ДӘРІС №3. Тақырыбы: Атмосфера қабаттары және олардың қасиеттері. Атмосфераның аэромеханикадағы маңызы.

Дәрістің мақсаты: студенттерге Жер атмосферасының құрылысы, негізгі қабаттары және олардың физикалық қасиеттері туралы жүйелі түсінік қалыптастыру. Атмосфераның температурасы, қысымы, тығыздығы және тұтқырлығының биіктікке байланысты өзгеру заңдылықтарын түсіндіру және осы параметрлердің аэромеханикалық процестерге, ұшу аппараттарының қозғалысына, аэродинамикалық күштерге және ғарыш аппараттарының атмосфераға қайта кіруіне әсерін көрсету.
Дәріс жоспары:

1. Атмосфера туралы жалпы түсінік.
2. Атмосфераның негізгі қабаттары.
3. Атмосфера қабаттарының негізгі қасиеттері.
4. Атмосфераның аэромеханикадағы рөлі.
5. Динамикалық қысым және оның маңызы.
6. Атмосфераның ғарыш аппараттарының қозғалысына әсері.
7. Атмосфераға қайта кіру кезіндегі аэромеханикалық процестер.
8. Сиретілген атмосфера және жоғары биіктіктегі ұшу.
9. Атмосфералық модельдер.
10. Қорытынды.

Кіріспе

Атмосфера — Жерді қоршап тұрған газ тәрізді қабық. Ол Жердегі тіршіліктің сақталуына қажетті жағдайларды қамтамасыз етіп қана қоймай, ұшақтар, зымырандар және ғарыш аппараттары қозғалысына тікелей әсер етеді. Атмосфераның құрамы, температурасы, қысымы, тығыздығы және газдардың қозғалысы аэромеханика ғылымында маңызды орын алады.

Аэромеханика — газ тәрізді ортаның қозғалысын және оның қатты денелермен өзара әсерлесуін зерттейтін ғылым саласы. Сондықтан атмосфераның қасиеттерін білу ұшу аппараттарының қозғалысын есептеу, аэродинамикалық күштерді анықтау, ұшу траекториясын жобалау және аппараттардың беріктігін бағалау үшін қажет.

Атмосфера биіктік бойынша біркелкі емес. Температураның өзгеруіне және физикалық қасиеттеріне қарай ол бірнеше негізгі қабатқа бөлінеді: тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера және экзосфера. Әр қабаттың температурасы, тығыздығы, қысымы және газ құрамының ерекшеліктері әртүрлі.

1. Атмосфераның жалпы сипаттамасы

Жер атмосферасы негізінен азот пен оттектен тұрады. Құрғақ ауаның негізгі құрамын шамамен 78% азот, 21% оттек және 1%-ға жуық басқа газдар құрайды. Олардың қатарына аргон, көмірқышқыл газы және басқа да газдар жатады. Сонымен бірге атмосфера құрамында су буы болады, оның мөлшері географиялық орны мен ауа райына байланысты өзгеріп отырады.

Атмосфераның негізгі физикалық параметрлері:

- температура;
- қысым;
- тығыздық;
- тұтқырлық;
- газдың құрамы;
- дыбыс жылдамдығы.

Биіктік жоғарылаған сайын атмосфералық қысым мен тығыздық жалпы алғанда азаяды. Бұл жағдай аэромеханикалық процестерге тікелей әсер етеді.
Жер бетіне жақын жерде атмосфераның тығыздығы жоғары болғандықтан, ауа ағыны мен ұшу аппаратының өзара әрекеті күшті болады. Ал үлкен биіктіктерде газ молекулаларының арақашықтығы артып, атмосфера сирей түседі. Сондықтан жоғары биіктікте аэродинамикалық күштер азаяды.

2. Атмосфераның негізгі қабаттары

Атмосфера температураның биіктік бойынша өзгеруіне байланысты бірнеше негізгі қабатқа бөлінеді.

2.1. Тропосфера

Тропосфера — Жер бетіне ең жақын орналасқан атмосфера қабаты. Оның қалыңдығы географиялық ендікке байланысты өзгеріп отырады және орташа алғанда шамамен 8–18 км аралығында болады.
Тропосферада атмосфера массасының негізгі бөлігі орналасқан. Бұл қабатта бұлттар, жауын-шашын, жел және басқа да ауа райы құбылыстары байқалады.
Биіктік жоғарылаған сайын тропосферада температура негізінен төмендейді. Орташа температуралық градиент шамамен әр километрге 6,5 °C-қа жуық.
Аэромеханика тұрғысынан тропосфера ерекше маңызды, себебі ұшақтардың көпшілігі осы қабатта немесе оның жоғарғы шекарасына жақын биіктіктерде ұшады. Ауа тығыздығы жоғары болғандықтан, көтергіш күш пен аэродинамикалық кедергі айтарлықтай болады.

