Дәріс 4.
Ламинарлы жалындардың тұрақты жылдамдықпен таралуы. Жалын фронтының құрылымы. Температура мен концентрация өрістерінің ұқсастығы. СО жалынының құрылымы

Дәріскер: х.ғ.к., доцент

Кудьярова Ж.Б.

Дәрістің мақсаты: білім алушыларға жалынның таралуын, жалын фронтының құрылымын және жалындағы температура мен концентрациялар өрістерінің ұқсастығын түсіндіру.

Дәрісте ламинарлы жалындардың тұрақты жылдамдықпен таралуы, жалын фронтының құрылымы, температура мен концентрация өрістерінің ұқсастығы, СО жалынының құрылымы қарастырылады.

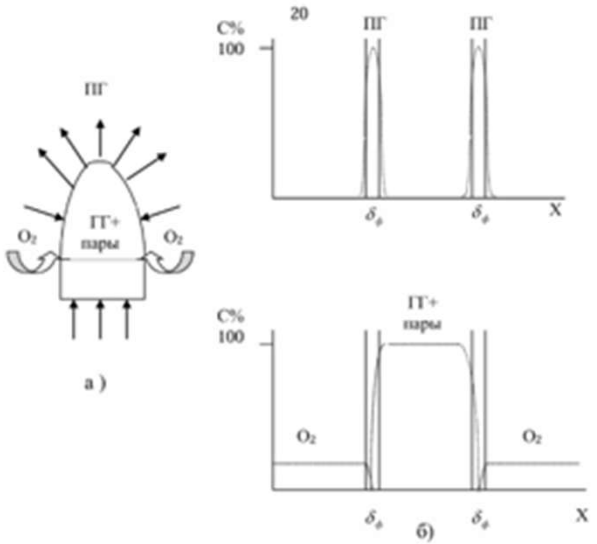
- Газ жанарғысындағы ламинарлық жалынның құрылымы 1-суретте көрсетілген. Әртүрлі газ қоспаларының ламинарлық жану режиміндегі жалын фронтының қалыңдығы 0,5–10^{-3} см құрайды. Осы жіңішке аймақта отынның жану өнімдеріне толық айналуының орташа уақыты 10^{-3}–10^{-6} с аралығында болады. Жалын фронтынан кейін орналасқан жалын аймағы сыртқы конус деп аталады. Температураның ең жоғары мәні жарық шығаратын конустан 5–10 мм жоғары аймақта байқалады және пропан-ауа қоспасы үшін шамамен 1600 К құрайды. Газ жанарғысындағы диффузиялық жалынның сызбасы және жалын қимасы бойынша жанғыш заттар, тотықтырғыш пен жану өнімдері концентрацияларының өзгеруі 2-суретте көрсетілген.
- Диффузиялық жалын жану және араласу процестері бір мезгілде жүретін жағдайда пайда болады. Диффузиялық жанудың алдын ала араластырылған жанғыш қоспалардың жануынан басты айырмашылығы – химиялық айналу жылдамдығы жану кезінде тотықтырғыш пен жанғыш заттың араласу процесімен шектеледі. Химиялық реакция жылдамдығы өте жоғары болған жағдайда да жану қарқындылығы араласу жағдайларына тәуелді болады.

Әрбір жалын кеңістікте белгілі бір көлемді алып жатады, оның сыртқы шекаралары айқын немесе көмескі болуы мүмкін. Газдардың жануы кезінде түзілетін жалынның пішіні мен өлшемдері бастапқы қоспаның сипатына, жанарғының пішініне және жалынды тұрақтандыру құрылғыларына байланысты болады. Жанғыш қоспаның құрамының жалын пішініне әсері оның жану жылдамдығына ықпалымен анықталады.



Сурет 1 - Бунзен жанарғысында пропан-ауа стехиометриялық қоспасының жануы

Жалынның биіктігі оның өлшемін сипаттайтын негізгі параметрлердің бірі болып табылады. Бұл әсіресе газ фонтандарының жану және сөну процестерін, сондай-ақ ашық резервуарлардағы мұнай өнімдерінің жануын қарастыру кезінде маңызды.

