ДӘРІС №1. Тақырыбы: Кіріспе. Ғарыш аппараттарының аэромеханикасының негіздері.

Дәрістің мақсаты: ғарыш аппараттарының аэромеханикасы туралы негізгі теориялық түсініктерді қалыптастыру, олардың атмосферада және ғарыш кеңістігінде қозғалу ерекшеліктерін түсіндіру. Студенттерге ғарыш аппаратына әсер ететін аэродинамикалық күштер мен моменттерді, атмосфераның аппарат қозғалысына әсерін, ұшу режимдерін, аэродинамикалық орнықтылықты және атмосфераға қайта кіру кезіндегі аэромеханикалық процестерді түсіндіру.

Дәріс жоспары:

1. Аэромеханика туралы жалпы түсінік.
2. Ғарыш аппараттарының қозғалысына әсер ететін күштер.
3. Атмосфераның ғарыш аппаратына әсері.
4. Негізгі аэродинамикалық сипаттамалар.
5. Ғарыш аппаратының ұшу режимдері.
6. Гипердыбыстық қозғалыс және атмосфераға қайта кіру.
7. Ғарыш аппаратының аэродинамикалық орнықтылығы.
8. Аэромеханикалық есептеулер және модельдеу.
9. Қорытынды.

Кіріспе

Ғарыш аппараттарын жобалау және олардың атмосферада қозғалуын зерттеу қазіргі аэроғарыш техникасының маңызды бағыттарының бірі болып табылады. Ғарыш аппараты ұшу кезінде әртүрлі ортадан өтеді: Жер атмосферасының тығыз қабаттарында аэродинамикалық күштер әсер етсе, жоғары биіктіктерде атмосфераның тығыздығы өте аз болғандықтан бұл әсер әлсірейді. Ал ғарыш кеңістігінде аппараттың қозғалысы негізінен гравитациялық және инерциялық заңдылықтармен сипатталады.

Аэромеханика — газ тәрізді ортаның қозғалысын және осы қозғалыстың денелермен өзара әсерін зерттейтін механика саласы. Ол аэродинамика мен газ динамикасының заңдарын, сондай-ақ денелердің қозғалыс механикасын қамтиды. Ғарыш аппараттарына қатысты аэромеханика аппараттың ұшу траекториясын, атмосфералық кедергіні, көтергіш күшті, жылулық әсерді және аппараттың орнықтылығын зерттеуде қолданылады.

Ғарыш аппараттарының аэромеханикасын түсіну әсіресе зымырандарды ұшыру, орбитаға шығу, атмосфераға қайта кіру және қону кезеңдерінде маңызды. Себебі осы кезеңдерде аппараттың жылдамдығы, биіктігі, атмосфераның тығыздығы және аэродинамикалық күштер үздіксіз өзгеріп отырады.

1. Ғарыш аппараттарының қозғалысына әсер ететін негізгі факторлар

Ғарыш аппаратының қозғалысын сипаттау үшін оған әсер ететін негізгі күштерді қарастыру қажет. Оларға:

- ауырлық күші;

- аэродинамикалық кедергі күші;
- көтергіш күш;
- қозғалтқыштың тарту күші;
- инерциялық күштер және айналу әсерлері жатады.

Жер маңындағы ұшу кезінде ауырлық күші аппаратты Жерге қарай тартады. Оның шамасы:

F = mg,

мұндағы m — аппараттың массасы, g — еркін түсу үдеуі.

Атмосферада қозғалған кезде аппаратқа аэродинамикалық күштер де әсер етеді. Олардың ішіндегі ең маңыздысы — **аэродинамикалық кедергі күші**. Ол дененің қозғалысына қарама-қарсы бағытталады және аппараттың жылдамдығы артқан сайын көбейеді.

