

Обґрунтування вибору конструкції водозабірної споруди в складі протипаводкового комплексу на основі фізичного моделювання

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2024.011>

Любомир Шинкарук
Національний університет водного господарства та
природокористування
м. Рівне, Україна
l.a.shunkaruk@nuwm.edu.ua

Микола Хлапук
Національний університет водного господарства та
природокористування
м. Рівне, Україна
m.m.khlapuk@nuwm.edu.ua

Любов Волк
Національний університет водного господарства та
природокористування
м. Рівне, Україна
l.r.volk@nuwm.edu.ua

Анотація – Запропоновано і розглянуто новий тип автоматичної водозабірної споруди, яку досліджено на гідравлічній моделі та отримано патент на корисну модель. Споруду планують впроваджувати в складі протипаводкових ємкостей або на польдерних системах. Застосовано ідею регулювання ширини русла та гідравлічних параметрів потоку з метою гарантованого відбору та накопичення частини паводкової витрати з міждамбового простору під час проходження паводка.

Ключові слова — паводок, протипаводковий захист, регуляційні споруди, огорожувальні дамби, протипаводкові ємкості, гідравлічне (фізичне) моделювання.

РОЗДІЛ 1. Зміни клімату на Землі та їх наслідки.

Спочатку ХХІ століття внаслідок затоплення високими водами постраждало понад 3 млн людей на території, підпорядкованій Європейській економічній комісії Організації Об'єднаних Націй (ЄЕК ООН), включаючи 1,9 млн осіб тільки у Східній Європі. В останні роки почастишали катастрофічні паводки, збільшились їх негативні економічні, соціальні та екологічні наслідки й зросла кількість визваних ними людських жертв. Оцінюючи серйозність такої ситуації й взявши до уваги розширення територій, які відчувають на собі зміни клімату, можна передбачити, що такі очікувані кліматичні зміни призведуть до того, що затоплення стануть частішими і масштабнішими.

Слід зазначити, що, зазвичай, паводки провокують і спричиняють інші катаклізми, такі як – зсуви, селі, буревії, забруднення та зараження джерел водопостачання та інші. Тому збитки від затоплень високими водами займають друге місце після збитків від землетрусів.

Спеціалісти вказують на особливість проходження сучасних паводків констатуючи той факт, що норма опадів на територіях, які зазнають затоплення, залишається такою ж як і раніше, але інтенсивність їх випадання в часі значно при-скорилась, і до тих пір, доки не буде здійснена надійна система захисних заходів в річковому басейні, адаптована до теперішніх кліматичних змін, затоплення завжди будуть можливими [1; 2]. Результати наслідків паводків, засвідчують, що необхідно мати чітку схему їх пропуску та бути впевненими у надійній роботі всіх гідротехнічних споруд, особливо під час такого раптового та швидкоплинного гідрологічного процесу як паводок.

РОЗДІЛ 2. Сучасна концепція протипаводкового захисту.

Світовий досвід здійснення протипаводкового захисту на передгірських ділянках річок показує, що в умовах теперішніх глобальних змін клімату здійснювати захист традиційним методом за допомогою огорожувальних дамб, виявляється недостатнім і ненадійним. Тому більшого визнання набуває концепція, згідно з якою традиційні засоби протипаводкового захисту слід використовувати в одночасному поєднанні з регулюванням паводкового стоку (здійснювати управління паводковими витратами), яке є одним з самих радикальних способів боротьби з паводками і повеннями. Таке управління паводковим стоком можна здійснювати за допомогою протипаводкових акумулювальних ємкостей

Протипаводкові ємкості в нормальних умовах це порожні ємкості (накопичувачі води), які заповнюються тільки під час паводків рідкої повторюваності а спрацювання заакумульованого

об'єму води здійснюють після проходження паводка. Основною гідротехнічною спорудою в протипаводковому комплексі є водозабірна споруда, яка за принципом роботи може бути автоматична (без затворів) або регульована (із затворами). Результати модельного дослідження водозаборів в гідротехнічній лабораторії НУВГП на річках Бистриці, Тисі, Дністрі та натурний досвід роботи таких водозаборів показує, що поріг для автоматичних водозабірних споруд необхідно влаштувати на позначках що не перевищують позначок, які відповідають паводковій витраті в річці з забезпеченістю не більше 10%. При цьому буде забезпечуватись автоматичний забір (перелив) води під час паводка з міждамбового простору на акваторію ємкості.