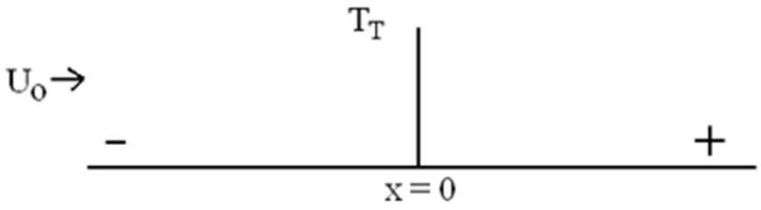


Сурет 2 – Газды жанарғының диффузиялық жалыны (а) жалын қимасындағы бастапқы компоненттер мен жану өнімдерінің концентрациясының өзгерісі

- Жалынның маңызды сипаттамасы - жанудың қалыпты жылдамдығы u_0 - жалын шебіне (фронт) перпендикуляр бағытта жалын шебінің орын ауыстыру жылдамдығы. Мысалы, озонның жарылыстық ыдырау реакциясының u_0 = 1,60 м/с (P_0 = 80 кПа, T_0 = 302 К, $T_ж$ = 1922 К).
- u_0 шамасы жану реакциясының кинетикасымен және қоспаның жылу өткізгіштігімен (егер жалынның таралуы жылулық болса) немесе активті орталықтардың диффузиясымен (суық жалындар) анықталады. Жалын таралуының әртүрлі модельдерінде (теорияларында) жылу өткізгіштік не диффузия теңдеулері негізінде u_0 мен жалын аумағындағы v реакция жылдамдығы арасында және жылу тасымалдау процесі немесе заттар арасында байланыс түзіледі.
- Қызу аумағының ретін анықтайық. Тұрақты жылдамдықпен қозғалатын жаңа толқынды периодты түрде қыздыратын жылулық толқын туралы есепті алғашқы рет Герц шешкен болатын. Ал В.А. Михельсон осы есепті жалынға қолданған. Реакция аумағын $T_т$ нақты тұтану температурасы бар x=0 болатын беттік қабат ретінде қарастырған:

$$T = T_0 + (T_т - T_0)e^{U_ж/\xi} \qquad (1)$$

мұндағы T_0 - бастапқы температура; $u_ж$ - жану жылдамдығы; $\xi=\lambda/\rho c$ - температура өткізгіштік коэффициенті - тұрақты қысымдағы температураның тығыздық пен жылу сыйымдылыққа қатынасы. Жылу толқыны жалын шебімен байланысқан координаттар жүйесінде таралады:

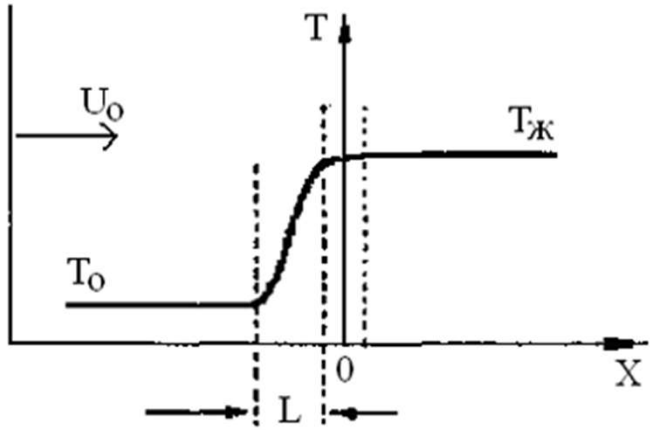


Қарапайымдылық үшін ξ, ρ, c материалды константалары температураға тәуелсіз тұрақты деп қабылданады. Жану кезінде бұл тұжырым бұзылады, мысалы ξ 10-300 есе өзгереді. Таралу теңдеуі температураның шектік шарттарын қанағаттандыратын ($-\infty = T_0$, $T(0) = T_0$) жылуөткізгіштік теңдеуінің шешімі болып табылады:

$$\frac{dT}{dx} = \lambda \frac{d^2T}{dx^2}$$

(λ, c = const)

Теңдеудің шешімі $T_т$ жоқ болатын $x<0$ облысына ғана қолданылады, $x>0$ болғанда тұрақты $T_т$ температурасында жану өнімдері болады (3 - сурет).



