

## 1. POJĘCIA PODSTAWOWE

### 1.1. POJĘCIE PŁYNU. PRZEDMIOT MECHANIKI PŁYNÓW

Mechanika płynów jest nauką o równowadze i ruchu ciał płynnych pod działaniem sił zewnętrznych.

Ciała materialne w przyrodzie występują w zależności od warunków ciśnienia i temperatury w trzech stanach skupienia: stałym, ciekłym i gazowym. Wszystkie ciała dzielimy na stałe i płynne. Płyny dzielimy na dwie grupy: płyny praktycznie nieściśliwe, czyli ciecze i płyny ściśliwe, czyli gazy.

Ciecze w odróżnieniu od gazów odznaczają się małą ściśliwością i nie zachowując kształtu zachowują objętość oraz właściwość formowania swobodnej powierzchni w zbiorniku, w którym się znajdują. Natomiast gazy jako płyny ściśliwe posiadają zdolność wypełnienia całej objętości zbiornika.

Mechanika płynów jest dyscypliną obejmującą szeroki wachlarz złożonych i niedostatecznie jeszcze zbadanych zagadnień ruchu i równowagi płynów rzeczywistych. Nie może ona ograniczyć się, jak w przypadku mechaniki ciała stałego, do stosowania ścisłych metod mechaniki teoretycznej. Równoległe z badaniami teoretycznymi stosowane są na szeroką skalę w mechanice cieczy i gazów doświadczalne metody badań. Teoria obejmuje swoim zasięgiem przeważnie uproszczone schematy ruchu cieczy i gazów lub opływania ciał. Na podstawie otrzymanych wyników teoretycznych można zinterpretować istotę zjawiska, głównie tendencje rozwojowe oraz wpływ podstawowych czynników na jego rozwój. W przypadkach bardziej złożonych oraz zbliżonych do realnych warunków ruchu teorię uzupełnia doświadczenie, które pozwala na zbadanie zagadnienia pod względem ilościowym. Z drugiej strony teoria formułuje zasady doświadczalnej mechaniki oraz uogólnienie wyników empirycznych (teorie podobieństwa zjawisk hydrodynamicznych).

W tym powiązaniu teorii z doświadczeniem tkwi źródło szybkiego rozwoju współczesnej mechaniki cieczy i gazów, ściśle związanej z wieloma dziedzinami techniki.

Szereg zagadnień z mechaniki cieczy i gazów ma bezpośrednie zastosowanie przy projektowaniu i eksploatacji takich urządzeń sanitarnych jak wodociągi, gazociągi, kanalizacje, urządzenia ciepłne i wentylacyjne. Zagadnienia hydrotechniczne wiążą się coraz ściślej z problemami hydrodynamiki i filtracji wody w gruntach.

Dział filtracji ma szczególne zastosowanie w eksploatacji ropy naftowej i gazu ziemnego. Obliczenia hydromechaniczne mają podstawową wagę w zagadnieniach transportu gazu i ropy w przewodach dalekosiężnych. Poza tym należy podkreślić bardzo istotne zastosowanie mechaniki cieczy i gazów w lotnictwie, w budowie okrętów i maszyn przepływowych.

Historyczny rozwój mechaniki cieczy i gazów kształtował się w zależności od poziomu poszczególnych dziedzin techniki oraz w ścisłym powiązaniu nauki z potrzebami praktyki.

Z prac starożytnych uczonych zachował się traktat Arystotelesa (384 ÷ 322 p.n.e.) "Fizyka" o napędowym działaniu powietrza na lot pocisku. Powszechnie znane są zasługi Archimedesa (287 ÷ 212 p.n.e.) jako twórcy teorii równowagi cieczy oraz pływania ciał.

Leonardo da Vinci (1452 ÷ 1519) pierwszy ustalił istnienie oporów wywieranych przez płyn na ciała stałe. Pierwsze naukowe podstawy z hydrostatyki zawdzięczamy Stevinowi (1548 ÷ 1620), Galileuszowi (1564 ÷ 1642), Pascalowi (1623 ÷ 1662).

Uczeń Galileusza Torricelli (1608 ÷ 1647) dał teoretyczny wzór na wyznaczenie prędkości wypływu cieczy przez otwory.

