

УДК 621.22

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ ПРИРОДНИХ РУСЕЛ

Автор – Карина Сідун¹, студ. гр. ВВ-21

Науковий керівник – ст. викл. каф. водопостачання, водовідведення
та гідравліки Олена Журавльова²

¹karinasidun28@gmail.com, ²elen.zh2017@gmail.com

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

Характеристики руху потоків відкритих природних русел, форма, ухил вільної поверхні, глибина потоку насамперед залежать від типу русла, розмірів та форми перерізу, ухилу дна. Природні русла відзначаються складною моделлю руху, яка враховує багато чинників. Розрахунок руху рідини в трубопроводах, каналах та відкритих руслах визначають, враховуючи конкретні параметри потоку.

За принципами гідравлічного розрахунку безнапірні потоки можна розділити на усталені з рівномірним рухом рідини, усталені або неусталені з нерівномірним рухом.

При зміні умов руху потоку у відкритому руслі на відповідній ділянці довжини відбувається зміна живого перерізу потоку. При усталеному плавно змінюваному русі основні параметри потоку за довжиною також змінюються плавно. Зважаючи на це, при виведенні рівнянь руху місцевими швидкостями в живому перерізі потоку можна знехтувати, розподіл тиску буде відбуватися за гідростатичним законом. При цьому можна вважають, що сили опору при нерівномірному та рівномірному русі майже однакові.

В інженерній практиці мають місце призматичні та непризматичні відкриті русла. Для призматичних русел основні геометричні параметри залишаються незмінними вздовж потоку. Живий переріз призматичного русла може змінюватися лише при зміні глибини потоку, тобто залежить від глибини наповнення русла $\omega = f(h)$.

В непризматичних руслах форма та геометричні розміри перерізу змінюються за довжиною. В таких руслах спостерігається нерівномірний рух. За наявності непризматичного русла живий переріз потоку залежить від глибини наповнення русла та характерного поперечного розміру для певної форми русла $\omega = f(h, S)$.

За формою профілю русла бувають правильної та неправильної форми. Призматичні русла мають правильну форму. Для таких русел геометричні параметри, живий переріз, змочений периметр, гідравлічний радіус в довільному перерізі потоку зберігають свої значення на всьому інтервалі зміни глибини. Якщо поперечний профіль русла правильної

форми окреслений кривою лінією, колом або параболою, що визначається за всією довжиною одним рівнянням, то русло є циліндричним. Правильну форму найчастіше мають штучні русла. До русел неправильної форми відносяться русла полігонального перерізу та русла замкненої форми при значному його наповненні. Зазвичай таку форму мають природні русла.

Усталені потоки у відкритих руслах можуть бути рівномірними або нерівномірними. Рівномірний рух спостерігається за умов: русло призматичне, ухил дна русла позитивний, шорсткість дна та укосів, витрата незмінні вздовж потоку. Задовольняють таким вимогам лише штучні русла.

В природних непризматичних руслах рівномірного руху не існує, проте на окремих ділянках з постійною витратою, а також з незначною зміною форми та розмірів, ухилу дна, шорсткості дна та укосів, рух можна вважати за рівномірний. Такі ділянки повинні розташовуватися на достатній відстані від ділянок, що викликають деформацію потоку - поворотів, різких звужень та розширень тощо.

Рівняння рівномірного руху (1) визначає особливості руху потоку. При рівномірному безнапірному русі зберігається рівняння п'єзометричного ухилу, гідравлічного ухилу та ухилу дна:

$$I_p = I = i. \quad (1)$$

Рівномірний потік має однакову середню швидкість та розраховується за відомими розрахунковими залежностями [1–3].

На відміну від рівномірного, при нерівномірному русі спостерігається зміна глибини вздовж потоку. При збільшенні глибин крива вільної поверхні характеризується кривою підпору, при зменшенні – кривою спаду. Аналіз зміни глибини, швидкості та енергії при нерівномірному русі показує, що повна енергія в перерізі при збільшенні глибини поступово зменшується, досягає свого мінімуму, а потім починає збільшуватись.

Основне диференціальне рівняння усталеного нерівномірного руху для відкритих русел (2) характеризує рух рідини як в призматичних, так і в непризматичних руслах:

$$\frac{dE}{dl} = i - i_f, \quad (2)$$

де $i = -\frac{dz}{dl}$ – ухил дна русла, якщо відмітки дна вздовж потоку зменшуються, то є величиною додатною, $i_f = -\frac{dh_l}{dl}$ – ухил тертя.

Інтегрування рівняння усталеного нерівномірного руху дає змогу визначити зміну енергії по глибині потоку, отже дослідити і побудувати криву вільної поверхні - криву підпору або криву спаду. Дослідження форм

вільної поверхні являє собою важливу та складну задачу інженерної гідравліки.

Інженерна практика експлуатації гідроспоруд доводить, що відкритих русла двох типів – призматичні і непризматичні мають принципові відмінності в розрахунках. Теоретичні основи розрахунку сприяють правильним конструктивним рішенням при проектуванні та експлуатації комунікацій і споруд. Аналіз руху потоків дозволяє робити рекомендації щодо їх розрахунку та підвищення надійності.

Список використаних джерел

1. Константінов Ю. М., Гіжа О. О. Інженерна гідравліка : підруч. для студ. вищих навч. закл. Київ : Видавничий Дім «Слово», 2006. 432 с.
2. Галкіна О. П., Шевченко Т. О. Інженерна гідравліка: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології, 2022.
3. Шевченко Т. О., Яковенко М. М. Інженерна гідравліка. Рух рідини у відкритих руслах : конспект лекцій. Харків : ХНАМГ, 2007. 94 с.
4. Константінов Ю. М., Кравчук А. М. Спеціальні питання гідравліки систем водопостачання та водовідведення. Київ : КДТУА, 1993.
5. Дідур В. А. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі: підручник для студентів вищих навчальних закладів, 2008. 553 с.
6. Akan A., Osman A. Open channel hydraulics. Elsevier, 2011.
7. Abrishami J., Hosseini M. Hydraulic Open Canals. Mashhad University Press, 19th edition, 2017.