

# Басейнові рибоходи як ключові елементи екологічного покращення водотоків

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2025.013>

Інна Мельничук

Кафедра гідротехнічного будівництва та гідравліки  
НУВГП  
Рівне, Україна  
i.m.melnychuk@nuwm.edu.ua

Володимир Корнійчук

Кафедра гідротехнічного будівництва та гідравліки  
НУВГП  
Рівне, Україна  
v.i.korniichuk@nuwm.edu.ua

Тези доповіді присвячені ролі басейнових рибоходів як важливих елементів екологічного покращення водотоків та відновлення міграційних шляхів риб і водної фауни. Наведено принцип дії басейнових рибоходів, їхню конструкцію, основні гідравлічні параметри та вимоги до проектування. Описано різновиди технічних рибоходів — традиційні, ромбові та опуклі — із прикладами їх реалізації. Висвітлено переваги та недоліки таких споруд.

The conference paper focuses on the role of pool fish passes as important elements of ecological improvement of watercourses and restoration of migration routes for fish and aquatic fauna. The principle of operation of pool fish passes, their design, main hydraulic parameters, and design requirements are presented. Different types of technical fish passes — conventional, rhomboid, and humped — are described with examples of their implementation. The advantages and disadvantages of such structures are highlighted.

**Ключові слова** - басейновий рибохід; рибоходи; міграція риб; гідравлічне проектування; водозлив; поперечні стінки; підводні вирізи.

Для багатьох видів риб та інших водних організмів, міграція є необхідною умовою для їхнього існування. Найвідомішими є міграції таких видів, як лосось та вугор, які долають сотні чи тисячі кілометрів, повертаючись з моря до своїх нерестовищ у річках. На додаток до цих видів, що мігрують на великі відстані, інші риби та безхребетні здійснюють більш-менш короткострокові або невеликі міграції з однієї частини річки до іншої на певних фазах своїх життєвих циклів.

Рибоходи набувають все більшого значення для відновлення вільного проходу для риб та інших водних видів у річках, оскільки такі пристрої часто є єдиним способом уможливити проходження водної фауни через перешкоди, що блокують їхню подорож угору за течією. Таким чином, рибоходи стають ключовими елементами для екологічного покращення водотоків. Їх ефективне функціонування є передумовою для відновлення вільного проходу в річках. Однак дослідження існуючих пристроїв показали, що багато з них не функціонують належним чином. Тому, є потреба у

загальноприйнятих критеріях проектування та інструкціях, які відповідають сучасному рівню досвіду та знань.

Рибоходи можуть бути сконструйовані як у технічний спосіб, так і таким чином, щоб імітувати природу. Обвідні канали та рибні пандуси (рами) належать до більш природних рішень, тоді як більш технічні рішення включають басейнові рибоходи, щілинні (вертикальні) рибоходи, рибоходи типу Деніла (з протитечією), вугрові східчасті рибоходи, рибні шлюзи, рибопідіймачі [1].

Розглянемо басейновий рибохід, його принцип роботи та підходи до проектування. Принцип дії басейнового рибоходу полягає в тому, що канал, який з'єднує верхній б'єф із нижнім, поділяється поперечними стінками на послідовність ступінчастих басейнів. Протікання води зазвичай відбувається через отвори в поперечних стінках, а потенціальна енергія води поступово розсіюється в кожному басейні (рис. 1) [2].

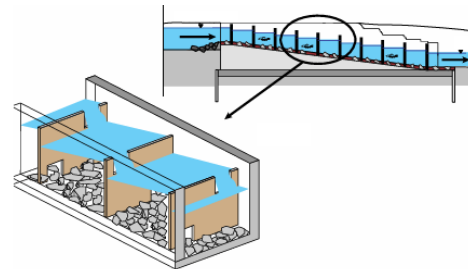


Рис.1. Традиційний басейновий рибохід (поздовжній переріз і структура басейну)

Риби проходять із одного басейну до іншого через отвори в поперечних стінках, які розташовані або внизу (підводні вирізи), або вгорі (переливні вирізи).

Під час міграції риби стикаються з високими швидкостями течії лише у місцях проходу через отвори, тоді як у самих басейнах, де швидкість потоку низька, вони можуть знайти укриття та місце для відпочинку.

Наявність шорсткого дна є обов'язковою умовою, щоб басейнові рибоходи були доступними для донної фауни.

Конструкція басейнових рибоходів зазвичай має пряму конфігурацію — від верхнього до нижнього б'єфа (рис.2.б).

