа қажеттілікті анықтауда дәл осы меншікті көлем пайдаланылады.

3. Нақты ауа көлемі және артық ауа коэффициенті

Нақты жағдайларда жану аймағына түсетін ауа мөлшері теориялық қажетті мөлшерден өзгеше болады. Процеске шын мәнінде қатысатын ауа көлемі нақты ауа көлемі деп аталады және V арқылы белгіленеді.

Нақты және теориялық көлемдердің арақатынасы артық ауа коэффициенті α арқылы өрнектеледі:

$$\alpha = V / V_0.$$

Егер $\alpha = 1$ болса, процесс стехиометриялық режимде жүреді. Егер $\alpha > 1$ болса, ауа артық мөлшерде беріледі. Егер $\alpha < 1$ болса, оттегі жетіспеушілігі байқалады.

Артық ауа коэффициентінің физикалық мәні – жану режимінің сипатын көрсету.

$\alpha < 1$ кезінде жанғыш зат толық тотығып үлгермейді, нәтижесінде көміртек оксиді CO, сутегі H₂, күйе және толық жанбаған басқа өнімдер түзіледі.

$\alpha > 1$ кезінде артық ауа азот пен қалдық оттегі есебінен газ ортасының көлемін ұлғайтады, сондай-ақ инертті компоненттердің қызуы салдарынан жану температурасының төмендеуіне әкеледі.

Инженерлік тәжірибеде α коэффициенті жану өнімдерінің құрамын және ортаның уыттылығын анықтайтын негізгі параметрлердің бірі болып табылады.

4. Толық ауа көлемі

Толық ауа көлемі деп белгілі бір зат массасының бүкіл жану кезеңінде жұмсалған ауа мөлшері аталады.

Мысалы, егер меншікті қажеттілік $5 \text{ м}^3/\text{кг}$ болса, ал бөлмеде 12 кг ағаш жанса, онда толық ауа шығыны:

$$V_{\text{тол}} = 12 \times 5 = 60 \text{ м}^3.$$

Бұл параметр тұйық көлемдегі газ ортасының өзгеруін және оттегі концентрациясының төмендеу динамикасын бағалауға мүмкіндік береді [15].

5. Келтірілген ауа көлемі

Газ көлемі температура мен қысымға тәуелді болғандықтан, жұмыс жағдайларындағы көлем мен қалыпты немесе стандартты жағдайларға келтірілген көлем ажыратылады.

Келтірілген ауа көлемі деп берілген жағдайлардан қалыпты немесе стандартты жағдайларға идеал газ күй теңдеуі бойынша қайта есептелген ауа көлемі аталады:

$$V_2 = V_1 \cdot (T_2 / T_1) \cdot (p_1 / p_2),$$

мұнда

V_1 — бастапқы жағдайдағы көлем,

V_2 — келтірілген көлем,

T — абсолюттік температура,

p — қысым.

Көлемді келтіру есептік деректерді дұрыс салыстыру, анықтамалық әдебиеттерді пайдалану және өрттің газодинамикасын талдау үшін қажет.

Мысалы, егер $800 \text{ }^\circ\text{C}$ (1073 K) температурада атмосфералық қысым кезінде ауа көлемі 50 м^3 болса, онда қалыпты жағдайда (273 K) келтірілген көлем:

$$V_2 = 50 \cdot (273 / 1073) \approx 12,7 \text{ м}^3.$$

Демек, жылулық ұлғаю ауа көлемін қалыпты жағдаймен салыстырғанда шамамен төрт есе арттырады, бұл өрт кезіндегі газ ортасының динамикасына елеулі әсер етеді.

Осылайша, жану процесіндегі ауаның сандық сипаттамасына мыналар кіреді:

- теориялық көлем V_0 ;
- меншікті көлем;
- нақты көлем V ;
- толық көлем;
- келтірілген көлем.

Бұл параметрлер жану процесін сапалық сипаттаудан оның қатаң сандық бағасына көшуге мүмкіндік береді және газ ортасының өзгерісін талдаудың, жану режимін болжаудың және өрт қауіпсіздігі саласындағы инженерлік есептердің негізін құрайды.

3. Жану өнімдерінің көлемдері және шығу кезіндегі газ құрамы

Жану процесі тек ауаның шығындалуымен ғана емес, сонымен қатар жаңа газ тәрізді көлемнің — жану өнімдерінің түзілуімен қатар жүреді. Бұл өнімдердің сандық сипаттамасы өрттің даму барысын талдау, ортаның уыттылығын бағалау, түтін жою жүйелерін есептеу және бөлмедегі газдық жағдайдың динамикасын болжау үшін принциптік маңызға ие.

Жану өнімдерінің көлемдері де ауа көлемдері сияқты келесі түрлерге бөлінеді:

- теориялық;
- меншікті;
- нақты;
- келтірілген.

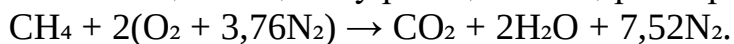
1. Жану өнімдерінің теориялық көлемі

Жану өнімдерінің теориялық көлемі $V_{\text{тг}}^0$ деп заттың стехиометриялық режимде ($\alpha = 1$) толық жануы кезінде түзілетін газ тәрізді өнімдердің көлемі аталады.

Ол реакцияның стехиометриялық тендеуі негізінде анықталады және мыналарды қамтиды:

- толық тотығу өнімдері (CO_2 , H_2O , SO_2 және т.б.);
- ауамен бірге келген азот N_2 .

Метанның толық жану реакциясын қарастырайық:



Тендеуден 1 моль метан жанғанда түзілетіні:

- 1 моль CO_2 ;
- 2 моль H_2O ;
- 7,52 моль N_2 .

Газ тәрізді өнімдердің жалпы мөлшері:

$$1 + 2 + 7,52 = 10,52 \text{ моль}.$$

Демек, 1 м³ метанның жануынан түзілетін жану өнімдерінің теориялық көлемі:

$$V_{\text{тг}}^0 \approx 10,52 \text{ м}^3.$$

Осылайша, стехиометриялық деңгейдің өзінде жану өнімдерінің көлемі бастапқы отын көлемінен артық екені көрінеді [16].

2. Жану өнімдерінің меншікті көлемі

Жану өнімдерінің меншікті көлемі деп заттың бірлік мөлшері толық жанғанда түзілетін газ тәрізді өнімдердің теориялық көлемі аталады.

Ол келесі түрде өрнектеледі:

- 1 м³ газға м³ өнім;
- 1 кг затқа м³ өнім.

Өртүрлі материалдар үшін бұл шама айтарлықтай ерекшеленеді.

Мысалы:

- 1 м³ метан → шамамен 10,5 м³ өнім;
- 1 кг ағаш → қалыпты жағдайда шамамен 6–8 м³ өнім;
- 1 кг автомобиль резинасы → шамамен 10–14 м³ өнім.

Бұл шамалар материалдың газ түзу әлеуетін сипаттайды және өрт жүктемесімен тікелей байланысты.

3. Жану өнімдерінің нақты көлемі

Нақты жағдайларда жану өнімдерінің көлемі артық ауа коэффициентіне α тәуелді болады.

Егер $\alpha > 1$ болса, жану өнімдерінің құрамында қосымша азот пен қалдық оттегі пайда болады. Бұл жағдайда жану өнімдерінің нақты көлемі келесі өрнекпен анықталады:

$$V_{\text{пр}} = V_{\text{пр}}^0 + (\alpha - 1) \cdot V_0, \text{ мұнда } V_0 \text{ — теориялық ауа көлемі.}$$

Егер $\alpha < 1$ болса, жану өнімдерінің сапалық құрамы өзгереді. CO_2 орнына CO , H_2 , көмірсутек радикалдары және күйе түзіледі. Сандық жағынан CO_2 көлемі азаюы мүмкін, бірақ уытты компоненттердің үлесі артады.

Осылайша, жану өнімдерінің нақты көлемі тек отынның химиялық құрамымен ғана емес, сонымен қатар жану режимімен де анықталады.

4. Құрғақ және ылғалды жану өнімдері

Жану өнімдері екіге бөлінеді:

- ылғалды (су буын ескере отырып);
- құрғақ (H_2O есепке алынбай).

Су буы сутегінің тотығуы нәтижесінде түзіледі және газ қоспасының жалпы көлеміне елеулі әсер етеді. Алайда түтін газдары салқындаған кезде ылғалдың бір бөлігі конденсацияланып, газ фазасының көлемін азайтуы мүмкін.

Желдету және түтін жою жүйелерін есептегенде құрғақ немесе ылғалды өнімдер қарастырылатынын нақты көрсету қажет.

5. Жану өнімдерінің температуралық ұлғаюы

Жану өнімдерінің көлемі температураға айтарлықтай тәуелді. Өрт кезінде газдардың температурасы 600–1000 °C-қа дейін жетуі мүмкін, бұл олардың көлемінің едәуір ұлғаюына әкеледі.

Көлемнің температураға тәуелділігі тұрақты қысым кезінде идеал газ күй теңдеуімен сипатталады:

$$V_2 = V_1 \cdot (T_2 / T_1).$$

Егер жану өнімдерінің теориялық көлемі 273 K температурада 8 м³ болса, онда 800 °C (1073 K) температурада:

$$V \approx 8 \cdot (1073 / 273) \approx 31,4 \text{ м}^3.$$

Демек, қызу газ көлемін шамамен төрт есе арттырады.

Дәл осы жылулық ұлғаю өрт кезінде бөлменің тез түтінмен толуына және қысымның артуына себеп болады [13].

6. Тұйық бөлме үшін есептік мысал

Көлемі 60 м³ болатын бөлмені қарастырайық. Онда 10 кг ағаш жануда.

Қалыпты жағдайда жану өнімдерінің меншікті көлемін 7 м³/кг деп алайық.

Жану өнімдерінің теориялық көлемі:

$$V_{\text{пр}}^0 = 10 \times 7 = 70 \text{ м}^3.$$

Тіпті қызуды есепке алмағанда да жану өнімдерінің көлемі бөлме көлемінен артық.

700–800 °C температурада көлем шамамен:

$$70 \times 4 \approx 280 \text{ м}^3.$$

Бұл мынаны түсіндіреді:

- түтін қабатының жылдам қалыптасуын;

- қысымның жоғарылауын;
- ауаның ойықтар арқылы ығыстырылуын;
- таза ауа келіп түскен кезде тұтану қаупін.

Осылайша, жану өнімдерінің сандық сипаттамасына мыналар кіреді:

- теориялық көлем $V_{пт}^0$;
- меншікті көлем;
- нақты көлем $V_{пт}$;
- құрғақ және ылғалды өнімдер;
- берілген температурадағы келтірілген көлем.

Бұл параметрлер:

- бөлменің түтінмен толу жылдамдығын бағалауға;
- оттегі концентрациясының өзгерісін болжауға;
- түтін жою жүйелерін есептеуге;
- тұйық көлемдегі өрттің дамуын талдауға мүмкіндік береді.

Осылайша, жану өнімдерінің көлемдері өрт кезіндегі газ ортасының динамикасының негізгі параметрі болып табылады және инженерлік талдаудың ажырамас элементі саналады.

Бақылау сұрақтары

1. Жану процесінің материалдық балансы дегеніміз не және ол массаның сақталу заңымен қалай байланысты?
2. Көмірсутектің C_xH_y толық жану теңдеуін пайдаланып, жану өнімдерінің құрамын қалай анықтауға болады?
3. Материалдық балансты молярлық түрден массалық түрге көшіру тәртібі қандай және ол үшін қандай шамалар қолданылады?
4. Теориялық ауа мөлшері L_0 қалай анықталады және ауадағы оттегінің массалық үлесі есептеулерде неге 0,23 деп алынады?
5. Артық ауа коэффициенті α нені сипаттайды және оның жану өнімдерінің құрамына әсері қандай?
6. Толық және толық емес жану өнімдерінің айырмашылығы неде және олардың өрт қауіптілігіне әсері қандай?
7. Неліктен СО толық емес жанудың негізгі қауіпті өнімі болып табылады және оның адам организміне әсері қандай?
8. Жану өнімдерінің теориялық, меншікті және нақты көлемдері қалай анықталады және олардың инженерлік маңызы қандай?
9. Құрғақ және ылғалды жану өнімдерінің айырмашылығы неде және бұл айырмашылық түтін жою жүйелерін есептеуде не үшін ескеріледі?
10. Түтіннің түзілу механизмі қандай және оның оптикалық, уытты және жылулық әсерлері өрттің дамуына қалай ықпал етеді?

2-бөлім. Жанғыш заттардың химиялық табиғаты және өрт қауіптілігі

2.1. Көмірсутектердің өрт қауіпті қасиеттері

1. Оқытушыға арналған әдістемелік ұсынымдар

Дәрістің мақсаты – курсанттарда қанықпаған көмірсутектердің химиялық табиғаты, олардың құрылысы мен реакциялық қабілеті, физикалық қасиеттері және өрт қауіптілік ерекшеліктері туралы жүйелі түсінік қалыптастыру [3].

Дәрісті проблемалық сұрақтан бастаған жөн:

«Неліктен қанықпаған көмірсутектер қаныққан көмірсутектерге қарағанда реакцияға белсендірек және өрт жағдайында қауіпті болуы мүмкін?»

Бұл сұрақ курсанттарды молекула құрылымының (қос және үштік байланыстардың) заттың физикалық және өрт қауіптілік қасиеттеріне әсерін талдауға бағыттайды.

