

MODELING OF UNSTEADY SEDIMENT TRANSPORT AT THE HIGH SHEAR STRESS IN FLUME.

Štěpán Zrostlík^{1,a} and Jan Krupička¹

Annotation

This paper is concerned with the construction of simple mathematical model of unsteady sediment motion in flume. The model is based on quasi-steady solution of flow and balancing of erosion and deposition at the each time step. We used two variation of transport equation and two variation of friction equation. One friction equation was derived for this application. Model date was compared to measured date from laboratory flume. The comparison experiments were under steady and unsteady sediment transport condition. The deviation are acceptable for measured and compute date.

Key words

Mathematical model, intense sediment transport, flume experiment

Abstrakt

V dnešní době, kdy se začínají vyskytovat častěji bleskové povodně a vlivem výstavby se zrychlují odtoky z urbanizovaných ploch, je problematika chodu sedimentu aktuální. Pro lepší předpověď a ochranu ohrožených území je nutno vytvoření modelu popisující tento fenomén. V této práci se zabýváme vytvořením matematického modelu popisujícího intenzivní chod sedimentu v laboratorním žlabu. Princip transportu chodu sedimentu je stejný ve žlabu jako v tocích a může být poté implementován do říčních modelů.

Model předpokládá pomalé změny v poloze dna vůči změně průtoku v časovém kroku, zároveň počítá bilanci sedimentu ve výpočetním úseku. Vytvořený matematický model umožňuje vlastní volbu transportní a drsnostní rovnice. V současné době je odvozeno mnoho těchto rovnic. Námi byly vybrány a testovány dvě transportní rovnice (Matoušek 2007 a Rickenmann 2011) a dvě drsnostní rovnice. Rovnici již dříve testovanou (Rickenmann Recking 2001) a námi kalibrovanou rovnicí složitějšího tvaru s explicitním vyjádřením drsnosti. Model je jedinečný v přístupu řešení rovnic. Oproti ostatním řeší současně množství transportovaných částic a drsnost způsobenou samotným transportem. Výpočet v každém prostorovém i časovém kroku vyžaduje několik iterativní úrovní pro vyřešení soustavy rovnic.

Žlab, na kterém byly prováděny experimenty pro porovnání, je postaven jako sklopný s erodovatelným dnem. Dopravu sedimentu do žlabu zajišťují odstředivá čerpadla. Součástí každého experimentu bylo měření průtoku směsi, dopravní koncentrace částic, měření podélného profilu hladiny a sedliny ve žlabu. Při prováděných experimentech byly použity skleněné kuličky průměru 1,5 a 3 mm.

Správnost vybraných transportních a drsnostních rovnic byla ověřována na změřených ustálených stavech. Bylo zjištěno, že nejvíce záleží na volbě drsnostní rovnice. Lepších výsledků bylo dosahováno se složitějším tvarem drsnostní rovnice, která obsahuje závislost na Shieldsově čísle. U druhé rovnice docházelo k podhodnocování předpovídaných hydraulických sklonu. Což vedlo k menším koncentracím. Zároveň Rickenmannova transportní rovnice předpovídala menší průtok částic než Marouškova rovnice při stejných podmínkách.

Následně bylo v laboratoři provedeno měření za neustáleného chodu sedimentu. Neustálenost byla vyvolána manipulací klapky ve spodním profilu, což vedlo k erozi dna ve spodní části a zvýšení množství přitékajícího sedimentu na začátek žlabu (protože se jedná o uzavřený okruh). Stejná manipulace byla simulována matematickým modelem změnou okrajové podmínky. Zvolené kombinace transportní a drsnostní rovnice byly dvě (Rickenmannova drsnostní a transportní rovnice,

nová drsnostní a Matouškova transportní rovnice). Jak je vidět z podélných profilů zobrazených v časových krocích, u obou modelů souhlasí vypočtená hloubka se změřenou při experimentu. Vypočtená úroveň dna se nepatrně liší od naměřených hodnot. Lepší shody došlo při použití kombinace námi odvozené drsnostní rovnice a Marouškovy transportní rovnice.

Podařilo se sestavit funkční matematický model. Jeho výsledky jsou porovnatelné s měřenými daty a odchylky jsou v přijatelných mezích. Dále bude probíhat práce na odvozování rovnic popisujících přesněji intenzivní chod sedimentu v tocích. Práci na modelu bude zavedení těchto odvozených rovnic při zachování numerické stability.

Klíčová slova

Matematický model, intenzivní chod sedimentu, žlab

Ing. Štěpán Zrostlík¹ stepan.zrostlik@fsv.cvut.cz

¹Katedra hydrauliky a hydrologie, Stavební fakulta ČVUT, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice