

# BADANIA MODELOWE JAKO METODA WYMIAROWANIA BUDOWLI WODNYCH

Badania modelowe w zastosowaniu do wymiarowania budowli wodnych przeprowadza się w następujących przypadkach:

- gdy zachodzi konieczność weryfikacji obliczeń w całości lub ich bardziej dyskusyjnych części oraz doświadczalnego sprawdzenia założeń.
- następuje konieczność uzupełnienia przybliżonych obliczeń przez wyznaczenie tych wielkości statycznych, które zostały w rachunku pominięte,
- brak jest dla danego zagadnienia metod obliczeniowych

Badania modelowe mogą dostarczyć wyniki ilościowe i jakościowe.

## Ogólne zasady modelowania

Modelowanie jest jedną z najważniejszych form poznania rzeczywistości (natury i przebiegu zjawisk) polegającą na poznawaniu praw obiektywnych poprzez badanie obiektów i zjawisk zastępujących obiekty i zjawiska rzeczywiste (oryginalne).

Jeżeli obiekt (zjawisko) rzeczywisty charakteryzuje się szeregiem wielkości  $x_0 \in O$ , to modelowanie polega na utworzeniu takiego obiektu (zjawiska)  $M$  zwanego modelem, którego cechy  $x_M \in M$  znajdują się w określonym związku z wielkościami rzeczywistymi:

$$x_M \rightarrow x_0$$

Pojęcie modelu w teorii poznania jest bardzo wieloznaczne, w związku z tym stosuje się odpowiednią klasyfikację modeli i modelowania.

Generalnie wyróżnia się dwie grupy modeli: abstrakcyjne i materialne. Modele abstrakcyjne są to systemy symbolowe, złożone ze schematów, wykresów, słów i symboli matematycznych, natomiast modele materialne to odpowiednie ukształtowane obiekty fizyczne.

Z technicznego punktu widzenia najistotniejsze są:

- a) modele matematyczne będące modelami abstrakcyjnymi, tworzonymi językiem symboli i znaków matematycznych w formie systemów, wzorów i równań
- b) modele fizyczne. będące modelami materialnymi. w których natura fizyczna zjawisk rzeczywistych i modelowych jest w określonym stopniu identyczna a obiekty różnią się skalą.
- c) modele analogowe. będące takimi obiektami materialnymi, dla których model matematyczny jest identyczny z modelem matematycznym badanego obiektu rzeczywistego a natura fizyczna obu obiektów (zjawisk) nie jest zachowana.

W dobie burzliwego rozwoju komputerów i powszechnego ich stosowania, szczególnego znaczenia nabiera modelowanie matematyczne. W dalszym ciągu jednakże ogromne obszary wiedzy technicznej pozostają poza takimi możliwościami. W wielu przypadkach brak jest ciągle kompletnych systemów równań opisujących dane zjawiska w naturze. Często również modelowanie matematyczne danego zjawiska wymaga operowania bardzo rozbudowanymi zestawami parametrów opisujących obiekt modelowany, czego unika się przy budowie modelu fizycznego.

Wyróżnia się kilka stopni podobieństwa:

- **podobieństwo absolutne** – jest to najwyższy stopień podobieństwa będący pojęciem raczej abstrakcyjnym. Oznacza ono pełną odpowiedniość wymiarów geometrycznych rozpatrywanych systemów oraz wszystkich wielkości zmieniających się w czasie i przestrzeni,
- **podobieństwo pełne** polega na podobieństwie ruchu materii w podstawowych formach jej istnienia tj. w czasie i przestrzeni. Pełne podobieństwo przewłduje odpowiedniość modelu i obiektu we wszystkich cechujących ich procesach oraz we wszystkich określających ich czynnikach i parametrach w przestrzeni i czasie. Model i obiekt różnią się między sobą tylko skalą,
- **podobieństwo niepełne** - występuje tu proporcjonalna odpowiedzialność modelu i obiektu tylko pod względem rozmieszczenia punktów w przestrzeni tj. współrzędnych lub tylko pod względem

czasu. Oznacza to, modelowanie podstawowych procesów charakteryzujących badane zjawisko realizuje się tylko fragmentarycznie. Przy modelowaniu z niepełnym podobieństwem dopuszczalne jest skażenie niepodobnych elementów zjawiska, jednakże pod warunkiem, że skażenia te nie wpłyną znacząco na badane elementy zjawiska,

- **podobieństwo przybliżone** - związane jest z pewnymi uproszczeniami, świadomie wprowadzonymi, które zostały już wcześniej ocenione drogą eksperymentu lub obliczeń analitycznych. Zachowuje się proporcjonalną odpowiedniość modelu i obiektu w czasie w odniesieniu do głównych procesów oraz podstawowych czynników i parametrów. Niektóre czynniki o znanym lecz nieistotnym wpływie na badany proces, modeluje się w sposób przybliżony lub całkowicie pomija. Wywołuje to określone błędy, których wielkość może być jednak oceniona.