Түсіндіру барысында:

- қаныққан және қанықпаған көмірсутектердің құрылымдық айырмашылығын нақты көрсету;
- қос және үштік байланыстардың реакциялық қабілетке әсерін түсіндіру;
- ИЮПАК номенклатурасы бойынша атау беру алгоритмін кезең-кезеңімен талдау;
- физикалық қасиеттердің (қайнау температурасы, ұшқыштық, тығыздық) молекула құрылысына тәуелділігін көрсету;
- ацетилен мен диендердің өндірістік және өрт қауіптілік ерекшеліктерін атап өту;
- қанықпаған көмірсутектердің полимеризацияға бейімділігін және оның технологиялық маңызын түсіндіру қажет.

Ерекше назар аудару керек:

- ацетиленнің жоғары жалын температурасына;
- газ тәрізді қанықпаған көмірсутектердің кең тұтану шектеріне;
- өндірісте қолданылатын диендердің (бутадиен) өрт және жарылыс қауіптілігіне.

Дәріс соңында кәсіби бағытталған шағын талдау ұсынылады: өндірістік ортада этилен немесе ацетилен қолданылған жағдайда өрт қауіптілігін бағалау.

2. Курсанттарға арналған әдістемелік ұсынымдар

Сабакқа дайындалу барысында:

- алкандар мен қанықпаған көмірсутектердің құрылымдық айырмашылығын қайталау;
- қос және үштік байланыс ұғымын нақты түсіну;
- ИЮПАК бойынша атау беру тәртібін меңгеру;
- алкендер, алкиндер және алкадиендердің жалпы формулаларын есте сақтау.

Ерекше назар аудару қажет:

- молекула құрылымы мен реакциялық қабілет арасындағы байланысқа;
- ұшқыштық пен қайнау температурасының өрт қауіптілікке әсеріне;

- ацетиленнің сақтау ерекшеліктеріне;
- полимеризация процестерінің өндірістік маңызына.

Материалды меңгеру кезінде ұсынылады:

- берілген құрылымдық формула бойынша қосылыстың атауын өз бетінше анықтау;
- алкен, алкин және алкадиеннің салыстырмалы физикалық қасиеттерін талдау;
- қанықпаған көмірсутектердің өрт қауіптілік факторларын анықтау.

Дәріс тезісі:

Қарастырылатын сұрақтар:

1. Ацикликалық қанықпаған көмірсутектердің құрылысы және жіктелуі.
2. Алкендер, алкиндер және алкадиендердің физикалық қасиеттері және номенклатурасы.
3. Қанықпаған көмірсутектердің өндірістік қолданылуы және өрт қауіптілік ерекшеліктері.

1. Ацикликалық қанықпаған көмірсутектердің құрылысы және жіктелуі.

Көмірсутектер – құрамында тек көміртек пен сутек болатын ең қарапайым органикалық қосылыстар.

Көмірсутектер барлық басқа органикалық қосылыстар кластарының негізін құрайды. Көмірсутек молекулаларындағы сутек атомдарын әртүрлі атомдарға немесе атомдар топтарына алмастыру арқылы органикалық қосылыстардың басқа кластары: галогентуындылар, спирттер және т.б. алынады. Неміс химигі К. Шорлеммердің пікірінше, органикалық химияны көмірсутектер мен олардың туындыларының химиясы ретінде қарастыруға болады.

Органикалық қосылыстардың негізгі кластары – көмірсутектер – төмендегі кестеде көрсетілген [17].

Кесте 5 – Көмірсутектердің жіктелуі

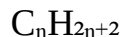
Ацикликалық (алифатикалық)		Цикликалық	
Қаныққан	Қанықпаған	Қанықпаған	Қаныққан
алкандар C_nH_{2n+2}	алкендер C_nH_{2n}	алкиндер C_nH_{2n-2}	циклоалкандар C_nH_{2n}
	алкадиендер C_nH_{2n-2}	арендер C_nH_{2n-6}	

Алкандар – көміртек атомдары бір-бірімен жай (дара) байланыс арқылы байланысқан және олардың бос валенттіліктері сутек атомдарымен қаныққан көмірсутектер.

Алкандар алифатикалық көмірсутектерге жатады, яғни көміртек атомдары тұйықталмаған тізбек түзетін қосылыстар.

Алкандарды «парафиндер» деп те атайды (лат. *parum affinis* – «аз әрекеттесетін»), бұл олардың концентрлі қышқылдар мен сілтілер сияқты күшті реагенттерге қатысты химиялық тұрақтылығымен түсіндіріледі.

Алкандардың жалпы формуласы:



Алкандардың номенклатурасы

Алғашқы төрт алканның атауы тарихи түрде қалыптасқан. Бесінші алканнан бастап атаулар грек сан есімдерінен туындайды. Барлық алкандардың атауында –ан жұрнағы болады.

Бір сутек атомын алып тастағанда қаныққан көмірсутектердің қалдықтары – радикалдар түзіледі. Радикалдардың атауы бастапқы көмірсутек атауынан алынады, бірақ –ан жұрнағы –ил жұрнағына ауыстырылады.

Кесте 6 – Алкандар мен сәйкес радикалдардың атаулары

Көміртек атомдарының саны	Алкан формуласы C_nH_{2n+2}	Алкан атауы	Радикал формуласы C_nH_{2n+1}	Радикал атауы
1	CH_4	метан	$-CH_3$	метил
2	C_2H_6 (CH_3-CH_3)	этан	$-C_2H_5$ ($-CH_2-CH_3$)	этил
3	C_3H_8 ($CH_3-CH_2-CH_3$)	пропан	$-C_3H_7$ ($-CH_2-CH_2-CH_3$)	пропил
4	C_4H_{10} ($CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$)	бутан (н-бутан)	$-C_4H_9$ ($-CH_2-(CH_2)_2-CH_3$)	н-бутил
5	C_5H_{12} ($CH_3-(CH_2)_3-CH_3$)	н-пентан	$-C_5H_{11}$ ($-CH_2-(CH_2)_3-CH_3$)	н-пентил (амил)
6	C_6H_{14} ($CH_3-(CH_2)_4-CH_3$)	н-гексан		
7	C_7H_{16} ($CH_3-(CH_2)_5-CH_3$)	н-гептан		
8	C_8H_{18} ($CH_3-(CH_2)_6-CH_3$)	н-октан		
9	C_9H_{20} ($CH_3-(CH_2)_7-CH_3$)	н-нонан		
10	$C_{10}H_{22}$ ($CH_3-(CH_2)_8-CH_3$)	н-декан		

Алкандардың физикалық қасиеттері

Көміртек атомдарының саны 1-ден 4-ке дейінгі қаныққан көмірсутектер қалыпты жағдайда газ күйінде болады; көміртек атомдарының саны 5-тен 15-ке

дейінгілері – сұйық заттар; ал 16-дан жоғары көміртек атомдары бар көмірсутектер қатты заттар болып табылады.

Молекула іріленген сайын көмірсутектердің балқу және қайнау температуралары жоғарылайды.

Қаныққан көмірсутектер суда өте нашар ериді, ал көптеген органикалық еріткіштерде жақсы ериді [18].

Қаныққан көмірсутектер қатарының алғашқы өкілдері – метан мен этан – иіссіз. Төменгі ұшқыш көмірсутектер бензинге тән иіске ие. Мұнай майлары мен парафин құрамына кіретін жоғары алкандар да иіссіз, себебі олардың ұшқыштығы өте төмен.

Кесте 7 – Қаныққан көмірсутектердің физикалық қасиеттері және кейбір өрт қауіптілік көрсеткіштері

Көмірсутек	Агрегаттық күйі	Тығыздығы, кг/м ³	t _{қайнау} , °C	t _{өздігінен тұтану} , °C	Жану жылуы, кДж/кг	ТКПШ, %	ЖКПШ, %
Метан CH ₄	газ	0,415	– 161,6	537	49560	5	15
Этан C ₂ H ₆	газ	0,546	–88,6	472	47460	2,9	15
Пропан C ₃ H ₈	газ	0,582	–42,1	466	46620	2,1	9,5
Бутан C ₄ H ₁₀	газ	0,600	–0,5	405	45780	1,9	9,1
Пентан C ₅ H ₁₂	сұйық	626	36,1	309	45360	1,4	7,8
Гексан C ₆ H ₁₄	сұйық	659	68,7	247	44940	1,2	7,5
Гексадекан C ₁₆ H ₃₄	қатты	773	286,9	207	44398	–	–
Эйкозан C ₂₀ H ₄₂	қатты	790	344	232	44290	–	–

Пентан изомерлерінің физикалық қасиеттері және кейбір өрт қауіптілік көрсеткіштері

Алкандардың изомерлерінің физикалық қасиеттері мен өрт қауіптілік көрсеткіштері олардың құрылысына едәуір тәуелді. 8-кестеде мысал ретінде пентан изомерлерінің кейбір сипаттамалары келтірілген.

Кесте 8 – Пентан изомерлерінің кейбір сипаттамалары

Пентан изомерлері	Агрегаттық күйі	Тығыздығы, кг/м ³	t _{қайнау} , °C	t _{тұтану (жарқылы)} , °C	t _{өздігінен тұтану} , °C	ТКПШ, %	ЖКПШ, %	ТТПШ, °C	ЖТПШ, °C
н-пентан	сұйық	621,4	36,4	–44	286	1,47	7,7	–48	–23
2-метилбутан	сұйық	619,6	27,9	–52	432	1,36	9,0	–56	–30

2,2- диметилпропан	газ (сұйықта а 613,0)	3,216	9,5	–	450	1,38	7,3	–	–
-----------------------	-----------------------------	-------	-----	---	-----	------	-----	---	---

Келтірілген мәліметтер тармақталған тізбекті изомерлердің қайнау және тұтану (жарқыл) температуралары төмен болатынын, демек олардың жеңіл буланатынын көрсетеді. Ал өздігінен тұтану температурасы кері тәуелділікке ие.

Бұл деректерді аталған заттар қолданылатын өндірістердің өрт қауіптілігін талдауда міндетті түрде ескеру қажет.

Алкандардың қолданылуы

Алкандар әртүрлі іштен жану қозғалтқыштары мен жылыту жүйелерінде отын ретінде пайдаланылады.

Органикалық синтезде олар хлор туындыларын, метанолды, формальдегидті және органикалық қышқылдарды алу үшін қолданылады.

2. Ацикликалық қанықпаған көмірсутектер

Қанықпаған көмірсутектер деп құрамында көміртек атомдарының саны бірдей қаныққан көмірсутектермен салыстырғанда сутек атомдарының саны аз болатын және қосылу реакцияларына оңай түсетін көмірсутектерді айтады.

Қанықпаған көмірсутектерде көміртек атомдары арасында қос (=), үш (≡) байланыстар немесе олардың комбинациялары болады.

Кесте 9 – Қанықпаған көмірсутектердің түрлері

АЛКЕНДЕР	АЛКИНДЕР	АЛКАДИЕНДЕР
Алкендер (олефиндер) – молекуласында көміртек атомдары арасында бір қос байланысы бар қанықпаған көмірсутектер.	Алкиндер – молекуласында көміртек атомдары арасында бір үштік байланысы бар қанықпаған көмірсутектер.	Алкадиендер (диендер) – молекуласында екі қос байланысы бар қанықпаған көмірсутектер.
Алкендер «этилен қатарының көмірсутектері» деп те аталады.	Алкиндер – «ацетилен қатарының көмірсутектері».	Ең қарапайым өкілі – қос байланыстары өзара әсерлесетін (конъюгацияланған) диендер.
Ең қарапайым өкілі – этилен: $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	Ең қарапайым өкілі – ацетилен: $\text{CH} \equiv \text{CH}$	Ең қарапайым өкілі – бутадиен-1,3: $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$

Жалпы формулалары

Алкендер: C_nH_{2n}

Алкиндер: $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

Алкадиендер: $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

ИЮПАК бойынша номенклатура

Атаулар алкандар атауларының негізінде құрылады, бірақ –ан жұрнағы келесі жұрнақтарға ауыстырылады:

– ен (алкендер үшін)

– ин (алкиндер үшін)

– диен (алкадиендер үшін)

Атау беру тәртібі:

1. Қос немесе үштік байланыс кіретін ең ұзын көміртек тізбегі таңдалады.

2. Тізбек нөмірленеді, нөмірлеу қос немесе үштік байланысқа жақын ұшынан басталады.

3. Радикалдар атауы олардың орналасқан көміртек атомының нөмірімен бірге көрсетіледі.

4. Негізгі тізбек атауы беріледі және соңында бірінші қос немесе үштік байланыс орналасқан көміртек атомының нөмірі көрсетіледі.

Қанықпаған қосылыстардың физикалық қасиеттері

Алкендердің алғашқы үш өкілі қалыпты жағдайда газдар болып табылады, C_3H_{12} -ден бастап – сұйықтар, ал $C_{19}H_{38}$ -ден бастап – қатты заттар. Алкендердің тығыздығы мен қайнау температурасы сәйкес қаныққан көмірсутектерге қарағанда жоғары.

Алкиндер ішінде C_2H_2 – C_4H_6 көмірсутектері қалыпты жағдайда газдар, молекуласында бес көміртек атомынан бастап – сұйықтар, ал $C_{16}H_{30}$ -дан бастап – қатты заттар. Қайнау және балқу температураларының өзгеру заңдылықтары метан және этилен қатарындағы көмірсутектерге ұқсас.

Ацетилен – әлсіз эфир иісі бар түссіз газ. Суда ериді (1 көлем суда 1,03 көлем ацетилен ериді).

Ацетиленді сақтау үшін активтелген көмірмен толтырылған және ацетонмен сіңірілген баллондар қолданылады, онда ацетилен қысыммен ерітіледі.

Бутадиен – газ, ал кең қолданылатын басқа диендер – сұйық заттар.