Кедергі күшін жуықтап мына формуламен анықтауға болады:

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

мұндағы: ρ — атмосфераның тығыздығы;
V — аппараттың ауаға қатысты жылдамдығы;
C_D — аэродинамикалық кедергі коэффициенті;
S — аппараттың сипаттамалық қима ауданы.

Бұл формуладан кедергі күшінің атмосфера тығыздығына және жылдамдықтың квадратына тәуелді екенін көруге болады. Сондықтан атмосфераға қайта кіру кезінде аппараттың жылдамдығы өте жоғары болғандықтан, аэродинамикалық әсер айтарлықтай үлкен болады.

2. Атмосфера және оның ғарыш аппаратына әсері

Жер атмосферасы біртекті орта емес. Биіктік артқан сайын оның қысымы мен тығыздығы азаяды. Сондықтан ғарыш аппаратының аэродинамикалық сипаттамалары оның ұшу биіктігіне тікелей байланысты.

Төменгі атмосфера қабаттарында ауа тығыз болғандықтан, аппаратқа үлкен аэродинамикалық күштер әсер етеді. Биіктік артқан сайын ауа сирейді де, аэродинамикалық кедергі азаяды. Алайда аппарат атмосфераға қайта кірген кезде кері процесс жүреді: жылдамдық жоғары болғандықтан, атмосфераның салыстырмалы түрде сирек қабаттарының өзінде елеулі аэродинамикалық әсер пайда болады.

Атмосфераның тағы бір маңызды қасиеті — температураның биіктік бойынша өзгеруі. Температура мен тығыздық аппараттың қозғалысына ғана емес, оның жылулық жағдайына да әсер етеді.

Атмосфераға үлкен жылдамдықпен кіретін аппараттың алдында ауа сығылады. Осы кезде аппараттың алдыңғы бөлігінде температура өте жоғары деңгейге көтерілуі мүмкін. Сонымен қатар аппараттың бетінде үйкеліс пен газ ағынының әсерінен жылу бөлінеді. Сондықтан ғарыш аппараттарын жобалау кезінде **жылулық қорғау жүйесіне** ерекше көңіл бөлінеді.

3. Аэродинамикалық күштер

Ғарыш аппараттарына әсер ететін аэродинамикалық күштерді екі негізгі құрамдасқа бөлуге болады:

1. **Кедергі күші** — қозғалыс бағытына қарама-қарсы бағытталады.
2. **Көтергіш күш** — қозғалыс бағытына перпендикуляр бағытта әсер етеді.

Көтергіш күш:

$L = ½\rho V^2 C^L S$

формуласы арқылы сипатталады.

Мұндағы C^L — көтергіш күш коэффициенті.

Көтергіш күштің пайда болуы аппараттың пішініне, оның шабуыл бұрышына және газ ағынының қасиеттеріне байланысты. Қайта пайдаланылатын ғарыш аппараттарында немесе қанатты ғарыш ұшақтарында көтергіш күш ұшу траекториясын басқару үшін маңызды рөл атқарады.

Ал баллистикалық капсулаларда аппараттың пішіні көбінесе атмосфералық қайта кіру кезіндегі жылулық және аэродинамикалық жүктемелерді азайтуға бағытталады.

Аэродинамикалық күштердің шамасын сипаттауда **динамикалық қысым** ұғымы да маңызды:

$q = ½\rho V^2$.

Динамикалық қысым аппараттың атмосферамен өзара әрекеттесу қарқындылығын сипаттайды. Ұшу кезінде динамикалық қысымның максималды мәні ерекше маңызды параметр болып саналады, өйткені ол аппараттың конструкциясына түсетін механикалық жүктемелермен байланысты.

4. Ұшу режимдері және аэромеханикалық ерекшеліктер

Ғарыш аппаратының ұшуын бірнеше негізгі кезеңге бөлуге болады.

4.1. Ұшыру кезеңі

Зымыран немесе ғарыш аппараты Жер бетінен көтерілген кезде атмосфераның тығыз қабатында қозғалады. Бұл кезде қозғалтқыштың тарту күші аппаратты жоғары және алға бағытта қозғалтады.