РОЗДІЛ 3. Особливості роботи протипаводкових ємкостей.

Після проходження паводка в Прикарпатті у 2008 р. спеціалісти знову звернулися до схем захисту з влаштуванням протипаводкових ємкостей, яку розпочинали впроваджували вже двічі, у XIX і XX ст. На сьогодні, в період глобальних кліматичних змін, цей варіант є найперспективнішим і найреальнішим з точки зору забезпечення захисних функцій від шкідливої дії води, оскільки досвід роботи попередніх захисних схем підтверджує необхідність одночасного використання в захисній схемі класичних (систематичних) гідротехнічних регуляційних споруд, у тому числі протипаводкових акумулювальних ємкостей.

Такі ємкості дозволяють значно понизити рівень води в річці на нижче розташованих ділянках під час проходження паводкових витрат з високою забезпеченістю завдяки розвантаженню частини паводкової витрати і її акумуляції на акваторії ємкості, що суттєво зменшує небезпеку затоплення прилеглих земель та населених пунктів й руйнування берегів водотоку та регуляційних споруд. Для цього можна використовувати існуючі польдери або будувати нові спеціальні ємкості для акумуляції частини паводкової витрати.

Особливості роботи протипаводкових ємкостей пов'язані з відводом значних витрат води з річки при невеликих питомих витратах на водозлив водозабірної споруди. Зазвичай, боковий відвід води з річки істотно ускладнює умови роботи водозабору. Об'єми штучних ємкостей повинні бути достатніми для акумуляції розрахункових об'ємів води, а водозабірні споруди повинні гарантувати наповнення ємкостей за розрахунковий період часу.

Таким чином, концепція управління паводками полягає в тому, що до складу схеми протипаводкового комплексу повинні обов'язково входити протипаводкові ємкості та класичні (традиційні) регуляційні споруди – огорожувальні дамби, напівзагати, загати, донні пороги, поздовжнє укріплення тощо.

В Закарпатській області в басейні р. Тиса заплановано створити 22 протипаводкові ємкості з загальною площею 152 кв. км і сумарною корисною ємністю 92 млн м³ [3]. Будівництво однієї із них «Вари-Четфалва» було передбачено на р. Тиса в Берегівському районі.

На річках Прикарпаття передбачено влаштувати 101 ємкість [3]. Тут було розпочато будівництво трьох ємкостей у верхів'ї Дністра. Натепер введено в експлуатацію три протипаводкові ємкості у верхів'ї Дністра у Львівській області: «Чайковичі», «Мости» і «Тершаків», що при різких підняттях рівнів дозволяє накопичити близько 100 млн м³ паводкового стоку та покращити умови проходження паводкових витрат на р. Дністер нижче за течією у Львівській та Івано-Франківській областях.

РОЗДІЛ 4. Конструкція бокового водозабору.

Конструкція бокового водозливу визначилась за результатами виконаних гідравлічних розрахунків з врахуванням швидкості протікання через нього води а також гідравлічного (фізичного) моделювання водозабірних споруд протипаводкового комплексу. Нами було запропоновано і розроблено новий варіант водозабору, який крім будівництва основного бокового водозабору передбачає влаштування спеціальної струмененапрямної дамби, яка розташовується на правобережній заплаві, навпроти бокового водозабору (рис. 1).