Сурет 3 - Жалын фронтындағы Михельсонның температура таралуы

Жоғарыдағы теңдеуге сәйкес қыздыру аумағының енінің масштабы ретінде қызу **е** есе жүретін қашықтықты аламыз.

$$l = \frac{\xi}{u_{ж}} = \frac{\lambda}{\rho c u_{ж}} \qquad (3)$$

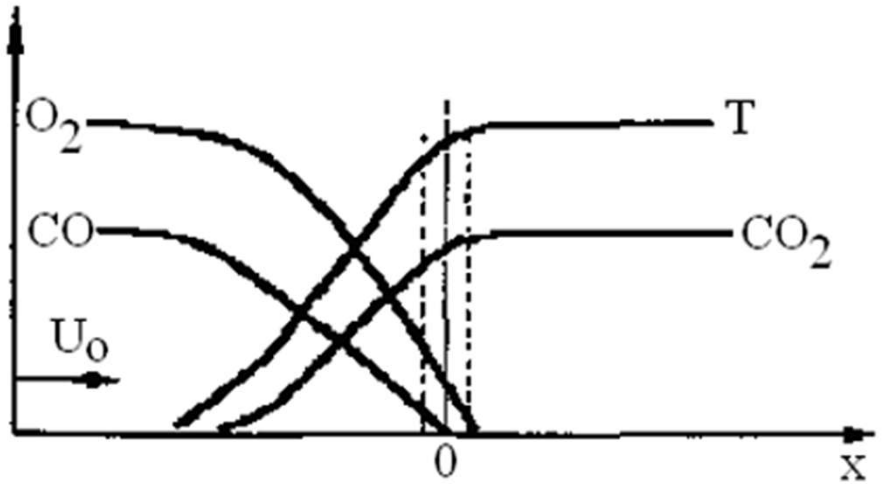
Осы шаманы $u_ж$=5 м/с болатын баяу жанатын қоспа үшін (6% метан мен ауа қоспасы) және $u_ж=10^3$ м/с болатын жылдам жанатын құрамы стехиометриялық күркіреуік қоспа үшін есептеуге болады.

ξ=0,3 см^2/с орнына қойып, келесі мәндерді табамыз:

$l=3\cdot10^{-1}/10^3=3\cdot10^{-4}$ см (H_2);

$l=3\cdot10^{-1}/5=0{,}06$ см (CH_4).