Однак також застосовують вигнуті рибоходи (рис.2.а) або такі, що повертаються на 180° (іноді навіть кілька разів, як показано на рисунку 2.в), що дозволяє зменшити загальну довжину споруди.

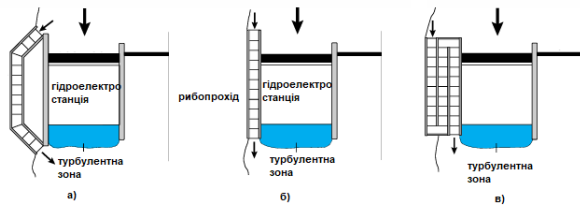


Рис. 2. Басейнові рибоходи (вигляд зверху)

Вихід води (тобто вхід у рибохід з нижнього боку, розташований нижче греблі або виходу турбіни) слід розташовувати так, щоб не утворювалися “мертві зони” або тупикові потоки. Основні принципи розміщення визначають оптимальну відстань між входом у рибохід, греблею чи водозливом турбіни.

Альтернативний варіант конструкції та розташування басейнів показано на рисунку 3.



Рис.3. Басейновий рибохід, збудований із клінкерної цегли, з чергуванням басейнів, розташований біля млинової греблі у місті Гуде на річці Берне (Нижня Саксонія). Конструкція гармонійно вписується в історичний вигляд старого млина.

Перепади рівнів води між окремими басейнами визначають максимальні швидкості потоку, а отже, є ключовим фактором, який впливає на здатність риби долати споруду.

У найгіршому випадку перепад рівня води ( $\Delta h$ ) не повинен перевищувати 0,2 м; проте оптимальним вважається перепад  $\Delta h = 0,15$  м при нормальному рівні заповнення водойми.

Оптимальний ухил рибоходу розраховується на основі різниці рівнів води та довжини басейнів ( $l_b$ ).

Таким чином, при довжині басейну від 1,0 до 2,25 м ухил становить від 1:7 до 1:15. Більш круті ухили можна досягти лише шляхом скорочення довжини басейнів, за умови, що допустимий перепад рівнів води не перевищено. Однак це призводить до значної турбулентності потоку в басейнах, тому таких рішень бажано уникати.

Канали басейнових рибоходів зазвичай будують із бетону або природного каменю. Поперечні перегородки (стінки) можуть бути виконані з дерева або збірного залізобетону.

Розміри басейнів необхідно підбирати так, щоб риби, що піднімаються вгору, мали достатньо простору для руху; енергія потоку розсіювалася поступово, без надмірної турбулентності; але швидкість потоку не знижувалася настільки, щоб спричинити замулення басейнів. Щоб уникнути надмірної турбулентності, об'ємна потужність розсіювання енергії не повинна перевищувати: 150 Вт/м<sup>3</sup> для більшості випадків; 200 Вт/м<sup>3</sup> — у зоні лососевих риб.

Розміри басейнів слід підбирати з урахуванням поведінкових особливостей риб, які можуть проходити через споруду та очікуваних розмірів і кількості мігруючих особин. У таблиці 1 подано рекомендовані мінімальні розміри басейнів і параметри поперечних стінок, узагальнені з різних джерел літератури та адаптовані до гідравлічних критеріїв і емпіричних даних успішно функціонуючих рибоходів (див. рис.4).

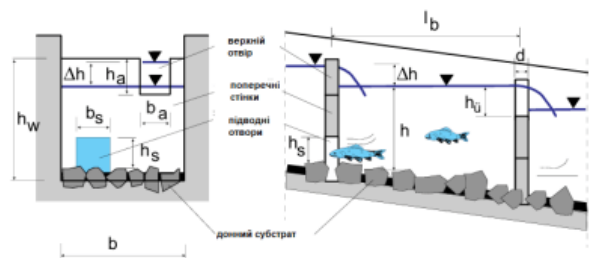


Рис. 4. Термінологія басейнових рибоходів

Мінімальні розміри застосовуються для менших водотоків, а більші — для річок із більшими витратами води.

Якщо досягти рекомендованих довжин басейнів і витрат води неможливо, слід розглянути альтернативний тип рибоходу.

Дно басейнів повинно мати шорстку поверхню, щоб зменшити швидкість течії біля дна та полегшити проходження донної фауни та дрібних риб. Шорстку поверхню створюють, вмуровуючи каміння в бетон до його затвердіння.

Традиційні басейнові рибоходи характеризуються наявністю вертикальних поперечних стінок, розташованих під прямим кутом до осі басейну (див. рис.1).

