

УДК 532.57

ГІДРАВЛІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХВИЛЯСТОГО СТИБКА

Б. В. Шило

Студент 4 курсу, група ГЕ-42, навчально-науковий інститут водного господарства та природооблаштування

Науковий керівник – асистент О. О. Галич

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

В статті наводиться стисла характеристика та визначення основних параметрів хвилястого стрибка. Описана методика дослідження хвилястого стрибка в лабораторних умовах. Побудований профіль вільної поверхні хвилястого стрибка за експериментальними даними. Визначені основні параметри хвилястого стрибка.

Ключові слова: гідравлічне моделювання, хвилястий стрибок, профіль вільної поверхні.

В статье приводится краткая характеристика и определение основных параметров волнистого прыжка. Описана методика исследования волнистого прыжка в лабораторных условиях. Построен профиль свободной поверхности волнистого прыжка по экспериментальным данным. Определены основные параметры волнистого прыжка.

Ключевые слова: гидравлическое моделирование, волнистый прыжок, профиль свободной поверхности.

The article gives short information and characteristic about undular jump and its main parameters. The hydraulic modelling of undular jump in laboratory conditions is described. The free surface profile of undular jump is built by using experimental data. The main parameters of undular jump are calculated.

Keywords: hydraulic modelling, undular jump, free surface profile.

Вступ. Хвилястим стрибком називається гідравлічне явище, яке може виникати при переході від бурхливого до спокійного стану потоку. Він характеризується наявністю ряду поступово затухаючих хвиль на вільній поверхні потоку (рис. 1). Явище хвилястого стрибка може виникати в зрошувальних, водопостачальних каналах, естуаріях під час припливів та відливів, в нижньому б'єфі низьконапірних споруд при витіканні з-під затвора, на берегових водоскидах та в інших випадках [1]. Особливістю хвилястого стрибка є те, що максимальна висота однієї з перших хвиль може набагато перевищувати осереднену висоту всіх наступних хвиль [2]. Від цієї висоти будуть залежати відмітки верха бокових стінок і бровок каналів, низу прогінних балок мостів, висота огорожувальних дамб, гідротехнічних тунелів, труб, галерей, діаметр трубопроводів тощо. Хвилястий стрибок може розповсюджуватися на велику довжину, що спричиняє руйнування кріплення нижнього б'єфа та розмиви берегів і дна відвідного русла, від чого буде залежити довжина берегових кріплень. Вище наведена інформація показує необхідність врахування можливого утворення хвилястого стрибка при проектуванні гідротехнічних споруд.

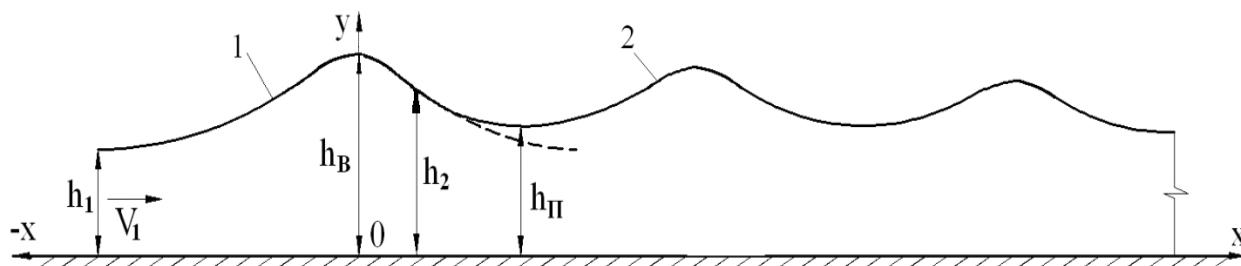


Рис. 1. Розрахункова схема хвилястого стрибка:
 1 - усамітнена хвиля; 2 - кноїдальні хвилі

Постановка та вирішення задачі. Останнім часом велику увагу приділяють дослідженню профілю вільної поверхні хвилястого стрибка та визначенню основних параметрів хвилястого стрибка. Так, в гідроенергетичній лабораторії кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин Національного університету водного господарства та природокористування було здійснене гідравлічне моделювання хвилястого стрибка, який утворився в результаті витікання води з-під щита.

Витрата на установці визначалася за допомогою трикутного вимірювального водозливу. Глибина води в нижньому б'єфі залежала від висоти підняття затвора. Тиск на дно лотка фіксувався за допомогою п'езометрів у кількості 30 шт. Вхідні отвори п'езометрів розташовувалися по осі лотка через 5 см. Положення кривої вільної поверхні фіксувалося за допомогою шпітценмасштаба, шляхом вимірювання глибини над вхідними отворами п'езометрів. Результати експерименту зображено на рис. 2.

