4 дәріс

Жылдамдықтың турбулентті лүпілдерін өлшеу нәтижелері. Жылдамдықтың орташа квадраттық лүпілдері. Турбуленттілік дәрежесі. Аэродинамикалық құбырдағы турбуленттілік

Дәрістің мақсаты

Жылдамдық лүпілдерін өлшеу тәсілдерін меңгеру, орташа квадраттық лүпіл мен турбуленттілік қарқындылығын анықтау және аэродинамикалық құбырдағы ағын сапасын бағалау.

Дәрістің мазмұны

1. Лездік жылдамдық және оның уақыттық қатары.
2. Лүпілдерді өлшеуге арналған аспаптар.
3. Орташа квадраттық лүпілдерді есептеу.
4. Турбуленттілік қарқындылығы.
5. Аэродинамикалық құбырдағы турбуленттілікті басқару.

1. Кіріспе

Газдар мен сұйықтардың қозғалысы екі режимде жүзеге асады: ламинарлық және турбуленттік. Турбулентті қозғалыс – ең жиі кездесетін әрі ең күрделі режимдердің бірі. Турбуленттіліктің негізгі ерекшелігі – жылдамдықтың уақыт бойынша тұрақсыздығы, ағын ішінде әртүрлі масштабтағы құйындардың пайда болуы және энергияның ірі құйындардан ұсақ құйындарға берілуі.

Турбуленттік қозғалыстарды сипаттау үшін орташа мәндер мен олардың ауытқуларын өлшеу қажет. Жылдамдықтың лүпілдері, орташа квадраттық мәндері және турбуленттілік дәрежесі – осы құбылысты талдау үшін қолданылатын негізгі шамалар.

2. Жылдамдықтың турбулентті лүпілдерін өлшеу

2.1 Лүпілдердің физикалық мәні

Ағын ішіндегі нақты жылдамдық u(t) әрқашан уақыт бойынша өзгереді. Оны екі бөлікке бөлуге болады:

$$u(t) = \overline{u} + u'(t)$$

мұндағы:

- $\overline{u}$ – уақыт бойынша орташа жылдамдық,
- $u'(t)$ – лүпілдік (пульсациялық) жылдамдық компоненті.

2.2 Өлшеу әдістері

Жылдамдық лүпілдерін өлшеу үшін келесі әдістер қолданылады:

- **Пито түтігі** – орташа жылдамдықты анықтау.
- **Ыстық сым анемометрі** – жылдамдықтың жылдам өзгерістерін тіркеу үшін. Бұл құралдың сезімтал элементі – қыздырылған жұқа сым, оның температурасы ағын жылдамдығына тәуелді өзгереді.

- **Лазерлік доплерлік анемометр (LDA)** – жанаспай өлшеу әдісі, лазер сәулесінің Доплер ығысуына негізделген.
- **Көлденең және бойлық термопарлар** – температура мен жылдамдық флуктуацияларын жанама анықтау үшін.

3. Жылдамдықтың орташа квадраттық лүпілдері

3.1 Анықтамасы

Лүпілдік қозғалыстардың қарқындылығын сипаттау үшін орташа квадраттық мән қолданылады:

$$u'_{rms} = \sqrt{\overline{(u')^2}}$$

мұндағы u'_{rms} – жылдамдықтың орташа квадраттық ауытқуы.

3.2 Физикалық мәні

- Егер u'_{rms} үлкен болса, ағын ішіндегі құйындар күшті деген сөз.
- Егер u'_{rms} кіші болса, ағын салыстырмалы түрде тұрақты.

4. Турбуленттілік дәрежесі

4.1 Анықтамасы

Ағынның турбуленттілік дәрежесі жылдамдықтың орташа квадраттық лүпілдерінің орташа жылдамдыққа қатынасы арқылы анықталады:

$$Tu = \frac{u'_{rms}}{\overline{u}} \times 100\%$$

мұндағы Tu – турбуленттілік дәрежесі.

4.2 Маңызы

- **Tu < 1%** → ағын өте тыныш, турбуленттілік аз (мысалы, арнайы аэродинамикалық құбырларда).
- **1% < Tu < 5%** → қалыпты жағдайдағы ағын.
- **Tu > 10%** → күшті турбуленттік режим (мысалы, турбулентті жану аймағында).

5. Аэродинамикалық құбырдағы турбуленттілік

Аэродинамикалық құбырлар – турбуленттілікті зерттеудің негізгі зертханалық қондырғылары.

5.1 Турбуленттілік деңгейін реттеу

- Құбырдың кіреберісіне **түзеткіш торлар** қойылады – олар ағынды біртекті етеді, турбуленттілікті азайтады.
- Егер арнайы зерттеу үшін қажет болса, турбуленттілік деңгейін жасанды түрде **құйындатқыштар** арқылы арттыруға болады.

5.2 Құбырдағы тәжірибелердің мысалдары

- Жылдамдық профилін өлшеу (орташа және лүпілдік бөліктер).
- Турбуленттілік дәрежесін әртүрлі қашықтықтарда анықтау.

- Құбырдың әртүрлі геометриялық бөліктерінде (кеңею, тарылу, бұрылыс) турбуленттіліктің өзгеруін зерттеу.

5.3 Практикалық маңызы

- **Авиацияда** – қанат профилін сынағанда турбуленттіліктің аз болуы қажет.
- **Энергетикада** – турбомашиналарда турбуленттіліктің жоғары болуы жылуалмасуды күшейтеді.
- **Құрылыс аэродинамикасында** – ғимараттар мен көпірлерге әсер ететін құйындардың сипатын бағалау.

6. Қорытынды

Турбулентті қозғалыстарды сипаттау үшін тек орташа жылдамдықты білу жеткіліксіз. Лүпілдік компоненттерді өлшеп, олардың орташа квадраттық мәндерін есептеу қажет. Турбуленттілік дәрежесі ағынның тұрақсыздық деңгейін сипаттайды және инженерлік есептерде маңызды рөл атқарады.

Аэродинамикалық құбырлардағы тәжірибелер турбуленттілікті басқаруға, зерттеуге және нақты техникалық міндеттерге қолдануға мүмкіндік береді.

Өзін өзі тексеруге арналған сұрақтар

1. Орташа жылдамдық пен жылдамдық лүпілі қалай анықталады?
2. Орташа квадраттық лүпілдің өрнегін жазыңыз.
3. Турбуленттілік қарқындылығын есептеу үшін қандай шамалар қажет?
4. Термоанемометрдің жұмыс принципі қандай?
5. Лазерлік және термоанемометрлік өлшеулердің ерекшеліктерін салыстырыңыз.
6. Іріктеу жиілігі мен өлшеу ұзақтығы нәтижеге қалай әсер етеді?
7. Аэродинамикалық құбырдағы торлар мен түзеткіш құрылғылар қандай қызмет атқарады?
8. Орташа жылдамдық бірдей болғанда лүпіл деңгейлері әртүрлі болуы мүмкін бе?