

№ 3 дәріс

Гидравлика жөнінде жалпы мәліметтер

Гидравлика – әртүрлі сұйықтықтардың қозғалысы мен тепе-теңдік заңдарын зерттейтін ғылым. Гидравлика техникалық ғылым саласына жатады. Әртүрлі практикалық мәселерді шешуде көбінесе бір өлшемді қозғалысты қарастыру арқылы жеңілдетілген жорамалдар мен болжамдарды қолданады. Сондықтан гидравликалық есептеулер көбіне келтірілген сипатта болады. Бұл есептеулер көбінесе тәжірибе нәтижелеріне сүйеніп жүргізіледі. Сондықтан гидравликада көптеген әртүрлі тәжірибелік тәуелділіктер келтірілген. Гидравликалық есептеулер орташа шамаларға негізделіп жүргізіледі. Мысалы, ағынның әртүрлі қимасы бойынша қозғалыстың орташа жылдамдығын қолданады. Гидравликада гидромеханикалық әдістерді кеңінен қолданғандықтан, оны қолданбалы (техникалық) гидромеханика деп атайды. Теориялық гидромеханика күрделі әрі қатаң математикалық аппаратқа сүйеніп жүргізіледі. Алайда қазіргі уақытта теориялық және қолданбалы гидромеханика салалары бір-біріне жақындай түсуде. Себебі бір жағынан теориялық гидромеханика көбінесе тәжірибеге жүгінсе, екінші жағынан гидравликалық талдау әдістері қатаң ережелерді талап етуде.

Гидравлика гидростатикаға (тыныштықтағы сұйықтықтардың тепе-теңдік заңдары) және гидродинамикаға (сұйықтықтардың қозғалыс заңдары) жіктеледі.

Гидромеханикада негізгі заңдарды қорытындылауда идеалды сұйықтықтар деген ұғымды қолданады. *Идеалды сұйықтықтар* – абсолютті сығылмайтын, қысым мен температура әсерінен тығыздығын өзгертпейтін, тұтқырлығы жоқ сұйықтықтар. Дегенмен де бірде бір реалды сұйықтық мұндай талаптарға жауап бере алмайды, яғни сәйкес келмейді. Бірақ *белгілі бір жағдайда* оларды идеалды деп қарастыруға болады. Газдар оңай сығылады. Алайда олардың ағу жылдамдығы 50 м/с үлкен болмаса, қысымның өзгеруі аз болады, сәйкесінше көлемі де аз өзгереді. Мұндай жағдайда газдар қозғалысына идеалды ерітінділер қозғалысының заңдарын қолдануға болады.

Реалды сұйықтықтар тамшы түріндегі және серпінді (газдар мен булар) болып жіктеледі. Тамшы түріндегі сұйықтықтар мүлдем сығылмайды және салыстырмалы аз көлемдік ұлғаю коэффициентімен сипатталады.

Біртұтас ағынның теңдеуі

Жабық құбыр арқылы сұйықтықтың орныққан қозғалысы кезінде құбырдың әрбір қимасынан бірлік уақыт ішінде бірдей мөлшерде сұйықтық ағады. Мұндай жағдайда қозғалыстағы сұйықтық құбырды тегіс толтырып, бос қуыстар болмай ағыс біркелкі болады (1-сурет).

1-сурет. Біртұтас ағынның теңдеуіне арналған

Бірлік уақытта 1–1 қимаға қанша сұйықтық ағып келсе, 3–3 қимадан да сонша сұйықтық ағып шығады. Егер мұндай тепе-теңдік орнықпаған болса, онда құбырда сұйықтық жинақталады немесе бос қуыстар пайда болады. Сұйықтықтың жинақталуы оның тығыздығы мен қысымын арттырады, алайда мұндай жағдай идеалды және реалды ерітінділер үшін орныққан қозғалыс кезінде мүмкін емес.

Құбырдың 1–1, 2–2, 3–3 қималары арқылы бірлік уақытта ағатын сұйықтық мөлшерін G_1 , G_2 , G_3 деп белгілесек, онда біртұтас ағынның теңдеуін былай өрнектеуге болады:

(1.1)

немесе

(1.2)

мұндағы

Сығылмайтын (тамшы) сұйықтықтарда құбырдың бүкіл бойында тығыздығы өзгермейді. Соған сәйкес біртұтас ағынның теңдеуі былай өрнектеледі:

(1.3)

Бірлік уақытта қандай да бір ағын қимасы арқылы ағып өтетін сұйықтық көлемін сұйықтықтың (газдың) көлемдік жұмсалыу мөлшері деп атайды.