2.2. Стратосфера

Стратосфера тропосфераның үстінде орналасады және шамамен 50 км биіктікке дейін созылады.
Стратосфераның маңызды ерекшелігі — оның жоғарғы бөліктерінде температураның биіктік бойынша қайтадан жоғарылауы. Бұл құбылыс озон қабатының Күннен келетін ультракүлгін сәулені жұтуымен байланысты.
Стратосферада ауа салыстырмалы түрде тұрақты және бұлттылық пен турбуленттілік тропосферамен салыстырғанда әлсіз.
Ұшу техникасы үшін стратосфераның төменгі бөлігі маңызды, өйткені биіктеген сайын ауа тығыздығы азайып, аэродинамикалық кедергі төмендейді. Зымырандар атмосфераның осы қабатынан өткен кезде аэродинамикалық жүктемелердің өзгеруі ескеріледі.

2.3. Мезосфера

Мезосфера шамамен 50–85 км биіктіктер аралығында орналасады.

Бұл қабатта температура биіктік артқан сайын қайтадан төмендейді. Мезосфера атмосфераның салыстырмалы түрде сирек қабаты болып табылады.
Көптеген метеороидтар Жер атмосферасына кірген кезде осы аймақта қызу және тежеу әсерінен жанып кетеді.
Ғарыштық аппараттар үшін мезосфера атмосфералық қайта кірудің бастапқы кезеңдерімен байланысты. Биіктік азайған сайын газ тығыздығы тез өсіп, аэродинамикалық күштер мен жылулық әсер күшейе бастайды.

2.4. Термосфера

Термосфера шамамен 85 км-ден бірнеше жүз километрге дейін созылатын жоғары атмосфера қабаты.
Бұл қабатта температура биіктікпен бірге айтарлықтай жоғарылауы мүмкін. Мұның негізгі себебі — Күннің жоғары энергиялы ультракүлгін және рентген сәулелерінің атмосфера газдары тарапынан жұтылуы.
Термосферада газ өте сирек болғандықтан, температураның жоғары мәні атмосфераның тығыздығы жоғары дегенді білдірмейді. Жеке молекулалардың энергиясы жоғары болғанымен, олардың саны өте аз.
Ионосфераның маңызды бөліктері термосферамен қабаттасады. Бұл аймақта газдардың иондалуы жүреді және радио толқындарының таралу ерекшеліктері өзгереді.
Төмен Жер орбиталарындағы спутниктер термосфераның жоғарғы бөліктерімен өзара әрекеттеседі. Газдың тығыздығы аз болса да, жоғары орбиталық жылдамдық салдарынан атмосфералық кедергі ұзақ уақыт ішінде спутниктің орбитасына әсер етеді.

2.5. Экзосфера

Экзосфера — атмосфераның ең сыртқы қабаты. Ол біртіндеп планетааралық кеңістікке ұласады.
Бұл қабатта газдың тығыздығы өте төмен. Молекулалар бір-бірімен сирек соқтығысады және кейбір жеңіл бөлшектер Жердің тартылыс өрісінен шығып кетуі мүмкін.
Экзосферада дәстүрлі аэродинамика заңдарын қолдану шектеулі болады, өйткені газ өте сирек. Мұндай жағдайда молекулалық немесе сиретілген газ динамикасының әдістері маңызды бола бастайды.

3. Атмосфераның негізгі физикалық қасиеттері

Атмосфералық қысым

Қысым — газдың бетке түсіретін күшінің ауданға қатынасы.
Жер бетіне жақын қалыпты атмосфералық қысым шамамен 101,3 кПа-ға тең. Биіктік жоғарылаған сайын қысым азаяды.
Қысымның өзгеруі атмосфералық аэродинамикада маңызды, себебі қысымның дене бетінде таралуы аэродинамикалық күштердің пайда болуына себеп болады.

Ауа тығыздығы

Тығыздық — көлем бірлігіндегі газ массасы.

Тығыздық әдетте биіктік жоғарылаған сайын азаяды. Аэродинамикалық күштердің шамасы тығыздыққа тікелей тәуелді болғандықтан, ұшу биіктігінің өзгеруі аппараттың аэродинамикалық сипаттамаларына үлкен әсер етеді.

Температура

Температура газ молекулаларының орташа кинетикалық энергиясымен байланысты. Атмосферада температураның биіктік бойынша өзгеру сипаты әр қабатта әртүрлі.