Ponieważ model ma zastępować rzeczywistość w sposób pozwalający na wiarygodne wnioskowanie o naturze obiektywnej zjawisk muszą być zachowane odpowiednie warunki określające podobieństwo modelu i obiektu rzeczywistego tj. oryginału. **Warunki podobieństwa mogą być określane kilkoma metodami:**

- wykorzystując analizę równań opisujących zjawisko zgodnie z matematyczną teorią podobieństwa i jednoznaczności,
- wykorzystując analizy wymiarowe, wielkości charakteryzujących zjawisko
- metodę trzecią odnoszącą się do warunków podobieństwa systemów mechanicznych, wykorzystującą twierdzenie, że podobieństwo dwóch systemów mechanicznych jest osiągnięte przy zachowaniu warunków podobieństwa geometrycznego, kinematycznego oraz dynamicznego.

### Hydrauliczne badania modelowe

Modelowanie hydrauliczne realizowane jest za pomocą modeli fizycznych a związki pomiędzy modelem i badanym zjawiskiem (oryginałem) określają warunki podobieństwa mechanicznego –wyrażone współczynnikami skali podobieństwa ( $\xi$ ), tj.

-podobieństwo geometryczne

$$\xi_l = \frac{l_0}{l_M} = \text{const.} \quad \text{-współczynnik podobieństwa liniowego (skali długości),}$$

-podobieństwo kinematyczne

$$\xi_t = \frac{t_0}{t_M} = \text{const.} \quad \text{współczynnik podobieństwa czasowego,}$$

-podobieństwo dynamiczne

$$\xi_F = \frac{F_0}{F_M} = \frac{a_0 \cdot \rho_0 \cdot V_0}{a_M \cdot \rho_M \cdot V_M} = \xi_a \cdot \xi_\rho \cdot \xi_l^3 = \frac{\xi_l}{\xi_t^2} \cdot \xi_\rho \cdot \xi_l^3 = \text{const.}$$

$\xi_\rho$  –współczynnik podobieństwa gęstości

Podobnie określa się również podobieństwo innych własności fizycznych np. lepkości dynamicznej, sprężystości, napięcia powierzchniowego...

Z powyższych związków wynika również:

$$\frac{F_0}{\rho_0 \cdot l_0^2 \cdot v_0^2} = \frac{F_M}{\rho_M \cdot l_M^2 \cdot v_M^2} = \text{const.} = Ne$$

Bezwymiarowa liczba Newtona ( $Ne$ ) stanowi wyróżnik podobieństwa dynamicznego i w dwu podobnych zjawiskach ruchu cieczy rzeczywistych jest stała.

W modelowaniu hydraulicznym siły wypadkowe wynikają głównie z oddziaływania na siebie sił: ciężkości, sprężystości, napięć powierzchniowych, parć oraz tarcia wewnętrznego.

Zachowanie pełnego i jednoczesnego podobieństwa zjawisk na modelu praktycznie nie jest możliwe do uzyskania. Z tego powodu dany obiekt czy zjawisko modelujemy na wybrane siły takie, które w danym zjawisku mają decydujący wpływ. Oznacza to, że spełniamy warunki podobieństwa określone dla sił dominujących dla danego zjawiska.

**ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie:**

**§ 78**

*1. Usytuowanie, kształty i wymiary wlotów do urządzeń upustowych budowli hydrotechnicznej powinny umożliwiać łagodne wprowadzenie do nich wody i ograniczyć zawirowania przepływu wody, w celu uniknięcia zagrożenia podmyciem tych budowli, budowli sąsiednich i brzegów lub uniknięcia utrudnienia w ruchu statków oraz w doprowadzaniu wody do położonych w pobliżu ujęć.*

*2. Dla budowli hydrotechnicznych klasy I i II zdolność przepustową i kształty budowli hydrotechnicznych upustowych oraz urządzeń do rozpraszania energii wodnej sprawdza się badaniami modelowymi; nie dotyczy to przepustów wałowych.*