Қанықпаған көмірсутектердің қолданылуы

Алкендер

Этилен үлкен көлемде өндіріледі және техникалық этил спиртін алу үшін шикізат ретінде пайдаланылады [19].

Этиленнен әртүрлі галогентуындылар алынады (еріткіш ретінде қолданылады).

Этиленді полимерлеу арқылы полиэтилен алынады.

Этиленнің қызықты қолданылуы – жемістердің (мысалы, бананның) пісуін жеделдететін зат ретінде.

Алкиндер

Ацетилен автогенді дәнекерлеу және металдарды кесу үшін қолданылады. Жалын температурасы шамамен $3500\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ацетиленнен әртүрлі химиялық заттар алынады: сірке альдегиді, бензол, винилацетилен, одан әрі – хлоропрен және синтетикалық каучук.

Алкадиендер

Конъюгацияланған диендердің негізгі қолданылуы – каучук синтезі.

Алғашқы синтетикалық каучук – бутадиенді каучук – 1928 жылы КСРО-да С.В. Лебедев әдісі бойынша алғаш рет синтезделді.

Алкандар қанықпаған көмірсутектерді алу үшін (полимерлер өндірісіне арналған шикізат) пайдаланылады [20].

Бақылау сұрақтары

1. Қанықпаған көмірсутектер дегеніміз не және олардың қаныққан көмірсутектерден айырмашылығы қандай?
2. Алкендер, алкиндер және алкадиендердің жалпы формулалары қандай?
3. Қос және үштік байланыстардың болуы заттың реакциялық қабілетіне қалай әсер етеді?
4. ИЮПАК номенклатурасы бойынша қанықпаған көмірсутектерге атау беру тәртібі қандай?
5. Алкендердің физикалық қасиеттері молекулалық массаға байланысты қалай өзгереді?
6. Ацетиленнің физикалық қасиеттері мен сақтау ерекшеліктері қандай?
7. Қанықпаған көмірсутектердің қайнау температурасы мен ұшқыштығы олардың өрт қауіптілігіне қалай әсер етеді?
8. Алкадиендердің негізгі өндірістік қолданылуы қандай?
9. Неліктен ацетилен автогенді дәнекерлеуде қолданылады?
10. Қанықпаған көмірсутектердің өндірісте қолданылуы кезінде қандай өрт және жарылыс қауіптері ескерілуі тиіс?

2.2. Құрамында оттегі бар заттардың өрт қауіпті қасиеттері

1. Оқытушыға арналған әдістемелік ұсынымдар

Дәрістің мақсаты – курсанттарда құрамында оттегі бар заттардың өрт қауіптілігінің физика-химиялық табиғаты туралы тұтас түсінік қалыптастыру, олардың қыздыру және жану кезіндегі мінез-құлқының көмірсутектерден айырмашылығын көрсету, сондай-ақ өрттің қауіпті факторларының қалыптасуындағы оттекті функционалдық топтардың рөлін ашу.

Дәрісті проблемалық сұрақ қою арқылы құру орынды: «Құрамында құрылымдық оттегі бар заттар неге бір мезгілде жанғыш әрі тотықтырғыш бола алады және олардың өрт кезіндегі ерекше қауіптілігі неде?» [3]

Материалды баяндау барысында:

- оттекті функционалдық топтардың заттың термиялық тұрақтылығына әсерін көрсету
- жанғыш оттегіқұрамды қосылыстар мен тотықтырғыштар арасындағы айырмашылықты ашу
- автокаталитикалық ыдырау және жылулық өздігінен үдеудің механизмін түсіндіру
- толық емес тотығу нәтижесінде улы өнімдердің түзілуіне назар аудару
- теориялық қағидаларды нақты авариялық жағдайлармен байланыстыру

Органикалық асқынотықтардың тізбекті ыдырау механизмін, сондай-ақ гипохлориттер мен хлораттардың белсенді оттегінің көзі ретіндегі рөлін түсіндіруге ерекше көңіл бөлу қажет. Бұл заттардың өрт қауіптілігі тек ашық тұтану көзі болғанда ғана емес, сонымен қатар жылулық үдеу (жылулық разгон) нәтижесінде де көрініс табатынын атап көрсету маңызды.

Сабак барысында өндірісте және тұрмыста қолданылатын еріткіштерді, лак-бояу материалдарын, дезинфекциялау құралдарын және тотықтырғыштарды сақтау тәжірибесінен мысалдар келтіру ұсынылады.

2. Курсанттарға арналған әдістемелік ұсынымдар

Сабакқа дайындалу кезінде келесі мәселелерді қайталау қажет:

- тотығу-тотықсыздану реакциялары ұғымы
- органикалық қосылыстардың функционалдық топтар бойынша жіктелуі
- тізбекті реакциялар механизмі
- өрт қауіптілігінің негізгі көрсеткіштері (тұтану температурасы, өздігінен тұтану температурасы, тұтану шектері)

Тақырыпты меңгеру барысында заттың химиялық құрылымы мен оның қыздырған кездегі мінез-құлқы арасындағы байланысқа назар аудару маңызды. Молекулада оттегі атомдарының болуы затты автоматты түрде қауіпсіз етпейтінін түсіну қажет; керісінше, бұл термиялық ыдырауды жеңілдетіп, тізбекті реакцияларды бастамалауы мүмкін.

Келесі ұғымдардың айырмашылығын нақты меңгеру қажет:

- жанғыш оттегіқұрамды заттар
- тотықтырғыш заттар
- өздігінен үдейтін ыдырауға қабілетті қосылыстар

Бұл айырмашылықтарды түсіну өрттердің себептерін талдау және өрт сөндіру тактикасын таңдау үшін қағидатты мәнге ие.

Дәріс тезисі

Қарастырылатын сұрақтар:

1. Оттегіқұрамды заттардың жіктелуі және олардың жанғыш және тотықтырғыш жүйелер арасындағы орны.

2. Оттегіқұрамды заттардың физика-химиялық қасиеттері және өрт қауіптілік көрсеткіштері.

3. Оттегіқұрамды қосылыстардың жану ерекшеліктері және термиялық ыдырау өнімдерінің құрамы.

1. Оттегіқұрамды заттардың жіктелуі және олардың химиялық табиғаты

Оттегіқұрамды заттар жанғыш қосылыстар жүйесінде ерекше орын алады, себебі молекулада оттегі атомының болуы заттың химиялық табиғатына да, оның өрт қауіпті сипаттамаларына да елеулі әсер етеді. Тек көміртек пен сутегіден тұратын көмірсутектерден айырмашылығы, бұл қосылыстардың құрылымында тотықтырғыш элемент бар, бұл олардың термиялық ыдырау ерекшеліктерін, жану механизмін және улы өнімдердің түзілуге бейімділігін алдын ала айқындайды.

Оттегіқұрамды органикалық қосылыстарға молекулалары көміртек (C), сутегі (H) және оттегі (O) атомдарынан құралған заттар жатады. Олардың химиялық қасиеттері оттегінің сандық мөлшеріне емес, молекулада оның қандай химиялық байланыста болуына тәуелді. Дәл функционалдық топтың типі — құрамына оттегі атомы кіретін құрылымдық фрагмент — қосылыстың реакциялық қабілетін және қыздырған кездегі мінез-құлқын айқындайды [21].

Ең кең таралған функционалдық топ — спирттерге тән гидроксил тобы – OH. Спирттерде оттегі атомы көміртекті радикалмен және сутегімен байланысқан, бұл молекулаға полярлық және сутектік байланыстар түзу қабілетін береді. Осы ерекшеліктер бірдей молекулалық массалы көмірсутектермен салыстырғанда спирттердің қайнау температурасының салыстырмалы түрде жоғары болуын анықтайды. Сонымен қатар төменгі спирттер жоғары ұшқыштыққа ие және ауамен тұтанғыш қоспалар түзе алады. Молекула құрамында оттегінің болуы олардың жанғыштығын төмендетпейді, тек тотығу процесінің сипатын өзгертеді.

Гидроксил тобы ароматтық сақинамен байланысқан фенолдар ерекше қызығушылық тудырады. Ароматтық құрылым молекулаға жоғары термиялық тұрақтылық береді, алайда қыздырғанда мұндай қосылыстар тұрақты ароматтық радикалдар мен түтін түзуші өнімдердің түзілуіне бейім. Бұл олардың жануы кезінде едәуір түтінденуді шарттайды.

Құрамында карбонил тобы $>C=O$ бар қосылыстар екі үлкен класқа — альдегидтер мен кетондарға бөлінеді. Карбонилдік байланыс жоғары полярлығымен ерекшеленеді, бұл молекуланы химиялық тұрғыдан белсенді етеді. Альдегидтер әсіресе тотығуға сезімтал және әрі қарайғы реакцияларға, соның ішінде өздігінен тотығу процестеріне оңай түседі. Бұл топтың көптеген

өкілдері төмен тұтану температурасына және жоғары ұшқыштыққа ие, сондықтан олардың өрт қауіптілігі жанғыш бу-ауа қоспаларын жылдам түзу қабілетімен анықталады.

Карбон қышқылдарының құрамында карбоксил тобы $-\text{COOH}$ болады, ол карбонил және гидроксил функцияларын біріктіреді. Бұл қосылыстар айқын қышқылдық қасиеттерімен және жанғыш өнімдер түзе отырып ыдырау реакцияларына түсу қабілетімен сипатталады. Жоғары май қышқылдары және олардың туындылары майлар мен өсімдік майларының құрамына кіреді, олар белгілі бір жағдайларда өздігінен тотығуға және өздігінен тұтануға бейім.

Жай және күрделі эфирлер құрамында оттекті көпірше $-\text{O}-$ немесе күрделі эфирлік топ $-\text{COO}-$ болады. Жай эфирлер салыстырмалы химиялық тұрақтылығына қарамастан, көбінесе жоғары ұшқыштыққа және жарылыс қауіпті қоспалар түзу қабілетіне ие. Күрделі эфирлер лак-бояу өнеркәсібінде және еріткіштер өндірісінде кеңінен қолданылады, бұл оларды өрт қауіптілік тұрғысынан талдаудың маңызды объектісіне айналдырады.

Ерекше топты құрамында $-\text{O}-\text{O}-$ байланысы бар органикалық асқынотық қосылыстар кұрайды. Бұл байланыс беріктігінің төмендігімен және бос радикалдар түзе отырып гомолитикалық үзілуге бейімділігімен сипатталады. Дәл осы радикалдық ыдырау механизмі олардың жоғары термиялық тұрақсыздығын және жарылыс қауіптілігін айқындайды. Молекулада ішінара «белсендірілген» оттегінің болуы мұндай қосылыстарды өздігінен үдейтін ыдырау реакцияларына қабілетті етеді.

Органикалық оттегікұрамды қосылыстармен қатар, бейорганикалық оттегікұрамды заттар да елеулі өрт қауіптілікке ие, ең алдымен оттекті қышқылдардың тұздары. Гипохлориттер, хлориттер, хлораттар және перхлораттар айқын тотықтырғыш қасиеттерге ие. Олардың ерекшелігі — ыдырау кезінде оттегін бөлу қабілеті, бұл жанындағы жанғыш материалдардың жануын күрт күшейтеді. Кәдімгі жанғыш заттардан айырмашылығы, мұндай қосылыстар өздері жанғыш болмауы мүмкін, алайда белсенді тотықтырғыштар және тұтану бастамашылары ретінде әрекет етеді.

Осылайша, оттегікұрамды заттар молекулада оттегі атомының болуымен біріктірілгенімен, химиялық табиғаты мен термиялық түрлену механизмдері бойынша әртүрлі қосылыстардың біртекті емес тобын кұрайды. Оттекті функционалдық топтың болуы химиялық байланыстардың тұрақтылығына, тотығу жылдамдығына, өздігінен ыдырауға бейімділікке және белсенді аралық бөлшектердің түзілуіне әсер етеді. Бұл қосылыстардың химиялық құрылымын түсіну олардың өрт қауіпті қасиеттерін талдаудың және қыздыру мен жану жағдайындағы мінез-құлқын болжаудың қажетті шарты болып табылады.

2. Оттегікұрамды заттардың физика-химиялық қасиеттері және өрт қауіптілік көрсеткіштері

Оттегікұрамды заттардың өрт қауіпті қасиеттері бірқатар физика-химиялық факторлардың кешенді әсері нәтижесінде қалыптасады, олардың ішінде молекула құрылысы, оттекті функционалдық топтың сипаты, қосылыстың термиялық тұрақтылығы және тотығу түрленулеріне қабілеттілігі

шешуші мәнге ие. Көмірсутектерден айырмашылығы, бұл қосылыстар молекуласында оттегі атомдарын қамтиды, бұл жану реакциясының энергетикалық теңгерімін де, оның өту механизмін де өзгертеді.

Молекулада оттегінің болуы өрт қауіптілікке екіжақты әсер етеді. Бір жағынан, мұндай қосылыстарда көміртектің тотығу дәрежесі көмірсутектерге қарағанда жоғары, сондықтан олардың меншікті жану жылуы, әдетте, төмен болады. Екінші жағынан, полярлы функционалдық топтар жекелеген химиялық байланыстардың беріктігін төмендетіп, заттың термиялық ыдырауын жеңілдетеді. Дәл қыздыру кезінде байланыстардың үзілуге бейімділігі белсенді радикалдардың және тізбекті жану реакцияларына қатыса алатын ұшқыш өнімдердің түзілуін айқындайды [22].