Ұшыру кезінде аппараттың жылдамдығы біртіндеп өседі. Соған сәйкес аэродинамикалық күштер де өзгереді. Конструкцияға түсетін жүктемелерді бақылау ұшу қауіпсіздігі үшін аса маңызды.

4.2. Жоғары биіктікке көтерілу

Биіктік артқан сайын атмосфераның тығыздығы төмендейді. Сондықтан аэродинамикалық кедергі біртіндеп азаяды. Осы кезеңде ғарыш аппаратының қозғалысына гравитациялық әсер мен қозғалтқыштың тарту күші маңыздырақ бола бастайды.

4.3. Орбиталық қозғалыс

Белгілі бір биіктік пен жылдамдыққа жеткеннен кейін аппарат Жер орбитасына шығарылады. Орбитада атмосфера өте сирек болғанымен, ол толық жоқ емес. Төмен Жер орбиталарында атмосфераның қалдық кедергісі аппараттың жылдамдығын біртіндеп азайтып, орбитаның төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Сондықтан жасанды серіктердің орбиталық қозғалысын есептеу кезінде атмосфералық кедергі де ескеріледі.

4.4. Атмосфераға қайта кіру

Атмосфераға қайта кіру — аэромеханика тұрғысынан ең күрделі кезеңдердің бірі. Ғарыш аппараты өте жоғары жылдамдықпен атмосфераның тығыз қабаттарына енеді. Нәтижесінде оның алдында күшті газ ағыны қалыптасып, аппараттың бетіне үлкен жылу және механикалық жүктеме түседі.

Аппараттың жылдамдығын төмендету үшін атмосфералық кедергі табиғи түрде пайдаланылады. Бұл процесті **аэродинамикалық тежеу** деп атауға болады.

5. Мах саны және ұшу жылдамдығы

Аэромеханикада аппараттың жылдамдығын сипаттайтын маңызды шамалардың бірі — **Мах саны**:

M = V/a,

мұндағы V — аппараттың жылдамдығы, ал a — сол ортадағы дыбыс жылдамдығы.

Мах саны бойынша ағындардың шартты түрде бірнеше режимі ажыратылады:

- **M < 1** — дыбысасты ағыс;
- **M ≈ 1** — трансдыбыстық ағыс;
- **M > 1** — дыбыстан жоғары ағыс;
- **M >> 1** — гипердыбыстық ағыс.

Ғарыш аппараттарының атмосфераға қайта кіруі көбінесе гипердыбыстық жылдамдықтарда жүзеге асады. Мұндай жағдайда газдың сығылуы, соққы толқындарының пайда болуы және жылу алмасу процестері ерекше маңызды. Гипердыбыстық ағыста аппараттың геометриялық пішіні оның аэродинамикалық және жылулық сипаттамаларына үлкен әсер етеді. Сондықтан ғарыш аппараттарының мұрындық бөлігінің пішіні кездейсоқ таңдалмайды: ол аэродинамикалық кедергі, жылулық ағын және конструкциялық беріктік талаптарының өзара байланысы негізінде анықталады.

6. Ғарыш аппаратының аэродинамикалық орнықтылығы

Аппараттың ұшу кезінде тұрақты қозғалысын қамтамасыз ету үшін оның **аэродинамикалық орнықтылығы** зерттеледі.

Орнықтылық дегеніміз — аппараттың сыртқы әсерден кейін бастапқы қозғалыс жағдайына немесе оған жақын күйге қайта оралу қабілеті.

Ғарыш аппараттарының орнықтылығына:

- массалар центрінің орналасуы;
- аэродинамикалық қысым центрінің орналасуы;
- аппараттың геометриялық пішіні;
- шабуыл бұрышы;
- бұрыштық жылдамдықтар;
- басқару жүйесінің жұмысы әсер етеді.

