

Ткачук С.Г., д-р техн. наук, Матвєєва К.Ю.

ВИДИ ХВИЛЬ І ПОБУДОВА КРИВОЇ ВІЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ПРОРИВІ ГРЕБЛІ

Анотація. В даній статті розглядаються різні види хвиль, їх відмінні особливості та характер розповсюдження, і наведено приклади випадків, коли можуть виникати деякі з них. Запропоновано метод побудови графіку кривої вільної поверхні при прориві греблі та наведено приклад.

Ключові слова: крива вільної поверхні, прорив греблі, створ збурення.

Аннотация. В данной статье рассматриваются разные виды волн, их отличительные особенности и характер распространения, также приведены примеры случаев, когда некоторые из них могут возникать. Предложен метод построения графика кривой свободной поверхности при прорыве дамбы и приведён пример.

Ключевые слова: кривая свободной поверхности, прорыв дамбы, створ возмущения.

Annotation. This article discusses the various types of waves, their distinctive features and nature of the distribution, and are examples of cases that may arise some of them. A method of constructing graph the curve of the free surface during the breakthrough of the dam and the example is given.

Keywords: the curve of the free surface, the breakthrough of the dam, the area of disturbance.

В деяких випадках варіант траси автомобільної дороги може перетинати водотік в нижньому б'єфі водосховища.

При руйнуванні гребель та спорожненні водосховищ формується хвиля прориву, яка має значну руйнівну силу. Рух великих мас води з високою швидкістю призводить до утворення значних розмивів, що викликає необхідність виконання прогнозу руслових деформацій під мостом за умов руйнування і прориву греблі.

Для здійснення розрахунків стосовно визначення загального розмиву треба знати не тільки вихідні гідравлічні параметри водотоку, але ще параметри хвилі прориву, а саме: водомірний графік, криву витрат, гідрограф, інтегральну функцію гідрографу, криву вільної поверхні.

Порушення природно усталеного руху на водотоці може відбутися в результаті зміни витрати в деякому створі, який називається створом збурення.

Створ збурення є джерелом хвилі або цілого ряду хвиль, тому неусталений рух часто називають *хвильовим рухом*.

Відмінною особливістю таких хвиль є їх здатність переносити значні об'єми води за напрямком руху хвилі, тому ці хвилі називають *хвилями переміщення*.

Хвилі переміщення поділяються на *безперервні* (довгі) та *переривчасті* (короткі), а сам неусталений рух ділиться відповідно на *повільно змінний* та *швидко змінний*.

Неусталений рух, за якого спостерігається просте підвищення рівня (без подальшого зниження) або просте зниження рівня (без подальшого підвищення), називається хвилею одного напрямку.

Якщо хвиля, яка виникла, поширюється вниз за течією, то вона називається *прямою* (низхідна хвиля); в протилежному випадку хвиля називається *зворотною* (висхідна хвиля). При збільшенні рівня хвилю прийнято називати *додатною* (хвиля підвищення), при зменшенні рівня — *від'ємною* (хвиля зниження). Як додатна, так і від'ємна хвилі можуть бути прямою та зворотною.

Комбінація двох напрямків та двох знаків хвиль дозволяють виділити декілька типів хвиль.

Типи хвиль, що розглядалися раніше можна віднести до простих хвиль. Хвилі, які спостерігаються на річках (паводки, попуски, повені, нагони, приливи), як правило, є складними, тобто складаються з двох хвиль одного напрямку — додатної та від'ємної. Наприклад, *хвиля попуску* в найпростішому випадку складається з хвилі наповнення та хвилі відливу. Такий же характер мають так звані *паводкові хвилі*.

Неусталена течія в низинах річок являє собою хвилі підпору та виливу, які чергуються між собою, причиною виникнення яких є періодичні зміни рівня води (*приливи та відливи*) в морі чи океані, куди впадає ріка. «Лоб» хвилі підпору при сильних приливах може сягати висотою декількох метрів та розповсюджуватися вгору за течією з великою швидкістю. При розповсюдженні хвилі виливу відбувається зниження рівнів води у водотоці, збільшення похилів водної поверхні та швидкостей течії.

Зазначимо ще один характерний вид хвиль переміщення — *хвилі прориву*. Ці хвилі переривчасті і характеризуються різкою не стаціонарністю потоку. Вони з'являються на водотоках та суходолі як наслідок руйнування запруд, гребель, штучних та природних перемичок. Для хвилі прориву характерна наявність різкого фронту у вигляді валу, що рухається з великою швидкістю та великою руйнівною силою. Хвиля прориву є різновидом хвиль наповнення.