Сұйық оттегіқұрамды қосылыстардың өрт қауіптілігінің маңызды көрсеткіштерінің бірі — тұтану температурасы. Төменгі спирттер, альдегидтер және кетондар үшін ол көбінесе төмен оң немесе тіпті теріс температуралар аймағында жатады, бұл олардың тұтанғыш булар түзу қабілетінің жоғары екенін көрсетеді. Бұл қосылыстардың ұшқыштығы салыстырмалы түрде төмен молекулалық массамен және молекулааралық әрекеттесулер ерекшеліктерімен түсіндіріледі. Сонымен қатар олардың бу-ауа қоспалары көбінесе тұтану шектерінің кең аралығымен сипатталады.

Өздігінен тұтану температурасы да молекула құрылысына едәуір тәуелді. Реакциялық қабілетті карбонил тобы бар альдегидтер салыстырмалы түрде төмен температураларда тотыға алады. Қыздыру барысында біртіндеп өздігінен тотығу жүреді, ол жылу бөлінуімен қатар жүреді. Егер жылу әкетілуі қиындаса, процесс өздігінен тұтануға ауысуы мүмкін. Осындай процестер жоғары май қышқылдарына, майлар мен тоң майларға да тән, онда оттегіқұрамды фрагменттер автокаталитикалық реакциялардың дамуына ықпал етеді.

Органикалық асқынотықтар ерекше қауіп тудырады. О–О байланысы кәдімгі С–О немесе С–С байланыстарына қарағанда беріктігі төмен. Қыздырғанда ол гомолитикалық үзіліп, тізбекті ыдырау реакцияларын бастайтын бос радикалдар түзеді. Бұл реакциялар өздігінен үдейтін сипатқа ие, себебі бөлінетін жылу молекулалардың әрі қарай ыдырауын жеделдетеді. Нәтижесінде жылулық жарылыс болуы мүмкін. Осындай процестер асқынотық қосылыстарын сақтау және тасымалдау кезінде туындайтын өрттер мен жарылыстардың негізінде жатады.

Айқын тотықтырғыш қасиеттерге ие бейорганикалық оттегіқұрамды қосылыстарға да ерекше назар аудару қажет. Гипохлориттер, хлориттер, хлораттар және перхлораттар жанғыш заттар болып табылмағанымен, жануды белсенді түрде қолдай алады. Қыздырғанда немесе тотықсыздандырғыштармен әрекеттескенде олар оттегі мен жылу бөліп ыдырайды. Мысалы, калий хлораты жоғары температурада, әсіресе қоспалар болған жағдайда, жарылыс тәрізді ыдырауы мүмкін. Бөлінген оттегі тотығу процестерін күрт күшейтіп, жанындағы жанғыш материалдардың тұтануына жағдай жасайды.

Мұндай қосылыстардың тотықтырғыш белсенділігі орталық атомның тотығу дәрежесіне және ортаның жағдайларына тәуелді. Қышқыл ортада

көптеген хлораттар мен перхлораттардың белсенділігі артады, бұл бақылаусыз реакциялар ықтималдығын жоғарылатады. Осы жағдай тотықтырғыштарды органикалық заттармен және тотықсыздандырғыштармен бірге сақтауға тыйым салынуын түсіндіреді.

Оттегіқұрамды қосылыстардың өрт қауіптілігі тек олардың жеке қасиеттерімен ғана емес, пайдалану жағдайларымен де анықталатынын атап өту қажет. Қоршаған орта температурасы, желдетілу дәрежесі, катализдеуші қоспалардың болуы және басқа заттармен жанасу термиялық түрленулердің сипатын едәуір өзгерте алады. Мысалы, бірдей гипохлориттер құрғақ күйде салыстырмалы түрде тұрақты болуы мүмкін, ал ылғалданғанда және қышқылдармен әрекеттескенде улы хлор мен белсенді оттегі бөлуге қабілетті.

Осылайша, оттегіқұрамды заттардың физика-химиялық қасиеттері өрт қауіпті сипаттамалардың күрделі кешенін қалыптастырады. Олар жанғыштықты, өздігінен тотығуға бейімділікті, жылулық ыдырау қабілетін көрсетуі және бір мезгілде күшті тотықтырғыш рөлін атқаруы мүмкін. Бұл қасиеттерді түсіну аталған қосылыстарды сақтау, тасымалдау және қолдану жағдайларын бағалау кезінде, сондай-ақ өрттер мен жарылыстардың себептерін талдау барысында қағидатты мәнге ие.

3. Оттегіқұрамды заттардың жану ерекшеліктері және олардың термиялық ыдырау өнімдерінің құрамы

Оттегіқұрамды заттардың жануы көмірсутектердің жануынан принципті түрде ерекшеленетін бірқатар ерекшеліктерге ие. Молекула құрылымында оттегі атомының болуы термиялық ыдыраудың бастапқы сатыларының механизмін де, жалындағы тізбекті реакциялардың өту сипатын да өзгертеді. Көмірсутектерде тотығу процесі тек сыртқы ауаның оттегімен әрекеттесуінен басталса, оттегіқұрамды қосылыстардың құрылымында молекулаішілік қайта топтасулар мен ыдырауға қатыса алатын фрагменттер бастапқыдан болады.

Қыздырғанда органикалық оттегіқұрамды қосылыстардың көпшілігі алдымен термиялық ыдырауға, яғни пиролизге ұшырайды. Бұл процесс молекулада ең әлсіз байланыстардың үзілуімен қатар жүреді. Мысалы, спирттер мен эфирлерде C–O байланыстары, альдегидтер мен кетондарда карбонил тобына іргелес фрагменттер, ал асқынототық қосылыстарда O–O байланысы үзіледі. Түзілген радикалдар мен төмен молекулалы өнімдер газ фазасына өтіп, сол жерде тотығу реакцияларына қатысады [23].

Оттегіқұрамды заттардың ерекшелігі — олардың термиялық ыдырауы көбінесе ішінара тотыққан қосылыстардың — альдегидтердің, кетондардың, органикалық қышқылдардың түзілуімен қатар жүруі. Оттегі жетіспеген жағдайда да процесс тек көміртек оксиді CO мен күйенің түзілуімен шектелмейді, бұл көмірсутектерге тән құбылыс. Толық емес жану өнімдерінің құрамында тітіркендіргіш және уытты әсері бар оттегіқұрамды улы қосылыстардың кең спектрі болады.

Мысалы, спирттердің жануы көмірқышқыл газы CO₂ мен су буы H₂O түзілуімен қатар, формальдегид, ацетальдегид және басқа да карбонилдік қосылыстар сияқты аралық өнімдердің пайда болуымен жүреді. Бұл заттар

айқын уыттылыққа ие және оттегі жеткіліксіз жағдайда түтіндік ортада болуы мүмкін. Сол сияқты күрделі эфирлер мен майлардың жануы кезінде қышқылдар, альдегидтер және қанықпаған қосылыстар түзіледі.

Органикалық асқынотықтар ерекше орын алады. Олардың ыдырауы қоршаған ортаның тұтану температурасына жеткенге дейін бос радикалдардың түзілуімен жүреді. Мұндай радикалдар жалындағы тізбекті реакцияларды жеделдетіп, жанудың қарқынды дамуына және жарылыс тәрізді режимге ауысуына әкелуі мүмкін. Бұл жағдайларда заттың ішкі химиялық құрылымы тұтану процесін өздігінен бастамалайды, сыртқы тұтану көзінің рөлін төмендетеді.

Оттегіқұрамды заттардың жану өнімдерін талдау кезінде канцерогенді қосылыстардың түзілу мүмкіндігін ескеру қажет. Толық емес тотығу және жоғары температура жағдайында күйе мен түтін құрамына кіретін конденсацияланған ароматтық құрылымдар түзіледі. Бұл қосылыстар қатты бөлшектердің бетінде конденсацияланып, ұзақ мерзімді уытты әсер көрсетуі мүмкін. Олардың түзілуі әсіресе құрамында оттекті функционалдық топтары бар күрделі органикалық материалдардың жануына тән.

Егер тотықтырғыш қасиеттері бар бейорганикалық оттегіқұрамды қосылыстарды қарастырсақ, олардың жану процесіндегі рөлі өнімдердің түзілуінен гөрі басқа заттардың тотығуын күшейтуде көрінеді. Гипохлориттер, хлориттер, хлораттар және перхлораттар ыдырағанда оттегі бөледі, бұл айналадағы материалдардың жануын қолдайды және күшейтеді. Бұл жағдайда тотықтырғыштың өз ыдырау өнімдері жанғыш болмауы мүмкін, алайда олар тудырған жағдайлар жанғыш компоненттің жану жылдамдығы мен температурасын күрт арттырады [24].

Оттегіқұрамды заттардың жану өнімдерінің құрамы артық ауа коэффициентіне едәуір тәуелді екенін атап өткен жөн. Оттегі жеткілікті болғанда негізгі өнімдер CO_2 және H_2O болады, алайда оттегі концентрациясы төмендеген сайын көміртек оксиді CO , альдегидтер, қышқылдар және басқа аралық қосылыстардың үлесі күрт артады. Бұл жағдай лак-бояу материалдары, еріткіштер, полимерлі жабындар және оттегіқұрамды табиғатты басқа да заттардың жануымен байланысты өрттер кезінде түтіндік ортаның жоғары уыттылығын айқындайды.

Осылайша, оттегіқұрамды заттардың жану ерекшеліктері екі фактордың үйлесуіне байланысты анықталады: молекуланың ішкі химиялық құрылымы және процестің өту жағдайлары. Оттекті функционалдық топтардың болуы термиялық ыдырауды жеңілдетеді, белсенді бөлшектердің түзілуіне және аралық өнімдердің кең спектрінің қалыптасуына ықпал етеді. Бұл түтіндік ортаның күрделі құрамын және аталған заттар тобына байланысты өрттер кезіндегі жоғары уыттылықты шарттайды. Аталған заңдылықтарды түсіну өрттердің себептерін талдау, қауіпті факторларды бағалау және өрт сөндіру тактикасын таңдау кезінде қағидатты мәнге ие.

Бақылау сұрақтары

1. Қандай заттар топтары оттегіқұрамды заттарға жатады және олар қандай белгі бойынша жіктеледі?
2. Оттегіқұрамды органикалық қосылыстар жану жылуы бойынша көмірсутектерден немен ерекшеленеді?
3. Неліктен молекулада О–О байланысының болуы оның жарылыс қауіптілігін арттырады?
4. Органикалық асқынотықтардың автокаталитикалық ыдырау механизмі неде?
5. Оттегіқұрамды сұйықтықтардың тұтану температурасына қандай факторлар әсер етеді?
6. Жану процестерін қарқындатуда гипохлориттер мен хлораттардың рөлі қандай?
7. Неліктен оттегіқұрамды заттар толық емес жану кезінде улы өнімдердің кең спектрін түзе алады?
8. Оттегіқұрамды қосылыстардың пиролиз және тотығу процестері немен ерекшеленеді?
9. Артық ауа коэффициенті оттегіқұрамды заттардың жану өнімдерінің құрамына қалай әсер етеді?
10. Оттегіқұрамды заттарды тотықсыздандырғыштармен немесе органикалық материалдармен бірге сақтаудың практикалық қауіптілігі неде?

2.3. Құрамында азот және күкірт бар заттардың өрт қауіпті қасиеттері

1. Оқытушыға арналған әдістемелік ұсынымдар

Дәрістің мақсаты — курсанттарда құрамында азот және күкірт бар заттардың жану ерекшеліктері туралы жүйелі түсінік қалыптастыру, олардың көмірсутекті және оттегіқұрамды қосылыстардан айырмашылығын көрсету, сондай-ақ өрт кезінде улы және химиялық тұрғыдан агрессивті өнімдердің түзілу механизмін ашу.

Дәрісті салыстырмалы талдау негізінде құру ұсынылады. Проблемалық сұрақ қоюдан бастау орынды: «Неліктен синтетикалық материалдар мен күкіртқұрамды заттардың қатысуымен болатын өрттер салыстырмалы түрде төмен температурада да ауыр улануларға әкеледі?» [3]

Түсіндіру барысында:

- N және S атомдарының термиялық ыдырау механизміне әсерін көрсету;
- органикалық және бейорганикалық азот- және күкіртқұрамды қосылыстар арасындағы айырмашылықты ашу;
- HCN, NO_x, SO₂ және H₂S түзілу жағдайларын түсіндіру;
- химиялық процестерді өрттің нақты жағдайларымен (оттегі тапшылығы, турбуленттілік, түтіннің стратификациясы) байланыстыру;
- улы өнімдердің түзілуіндегі артық ауа коэффициентінің рөлін атап көрсету.

Полимерлердің жануы кезінде цианды сутектің (HCN) және күкіртқұрамды қосылыстардың толық емес тотығуы барысында күкіртсутектің (H₂S) түзілу механизміне ерекше назар аудару қажет. Курсанттарға өрттің токсикологиялық қауіптілігі көбінесе температурамен емес, газдық ортаның химиялық құрамымен анықталатынын көрсету маңызды.

Тұрғын және қоғамдық ғимараттардағы өрттерден мысалдар келтіру ұсынылады, онда негізгі зақымдаушы фактор синтетикалық материалдардың жану өнімдерімен улану болған.

2. Курсанттарға арналған әдістемелік ұсынымдар

Сабәкқа дайындалу кезінде келесі мәселелерді қайталау қажет:

- органикалық қосылыстардың функционалдық топтар бойынша жіктелуі;
- химиялық элементтің тотығу дәрежесі ұғымы;
- жанудың материалдық балансының негіздері;
- толық емес жану өнімдерінің түзілу механизмі.

Зат құрамында азот пен күкірт атомдарының болуы әрқашан реакцияның жылулық әсерін арттырмайтынын, бірақ жану өнімдерінің химиялық құрамын едәуір өзгертетінін түсінуге ерекше назар аудару қажет.