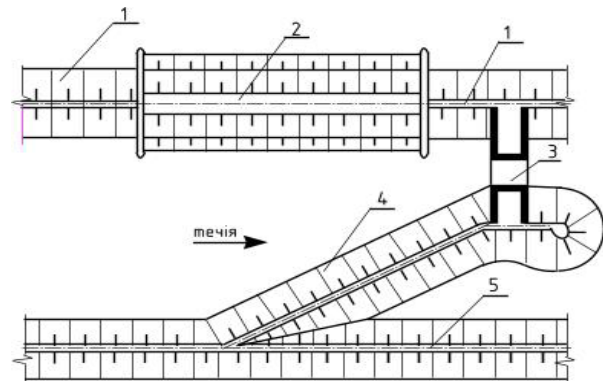


Рисунок 1. Водозабірний вузол протипаводкового комплексу (варіант 1): 1 – лівобережна огорожувальна дамба, 2 – боковий водозабір; 3 – русловий водозлив; 4 – струмененапрямна дамба; 5 – правобережна огорожувальна дамба

Струмененапрямна дамба в даному випадку призначена забезпечувати постійні по довжині швидкості річкового потоку і постійні глибини води на всій довжині бокового водозабору для створення і підтримання на гребені бокового водозливу постійного напору і постійних питомих витрат. Струмененапрямна дамба влаштується на правосторонній заплаві р. Бистриця на ширині бокового водозливу з продовженням її нижче кінця бокового водозливу на 15,0 м до місця влаштування руслового водозливу і з плавним окресленням її в плані на зразок шпоровидної дамби на деякій відстані за

руслевим водозливом. Дамба насипається із ґрунту-суглинку; в поперечному перерізі має форму трапеції з коефіцієнтом закладання руслового і заплавної укосу 1:2,5; ширина гребеня дамби – 3,5 м. Для захисту руслового укосу дамби і основи використовується габйонне і кам'яне і кріплення. Русловий водозлив влаштовується для підтримання постійного напору на гребені бокового водозбору при витраті водозбору $Q_{б.в.} = 271 \text{ м}^3/\text{с}$ і транзитної витрати $Q_{тр.} = 246 \text{ м}^3/\text{с}$. Розрахунками встановлена довжина водозбору – 10,9 м, ширина – 7,5 м з перспективою влаштування малого мосту з проїжджою частиною п'ятої категорії. Місцезнаходження руслового водозливу визначалось в результаті гідравлічних розрахунків і було встановлено, що довжина передньої ділянки між кінцем бокового водозливу і початком руслового складає 15,0 м.

Вихідна ділянка русла за місцем розташування руслового водозливу визначалась у результаті гідравлічних розрахунків, з тим, щоб не допустити значних розмивів русла річки та дамби і складала 22,0 м.

В основу обґрунтування запропонованого варіанту водозбору протипаводкового комплексу було покладено положення Маккавєєва В.М. [4], про те якщо на ділянці бокового водозливу при розрахунковій максимальній витраті забезпечити постійну швидкість річкового потоку і постійну глибину потоку, то напір на порозі бокового водозбору і питомі витрати будуть залишатись постійними і незмінними по його довжині. Це дозволить виконати розрахунки пропускної здатності водозливу і його нижнього б'єфу більш обґрунтованими.

Недоліком запропонованої конструкції водозабірної вузла протипаводкового комплексу [5] є те, що струмененапрямна дамба, що входить до складу водозабірної вузла, виконана прямолінійною, і не забезпечує необхідної ефективності щодо забору (переливання) необхідної частини паводкової витрати через водозлив в акумулювальну ємкість, тобто, практично не забезпечує розрахункові напори на гребені водозбору по його довжині і забір розрахункової витрати. З іншого боку, русловий укіс струмененапрявної дамби зазнає значного гідродинамічного тиску води під час проходження паводків або повеней. Таким чином дамба часто зазнає деформацій і руйнувань внаслідок шкідливої дії високої води.

