

mgr inż. Łukasz Sobczak

Dynamika rumowiska niejednorodnego granulometrycznie w warunkach przepływu z ruchomą warstwą nachylonego dna – Rozprawa doktorska

Streszczenie

W pracy przedstawiono opracowany teoretyczny model transportu i segregacji osadów niespoistych i niejednorodnych granulometrycznie w warunkach przepływu w korycie otwartym nad dnem lokalnie nachylonym zgodnie lub przeciwnie do kierunku ruchu osadów.

Ze względu na odmienny charakter procesów fizycznych towarzyszących transportowi osadów w zależności od odległości od dna, zastosowano opis wielowarstwowy.

Sformułowano **tezę pracy**, iż poprawny opis teoretyczny całkowitego transportu (od dna do zwierciadła wody) rumowiska niespoistego i niejednorodnego granulometrycznie, dla szerokiego zakresu warunków hydrodynamicznych, począwszy od reżimu ruchu pojedynczych ziaren aż do intensywnego transportu, w kanale otwartym nad dnem lokalnie nachylonym zgodnie lub przeciwnie do kierunku ruchu osadów, powinien uwzględniać:

- pionową wielowarstwową strukturę transportu i segregacji osadów wraz z pionowymi rozkładami prędkości i koncentracji,
- pionowy rozkład naprężeń stycznych – zależny od panujących warunków hydrodynamicznych w związku z różnym charakterem oddziaływania wody i ziaren osadu – od wartości minimalnej w pewnej odległości od dna aż do wielkości maksymalnej na dnie i następnie zanikającej części typu lepkościowego w głąb dna;
- udział sił grawitacji przyspieszających lub opóźniających ziarna, obok głównych sił sprawczych ruchu osadu związanych z przepływem ponad dnem.

Weryfikacja modelu została przeprowadzona etapowo, ze szczegółowym sprawdzeniem poprawności założeń teoretycznych w różnych rejonach modelowanego obszaru - od strefy bezruchu w dnie, poprzez strefę sortowania ziaren, gdzie ruch jest zdominowany przez turbulentną wymianę pędu i zderzenia ziaren oraz powyżej, gdzie ziarna osadu są transportowane w zawieszeniu. Zweryfikowano szczegółowo założony rozkład naprężeń stycznych, miąższość poszczególnych warstw, prędkości osadów w warstwie saltacji, koncentracje referencyjne, rozkłady koncentracji i prędkości osadów i ostatecznie – wartości transportu osadów. Założenia teoretyczne dla opisu transportu osadów opracowano z uwzględnieniem ciągłych, pionowych charakterystyk prędkości i koncentracji. Dokonano szczegółowej weryfikacji założeń teoretycznych w oparciu o liczne dane pomiarowe dostępne w literaturze, a także pomiary własne zrealizowane w warunkach in-situ na rzece Wiśle (w zakresie pionowej struktury transportu i segregacji osadów).

Podobnie jak w większości istniejących modeli matematycznych, intensywność transportu uzależniono od naprężeń stycznych związanych z przepływem ponad dnem. Jednakże uwzględniono fakt, że pionowy rozkład naprężeń stycznych jest w rzeczywistości nieliniowy i zmienny w zależności od panujących warunków hydrodynamicznych – od wartości minimalnej w pewnej odległości od dna aż do wielkości maksymalnej na dnie. W obliczu silnie rozwiniętego transportu pionowy rozkład naprężeń stycznych bardzo różni się od rozkładu w warunkach początku ruchu (wleczenie pojedynczych ziaren) z uwagi na interakcję płyn-osad i przekazywanie pędu z warstw wyższych, gdzie panują większe prędkości przepływu do warstw położonych niżej. Zaprezentowany model uwzględnia powyższe cechy transportu poprzez zastosowanie odpowiedniej procedury modyfikującej wartości naprężeń stycznych w dnie, w zależności od wielkości transportu osadów w różnych warunkach hydrodynamicznych (uwzględniono zanikanie naprężeń stycznych „lepkościowych” w głąb dna, w ruchomej warstwie osadów o bardzo dużych koncentracjach).

Model rozwinięto także dla warunków transportu nad silnie nachylnym dnem, poprzez uwzględnienie oprócz naprężeń stycznych związanych z oddziaływaniem przepływu, także składowych (równoległej i prostopadłej do dna) sił grawitacji oddziałujących na ziarna. Pozwoliło to na predykcję rozkładów prędkości i koncentracji osadów, transportu i segregacji osadów niejednorodnych nad dnem o znacznych nachyleniach. Uwzględnienie występowania znacznych nachyleń dna może mieć istotne znaczenie w obszarach, gdzie siły grawitacji mają istotny wpływ na transport osadów – jak w przypadku występowania dużych form dennych, stożków w rejonie ujść rzek, obszarów dna w bliskim sąsiedztwie budowli hydrotechnicznych itp. Założenia teoretyczne zweryfikowano poprzez wykonanie obliczeń i porównanie z szeregiem opublikowanych danych z eksperymentów prowadzonych w specjalnie skonstruowanych kanałach umożliwiających pomiary w warunkach znacznych nachyleń dna.

Obliczenia transportu oraz pionowej segregacji osadów niejednorodnych granulometrycznie wraz z pionowymi rozkładami ich prędkości i koncentracji mogą zostać przeprowadzone jedynie na podstawie podstawowych parametrów charakteryzujących osady (gęstości i średnice) oraz parametrów definiujących warunki przepływu (prędkości przepływu, głębokość lub bezpośrednio zadane: prędkość dynamiczna lub naprężenia styczne). Powyższej wymienione cechy zaprezentowanego w pracy modelu mogą być cenne dla przyszłych zastosowań inżynierskich. W szczególności dotyczy to możliwości wykorzystania go razem z dynamicznie rozwijanymi numerycznymi modelami hydrodynamicznymi w celu predykcji nie tylko transportu osadów, ale także zmian morfologicznych i przestrzennej segregacji rumowiska niejednorodnego w kanałach otwartych, w zbiornikach, w sąsiedztwie budowli hydrotechnicznych, w rejonie ujść rzek, a także w całej gamie podobnych praktycznych zagadnień hydrotechnicznych.