Келесі ұғымдарды нақты ажырату қажет:

- заттың жанғыштығы;
- өздігінен үдейтін ыдырауға бейімділігі;
- түзілетін өнімдердің уыттылығы;
- түтіндік ортаның химиялық құрамына артық ауа коэффициентінің әсері.

Бұл айырмашылықтарды түсіну өрт орнындағы жағдайды дұрыс бағалау және жеке қорғану құралдарын таңдау үшін қажет.

Дәріс тезисі:

Қарастырылатын сұрақтар:

1. Азот- және күкіртқұрамды заттардың жанғыш және реакциялық қабілетті жүйелер ретіндегі жіктелуі және жалпы сипаттамасы.

2. Азотқұрамды заттардың өрт қауіпті қасиеттері және термиялық ыдырау ерекшеліктері.

3. Күкіртқұрамды заттардың өрт қауіпті қасиеттері және жану ерекшеліктері.

4. Азот- және күкіртқұрамды материалдардың жану өнімдерінің құрамы, уыттылығы және қауіпті факторлары.

1. Азот- және күкіртқұрамды заттардың жанғыш және реакциялық қабілетті жүйелер ретіндегі жіктелуі және жалпы сипаттамасы

Азот- және күкіртқұрамды заттар жанғыш және өрт қауіпті қосылыстардың ішінде ерекше орын алады, себебі молекулалық құрылымда азот (N) және күкірт (S) атомдарының болуы термиялық ыдырау механизміне де, жану өнімдерінің құрамына және уыттылығына да елеулі әсер етеді. Тек көміртек (C) пен сутегіден (H) тұратын көмірсутектерден айырмашылығы, бұл қосылыстар күрделірек элементтік құраммен сипатталады, бұл қыздыру және тотығу кезінде жүретін химиялық түрленулердің көпкомпонентті сипатын айқындайды.

Химиялық табиғаты бойынша азот- және күкіртқұрамды заттар органикалық және бейорганикалық болып бөлінеді.

Органикалық азотқұрамды қосылыстарға аминдер, амидтер, нитрилдер, нитроқосылыстар, органикалық табиғатты нитраттар, азотқұрамды гетероциклдік қосылыстар, сондай-ақ көптеген полимерлі материалдар жатады. Олардың құрылымында азот атомы әртүрлі тотығу дәрежесінде және әртүрлі химиялық байланыс түрінде — амин тобы $-NH_2$, нитротобы $-NO_2$, амид тобы $-CONH-$ және басқа функционалдық фрагменттер түрінде болуы мүмкін. Азоттың тотығу дәрежесі қосылыстың термиялық тұрақтылығын да, оның ыдырау сипатын да айқындайды [25].

Органикалық күкіртқұрамды қосылыстарға тиолдар, сульфидтер, дисульфидтер, тиоэфирлер, сульфоксидтер, сульфондар және басқа да бірқатар қосылыстар жатады. Бұдан бөлек, көптеген табиғи заттар, мұнай өнімдері және полимерлі материалдар құрамында да күкірт болады. Оттегімен салыстырғанда күкірттің атомдық массасы үлкен және электртерістілігі төмен, бұл C–S және S–H байланыстарының энергетикасына әсер етіп, қыздыру кезінде олардың үзілу сипатын өзгертеді.

Бейорганикалық азотқұрамды заттарға нитраттар, нитриттер, аммоний тұздары, сондай-ақ қыздырғанда азот оксидтерін бөле алатын қосылыстар жатады. Олардың арасында жанғыш жүйелер де, тотықтырғыш жүйелер де бар. Металдар мен аммоний нитраттары ыдырау кезінде оттегін бөліп, органикалық заттардың жану процесін қарқындата алады.

Бейорганикалық күкіртқұрамды заттарға сульфидтер, сульфаттар, сульфиттер және элементар күкірт жатады. Элементар күкірт (S) жанғыш бейметалл болып табылады және тотығу кезінде күкірт диоксидін (SO_2) түзеді. Металл сульфидтері қыздырғанда тотығып, металл оксидтерін және SO_2 түзеді, бұл процесс көбінесе елеулі жылу бөлінумен қатар жүреді.

Өрт қауіптілік тұрғысынан бұл заттарды шартты түрде үш топқа бөлуге болады:

бірінші топ — органикалық молекула құрамында азот немесе күкірт бар жанғыш заттар;

екінші топ — қыздырғанда жануды қолдайтын немесе күшейтетін газтәрізді өнімдер бөле отырып термиялық ыдырауға қабілетті заттар;

үшінші топ — азот немесе күкірт жоғары тотығу дәрежесінде болатын тотықтырғыш қосылыстар.

Азоттың ерекшелігі — органикалық қосылыстар толық жанғанда ол негізінен молекулалық азот (N_2) түрінде бөлінеді. Алайда жоғары температурада және оттегі тапшылығы жағдайында жанама реакциялар жүріп, азот оксидтері (NO , NO_2), сондай-ақ цианды сутек (HCN) және басқа улы қосылыстар түзілуі мүмкін. Осылайша, азот негізгі жанғыш элемент болмаса да, оның болуы жану өнімдерінің токсикологиялық сипаттамаларын айқындайды.

Күкірт толық тотығу кезінде күкірт диоксидін (SO_2), ал оттегі артық және температура жоғары болғанда — күкірт триоксидін (SO_3) түзеді. Бұл қосылыстар айқын тітіркендіргіш әсерге ие және ылғалмен әрекеттескенде қышқылдар түзе алады. Демек, күкіртқұрамды материалдар өрт кезінде қосымша химиялық қауіп тудырады.

Азот- және күкіртқұрамды қосылыстардың оттегіқұрамды заттардан принципті айырмашылығы — органикалық заттардың басым бөлігінде азот пен күкірт атомдары молекулаішілік тотықтырғыш қызметін атқармайды. Олардың әсері негізінен ыдырау механизмін және жану өнімдерінің құрамын өзгертуде көрінеді. Алайда нитроқосылыстар мен нитраттарда азот жоғары тотығу дәрежесінде болады, бұл қосылыстарға экзотермиялық ыдырауға бейімділік береді.

Осылайша, азот- және күкіртқұрамды заттар химиялық тұрғыдан әртүрлі қосылыстар тобын құрайды, олардың өрт қауіптілігі тек көміртекті қаңқаның жанғыштығымен ғана емес, N және S атомдарының қыздыру және тотығу кезіндегі мінез-құлқының ерекшеліктерімен де анықталады. Олардың жіктелуі мен химиялық табиғатын түсіну жану механизмдерін кейінгі талдау және өрт өнімдерінің уыттылығын бағалау үшін қажет [26].

2. Азотқұрамды заттардың өрт қауіпті қасиеттері және термиялық ыдырау ерекшеліктері

Азотқұрамды заттар жанғыш және реакциялық қабілетті жүйелердің ерекше тобына жатады, олардың өрт қауіптілігі тек молекуланың көміртекті қаңқасымен ғана емес, азот атомының химиялық күйімен де анықталады. Қосылыстың құрылымына байланысты азот тотықсызданған, аралық немесе

жоғары тотығу дәрежесінде болуы мүмкін, бұл оның термиялық ыдырау механизміне және жану процесінің сипатына принципті түрде әсер етеді.

Аминдік немесе амидтік топтары бар органикалық қосылыстарда азот атомы тотықсызданған күйде болады. Қыздырғанда мұндай заттар азотқұрамды ұшқыш фрагменттер түзе отырып пиролизге ұшырайды. Оттегі жеткілікті болған жағдайда азоттың негізгі бөлігі термодинамикалық тұрғыдан тұрақты және химиялық инертті молекулалық азот (N_2) түрінде бөлінеді. Алайда ыдырау процесі сатылы түрде жүреді, және толық тотығуға дейін аралық қосылыстар — аммиак (NH_3), азот оксиді (NO), азот диоксиді (NO_2), сондай-ақ цианды сутек (HCN) түзілуі мүмкін.

HCN түзілуі аса қауіпті болып табылады. Бұл қосылыс азотқұрамды полимерлердің, синтетикалық талшықтардың, полиуретандардың, полиамидтердің және құрылыс пен тұрмыста кеңінен қолданылатын басқа материалдардың термиялық ыдырауы кезінде түзіледі. Цианды сутек жоғары уыттылыққа ие және салыстырмалы түрде төмен концентрацияларда да өлімге әкелетін әсер көрсетуі мүмкін. Оның түзілуі оттегі тапшылығы жағдайында азот пен көміртектің толық емес тотығуымен байланысты.

Нитроқосылыстар мен органикалық табиғатты нитраттар азотқұрамды заттардың неғұрлым қауіпті санатына жатады. Олардың құрылымында азот атомы жоғары тотығу дәрежесінде болады, ал молекулада $-NO_2$ немесе $-ONO_2$ фрагменті болады. Мұндай қосылыстар ішкі тотықтырғыш әлеуетке ие. Қыздырғанда молекулаішілік оттегінің ауысуы мүмкін, бұл сыртқы тотықтырғыштың қатысуынсыз экзотермиялық ыдырауға әкеледі. Бірқатар нитроқосылыстардың жарылыс тәрізді ыдырауға бейімділігі дәл осы құбылыспен түсіндіріледі.

Олардың ыдырау механизмі тізбекті сипатта болады. Белгілі бір температураға жеткенде ең әлсіз байланыстар үзіліп, белсенді радикалдар түзіледі. Бөлінетін жылу молекулалардың әрі қарай ыдырауын жеделдетеді. Егер жылу әкетілуі шектелсе, процесс өздігінен үдейтін сипат алып, жылулық жарылысқа ұласуы мүмкін. Осылайша, нитроқосылыстар мен аммоний тұздары үшін қыздыру, механикалық әсер немесе қоспалармен ластану кезінде өздігінен ыдырау қаупі тән.

Аммоний тұздары, әсіресе аммоний нитраты (NH_4NO_3), өрт қауіпсіздігі тұрғысынан ерекше назар аударуды талап етеді. Орташа қыздыру кезінде олар азот оксидтерін және су буын бөле отырып ыдырайды. Алайда белгілі бір жағдайларда қарқынды экзотермиялық ыдырауға көшуі мүмкін. Органикалық қоспалардың болуы немесе жылу әкетілудің шектелуі реакцияның жеделдеуіне ықпал етеді. Мұндай жағдайда зат өрт кезінде екінші реттік жарылыс көзіне айналуы мүмкін.

Азотқұрамды заттардың өрт қауіптілігіне артық ауа коэффициенті елеулі әсер етеді. $\alpha \geq 1$ болғанда тотығу процестері неғұрлым толық жүреді және азот негізінен N_2 түрінде бөлінеді. $\alpha < 1$ кезінде тотықсыздану процестерінің үлесі артып, CO , HCN және басқа улы қосылыстардың түзілуіне әкеледі. Демек, тұйық көлемдерде және ауаның шектеулі қолжетімділігі жағдайында

азотқұрамды материалдардың қатысуымен болатын өрттер түтіндік ортаның жоғары уыттылығымен сипатталады [27].

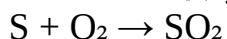
Жоғары температура жағдайында термиялық азот оксидтері деп аталатын қосылыстардың түзілуі мүмкін. Бастапқы затта азот болмаса да, шамамен 1200–1400 °C жоғары температурада ауаның молекулалық азоты оттегімен әрекеттесіп, NO түзе алады. Ал жанғыш құрамында азот болған жағдайда NO және NO₂ түзілуі күшейеді. Бұл газдар айқын тітіркендіргіш және уытты әсерге ие.

Осылайша, азотқұрамды заттардың өрт қауіптілігі бірнеше факторлармен анықталады: улы өнімдер түзу қабілетімен, өздігінен үдейтін ыдырау мүмкіндігімен, молекулалық тотығу-тотықсыздану процестеріне қатысуымен және жанудың жылулық режиміне әсерімен. Қарапайым көмірсутектерден айырмашылығы, мұнда негізгі қауіп тек жылу бөлінумен шектелмей, сонымен қатар жоғары уытты газдық ортаның қалыптасуымен күшейеді, бұл өрт кезінде адамдар үшін қатерді айтарлықтай арттырады.

3. Күкіртқұрамды заттардың өрт қауіпті қасиеттері және жану ерекшеліктері

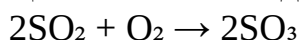
Күкіртқұрамды заттар жанғыш және реакциялық қабілетті жүйелердің өзіндік ерекшелігі бар тобына жатады, олар үшін жылулық қауіп пен жану өнімдерінің айқын химиялық агрессивтілігінің үйлесуі тән. Азоттан айырмашылығы, ол толық тотығу кезінде негізінен молекулалық азот (N₂) түрінде бөлінсе, күкірт жану жағдайында іс жүзінде толық тотығып, күкірт диоксидін (SO₂), ал оттегі артық және температура жоғары болғанда — күкірт триоксидін (SO₃) түзеді. Бұл ерекшеліктер реакцияның өту механизміне де, өрттің токсикологиялық сипаттамаларына да әсер етеді.

Элементар күкірт (S) жанғыш бейметалл болып табылады. Қыздырғанда ол алдымен балқиды, кейін буланып, ауаның оттегімен әрекеттеседі. Күкірттің жануы келесі теңдеу бойынша жүреді:



Процесс жылу бөлінумен және көгілдір түсті жалынмен қатар жүреді. Көмірсутектермен салыстырғанда жану жылуы салыстырмалы түрде төмен болғанымен, күкірттің жану қауіптілігі тыныс алу жолдарына айқын тітіркендіргіш әсер ететін улы газ — күкірт диоксидінің (SO₂) түзілуімен анықталады.