Аппараттың айналу қозғалыстары әдетте үш негізгі бұрышпен сипатталады: **тангаж, рыскание және крен**.

Осы қозғалыстарды басқару үшін аэродинамикалық басқару беттері, реактивті қозғалтқыштар немесе басқа да басқару жүйелері қолданылуы мүмкін.

7. Аэромеханикалық есептеулердің маңызы

Ғарыш аппаратын жасау кезінде аэромеханикалық есептеулер бірнеше міндетті шешуге мүмкіндік береді. Біріншіден, аппаратқа әсер ететін күштер мен моменттер анықталады. Екіншіден, ұшу траекториясы есептеледі. Үшіншіден, конструкцияға түсетін механикалық және жылулық жүктемелер бағаланады.

Қазіргі кезде мұндай есептеулер компьютерлік модельдеу әдістерімен жүзеге асырылады. **Есептеу сұйықтық динамикасы (CFD)** әдістері арқылы газ ағынының аппарат айналасындағы қозғалысын модельдеуге болады.

Модельдеу нәтижесінде:

- қысымның таралуы;
- температураның өзгеруі;
- аэродинамикалық күштер;
- соққы толқындарының орналасуы;
- жылу ағыны;
- аппараттың орнықтылық сипаттамалары анықталуы мүмкін.

Сонымен қатар тәжірибелік зерттеулер жүргізіледі. Ғарыш аппараттарының модельдері аэродинамикалық құбырларда сыналады. Алынған тәжірибелік нәтижелер теориялық және компьютерлік есептеулермен салыстырылады.

Қорытынды

Ғарыш аппараттарының аэромеханикасы — ғарыш техникасын жобалау мен пайдаланудың теориялық негіздерінің бірі. Ол аппараттың атмосферадағы қозғалысын, газ ағынымен өзара әсерін, аэродинамикалық күштер мен моменттерді, жылулық әсерлерді және ұшу орнықтылығын зерттейді.

Аэромеханиканың негізгі ұғымдарына атмосфера тығыздығы, динамикалық қысым, аэродинамикалық кедергі, көтергіш күш, Мах саны және аэродинамикалық орнықтылық жатады. Бұл шамалардың барлығы ғарыш аппаратының ұшу жағдайына байланысты өзгереді.

Әсіресе атмосфераға қайта кіру кезінде аэромеханикалық процестердің маңызы артады. Жоғары жылдамдық, соққы толқындары, газдың сығылуы және қарқынды жылу алмасу аппараттың конструкциясына үлкен талаптар қояды. Сондықтан ғарыш аппараттарының аэромеханикасын зерттеу олардың қауіпсіздігі, тиімділігі және сенімділігін қамтамасыз етудің маңызды шарты болып табылады.

Жалпы алғанда, аэромеханика заңдарын білу ғарыш аппараттарының ұшуын дұрыс жобалауға, олардың атмосферамен өзара әрекетін бағалауға және ғарыш кеңістігіне шығу мен Жерге қайта оралу процестерін тиімді ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

Бақылау сұрақтары

1. Аэромеханика ғылымы нені зерттейді?
2. Ғарыш аппаратына әсер ететін негізгі күштер қандай?
3. Аэродинамикалық кедергі күшінің шамасы қандай факторларға тәуелді?
4. Динамикалық қысым дегеніміз не?
5. Мах саны қандай физикалық шаманы сипаттайды?
6. Гипердыбыстық ұшу кезінде қандай аэродинамикалық құбылыстар байқалады?
7. Ғарыш аппараты атмосфераға қайта кірген кезде не себепті қызады?
8. Аэродинамикалық орнықтылықтың маңызы қандай?
9. Атмосфералық кедергі орбиталық қозғалысқа қалай әсер етеді?
10. Аэромеханикалық есептеулер ғарыш аппараттарын жобалауда қандай міндеттерді шешеді?