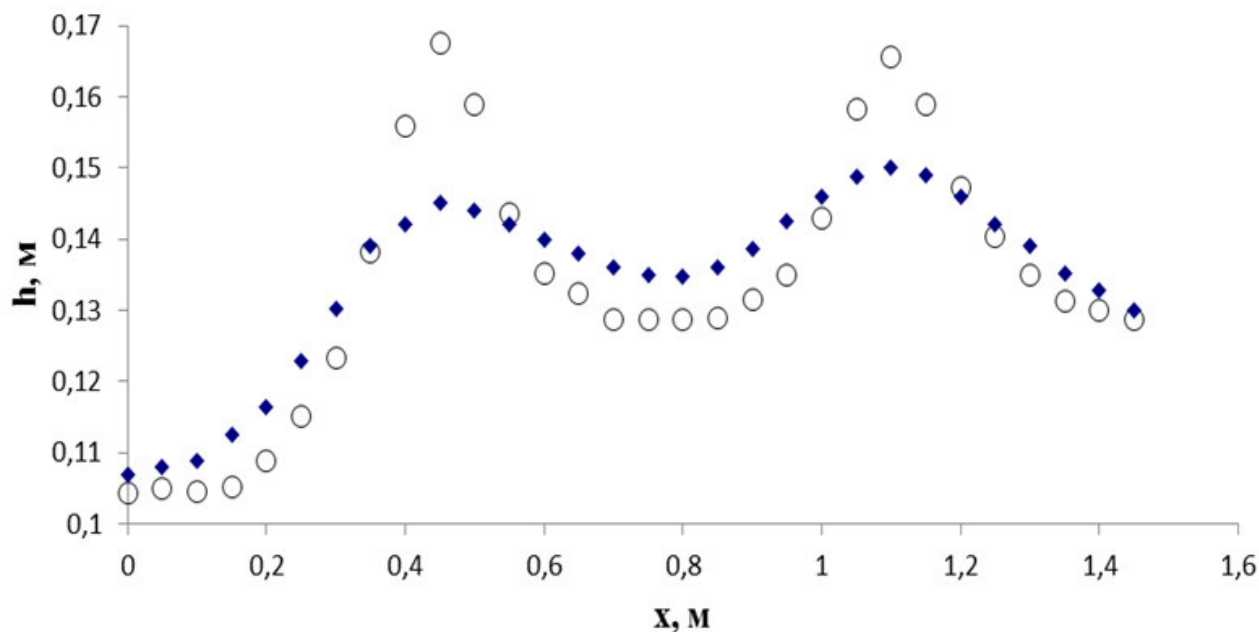


Рис. 2. Результати дослідження для умов: витрата $Q=0,117 \text{ м}^3/\text{с}$, $h_1=0,104 \text{ м}$, $Fr_1=1,23$
 ○ - профіль вільної поверхні хвилястого стрибка, ● - п'езометрична лінія

Гідравлічне моделювання дозволяє більш детально вивчити явище хвилястого стрибка та його основні характеристики. До основних характеристик відносять максимальну глибину h_B , другу спряжену глибину h_2 та довжину хвилі λ .

Найчастіше максимальна глибина хвилястого стрибка буде під вершиною першої хвилі, рідше – під другою вершиною, її значення визначаємо за формулою Рассела [3]:

$$\eta_6 = \frac{h_6}{h_1} = Fr_1 \quad (1)$$

де, $Fr_1 = \frac{q^2}{gh_1^3}$ - число Фруда, яке залежить від питомої витрати q , прискорення вільного падіння g , глибини в початковому перерізі h_1 .

Другу спряжену глибину визначаємо за залежністю Беланже [3]:

$$\eta_2 = \frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right) \quad (2)$$

Довжину хвилі визначаємо за формулою Кеннеді [4]:

$$\frac{\lambda}{h_1} = 2\pi Fr_1 \quad (3)$$

Таблиця

Співставлення теоретичних і експериментальних значень основних параметрів хвилястого стрибка

Максимальна глибина h_v , м		Друга спряжена глибина h_2 , м		Довжина хвилі λ , м	
Теоретична	Експериментальна	Теоретична	Експериментальна	Теоретична	Експериментальна
0,168	0,127	0,119	0,142	0,546	0,650

Співставлення експериментальних та теоретичних даних показало, що класичні залежності для визначення основних параметрів хвилястого стрибка дають занижені результати.

Висновки:

1. Хвилястий стрибок досить часто виникає при експлуатації гідротехнічних та гідроенергетичних об'єктів.
2. Для визначення основних параметрів хвилястого стрибка не доцільно використовувати класичні залежності, оскільки вони дають занижені результати.

1. Chanson H. Flow characteristics of undular hydraulic jumps. Comparison with near-critical flows. Report CH 45/95. Department of Civil Engineering. The University of Queensland, Australia. 1995. – 202 ps. 2. Турсунов А. А. Околокритическое состояние безнапорных потоков воды / Изв. ВНИИГ. - 1969. - Т. 90. - С. 201 - 224. 3. Чугаев Р. Р. Гидравлика. – Л. : Энергоиздат. – 1982. – 672 с. 4. Francesco C., Mario A. L. Dimensions of standing waves at steps in mountain rivers. Water Resources Reserch, Vol. 42, W03411, doi:10.1029/2004WR003898, 2006.