Оттегі артық және температура жоғары болған жағдайда SO₂-нің бір бөлігі қосымша тотығады:

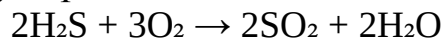


Түзілген күкірт триоксиді ауа ылғалымен әрекеттесіп, ұсақ дисперсті аэрозоль түрінде күкірт қышқылын (H₂SO₄) түзеді. Осылайша, күкіртқұрамды заттардың жану өнімдері конструкциялар мен жабдықтарға коррозиялық әсер ететін қышқылдық агрессивті орта қалыптастыра алады.

Органикалық күкіртқұрамды қосылыстар — тиолдар, сульфидтер, дисульфидтер және басқа туындылар — қыздырғанда күкіртқұрамды ұшқыш фрагменттер түзе отырып термиялық ыдырауға ұшырайды. Оттегі жеткілікті

жағдайда тотығудың негізгі өнімі де SO_2 болып табылады. Алайда оттегі жетіспегенде аралық қосылыстар, соның ішінде күкіртсутек (H_2S) түзілуі мүмкін.

Күкіртсутек (H_2S) ерекше қауіп төндіреді. Бұл жанғыш әрі аса улы газ. Өрт жағдайында ол күкіртқұрамды органикалық заттардың ыдырауы кезінде де, сульфидтері бар табиғи және өндірістік материалдарды қыздырғанда да түзілуі мүмкін. Оттегі болғанда H_2S келесі реакция бойынша тотығады:



Алайда тұйық немесе нашар желдетілетін көлемдерде H_2S жиналып, жарылыс қауіпті әрі улы орта қалыптастыруы мүмкін.

Күкіртқұрамды қосылыстардың тағы бір ерекшелігі — олардың қатты фазада тотығу қабілеті. Металл сульфидтері ауада қыздырғанда айтарлықтай жылу бөлінуімен жүретін экзотермиялық тотығу реакцияларына түсуі мүмкін. Мұндай процестер құрамында пирит (FeS_2) бар көмір мен тау жыныстарын сақтау тәжірибесінде белгілі. Пириттің тотығуы өздігінен қызуға және өздігінен тұтануға әкелуі мүмкін.

Күкіртқұрамды заттардың термиялық ыдырау механизмі көбінесе C-S байланыстарының C-C және C-H байланыстарына қарағанда беріктігінің төмен болуымен анықталады. Бұл пиролиздің бастапқы сатыларын жеңілдетеді. Түзілген радикалдар әрі қарай тотығу реакцияларына түсіп, газтәрізді өнімдердің кең спектрінің түзілуіне әкеледі [28].

Оттегіқұрамды заттардан айырмашылығы, күкірт органикалық қосылыстардың басым бөлігінде ішкі тотықтырғыш қызметін атқармайды. Алайда оның болуы түтіндік ортаның сипатын едәуір өзгертеді. Күкірт диоксиді суда жақсы ериді және тыныс алу кезінде күкіртті қышқыл түзіп, шырышты қабықтардың химиялық күйіктерін туғызады. Сондықтан күкіртқұрамды материалдардың қатысуымен болатын өрттер жеке құрам мен зардап шеккендер үшін жоғары қауіптілікпен сипатталады.

Артық ауа коэффициенті жану өнімдерінің құрамына елеулі әсер етеді. $\alpha \geq 1$ кезінде негізінен SO_2 түзіледі, ал $\alpha < 1$ болғанда H_2S және күкірттің басқа тотықсызданған формалары жиналуы мүмкін. Демек, желдетілу жағдайлары мен газдардың араласу дәрежесі тек жылу бөліну қарқындылығын ғана емес, ортаның химиялық қауіптілігін де айқындайды.

Осылайша, күкіртқұрамды заттардың өрт қауіптілігі үш негізгі аспектіден көрінеді: экзотермиялық тотығу қабілеті, улы газдардың түзілуі және химиялық агрессивті ортаның қалыптасуы. Азотқұрамды қосылыстардан айырмашылығы, онда негізгі қауіп HCN мен азот оксидтерінің түзілуімен байланысты болса, күкіртқұрамды материалдар үшін басты қауіп SO_2 , H_2S түзілуі және өрт аймағында қышқылдық коррозияның пайда болуымен анықталады.

4. Азот- және күкіртқұрамды заттардың жану өнімдерінің құрамы, уыттылығы және қауіпті факторлары

Азот- және күкіртқұрамды заттар жанғанда жоғары уыттылығымен және химиялық агрессивтілігімен ерекшеленетін күрделі газдық орта қалыптасады. Көмірсутектердің жануынан айырмашылығы, онда негізгі өнімдер CO_2 , H_2O , ал

толық емес тотығу кезінде СО мен күйе болса, азот пен күкірт атомдарының болуы қосымша қауіпті компоненттердің түзілуіне әкеледі. Бұл жағдай эвакуациялау мен өрт сөндіру бөлімшелерінің жұмысын айтарлықтай қиындатады.

Химиялық құрамы тұрғысынан азотқұрамды заттардың жану өнімдеріне мыналар жатады:

- молекулалық азот (N_2)
- азот оксиді (NO)
- азот диоксиді (NO_2)
- цианды сутек (HCN)
- аммиак (NH_3)
- көміртек оксиді (CO)
- көмірқышқыл газы (CO_2)

Органикалық қосылыстар толық тотығу кезінде азот негізінен N_2 түрінде бөлінеді. Алайда нақты өрт жағдайында, әсіресе тұйық көлемдерде, оттегі тапшылығы және газдардың біркелкі араласпауы байқалады. Мұндай жағдайда тотықсызданған және аралық өнімдер — ең алдымен HCN мен CO — түзіледі.

Цианды сутек (HCN) — өрттің ең қауіпті улы өнімдерінің бірі. Оның әсері жасушалық тыныс алуды тежеумен байланысты. Салыстырмалы түрде төмен концентрацияларда да ауыр улану туғызады. HCN әсіресе полиуретандардың, полиамидтердің, акрилонитрилқұрамды материалдардың және құрылыс, жиһаз, ішкі әрлеуде кең қолданылатын басқа азотқұрамды полимерлердің жануы кезінде қарқынды түзіледі.

Азот оксидтері (NO және NO_2) жанғыш зат құрамындағы азоттың тотығуынан да, жоғары температурада ауаның молекулалық азотының тотығуынан да түзіледі. NO_2 айқын тітіркендіргіш әсерге ие және өкпенің химиялық зақымдануын туындатуы мүмкін. Сонымен қатар ылғал болған жағдайда ол азот және азотты қышқылдар түзеді, бұл тіндер мен құрылымдарға химиялық әсерді күшейтеді.

Күкіртқұрамды заттардың жану өнімдеріне мыналар жатады:

- күкірт диоксиді (SO_2)
- күкірт триоксиді (SO_3)
- күкіртсутек (H_2S)
- көміртек оксиді (CO)
- көмірқышқыл газы (CO_2)

Күкірт диоксиді (SO_2) тыныс алу жолдарына күшті тітіркендіргіш әсер етеді. Ылғалмен әрекеттескенде күкіртті қышқыл түзіледі, бұл зақымдаушы әсерді күшейтеді. Жану өнімдерінде SO_3 болған жағдайда күкірт қышқылының аэрозолі түзілуі мүмкін, нәтижесінде химиялық агрессивті түтіндік орта қалыптасады.

Күкіртсутек (H_2S) күкіртқұрамды қосылыстар толық емес тотығу кезінде түзіледі және жанғыш әрі аса улы газ болып табылады. Оның тұйық көлемдерде жиналуы қосымша жарылыс қауіптілігін туғызып, жеке құрам үшін тәуекелді күрт арттырады.

Физика-химиялық табиғаты тұрғысынан азот- және күкіртқұрамды материалдардың жануы кезінде түзілетін түтіндік орта көпфазалы жүйе болып табылады. Оның құрамына газтәрізді өнімдер, қышқыл аэрозольдері, ұсақ дисперсті күйе бөлшектері және конденсацияланған органикалық қосылыстар кіреді. Таза көмірсутектер жанған кездегі өрттермен салыстырғанда мұндай ортаның химиялық агрессивтілігі айтарлықтай жоғары.

Бірнеше улы компоненттердің бір мезгілде әсер етуі ерекше қауіп төндіреді. Мысалы, CO мен HCN-ның қатар болуы гипоксиялық әсерді күшейтеді. SO₂ мен NO₂-нің болуы тыныс алу жолдарын тітіркендіріп, эвакуация мүмкіндігін төмендетеді. Осылайша, азот- және күкіртқұрамды материалдардың қатысуымен болатын өрттердегі өлім-жітім деңгейі көбінесе температурамен емес, түтіндік ортаның құрамымен анықталады.

Материалдық және жылулық баланс тұрғысынан азот пен күкірттің болуы элементтердің жану өнімдері арасында қайта бөлінуін өзгертеді. Толық емес жану кезінде көміртектің бір бөлігі CO түрінде, азоттың бір бөлігі HCN және NO_x түрінде, күкірттің бір бөлігі H₂S түрінде қалады. Масса сақталу заңы сақталғанымен, реакцияның энергетикалық тиімділігі төмендейді, ал ортаның уыттылығы артады [28].

Жану өнімдерін талдаудың практикалық маңызы:

- қауіпсіз эвакуация уақытының бағалануы;
- тыныс алу органдарын жеке қорғау құралдарын дұрыс таңдау;
- конструкциялардың коррозиялық зақымдануын болжау;
- өрт кезіндегі адамдардың қаза болу себептерін талдау.

Осылайша, азот- және күкіртқұрамды заттардың қатысуымен болатын өрттер тек жылулық емес, айқын химиялық қауіптілікпен сипатталады. Олардың басты ерекшелігі — улы және агрессивті газдардың түзілуі, бұл өрт сөндіру жағдайларын күрделендіріп, зардап шеккендер санын арттыруы мүмкін. Бұл заттардың жану өнімдерінің құрамын түсіну өрт қауіпсіздігі саласындағы мамандарды кәсіби даярлаудың міндетті элементі болып табылады.

Бақылау сұрақтары

1. Азот- және күкіртқұрамды заттар қандай белгілер бойынша жіктеледі?
2. Органикалық қосылыстарда азот қандай формаларда болуы мүмкін?
3. Неліктен нитроқосылыстар экзотермиялық ыдырауға жоғары бейімділікке ие?
4. Цианды сутек (HCN) қандай жағдайларда түзіледі?
5. Өрт кезінде азот оксидтері (NO және NO₂) түзілуіне қандай факторлар әсер етеді?
6. Күкірттің толық және толық емес тотығуы кезінде қандай өнімдер түзіледі?
7. Өрт жағдайында күкіртсутек (H₂S) немен қауіпті?
8. Артық ауа коэффициенті азот- және күкіртқұрамды заттардың жану өнімдерінің құрамына қалай әсер етеді?

9. Неліктен синтетикалық азотқұрамды материалдардың қатысуымен болатын өрттер жоғары уыттылықпен ерекшеленеді?

10. Күкіртқұрамды заттар жанған кезде түтіндік ортаның химиялық агрессивтілігі неден көрінеді?

11. Қышқылдық аэрозольдердің түзілуі конструкциялар мен жабдықтарға қалай әсер етеді?

2.4. Полимерлі материалдардың өрт қауіпті қасиеттері

1. Оқытушыға арналған әдістемелік ұсынымдар

Дәрістің мақсаты — курсанттарда полимерлердің жану механизмі, олардың жылулық мінез-құлқының ерекшеліктері және жану өнімдерінің жоғары уыттылығы туралы тұтас түсінік қалыптастыру, сондай-ақ полимерлі материалдардың қазіргі өрттердің даму динамикасына әсерін көрсету.

Дәрісті проблемалық сұрақтан бастаған орынды: «Неліктен қазіргі заманғы өрттер өткен ғасыр ғимараттарындағы өрттерге қарағанда жылдамырақ дамып, ауыр улануларға жиірек әкеледі?» [3]

Түсіндіру барысында:

- полимерлердің жануын төмен молекулалы заттардың жануымен салыстыра отырып айырмашылығын көрсету;
- пиролиз және газ фазалық тотығу механизмін ашу;
- полимерлердің химиялық құрамын жану өнімдерінің уытты құрамымен байланыстыру;
- жылулық кері байланыстың өрттің үдеуіне әсерін түсіндіру;
- өрттің қарқынды сатыға жылдам өту қаупіне назар аудару.

Қатты полимерлердің жануындағы негізгі саты ретінде пиролиз ұғымына, сондай-ақ улы өнімдердің түзілуіндегі артық ауа коэффициентінің рөліне ерекше көңіл бөлу қажет. Қазіргі интерьерлерде жылу бөлудің және түтіннің негізгі көзі дәл синтетикалық материалдар екенін курсанттарға көрсету маңызды.

Тұрғын үй-жайлар мен қоғамдық ғимараттардағы өрттерден мысалдар келтіру ұсынылады, онда адамдардың зақымдануының шешуші факторы жылулық әсер емес, полимерлердің жану өнімдерімен улану болған.

2. Курсанттарға арналған әдістемелік ұсынымдар

Сабакқа дайындалу кезінде келесі ұғымдарды қайталау қажет:

- макромолекула және полимерлену ұғымы;
- тізбекті радикалдық реакциялардың негіздері;
- пиролиз ұғымы;
- артық ауа коэффициенті;
- толық емес жану өнімдерінің түзілу механизмдері.

Полимердің тікелей қатты күйде жанбайтынын, жану оның термиялық ыдырау өнімдері арқылы жүретінін нақты түсіну қажет. Полимердің химиялық құрылымы мен түтіндік ортаның құрамы арасындағы байланысты меңгеру міндетті.