Температураның өзгеруі ауаның тығыздығына, қысымына және дыбыс жылдамдығына әсер етеді.

Тұтқырлық

Тұтқырлық — газдың қабаттары арасындағы ішкі үйкелісті сипаттайтын қасиет.

Ауа ағынының тұтқырлығы аппарат бетіне жақын жерде шекаралық қабаттың пайда болуына әкеледі. Шекаралық қабаттағы процестер үйкеліс кедергісінің қалыптасуына әсер етеді.

4. Атмосфераның аэромеханикадағы маңызы

Атмосфера аэромеханикада негізгі зерттеу ортасының бірі болып табылады. Ұшу аппараттары атмосферамен қозғалған кезде олардың бетіне қысым және үйкеліс күштері әсер етеді.

Аэродинамикалық кедергі шамамен:

$$D = \tfrac{1}{2}\rho V^2 C_D S$$

формуласымен анықталады.

Мұнда: ρ — атмосфера тығыздығы; V — аппараттың жылдамдығы; C_D — кедергі коэффициенті; S — аппараттың сипаттамалық қима ауданы.

Формуладан көрініп тұрғандай, атмосфера тығыздығы артқан сайын аэродинамикалық кедергі де артады.

Көтергіш күш те атмосфера параметрлеріне тәуелді:

$$L = \tfrac{1}{2}\rho V^2 C^L S.$$

Сондықтан ұшу аппаратының көтергіш қабілеті оның биіктігі мен жылдамдығына байланысты өзгереді.

5. Динамикалық қысым

Аэромеханикада маңызды шамалардың бірі — **динамикалық қысым**:

$$q = \tfrac{1}{2}\rho V^2.$$

Динамикалық қысым ұшу аппаратының атмосферамен өзара әрекеттесу қарқындылығын сипаттайды.

Ұшу кезінде жылдамдықтың өсуі аэродинамикалық күштерді арттырса, биіктеген сайын атмосфера тығыздығының азаюы бұл күштерді төмендетеді. Осы екі фактордың өзара әсерінен ұшу кезінде динамикалық қысым белгілі бір биіктікте максимум мәнге жетуі мүмкін.

Бұл параметр зымыран конструкциясын жобалауда ерекше маңызды. Себебі динамикалық қысым жоғары болған кезде аппарат конструкциясына түсетін аэродинамикалық жүктемелер де артады.

6. Атмосфера және ғарыш аппараттарының қозғалысы

Ғарыш аппараты Жерден ұшырылған кезде атмосфераның тығыз қабаттарынан өтеді. Ұшырудың бастапқы кезеңінде аэродинамикалық кедергі маңызды рөл атқарады.

Аппарат жоғарылаған сайын атмосфера тығыздығы төмендейді. Бірақ оның жылдамдығы өседі. Сондықтан аэродинамикалық жүктемелердің өзгеруі тек биіктікке ғана емес, жылдамдыққа да байланысты.

Орбитаға шыққаннан кейін атмосфералық әсер азаяды. Дегенмен төмен Жер орбиталарында атмосфера толық жойылмайды. Оның өте сирек қабаттары спутникке әлсіз кедергі жасайды.

Бұл кедергі ұзақ уақыт ішінде спутниктің орбиталық энергиясын азайтып, орбитаның біртіндеп төмендеуіне себеп болуы мүмкін.

7. Атмосфераға қайта кіру кезіндегі аэромеханика

Ғарыш аппараттарының атмосфераға қайта кіруі аэромеханикадағы ең күрделі процестердің бірі болып табылады.

Аппарат орбита кезінде бірнеше километр секунд жылдамдықпен қозғала алады. Атмосфераның тығыз қабаттарына кірген кезде оның алдындағы ауа қатты сығылады және соққы толқыны пайда болады.

Бұл процестер нәтижесінде аппараттың алдыңғы бөлігінде температура өте жоғары болуы мүмкін. Сондықтан қайта кіретін аппараттарда арнайы **жылулық қорғау жүйелері** қолданылады.

Атмосфералық қайта кіру кезінде негізгі процестер:

- аэродинамикалық тежеу;
- соққы толқынының пайда болуы;
- газдың сығылуы;
- аэродинамикалық қызу;
- жылу алмасу;
- аэродинамикалық күштер мен моменттердің өзгеруі.

Аппараттың пішіні осы процестердің барлығына әсер етеді. Сондықтан ғарыш капсулаларының жылудан қорғайтын алдыңғы беттері арнайы аэродинамикалық және жылулық талаптар негізінде жобаланады.