Ағынның көлденең қимасының әртүрлі нүктесінде үйкеліс күші әсерінен сұйықтық бөлшектерінің жылдамдығы бірдей болмайды. Ағын осі бойынша жылдамдық мәні максимум, ал құбыр қабырғасына жақын маңда жылдамдық мәні нөлге тең болады. Ағынның көлденең қимасы бойынша жылдамдықтың таралуын анықтау қиын болғандықтан, инженерлік есептеулерде орташа жылдамдықты қолданады. Мұндай шартты жылдамдық мәнін сұйықтықтың көлемдік жұмсалыу мөлшерінің ағын қимасының ауданына қатынасы арқылы анықтайды:

(1.4)

Бұдан сұйықтықтың көлемдік жұмсалыу мөлшері (m^3/c), $m^3/c\text{aғ}$) және сұйықтықтың массалық жұмсалыу мөлшері ($кг/c$, $кг/c\text{aғ}$) анықталады:

(1.5)

Бұл теңдеулер (1.4), (1.5) жұмсалыу мөлшері теңдеулері деп аталады. Көлденең қимасы дөңгелек құбырлар үшін жоғарыдағы теңдеулер жазылады:

(1.6)

Реалды сұйықтықтар ағыны

Тыныштықтағы немесе қозғалыстағы сұйықтық әртүрлі күштердің әсерінде болады. Бұл күштерді көлемдік және беттік деп ажыратады.

Көлемдік күштер. Бұл күштер белгілі бір сұйықтық көлемінің әрбір элементіне әсер етеді және осы көлемдегі массаға пропорционал болады. Бұл күштерге *ауырлық күші, инерция күштері, ортадан тепкіш күштер* жатады.

Белгілі бір сұйықтыққа әсер ететін ауырлық күші қарқындылығының сипаттамасы ретінде сұйықтықтың меншікті салмағы алынады:

(1.1)

Көлемнің нүктеге топталуында сұйықтық массасының көлемге қатынасының шегі сұйықтықтың тығыздығы деп аталады:

(1.2)

Тамшы түріндегі сұйықтықтардың меншікті салмағы мен тығыздығын тәжірибе жүзінде анықтайды. Бұл мәндер қысым мен температураға аз тәуелді болады. Салыстырмалы төмен қысымда газ тығыздығын идеалды газдардың күй теңдеуі бойынша анықтауға болады:

(1.3)

Жоғары қысымда газдар тығыздығын сығылу коэффициентін ескеріп есептейді. Сығылу коэффициентін келтірілген температура мен келтірілген қысымнан функция (графиктік тәуелділікте келтірілетін) ретінде анықтайды:

(1.4)

Беттік күштер. Бұл күштер сұйықтықтың белгілі бір көлемін шектеп тұратын және оны қоршаған ортадан бөліп тұратын бетке әсер етеді. Бұл күштерге *қысым күштері, ішкі үкеліс күштері* жатады. Тыныштықтағы тепе-теңдікте тұрған сұйықтыққа ауырлық және қысым күштері әсер етеді. Реалды сұйықтықтар қозғалысының заңдылықтары ауырлық, қысым күштерінен басқа ішкі үкеліс күштерімен анықталады.

Сұйықтықпен толтырылған ыдыс қабырғасы мен оның түбіне және сұйықтыққа батырылған кез-келген дене бетіне әсер ететін сұйықтықтың қысым күштерінің параметрі ретінде гидростатикалық қысым алынады. Тыныштықта тұрған сұйықтықтан ауданды қарастырайық. Осы ауданға нормаль бойынша сұйықтық деңгейінің қысым күші әсер етеді. Осы қысым күшінің ауданға қатынасы орташа гидростатикалық қысымды береді, ал осы қатынастың шегі берілген нүктедегі гидростатикалық қысым деп аталады:

(1.5)

Халықаралы бірлік (СИ) бойынша гидростатикалық қысымның өлшем бірлігі Па (Н/м^2), техникада көбінесе кгс/см^2 , ат немесе манометрлік сұйықтық деңгейі биіктігінің (Н) бірлігімен өлшенеді. Бір бірлік жүйесінен екінші бірлік жүйесіне көшкенде мына формуланы: және қысымның әртүрлі бірліктері аралығындағы қатынасты қолданады: ($1 \text{ атм} = 1 \text{ кгс/см}^2 = 10^4 \text{ кгс/м}^2 = 10 \text{ мм су бағ.} = 98100 \text{ Па} \approx 0,1 \text{ МПа}$).

Ішкі *үйкеліс күші* молекулалардың өзара тартылыс күші әсерінен болады.

Сұйықтықтың ағуына кедергі жасайтын ішкі үйкеліс күші тұтқырлық деп аталады. Тұтқырлық – қозғалыстағы сұйықтық қасиеті. Ньютон теңдеуі бойынша ішкі үйкеліс күші өрнектеледі:

(1.6)

мұндағы

Жылдамдық градиенті – сұйықтықтың ағу бағытына перпендикуляр бағыт-талған қабаттардың бірлік ара-қашықтығындағы жылдамдықтың салыстырмалы өзгерісі.

Тұтқырлықтың динамикалық коэффициентінің өлшем бірлігі (1.6)-шы теңдеуден алынады.

СИ бірлік жүйесінде:

(1.7)

МКГСС бірлік жүйесінде:

(1.8)

СГС бірлік жүйесінде:

(1.9)

Тұтқырлықтың динамикалық коэффициентінің сұйықтық тығыздығына қатынасы тұтқырлықтың кинематикалық коэффициенті деп аталады:

(1.10)