Ерекше назар аудару қажет:

- СО және HCN түзілуіне;
- полимерлердің түтін түзу қабілетіне;
- жалын мен материал беті арасындағы жылулық кері байланысқа;
- термопласттардың балқымасының өрттің таралуына әсеріне.

Бұл процестерді түсіну өрттің даму барысын бағалау және тактикалық шешімдерді дұрыс таңдау үшін қажет.

Дәріс тезисі

Қарастырылатын сұрақтар:

1. Полимерлердің құрылысы және оларды өрт қауіптілігі тұрғысынан жіктеу.
2. Полимерлердің термиялық ыдырау және жану механизмі.
3. Полимерлі материалдардың жану өнімдері және олардың уыттылығы.
4. Полимерлер жанған кездегі өрттің даму ерекшеліктері және сөндірудің кәсіби аспектілері.

1. Полимерлердің құрылысы және оларды өрт қауіптілігі тұрғысынан жіктеу

Полимерлі материалдар қазіргі техносферада басым орын алады. Олар құрылыс саласында, ішкі әрлеуде, жылу оқшаулауда, электр техникасында, көлік құралдарында, тоқыма өнеркәсібінде және жиһаз өндірісінде кеңінен қолданылады. Өрт жағдайында дәл полимерлер көбінесе жылу бөлудің және жану өнімдерінің уытты компоненттерінің негізгі көзіне айналады. Олардың өрт қауіпті қасиеттерін түсіну үшін химиялық құрылым ерекшеліктерін және жіктелуін қарастыру қажет [29].

Полимерлер деп молекулалары көп санды қайталанатын құрылымдық буындардан — мономерлерден — тұратын жоғары молекулалы қосылыстарды айтады. Төмен молекулалы заттардан айырмашылығы, полимерлер жоғары молекулалық массаға және тізбектердің күрделі кеңістіктік ұйымдасуына ие. Мономердің химиялық табиғаты мен буындар арасындағы байланыс типі материалдың термиялық тұрақтылығын және қыздырған кездегі мінез-құлқын айқындайды.

Химиялық құрылымы бойынша полимерлер бірнеше топқа бөлінеді.

Бірінші топ — көмірсутекті полимерлер. Оларға полиэтилен, полипропилен, полистирол жатады. Олардың құрылымы негізінен көміртек (С) пен сутегі (Н) атомдарынан тұрады. Қыздырғанда мұндай материалдар көмірсутекті радикалдар мен газтәрізді өнімдер түзе отырып термиялық ыдырауға ұшырайды. Олардың жану жылуы сұйық көмірсутекті отындардың жану жылуымен шамалас, бұл өрт кезінде жоғары жылулық жүктемені шарттайды.

Екінші топ — оттегіқұрамды полимерлер. Оларға полиэфирлер, полиуретандар, эпоксидті шайырлар, целлюлоза жатады. Құрылымда оттегі атомдарының болуы термиялық ыдырау механизміне және жану өнімдерінің құрамына әсер етеді. Мұндай материалдар пиролизге жеңілірек ұшырауы

мүмкін, ал толық емес жану кезінде улы оттегіқұрамды қосылыстардың кең спектрін түзеді.

Үшінші топ — азотқұрамды полимерлер, оның ішінде полиамидтер, полиуретандар, акрилонитрил талшықтары. Олардың жануы кезінде цианды сутек (HCN) және басқа улы қосылыстар түзілуі мүмкін, бұл түтіндік ортаның қауіптілігін айтарлықтай арттырады.

Төртінші топ — галогенқұрамды полимерлер, мысалы поливинилхлорид. Олар тікелей азот- немесе күкіртқұрамды жүйелерге жатпағанымен, өрт кезіндегі мінез-құлқы агрессивті газдардың түзілуімен сипатталады. Мұндай материалдардың термиялық ыдырауы кезінде хлорсутек (HCl) бөлініп, уытты және коррозиялық әсерді күшейтеді.

Физика-химиялық қасиеттері бойынша полимерлер термопластар және реактопластар болып бөлінеді. Термопластар қыздырғанда жұмсарып, тұтқыр-ағатын күйге өтеді, бұл балқыманың ағуына және өрттің таралуына ықпал етеді. Реактопластар кеңістіктік тігілген құрылым түзеді және балқымай, көміртекті қалдық түзе отырып ыдырайды [30]. Мұндай мінез-құлық өрттің даму динамикасына және жылу бөліну сипатына әсер етеді.

Өрт қауіптілігі тұрғысынан полимерлердің негізгі сипаттамалары:

- жану жылуы;
- термиялық ыдырау жылдамдығы;
- жанғыш газдар түзуге бейімділігі;
- түтін түзу қабілеті;
- жану өнімдерінің уыттылығы;
- балқыма тамшыларының түзілу қабілеті.

Полимерлердің ерекшелігі — көп жағдайда тікелей қатты материал емес, оның термиялық ыдырау өнімдері жанатынында. Қыздырғанда пиролиз жүреді — макромолекуладағы химиялық байланыстар үзіліп, төмен молекулалы ұшқыш қосылыстар түзіледі. Бұл өнімдер газ фазасына өтіп, ауамен араласып, жану реакциясына түседі. Осылайша, полимерлердің жану процесі екі сатыдан тұрады: қатты материалдың ыдырауы және бөлінген газдардың жануы.

Нақты өрт жағдайында полимерлер жоғары жылу бөлу қарқындылығымен сипатталады. Олардың меншікті жану жылуы 30–45 МДж/кг-ға дейін жетуі мүмкін, бұл сұйық мұнай өнімдерімен шамалас. Сондықтан полимерлі материалдардың салыстырмалы түрде аз мөлшерінің өзі температураның едәуір өсуін және өрттің жылдам дамуын қамтамасыз ете алады.

Осылайша, полимердің химиялық құрылымы, функционалдық топтардың типі, гетероатомдардың болуы және тізбектердің кеңістіктік ұйымдасуы оның қыздырған және жанған кездегі мінез-құлқын айқындайды. Бұл ерекшеліктерді түсіну термиялық ыдырау механизмдерін талдаудың және қазіргі құрылыс және әрлеу материалдарының өрт қауіптілігін бағалаудың негізі болып табылады.

2. Полимерлердің термиялық ыдырау және жану механизмі

Полимерлі материалдардың жануы қатты фазаның термиялық ыдырауын, жанғыш газдардың түзілуін, олардың ауамен араласуын және кейінгі газ

фазалық тотығуын қамтитын күрделі көпсатылы процесс болып табылады. Төмен молекулалы сұйықтықтар мен газдардан айырмашылығы, полимерлер қатты күйінде тікелей жанбайды. Олардың тұтануы және тұрақты жануы тек пиролиздің ұшқыш өнімдері түзілгеннен кейін ғана мүмкін болады [31].

Процесс материал бетінің қызуынан басталады. Жылу көзі ретінде ашық жалын, жылулық сәулелену, қызған бет немесе электр доғасы болуы мүмкін. Белгілі бір температураға жеткенде макромолекулалардың деструкциясы басталады. Тізбектегі ең әлсіз химиялық байланыстар үзіліп, бос радикалдар түзіледі. Бұл кезең термиялық деструкция деп аталады.

Деструкция механизмі полимердің химиялық табиғатына тәуелді. Көмірсутекті полимерлер үшін тізбектің кездейсоқ үзілуі және алкил радикалдарының түзілуі тән. Функционалдық топтары бар полимерлерде ерекше реакциялар — бүйірлік фрагменттердің ажырауы, дегидратация, декарбоксилдену және басқа процестер жүруі мүмкін. Галогенқұрамды полимерлерде, мысалы поливинилхлоридте, қыздырғанда дегидрохлорлау жүріп, HCl бөлінеді және полиендік құрылымдар түзіледі.

Пиролиз кезінде түзілген төмен молекулалы өнімдер газ фазасына өтеді. Дәл осы газдық қоспа тікелей жанғыш компонент болып табылады. Ауамен араласқаннан кейін және тұтанудың төменгі концентрациялық шегіне жеткенде тұтану жүреді, материал бетінің үстінде жалын түзіледі.

Полимерлердің газ фазалық жануы тізбекті радикалдық механизм бойынша жүреді. Жалын аймағында белсенді бөлшектер — O атомдары, H•, OH•, CN• радикалдары және басқалар болады. Олар әрі қарайғы тотығу реакцияларын бастамалап, жалынның тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Бөлінген жылудың бір бөлігі қайтадан материал бетіне беріледі, бұл пиролизді жалғастырады. Осылайша, процестің өздігінен сақталуын қамтамасыз ететін жылулық кері байланыс қалыптасады.

Өрттің даму жылдамдығы жылу бөліну жылдамдығы мен жылу жоғалтулар арасындағы тепе-теңдікпен анықталады. Егер полимер бетіне қайтып келетін жылу ағыны қоршаған ортаға жылу шығынынан артық болса, ыдырау процесі жеделдейді. Бұл өрттің қарқынды сатыға өтуіне әкелуі мүмкін.

Полимерлердің жануының маңызды ерекшелігі — көміртекті қалдықтың түзілуі. Кейбір материалдар карбонизацияға бейім, яғни бетінде қорғаныш көміртекті қабат түзеді. Мұндай қабат әрі қарайғы ыдырауды баяулатып, жылу берілуді төмендетуі мүмкін. Алайда көптеген термопластар үшін балқу және материалдың ағуы тән, бұл төмен орналасқан конструкцияларға өрттің таралуына ықпал етеді.

Оттегі жетіспеген жағдайда жану процесі толық емес сипат алады. Бұл кезде көміртек оксидінің (CO), күйенің және аралық органикалық қосылыстардың үлесі артады. Егер полимер құрылымында азот немесе күкірт болса, қосымша түрде HCN, NO_x, SO₂ және басқа улы компоненттер түзіледі.

Полимерлі материалдар көбінесе таза күйінде қолданылмайтынын ескеру қажет. Олардың құрамына пластификаторлар, тұрақтандырғыштар, толтырғыштар, антипирендер және басқа қоспалар кіреді. Бұл компоненттер

термиялық ыдырау сипатына елеулі әсер етуі мүмкін. Мысалы, фосфор немесе галоген негізіндегі антипирендер жалындағы радикалдық реакциялардың жылдамдығын төмендету арқылы жану механизмін өзгертеді.

Осылайша, полимерлердің жануы мынадай сатыларды қамтитын кешенді процесс болып табылады:

- макромолекуланың термиялық ыдырауы;
- пиролиздің ұшқыш өнімдерінің түзілуі;
- газ фазалық тізбекті тотығу;
- жалын мен қатты фаза арасындағы жылулық кері байланыс;
- қатты қалдық пен түтіннің түзілуі.

Бұл механизмді түсіну өрттің даму жылдамдығын, жылу бөліну қарқындылығын және түтіндік ортаның құрамын бағалау үшін қағидатты мәнге ие. Дәл жанғыш газдардың жоғары жылдамдықпен түзілуі және айтарлықтай жылу бөлінуі полимерлі материалдарды қазіргі ғимараттардағы өрттің жылдам өсуінің негізгі факторларының біріне айналдырады.

3. Полимерлі материалдардың жану өнімдері және олардың уыттылығы

Полимерлердің жануының ең қауіпті ерекшеліктерінің бірі — күрделі әрі жоғары уытты түтіндік ортаның қалыптасуы. Қазіргі ғимараттарда әрлеу материалдарында, жиһазда, жылу оқшаулауда және инженерлік жүйелерде полимерлердің үлесі өте жоғары, сондықтан өрт кезінде жану өнімдерінің негізгі көзі дәл осы материалдар болып табылады [32].

Полимерлердің жану өнімдерінің құрамы макромолекуланың химиялық табиғатымен, гетероатомдардың болуымен, қоспалармен, сондай-ақ жану жағдайларымен — ең алдымен артық ауа коэффициентімен және температурамен — анықталады.

Көмірсутекті полимерлер толық тотығу кезінде негізінен көмірқышқыл газы (CO_2) мен су буын (H_2O) түзеді. Алайда нақты өрт жағдайында толық жану сирек байқалады. Оттегі тапшылығы, газдардың біркелкі араласпауы және қарқынды пиролиз толық емес жану өнімдерінің көп мөлшерде түзілуіне әкеледі.

Полимерлер жанған кездегі түтіндік ортаның негізгі улы компоненттеріне мыналар жатады:

- көміртек оксиді (CO);
- цианды сутек (HCN);
- азот оксидтері (NO және NO_2);
- хлорсутек (HCl);
- күкірт диоксиді (SO_2);
- акролеин және басқа альдегидтер;
- ұсақ дисперсті күйе.

Көміртек оксиді (CO) — органикалық заттардың толық емес жануының әмбебап өнімі. Ол түссіз және иіссіз, қандағы гемоглобинмен байланысып, оттегінің тасымалдануын бұза отырып айқын уытты әсер көрсетеді. Өрт кезінде адамдардың қаза болуының жиі себебі дәл осы CO болып табылады.

Цианды сутек (HCN) полиуретандар, полиамидтер, акрилонитрилқұрамды материалдар сияқты азотқұрамды полимерлердің жануы кезінде түзіледі. Оның уыттылығы өте жоғары. СО гемоглобинді бөгей отырып гипоксия туғызса, HCN митохондрия деңгейінде жасушалық тыныс алуды бұзады, бұл оның әсерін ерекше қауіпті етеді.

Поливинилхлорид және басқа галогенқұрамды полимерлер жанғанда хлорсутек (HCl) бөлінеді. Бұл газ тыныс алу жолдарының ылғалымен әрекеттесіп, тұз қышқылын түзіп, химиялық күйіктер мен өкпе ісінуін туындатады. Сонымен қатар HCl металл конструкциялар мен жабдықтардың коррозиялық бұзылуын жеделдетеді.