Такі стінки можуть бути суцільними (бетонними або кам'яними) чи дерев'яними.

Дерев'яні перегородки дають змогу легко вносити зміни до конструкції, але потребують заміни через кілька років експлуатації.

У поперечних стінках робляться підводні отвори, які розташовуються по чергову з різних боків у нижній частині стінки (розміри подані в таблиці 1) [3].

Через ці отвори риби піднімаються у наступний басейн. Отвори доходять до дна басейну, що дозволяє створити суцільне шорстке дно, коли поверх нього укладають субстрат. Значення поверхневих вирізів часто переоцінюють, адже

більшість риб при міграції спершу намагаються плисти проти течії, а не стрибати через перешкоду. Крім того, турбулентність, яка виникає від струменів води, що виходять із поверхневих отворів, негативно впливає на умови течії в басейнах.

При змінних рівнях верхнього б'єфа занурені поперечні стінки ускладнюють регулювання витрат води.

Однак, якщо поверхневі отвори все ж передбачені, їх нижній край повинен бути занурений у воду нижнього басейну, щоб уникнути падаючого (пірнаючого) струменя, який заважає рибам перепливати перешкоду.

Рекомендовані розміри для вирізів наведено в таблиці 1.

| Вид риби, що враховується                 | Довжина басейну $l_b$ (м) | Ширина басейну $b$ (м) | Глибина води $h$ (м) | Розміри підводних отворів: ширина $b_s$ , висота $h_s$ (м) | Розміри поверхневих вирізів: ширина $b_a$ , висота $h_a$ (м) | Витрата води через рибохід $Q$ ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) | Макс. перепад рівня води $\Delta h$ (м) |
|---|---------------------------|------------------------|----------------------|--|--|--|---|
| Осетер                                    | 5.0 – 6.0                 | 2.5 – 3.0              | 1.5 – 2.0            | 1.5 × 1.0–2.5  | –  | 0.20   | –                                       |
| Лосось, морська форель, харіус дунайський | 2.5 – 3.0                 | 1.6 – 2.0              | 0.8 – 1.0            | 0.4 – 0.5 × 0.3 – 0.4                                      | 0.3 × 0.3  | 0.2 – 0.5  | 0.20                                    |
| Харіус, ялець, лящ та інші види           | 1.4 – 2.0                 | 1.0 – 1.5              | 0.6 – 0.8            | 0.25 – 0.35 × 0.25 – 0.35                                  | 0.25 × 0.25  | 0.08 – 0.20  | 0.20                                    |
| Верхня зона форелі                        | > 1.0                     | > 0.8                  | > 0.6                | 0.2 × 0.2  | 0.2 × 0.2  | 0.05 – 0.10  | 0.20                                    |

ТАБЛИЦЯ 1. РЕКОМЕНДОВАНІ РОЗМІРИ БАСЕЙНОВИХ РИБОХОДІВ

Примітки до таблиці 1:

1. Розміри вказані як орієнтовні мінімальні значення.
2. Розміри отворів ( $b_s$ ,  $h_s$ ) залежать від розмірів риби, що мігрує.
3. Поверхневі вирізи передбачаються лише за необхідності.
4. Витрати води визначаються розрахунками для конкретного рибоходу.
5. Значення наведено за літературними джерелами, адаптованими до гідралічних і біологічних умов.
6. Максимальний перепад рівнів води між басейнами не повинен перевищувати 0,2 м.

Загалом, занурення поперечних стінок слід уникати, наскільки це можливо, щоб вода проходила лише через вирізи, а не переливалася поверх стінки.

Особливо негативний ефект мають занурені поперечні стінки на виході рибоходу (вхід для риби з нижнього б'єфа), оскільки в такому разі не формується достатній спрямований потік (принаджуючий потік), який допомагає рибам знайти шлях у споруду.

Ромбовий рибохід відрізняється від традиційного басейнового тим, що поперечні стінки розташовані під кутом до осі басейну і спрямовані вниз за течією (див. рис. 5 і 6).



Рис.5. Конструкція поперечних стінок ромбового рибоходу.

Послідовні поперечні стінки кріпляться по чергові до протилежних стінок каналу — одна до правої, наступна до лівої. У результаті кожен басейн має один довгий бік і один короткий бік. Довжина короткого боку не повинна бути меншою ніж 0,3 м, а довжина довгого боку має становити щонайменше 1,8 м.

Підводні вирізи завжди розміщуються на верхньому кінці поперечної стінки (тобто ближче до входу потоку), а поверхневі вирізи — у нижньому (вихідному) куті басейну.