Границя на вільній поверхні потоку, по якій в даний момент проходить порушення попереднього (усталеного чи неусталеного) режиму хвилею, що розглядається, називається *фронтом хвилі*. Ділянка хвилі ВD називається «*лобом*» хвилі. За *гребенем хвилі* (точка В на рис.1) слідує *тіло хвилі* (ділянка АВ), в якому зміни параметрів потоку відбуваються повільніше, ніж у лобовій частині.

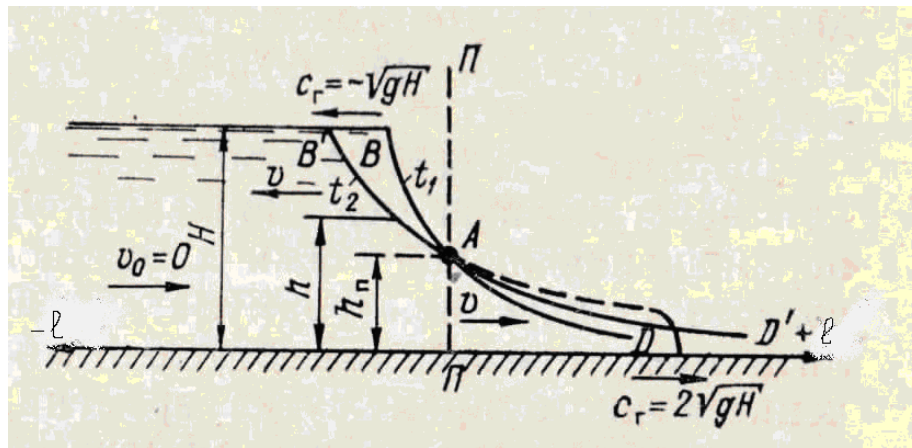


Рисунок 1. – Профіль вільної поверхні при руйнуванні греблі

При пориві греблі (створ II–II, рис.1) із водосховища глибиною H у верхньому б'єфі з'являється зворотна від'ємна хвиля (хвиля виливу), а у нижньому б'єфі — пряма додатна хвиля (хвиля наповнення).

Для побудови кривої вільної поверхні необхідно виконати наступні розрахунки.

Об'єм водосховища W отримують в організації, що експлуатує греблю, або розраховують за формулою[1]:

$$W = \frac{1}{4} \cdot B_r \cdot H \cdot L_B \quad (1)$$

де H – напір над рівнем природного паводку, м;

B_r – ширина греблі, м;

L_B – довжина водосховища, м.

Додаткова витрата прориву обчислюється за наступною формулою[2]:

$$Q_{np} = B_r \cdot H^{\frac{3}{2}} \cdot k_{np} \quad (2)$$

де B_r – ширина греблі по урізу води у верхньому б'єфі при граничному заповненні водосховища, м;

H – напір (різниця відміток рівнів води у верхньому та нижньому б'єфах до прориву греблі), м;

k_{np} – коефіцієнт, що враховує відношення можливої ширини прориву до довжини греблі, який приймається[3]:

– для нових земляних гребель V класу, що знаходяться в задовільних умовах експлуатації $k_{np} = 0,50$;

– для старих земляних гребель, що не мають класу (при млинах тощо), а також гребель V класу в незадовільному стані $k_{np} = 0,75$.

Мінімальна відстані, на якій витрата від прориву не перевищуватиме природну паводкову з похибкою не більше 5% становить[4]:

$$x_{\min} = \frac{19 \cdot W}{Q_{np} \cdot \tau} \quad (3)$$

де τ – множник, що характеризує умови проходження хвилі прориву в нижньому б'єфі, с/м.