Күкіртқұрамды қоспалар мен толтырғыштар SO₂ түзілуіне әкелуі мүмкін, ол айқын тітіркендіргіш әсерге ие. Ылғал болған жағдайда қышқылдық аэрозольдер түзіліп, адамның ағзасына және конструкцияларға химиялық әсер күшейеді.

Түтіннің өзі дисперсті жүйе ретінде ерекше қауіп төндіреді. Оның құрамына күйе микробөлшектері, конденсацияланған органикалық қосылыстар және қышқыл аэрозольдері кіреді. Күйе бөлшектері жоғары адсорбциялық қабілетке ие және өз бетінде улы заттарды тасымалдай алады. Сонымен қатар олар көрінуді күрт төмендетіп, эвакуацияны және өрт сөндіру бөлімшелерінің жұмысын қиындатады.

Токсикологиялық тұрғыдан полимерлер жанған кездегі түтіндік ортаның әсері кешенді сипатта болады. Бір мезгілде әсер етеді:

- гипоксиялық фактор (СО);
- жасушалық уытты фактор (HCN);
- тітіркендіргіш фактор (NO₂, SO₂, HCl);
- жылулық фактор;
- көрінудің төмендеуі және дезориентация.

Бұл факторлардың бірлескен әсері үй-жайдағы температура салыстырмалы түрде төмен болған жағдайда да адамның тез есінен тануына әкелуі мүмкін. Сондықтан қазіргі ғимараттардағы өрттерде өлім-жітім көбінесе күйіктермен емес, жану өнімдерімен уланумен байланысты [33].

Жану өнімдерінің саны мен құрамы өрттің сатысына тәуелді. Бастапқы кезеңде пиролиз және толық емес тотығу өнімдері басым болады. Ауа келуінің артуымен СО₂ мен Н₂О үлесі көбейеді, алайда турбуленттілік пен түтіннің стратификациясы салдарынан толық емес жану аймақтары сақталады.

Осылайша, полимерлі материалдардың жануы жоғары уыттылыққа ие газтәрізді және аэрозольдік өнімдердің күрделі қоспасының түзілуімен қатар жүреді. Олардың құрамын және түзілу механизмдерін түсіну қауіпсіз эвакуация уақытын бағалау, тыныс алу органдарын жеке қорғау құралдарын дұрыс таңдау және өрт кезіндегі адамдардың қаза болу себептерін талдау үшін міндетті шарт болып табылады.

4. Полимерлер жанған кездегі өрттің даму ерекшеліктері және сөндірудің кәсіби аспектілері

Қазіргі өрттер XX ғасырдың ортасындағы өрттерден едәуір ерекшеленеді. Негізгі айырмашылық — конструкциялар, әрлеу материалдары және интерьер заттарында синтетикалық полимерлі материалдардың үлесінің айтарлықтай артуы. Бұл өрттің даму динамикасының өзгеруіне, жылулық қуаттың өсу жылдамдығының артуына және түтіндік ортаның уыттылығының жоғарылауына әкеледі.

Полимерлі материалдар жоғары меншікті жану жылуымен сипатталады, ол 30–45 МДж/кг-ға дейін жетуі мүмкін. Сонымен қатар олар қарқынды пиролиз сатысына тез өтеді. Өрттің бастапқы кезеңінде-ақ қыздырылған полимер беттері едәуір мөлшерде жанғыш газдар бөле бастайды. Тұтану көзі болған жағдайда тұрақты жалын қалыптасып, материалдың әрі қарайғы ыдырауын күшейтетін қуатты жылу ағынын тудырады [34].

Полимерлердің қатысуымен болатын өрттің тән ерекшеліктерінің бірі — қарқынды жылу бөліну сатысына жылдам өтуі. Тұйық көлемде бұл жабын астында ыстық пиролиздік газдардың жиналуына әкелуі мүмкін. Қосымша ауа келіп түскен жағдайда олардың тұтануы орын алып, температура мен қысымның күрт артуымен қатар жүреді.

Мұндай жағдайда өрт динамикасының қауіпті құбылыстарының туындау қаупі бар, соның ішінде:

- критикалық жылу ағынына жеткен кезде үй-жайдың жаппай тұтануы;
- оттегі тапшылығы бар көлемге ауа кенеттен енген кезде жиналған газдардың тұтануы.

Полимерлердің тез жылу бөлуі қоршаған конструкциялардың жедел қызуына әкеледі. Нәтижесінде өрттің таралу жылдамдығы артады, қауіпті температураларға жету уақыты қысқарады және адамдарды эвакуациялауға берілетін уақыт азаяды [35].

Полимерлердің түтін түзу қабілеті ерекше маңызға ие. Көптеген синтетикалық материалдар өрттің бастапқы сатыларында-ақ қою, оптикалық тығыз түтін түзеді. Бұл көрінуді күрт төмендетіп, үй-жайда бағдарлануды қиындатады. Сонымен қатар түтіндік ортаның уыттылығы жоғары температуралар дамымай тұрып-ақ қауіпті деңгейге жетуі мүмкін.

Кәсіби тұрғыдан бұл мыналарды талап етеді:

- жұмыс басталған алғашқы минуттардан бастап тыныс алу органдарын жеке қорғау құралдарын міндетті қолдану;
- тактикалық әрекеттерді жоспарлау кезінде өрттің жоғары даму жылдамдығын ескеру;
- түтінденген көлемдерге оттегінің күрт келуін болдырмау мақсатында желдетуді және су беруді бақылау;
- конструкцияларды және үй-жайларды ашу кезінде пиролиздік газдардың тұтану қаупін бағалау.

Көптеген термопластар қыздырғанда балқып, ағып, тік беттер бойымен жанған балқыманы таратады және жаңа өрт ошақтарын қалыптастырады. Бұл

оқшаулауды қиындатады және жеткілікті мөлшерде өрт сөндіру заттарын қолдануды талап етеді.

Оттегі тапшылығы жағдайында CO , HCN және басқа улы компоненттердің қарқынды жиналуы мүмкін. Саңылаулар ашылғанда және ауа келгенде жану күрт күшеюі ықтимал. Сондықтан желдету тактикасы басқарылатын болуы және үй-жайдағы химиялық және жылулық жағдайды ескеруі тиіс.

Өрт салдарын талдау тұрғысынан полимерлердің жануы қышқылдық аэрозольдер мен агрессивті газдардың түзілуіне байланысты жабдықтардың елеулі коррозиялық зақымдануына әкелуі мүмкін. Бұл залалды бағалау және қалпына келтіру жұмыстарын жоспарлау кезінде ескерілуі қажет [36].

Осылайша, полимерлі материалдардың қатысуымен болатын өрттер мынадай белгілермен сипатталады:

- жылулық дамудың жоғары жылдамдығы;
- қарқынды түтін түзілу;
- газдық ортаның жоғары уыттылығы;
- жиналған пиролиздік газдардың кенеттен тұтану қаупі;
- сөндіру кезінде тактикалық әрекеттердің күрделілігі.

Полимерлердің термиялық ыдырау механизмін, олардың жану өнімдерінің құрамын және жылу бөліну динамикасын түсіну өрттің дамуын болжауға, бөлімшелердің әрекеттерін дұрыс ұйымдастыруға және жеке құрам үшін тәуекелді төмендетуге мүмкіндік береді.

Бақылау сұрақтары

1. Полимер деп нені айтады және ол қандай құрылымдық элементтерден тұрады?
2. Қыздырған кездегі мінез-құлқы бойынша термопластар реактопластардан немен ерекшеленеді?
3. Неліктен полимерлер жанғанда алдымен пиролиз жүреді?
4. Полимерлі материалдардың жану процесі қандай сатылардан тұрады?
5. Неліктен жылулық кері байланыс өрттің дамуын жеделдетеді?
6. Полимерлер жанған кезде қандай негізгі улы өнімдер түзіледі?
7. Цианды сутек (HCN) қандай жағдайларда түзіледі?
8. Артық ауа коэффициенті полимерлердің жану өнімдерінің құрамына қалай әсер етеді?
9. Неліктен полимерлі материалдар жоғары түтін түзу қабілетіне ие?
10. Қазіргі интерьерлерде өрттің жоғары даму жылдамдығы немен түсіндіріледі?
11. Галогенқұрамды полимерлер жанғанда қандай қауіпті факторлар қалыптасады?
12. Неліктен термопластардың балқымасы өрттің таралуына ықпал етеді?
13. Полимердің химиялық құрамы түтіндік ортаның уыттылығына қалай әсер етеді?
14. Полимерлердің қатысуымен болатын өрттерді сөндіру кезінде қандай кәсіби тәуекелдер туындайды?

Әдебиеттер тізімі

1. Подласый И. П. Педагогика: учебник для вузов. — М.: Юрайт, 2018. — 576 б.
2. Селевко Г. К. Современные образовательные технологии: учебное пособие. — М.: Народное образование, 2005. — 256 б.
3. Вербицкий А. А. Контекстное обучение в высшей школе. — М.: Высшая школа, 2001. — 207 б.
4. Загвязинский В. И., Атаханов Р. Методология и методы психолого-педагогического исследования: учебное пособие. — М.: Академия, 2012. — 208 б.
5. Корольченко А. Я. Процессы горения и взрыва: учебное пособие. — М.: ПожНаука, 2007. — 266 б.
6. Кудрявцев Е. М. Физико-химические основы процессов горения: учебное пособие. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2006. — 312 б.
7. Глинка Н. Л. Общая химия: учебник для вузов. — М.: КНОРУС, 2012. — 728 б.
8. Тарахно Е. В., Трегубов Д. Г., Жерноклев К. В., Хасанова Г. Ш., Казьяхметова Д. Т. Теория развития и прекращения горения. Ч. 1: практикум. — Алматы, 2017. — 120 б.
9. Абрамов Ю. А., Басманов П. И. Тепловые процессы при пожарах: учебное пособие. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2006. — 312 б.
10. Стефановский В. М. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: учебное пособие. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. — 350 б.
11. Наумов Г. Б., Рыженко В. Н., Ходаковский И. Л. Справочник термодинамических величин. — М.: Техносфера, 2003. — 456 б.
12. ГОСТ 12.1.044–2018. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. — Введ. 01.01.2019.
13. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник. — 2-е бас., өңд. және толықт. — М.: Ассоциация «ПожНаука», 2004. — 864 б.
14. Мальцев В. М. Токсичность продуктов горения. — М.: Стройиздат, 2006. — 272 б.
15. Бобков С. А., Бабурин А. В., Комраков П. В. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: учебное пособие. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. — 210 б.
16. Тарахно Е. В., Трегубов Д. Г., Жерноклев К. В., Хасанова Г. Ш., Казьяхметова Д. Т. Теория развития и прекращения горения. Ч. 2: практикум. — Алматы, 2017. — 118 б.
17. Франк-Каменецкий Д. А. Основы химической кинетики: учебное пособие. — М.: Интеллект, 2008. — 416 б.

18. Семёнов Н. Н. Химическая физика горения. — М.: Наука, 2004. — 400 б.
19. Зельдович Я. Б., Либрович В. Б., Махвиладзе Г. М., Сивошинский Г. И. Математическая теория горения и взрыва. — М.: Физматлит, 2002. — 478 б.
20. Пузач С. В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. — 336 б.
21. Артеменко А. И. Органическая химия: учебник для вузов. — М.: Высшая школа, 2008. — 560 б.
22. Кузнецов В. А. Химия нефти и газа: учебное пособие. — М.: Химия, 2007. — 480 б.
23. Молчадский И. С. Пожар в помещении. — М.: Стройиздат, 2005. — 240 б.
24. Термогазодинамика пожаров в помещениях / под ред. Ю. А. Кошмарова. — М.: Стройиздат, 2005. — 448 б.
25. Глинка Н. Л. Общая химия. — М.: КНОРУС, 2012. — 728 б.
26. Корольченко А. Я. Процессы горения и взрыва. — М.: ПожНаука, 2007. — 266 б.
27. ГОСТ 12.1.044–2018.
28. «Азаматтық қорғау туралы» Қазақстан Республикасының 2014 жылғы 11 сәуірдегі № 188-V Заңы (өзгерістері мен толықтыруларымен) [Электрондық ресурс]. — Қолжетімділік режимі: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1400000188> (қаралған күні: 03.03.2026).
29. Мальцев В. М. Токсичность продуктов горения. — М.: Стройиздат, 2006. — 272 б.
30. Белов С. В. Физико-химические процессы при пожарах. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. — 412 б.
31. «Өрт қауіпсіздігіне қойылатын жалпы талаптар» техникалық регламентін бекіту туралы: Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрінің 2021 жылғы 17 тамыздағы № 405 бұйрығы (өзгерістері мен толықтыруларымен) [Электрондық ресурс]. — Қолжетімділік режимі: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100024045> (қаралған күні: 03.03.2026).
32. СН РК 2.02-01-2023. Пожарная безопасность зданий и сооружений. — Введ. 01.08.2023. — Астана: Комитет технического регулирования и метрологии МТИ РК, 2023. — 72 б.
33. Кашпоров Л. Я., Чурбанов В. И. Пожарная опасность полимерных материалов. — М.: Стройиздат, 2008. — 256 б.
34. Вахитова Л. Н. Горючесть и огнестойкость полимерных материалов. — М.: Химия, 2009. — 224 б.
35. Бартенев Г. М., Зеленев Ю. В. Физика и механика полимеров. — М.: Высшая школа, 2003. — 391 б.
36. Кабдрашев С. К. Пожарная безопасность зданий и сооружений: учебник. — Алматы: Эверо, 2019. — 384 б.