Рис. 6. Приклад ромбового рибоходу (водозлив Лемген на річці Мозель, вигляд з нижнього б'єфа)

Кут нахилу поперечних стінок відносно дна рибоходу становить приблизно  $60^\circ$ , а кут між поперечними стінками та віссю басейну — від  $45^\circ$  до  $60^\circ$ . Через це стінки мають нерегулярну ромбоподібну форму, що й дало назву конструкції — «ромбовий рибохід».

Для будівництва правих і лівих стінок необхідно використовувати окремі опалубки, оскільки вони не є дзеркальними і нахилені в протилежні боки.

В усіх інших аспектах (розміри басейнів, отвори, глибина води тощо) застосовуються ті самі рекомендації, що й для традиційних басейнових рибоходів, наведені в таблиці 1.

Перевагами цієї конструкції є покращені гідравлічні умови течії в басейнах та краще самоочищення споруди. Нахилені поперечні стінки діють як спрямовуючі елементи, які допомагають риbam орієнтуватися та знаходити наступний отвір для проходу.

Опуклий рибохід, розроблений Шіменцом (Schiemenz), є спеціальним різновидом басейнового рибоходу, в якому вирізи виконані у вигляді розширених обтічних каналів (рис. 7).

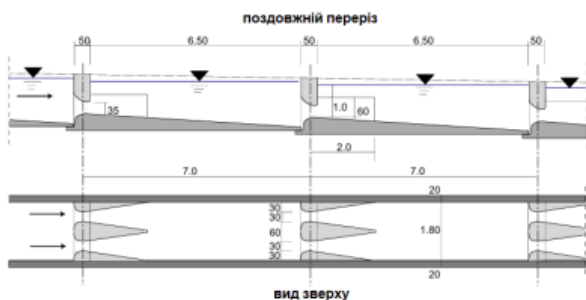


Рис. 7. Проектування та розміри басейнів опуклого рибоходу на греблі Гестгахт на річці Ельба

На відміну від інших типів басейнових рибоходів, вирізи не зміщені один відносно одного, а розташовані по одній осі.

Під час гідравлічних модельних експериментів форму каналів було оптимізовано таким чином, щоб у басейнах практично не виникало вихорів. У результаті потік у кожному басейні має чітко спрямований характер, що полегшує риbam орієнтацію та проходження через споруду.

Опуклі рибоходи потребують довгих басейнів і допускають лише невеликі перепади рівнів води між басейнами - приблизно  $\Delta h = 0,14$  м.

Тому їх доцільно застосовувати лише у випадках, коли потрібно подолати невеликий перепад висот (малий напір) та є достатньо місця для розміщення довгої конструкції.

Практичний досвід використання опуклих рибоходів показує, що вони також підходять для видів риб зі слабкою плавальною здатністю. Якщо у споруді передбачено шорстке дно, вона може також забезпечувати прохід донної фауни.

Основними недоліками цього типу рибоходів є велика площа, необхідна для будівництва, та високі технічні вимоги до форми обтічних отворів каналів.

Басейнові рибоходи належать до найстаріших типів рибопропускних споруд і, безумовно, довели свою ефективність там, де їх проектування, планування та обслуговування виконувались належним чином. Вони є ефективними засобами забезпечення міграції риб біля гребель — як для видів із сильною плавальною здатністю, так і для донних та дрібних риб.

У таких рибоходах можна створити суцільне шорстке дно, простір між елементами якого слугує шляхом для руху донної фауни.

Перевагою басейнових рибоходів є відносно невеликі потреби у воді — від  $0,05$  до  $0,5$  м<sup>3</sup>/с, за звичайних розмірів орфісів і перепадів рівнів води.

Однак вони мають і суттєвий недолік — високі вимоги до технічного обслуговування, оскільки існує значний ризик засмічення орфісів уламками чи сміттям.

Практичний досвід показує, що багато басейнових рибоходів не функціонують більшу частину часу саме тому, що отвори забиті сміттям. Тому такі споруди потребують регулярного технічного обслуговування та очищення - щонайменше один раз на тиждень.

[1] ВНД 33-2.3-04-01. Рибозахисні та рибопропускні споруди. – Введ. 20.08.2001. – Київ: Державний комітет України по водному господарству, - 2001. – 45с.

[2] Fish passes – Desing, dimensions and monitoring. – Rome: FAO, 2002. – 112 p.

[3] Larinier M/ Implantation des passes a poissons / Larinier M. – Bull. Fr. Peche Piscic. 326/327, 1992 – С. 30-44.