I. Newton (1642 ÷ 1727) sformułował prawo tarcia wewnętrznego w płynie.

Teoretyczne podstawy hydromechaniki stworzył Leonard Euler (1707 ÷ 1783), który wyprowadził różniczkowe równania ruchu płynu doskonałego.

Daniel Bernoulli (1700 ÷ 1783) ustalił nazywane do dziś jego imieniem równanie energetyczne, które stanowi podstawę przybliżonego rozwiązania dynamicznego zagadnień hydrauliki.

Podstawowe równania dynamiki płynów lepkich opracował w roku 1823 L. Navier oraz niezależnie od niego w 1845 r. G. Stokes.

Podstawę teorii ruchu wirowego cieczy doskonalej zawdzięczamy M. Helmholtzowi (1821 ÷ 1894). Hagen (w 1839 r.) i Poiseuille (w 1842 r.) zbadali przepływ cieczy rzeczywistej w przewodach o małej średnicy.

Osborne Reynolds na podstawie własnych badań doświadczalnych przeprowadzonych w okresie 1876 ÷ 1883 podał klasyfikację cieczy rzeczywistej.

Do dalszego rozwoju hydromechaniki teoretycznej przyczyniły się prace Lagrange'a, d'Alemberta, Kelvina, Lamba, Prandtla, Kármána, Koczina.

Twórcą współczesnej aerodynamiki jest M. Żukowski (1847 ÷ 1921). Czołowe miejsce w dziedzinie dynamiki gazów zajmuje wybitny radziecki uczony S. Czapłygin (1869 ÷ 1942).

Prace Darcy, Dupuit, Chezy, Weisbacha, Bachmetiewa, Pawłowskiego, Manninga, Forchheimera, Bussinesqa stanowią podstawy hydrauliki.

Z wybitnych twórców filtracji cieczy i gazów należy wymienić następujących uczonych: Darcy, Dupuit, Muskat, Lejbenson, Pawłowski, Koczina-Pohubarinowa.

## 1.2. PŁYNY JAKO OŚRODKI CIĄGŁE

W mechanice cieczy i gazów - płyn traktowany jest jako ośrodek ciągły (continuum).

Ośrodkiem ciągłym nazywamy układ mechaniczny, zawierający nieskończoną ilość cząsteczek, wypełniających w sposób ciągły daną objętość.

Przyjęty w ten sposób makroskopowy model płynu jako ośrodka ciągłego stanowi umowną abstrakcję, gdyż nie uwzględnia molekularnej struktury płynów rzeczywistych, a tym samym i chaotycznego ruchu molekuł oraz zjawisk międzymolekularnych, wchodzących w zakres kinetycznej teorii cieczy i gazów.

Cząsteczka lub element płynu jako ośrodek ciągłego jest to objętość nieskończenie mała w porównaniu z wymiarami opływanych przez płyn ciał, a równocześnie dostatecznie wielka w stosunku do długości swobodnego przebiegu molekuł. Element płynu zawiera dostateczną ilość molekuł, aby można było stosować statystyczne metody związane z pojęciem ciągłości ośrodka.

Płyn jako ośrodek ciągły związany jest z ciągłym rozkładem głównych wielkości fizycznych zarówno skalarnych, jak i wektorowych ściśle określonych w każdym elemencie. W zależności od rodzaju wielkości fizycznych rozróżniamy pola skalarne i wektorowe.

Przy założeniu makroskopowego modelu płynu jako ośrodka ciągłego ustalono podstawowe równania równowagi i ruchu cieczy i gazów oraz prawa tzw. klasycznej mechaniki płynów.

## 1.3. PŁYNY RZECZYWISTE I DOSKONAŁE

Płynami rzeczywistymi nazywamy ciecze i gazy posiadające określone własności fizyczne jak lepkość i ściśliwość. W płynach rzeczywistych na powierzchni styku elementów, poruszających się z różnymi prędkościami występują siły styczne przeciwdziałające ich wzajemnemu przemieszczeniu.

Zdolność przenoszenia naprężeń stycznych nazywamy lepkością płynu.