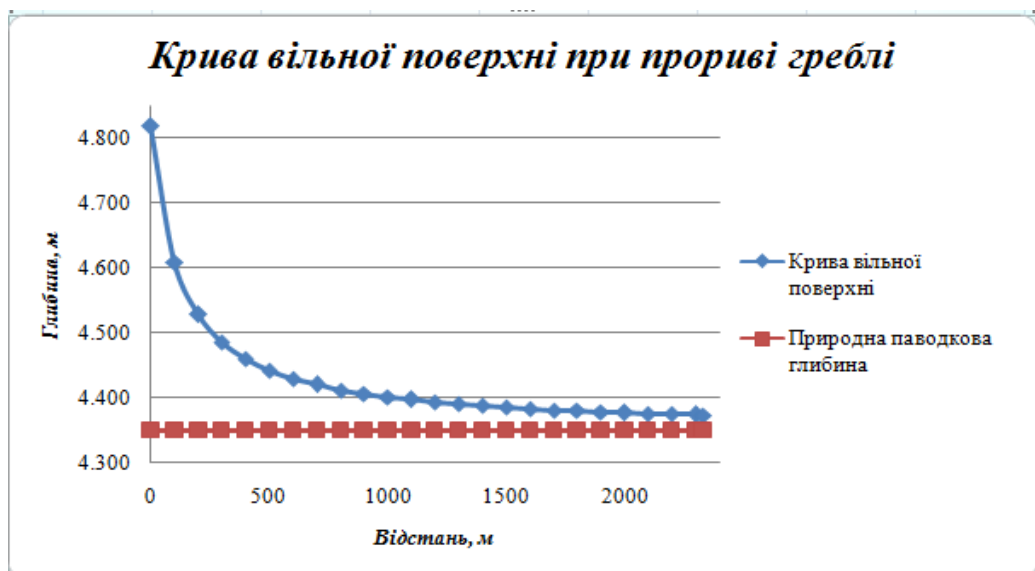


Рисунок 2 – Графік кривої вільної поверхні при прориві греблі

Час за який напір зміниться від напору прориву H_{np} до напору рівня паводку H_{pn} дорівнюватиме :

$$t = \frac{2 \cdot W}{k_{np} \cdot B_{\Gamma}} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{H_{pn}}} - \frac{1}{\sqrt{(H + H_{pn})}} \right) \quad (4)$$

На відстані x додаткова витрата становитиме:

$$Q = \frac{W \cdot Q_{np}}{W + Q_{np} \cdot x \cdot \tau} \quad (5)$$

де x – відстань розрахункового створу від греблі, м.

Висота хвилі дорівнюватиме:

$$\xi = \frac{Q}{B_r \cdot \sqrt{g \cdot H_{pn}}} \quad (6)$$

Загальна глибина на даній відстані становитиме:

$$h = H_{pn} + \xi \quad (7)$$

Для побудови кривої вільної поверхні хвилі прориву у нижньому б'єфі водосховища відстань x_{\min} розбивається на рині проміжки і для кожного з них обчислюється додаткова витрата прориву, висота хвилі і загальна глибина.

Графік кривої вільної поверхні при прориві греблі (рис.2) було побудовано на прикладі річки Сукіль, що протікає у Івано-Франківській області.

ЛІТЕРАТУРА

1. Спицын И.П., Соколова В.А. Общая и речная гидравлика. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1990. — 359 с.
2. Ивановская К.М., Плешкова Т.М. Наставления по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки. ЦНИИС— Главтранспроект Министерства транспортного строительства СССР: Транспорт, 1972. — 280 с.
3. Пособие к СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы» по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки. — ГУПиКС Минтрансстроя СССР: Москва, 1992. — 111 с.
4. Андреев О.В. Проектирование мостовых переходов.— М.: Транспорт, 1980. — 215 с.

Чечуга О.С., канд. техн. наук, **Каськів В.І.**, канд. техн. наук, **Каськів С.В.**

РЕЗУЛЬТАТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ЧИСЛОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕНЬ НА КРУГЛІ ВОДОПРОПУСКНІ ТРУБИ В ЗЕМЛЯНОМУ ПОЛОТНІ

Анотація. Виконано моделювання роботи залізобетонної водопропускної труби в тілі насипу за допомогою математичного і числового моделювання. Встановлено раціональні конструкції труб (на жорсткій чи нежорсткій основі) залежно від висоти насипу і виду ґрунту, запропоновано способи покращення напружено-деформованого стану конструкції «насип – труба – основа» для високих насипів автомобільних дорог.

Ключові слова: автомобільна дорога; насип; кругла залізобетонна водопропускна труба.

Аннотация. Выполнено моделирование работы железобетонной водопропускной трубы в теле насыпи при помощи математического и численного моделирования. Определены рациональные конструкции труб (на жестком и нежестком основании) в зависимости от высоты насыпи и вида грунта, предложены способы улучшения напряженно-деформированного состояния конструкции «насыпь – труба – основание» для высоких насыпей автомобильных дорог.

Ключевые слова: автомобильная дорога; насыпь; круглая железобетонная водопропускная труба.

Annotation. Modeling of concrete culverts into the embankment using mathematical and numerical modeling. Established rational design of culvert (on a rigid or nonrigid basis) depending on the height of the embankment and the type of soil, suggested ways to improve the stress-strain state structures «embankment – culvert – base» for high embankment road.

Key words: road, embankment, culvert.