У зв'язку з вищеописаною ситуацією нами було запропоновано конструктивне рішення, направлене на вдосконалення конструкції струмененапрявної дамби. Суть рішення полягала в тому що планове окреслення дамби запропоновано виконати криволінійним (у вигляді четверті еліпса, рис. 2), що покращує гідравлічну картину протікання паводкової витрати вздовж бокового водозбору та забір розрахункової витрати води в ємкість, а також більш безпечно роботу дамби і водозбору [6].

Робота гідровузла пов'язана з відводом значної частини паводкових/повеневих витрат води з річки при невеликих питомих витратах води на водозлив водозабірної споруди. Під час підйому води в річці вона накопичується в руслі і на заплавах і продовжує рухатись в міждамбовому просторі. Через деякий час рівень води досягає відмітки гребеня водозливу бокового водозбору (позиція 2, рис. 2).

З цього моменту вода починає переливатись через гребінь водозливу, попадає в гасник енергії (водобійний колодязь) і відводиться в акумулювальну ємкість, яка знаходиться за межами водозабірної вузла протипаводкового комплексу. Криволінійність конфігурації струмененапрявної дамби (позиція 4, рис. 2) змінює напрям потоку в бік водозливу бокового водозбору, при цьому забезпечується відведення більшого об'єму води в акумулювальну ємкість, що сприяє зменшенню транзитної паводкової витрати та пониженню рівнів води нижче розташування гідровузла. Конструкція водозабірної вузла протипаводкового комплексу дозволяє ефективніше забезпечувати пропускну спроможність водозабірної вузла, оптимізувати регулювання та розподіл паводкових вод, значно покращити гідравлічний режим на водозабірному вузлі, вона є надійнішою і менш витратною під час експлуатації.

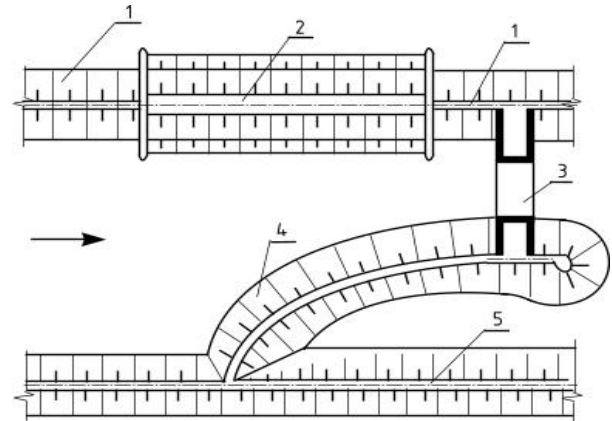


Рисунок 2. Водозабірний вузол протипаводкового комплексу (варіант 2) (позначення елементів аналогічні як і на рисунку 1 за винятком позиції: 4 – криволінійна струмененапрямна дамба)

РОЗДІЛ 5. Моделювання водозборів протипаводкової ємкості.

Для підтвердження та аргументації ефективної роботи запропонованих варіантів водозабірної споруди протипаводкового комплексу в гідротехнічній лабораторії кафедри гідротехнічного будівництва та гідравліки НУВГП було виконано фізичне моделювання та експериментальні дослідження таких споруд: на р. Бистриця (комплекс «Тершаків», рис. 3 і 4), на р. Тиса (комплекс «Вари-Четфалва», рис. 5 і 6) та натурне дослідження автоматичного водозбору на р. Дністер (комплекс «Чайковичі», рис. 7 і 8).

Побудова фізичної моделі русла річки і водозабірних споруд полягала у досягненні забезпечення подібності водного потоку на моделі і в натурі. Цю задачу вирішували одночасно як шляхом можливо-го форсування модельних витрат води, так і підбором шорсткості русла і заплав.