8. Сиретілген атмосфера және аэромеханиканың ерекшеліктері

Биіктік артқан сайын газ молекулаларының еркін жүріп өту жолы ұлғаяды. Нәтижесінде үздіксіз орта ретінде қарастырылатын классикалық аэродинамика біртіндеп шектеулі бола бастайды.

Бұл жағдайда **Кнудсен саны** маңызды параметрге айналады. Ол газ молекулаларының еркін жүріп өту жолының дененің сипаттамалық өлшеміне қатынасын сипаттайды.

Кнудсен санының мәніне байланысты ағын:

- үздіксіз ағын;
- өтпелі режим;
- сиретілген газ режимі;
- молекулалық режим

түрінде қарастырылуы мүмкін.
Бұл әсіресе жоғары биіктікте ұшатын ғарыш аппараттары үшін маңызды. Себебі сиретілген атмосфера жағдайында газдың аппарат бетімен молекулалық деңгейдегі өзара әрекетін ескеру қажет.

9. Атмосфералық модельдердің маңызы
Аэромеханикалық есептеулерде атмосфераның нақты параметрлерін білу қажет. Ол үшін стандартты және эмпирикалық атмосфералық модельдер қолданылады.
Атмосфералық модельдер арқылы белгілі бір биіктіктегі:

- температура;
- қысым;
- тығыздық;
- дыбыс жылдамдығы;
- газ құрамының сипаттамалары

анықталады.
Бұл мәліметтер зымырандарды ұшыру траекториясын есептеуде, спутниктердің орбиталық қозғалысын болжауда және атмосфераға қайта кіру процестерін модельдеуде қолданылады.

Қорытынды
Атмосфера — Жердің табиғи қорғаныш қабығы ғана емес, сонымен қатар аэромеханикалық процестер өтетін күрделі газ ортасы. Оның температурасы, қысымы, тығыздығы және құрамы биіктікке байланысты өзгереді.
Атмосфера тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера және экзосфера сияқты негізгі қабаттарға бөлінеді. Әр қабаттың физикалық қасиеттері әртүрлі болғандықтан, ұшу аппараттарының қозғалысына әсер ету сипаты да өзгереді.
Аэромеханикада атмосфераның маңызы өте зор. Ол ұшақтар мен зымырандарға аэродинамикалық күштер туғызады, ғарыш аппараттарының ұшу траекториясына әсер етеді және атмосфераға қайта кіру кезінде аппараттың тежеуіне әрі қызуына себеп болады.
Атмосфера параметрлерін дұрыс анықтау ғарыш аппараттарын жобалау, олардың ұшу қауіпсіздігін қамтамасыз ету, аэродинамикалық жүктемелерді есептеу және орбиталық қозғалысты болжау үшін қажет.
Сондықтан атмосфераның құрылысы мен қасиеттерін зерттеу аэромеханиканың және жалпы аэроғарыштық техниканың маңызды теориялық негіздерінің бірі болып табылады.
Бақылау сұрақтары

1. Атмосфера дегеніміз не?
2. Атмосфераның негізгі құрамдас бөліктері қандай?
3. Атмосфера қандай негізгі қабаттарға бөлінеді?
4. Тропосфераның негізгі ерекшеліктері қандай?
5. Стратосфераның тропосферадан айырмашылығы неде?
6. Мезосферада қандай физикалық процестер жүреді?

7. Термосфераның негізгі қасиеттері қандай?
8. Экзосфера дегеніміз не?
9. Биіктік артқан сайын атмосфералық қысым мен тығыздық қалай өзгереді?
10. Атмосфера температурасының биіктік бойынша өзгеруі қандай ерекшеліктерге ие?
11. Атмосфераның тұтқырлығы аэродинамикалық процестерге қалай әсер етеді?
12. Аэродинамикалық кедергі күші қандай факторларға тәуелді?
13. Көтергіш күштің атмосфера параметрлеріне тәуелділігі қандай?
14. Динамикалық қысым дегеніміз не?
15. Динамикалық қысымның зымыран ұшуындағы маңызы қандай?
16. Атмосфера ғарыш аппаратының орбиталық қозғалысына қалай әсер етеді?
17. Атмосфералық кедергі спутниктің орбитасына қалай ықпал етеді?
18. Атмосфераға қайта кіру кезінде аппарат не себепті қызады?
19. Сиретілген атмосфера жағдайында аэромеханиканың қандай ерекшеліктері бар?
20. Кнудсен саны нені сипаттайды?
21. Атмосфералық модельдер не үшін қолданылады?
22. Атмосфераның аэромеханикадағы практикалық маңызы қандай?