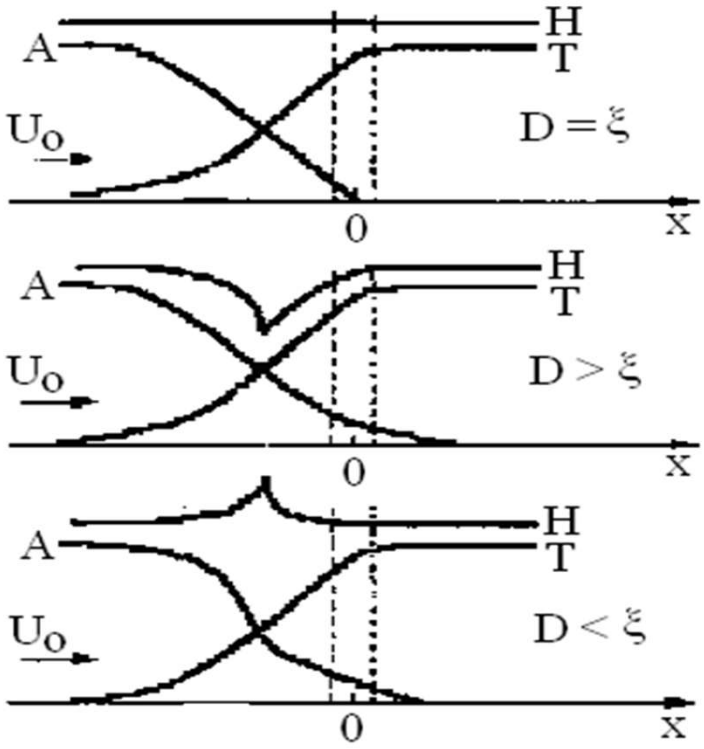
- $2CO + O_2 = 2CO_2$ реакциясына түскен $CO+O_2$ қоспасын қарастырайық. Температураның, CO, O_2, CO_2 концентрацияларының жалын шебінде таралуы 4 - суретте көрсетілген.
- Бастапқы қоспа реакция аумағындағы жылу ағыны есебінен қыздырылады. Қыздыру аумағындағы қоспаның құрамы бастапқы қоспамен салыстырғанда реагенттердің диффузиясы әсерінен және жану өнімімен (CO_2) араластыру әсерінен өзгереді. Реакция аумағындағы CO мен O_2 концентрациясы бастапқы қоспа мәнінен көп кіші болады; температураның өсуі реакция жылдамдығының төмендеуін компенсациялайды, себебі негізгі химиялық өзгеріс тар облыста максималды температура - жалын температурасы маңайында жинақталған.
- Әсерлесетін заттар реакция аумағына диффузия арқылы үздіксіз беріліп отырады және диффузия әсерінен реакция аумағында таратылады. Жану толқынындағы реакцияның толық аяқталуы асимптоталы орындалады; диффузиялық ағындар 0-ге тең болатын облыстағы жану өнімдерінде термодинамикалық тепе-теңдік орнайды, ол қоспаның бастапқы құрамына және $T_ж$ сәйкес келеді.



4 - сурет. СО жалын шебінің құрылымы

Жалындағы реакция кинетикасының ерекшелігі – реакция ұсталу сатыларынан босатылған. Жалында жылудың және активті орталықтардың баяу жиналу жүйесі болмайды. Бір қабаттан екінші қабатқа активті орталықтар диффузиялана алады.

Температура мен концентрация өрістерінің ұқсастығы туралы реакция жылдамдығы әрекеттесуші заттар концентрациясына тәуелді болғанда ғана айтуға болады. Мұндай жағдай көбінесе құрамы стехиометриялықтан күрт ерекшеленетін жанғыш қоспаларда жалынның таралуы кезінде байқалады. Мұндай қоспаларда реакция жылдамдығы жетіспеушілікте болатын бір заттың концентрациясында шектелінеді, сонда осы заттың ξ мен D_i тепе-теңдігі кезінде концентрация мен температура өрістерінің арасында ұқсастық пайда болады. Бұл жетіспейтін компонентті химиялық энергияның тасымалдағышы деп атайды да, қоспаның соңғы температурасының жану процесінде қол жеткізетін нәтиже оның концентрациясына тәуелді болады.



4 - сурет. Диффузия және температура өткізгіштік коэффициенттерінің арасындағы әртүрлі қатынастардағы жалын фронтындаәсер ететін заттың концентрациясының, температурасының және толық энтальпиясының таралуы: $D = \xi$, $D > \xi$, $D < \xi$

Бақылау сұрақтары:

- Жалынның тұрақты жану жылдамдығын сипаттаңыз.
- Жалын фронтының құрылымын сызып көрсетіңіз.
- Жалындағы температураның және концентрацияның өзгерісін түсіндіріңіз.
- Диффузия және жылу өткізгіштік коэффициентінің мәнін ашып түсіндіріңіз.
- СО жалын құрылымындағы бастапқы заттар мен жану өнімдерінің таралуын сипаттаңыз.

Әдебиеттер:

- Ведрученко В.Р., Крайнов В.В., Гаак В.К. Топливо и основы теории горения. Изд-во: Инфра-Инженерия, 2024. – 220 с.
- Головченко О.Ю. Современные проблемы процессов горения, детонации и взрыва: учеб.пособие. – Алматы: Қазақ университеті, 2017. – 152 б.
- Мансұров З.А. Жану теориясы: оқу құралы. – Алматы: Қазақ университеті, 2011 – 164 бет.

Назарларыңызға рахмет!