Метою досліджень та обробки отриманих експериментальних результатів було визначення значень основних параметрів, які впливають на водопропускну спроможність бокового водозливу (водозабору), а саме: відношення довжини водозливного фронту до ширини дна еквівалентного русла; напір на порозі водозливу; можливий напір на порозі водозливу за умови, що він не працює, а напір відповідає глибині еквівалентного русла при тій же витраті; величину відношення вищезазначених напорів; коефіцієнт витрати, який дозволяє врахувати вплив косоного підходу потоку до водозливного порогу.



Рисунок 3. Лабораторне калібрування моделі ділянки р. Бистриця в створі будівництва водозбору протиपाводкової ємності «Тершаків» у Львівській області



Рисунок 4. Дослідження водозбору протипаводкової ємності «Тершаків» на р. Бистриця у Львівській області



Рисунок 5. Модель бокового водозбору № 1 у вигляді потайного отвору на р. Тиса біля с. Вари в Закарпатській області (процес розмиву потайного отвору)



Рисунок 6. Модель бокового водозбору № 2 на р. Тиса біля с. Вари в Закарпатській області (моделювання проходження розрахункового паводка та заповнення ємності)



Рисунок 7. Боковий водозбір реалізованої протипаводкової ємності «Чайковичі» на р. Дністер



Рисунок 8. Водобійний колодязь реалізованої ємності «Чайковичі» на р. Дністер у Львівській області

ВИСНОВКИ

1. Захисний комплекс, який включає протипаводкові ємкості та традиційні регуляційні споруди може гарантувати надійний захист територій від затоплення. Ємкості слід влаштувати там, де паводок вважають найнебезпечнішим (наприклад у верхів'ї Дністра).

2. Оскільки робота таких комплексів є складною і непередбачуваною, то рекомендуємо виконувати для них обов'язкове моделювання. Фізичне (гідралічне) моделювання протипаводкових гідротехнічних споруд дозволяє перевірити та підтвердити/не підтвердити прогнозні висновки щодо майбутньої роботи протипаводкових споруд і тим самим передбачити та гарантувати нормальну та надійну експлуатацію таких споруд.

3. Протипаводкові акумулювальні ємкості натепер також можуть бути використані в якості резервних басейнів для накопичення і зберігання прісної (питної) води, яку можна використовувати в засушливі періоди року.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Якушев А.І., Швартау В.Р., Шинкарук Л.А., Хлапук М.М. Протипаводковий захист на ділянці верхнього Дністра: історія, проблеми, шляхи їх вирішення // Водне господарство України. 2013. № 2 (104). С. 12–18.
- [2] Liubomyr A. Szynkaruk, Zdzisław Jan Małeckі. Koncepcja zarządzania powodziąmi występującymi w rzekach Ukrainiskich Karpat wraz z oceną zjawisk hydrometeorologicznych // ZESZYTY NAUKOWE – Inżynieria lądowa i wodna w kształtowaniu środowiska, Nr 10, 2014. KALISZ: 26–42.
- [3] Державна цільова програма комплексного протипаводкового захисту в басейнах річок Дністра, Пруту та Сірету // Постанова Кабінету Міністрів України № 1151 від 27 грудня 2008 року. 11 с.
- [4] Маккавеев В.М., Коновалов И.М. Гидравлика. Л.-М. : Речиздат, 1940. 632 с.
- [5] Кириєнко І.І., Шинкарук Л.А., Щодро О.Є. Новий тип водозабору в складі протипаводкового комплексу на річках Українських Карпат // Гідромеліорація і гідротехнічне будівництво. Зб. наук. праць. Випуск 31. Рівне : НУВГП. 2007. С. 139–145.
- [6] Патент на корисну модель № 148264. Україна. МПК (2021.01). E02B 3/02 (2006.01). E02B 7/00. Водозабірний вузол протипаводкового комплексу / Автори: Л.А. Шинкарук, М.М. Ткачук. Володільець НУВГП. № заявки u 2021 01124; заявлено 09.03.2021, опубліковано 21.07.2021. Бюлетень № 29. 4 с.