

УДК 627. 421: 556. 537

НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ЗАХИСНО-РЕГУЛЮВАЛЬНИХ СПОРУД

В.В. ОНИЩУК

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Наведено результати теоретичного обґрунтування параметрів конструктивних елементів нових конструкцій захисно-регулювальних споруд та їхніх функціональних властивостей щодо формування структури руслового потоку у придонній області.

Ключові слова: захисно-регулювальні споруди, руслові процеси, гірські та рівнинні річки

Постановка проблеми. На основі аналізу матеріалів багаторічних натурних досліджень руслових процесів річок України, зокрема закономірностей руслоформування річок

© В.В. Онищук, 2010

Меліорація і водне господарство. 2010. Вип. 98

Українських Карпат, встановлено, що надійність роботи протипаводкового комплексу перебуває на недостатньо високому науково-технічному рівні [1–3]. Це, насамперед, пов'язано з неправильним вибором конструкцій захисно-регулювальних споруд і берегозахисних кріплень. У цьому аспекті є також важливим їхнє наукове обґрунтування щодо розміщення на конкретному об'єкті, оскільки правильний вибір компоновального рішення є заставою надійного і довговічного функціонування єдиного басейнового протипаводкового комплексу. Захист від розмиву паводковим потоком та хвилями урбанізованих ділянок водних об'єктів є основною проблемою теорії руслових процесів і практичних завдань водогосподарського комплексу. Особливо це проявилось після проходження трьох останніх руслоруйнівних (катастрофічних) паводків, які пройшли в басейнах рр. Тиси, Дністра, Прута і Сірета (листопад 1998 р. та березень 2001 р. у Закарпатті і липень 2008 р. у Прикарпатті) [4]. Під час проходження цих паводків виникло багато аварійних ситуацій унаслідок руйнування напівзагат, зрубових і бетонних стінок, берегозахисних кріплень (у тому числі різних габіонних конструкцій), проривів дамб обвалування тощо [5, 6].

Методологічний аспект виникнення надзвичайних ситуацій на гірських річках. На сучасному рівні розвитку теорії руслових процесів ще не можна повною мірою описати внутрішню структуру руслового потоку та дати чіткі рекомендації стосовно до визначення важелів (управлінських параметрів) щодо управління гідродинамічною системою потік–русло (дальше ГДСп-р). Але все ж таки в загальних рисах є можливість окреслити концептуальні положення відносно пошуку раціональних схем регулювання інтенсивності руслових переформувальних на фоні розвитку явища мандрування, а саме:

1) питання компоновання та вибору раціональних конструкцій захисно-регулювальних споруд, особливо для ділянок відносно стиснених русел гірських річок, має надзвичайно важливе значення, оскільки від цього залежать ефективність і надійність роботи інженерного протипаводкового комплексу

в цілому. Разом з тим як у наукових виданнях, так і в спеціальній літературі досить обмежені дані у форматі системного аналізу стосовно до цього питання. Слід відмітити, що при проектуванні об'єктів протипаводкового захисту заплавної території (захисту берегів і регулювання деформацій русло-заплавної комплексу) більше покладаються на наявний практичний досвід, ніж на обов'язкове науково-технічне обґрунтування варіантів можливих схем компонування тих або інших типів споруд та кріплень, розташованих у руслі й на заплаві водотоку;

2) враховуючи основні положення гідроморфологічної теорії руслового процесу і даних спеціальних гідравлічних досліджень, можна стверджувати, що для нормального (у стані динамічної рівноваги) функціонування ГДСп-р найбільш доцільним є наблизений до рівномірного (квазірівномірний) гідравлічний режим стоку води і наносів під час проходження руслоформувальних і вищих за них паводків. Останній можна забезпечити шляхом регулювання річкового потоку в межах водопропускного коридору за допомогою берегозахисних кріплень, захисно-регулювальних споруд з використанням біологічного кріплення й дамб обвалування, розташованих під кутом $\alpha = 12^\circ$ до течії у межах заплави, що гарантує упорядкований *квазірівномірний гідравлічний режим русло-заплавної потоку та безперервно дискретний режим деформацій русло-заплавної комплексу*. При цьому режимі функціонування ГДСп-р стримується розвиток явища мандрування річкового русла, а сам русловий потік стає компактнішим (стягнутим) завдяки концентрації кінетичної енергії у межах центрального планового струменя [7, 8];

3) враховуючи результати патентних досліджень відносно берегоукріплення і регулювання відкритих водотоків, проведених у ретроспективі за останні 40 років для семи провідних країн — Російська Федерація (СРСР), Україна, Німеччина, Велика Британія, Франція, Японія і США, можна стверджувати про наявність досить потужного науково-технічного потенціалу. Запатентовані способи регулювання русел і пристроїв для

закріплення берегів відкритих водотоків (укосів дамб обвалування тощо) засвідчують тенденцію розвитку конструктивних і компоновальних рішень. Спостерігається відчутний прогрес стосовно до використання нових матеріалів і технологій. Щодо розвитку компоновальних рішень захисно-регулювальних споруд (способів регулювання деформацій русло-заплавного комплексу), то в цьому напрямі спостерігається певне відставання від потреб практики гідротехнічного будівництва для забезпечення необхідного рівня протипаводкового захисту урбанізованих територій у басейнах гірських річок.

Наукове обґрунтування нових конструкцій захисно-регулювальних кріплень. В основу пошуку та розробки було покладено завдання — створити високоефективні пристрої, які дали б можливість запустити механізм ремісії силового поля у придонній області потоку та в свою чергу активізувати розвиток центроструменевого руслоформування відкритих водотоків. Спочатку було висунуто робочу гіпотезу такого змісту: оскільки концентрація енергії потоку в придонній області відбувається на самому контакті з частинками руслоформувальних наносів поверхневого шару ложа русла і, як наслідок, відповідний їхній зрив (розмив) або локальний відрив у вигляді факела при критичних значеннях придонної місцевої (миттєвої максимальної) швидкості течії, то локалізувати це явище можна тільки за допомогою захисних кріплень шляхом генерування ними двокомпонентних торсійних структур (захисного торсійного поля). Тут слід зауважити, що масове дискретне штучне формування вихрових мікротечій дає можливість локалізувати надлишкову енергію силового поля у придонній ділянці та підвищити ступінь стійкості ділянки річкового русла, що особливо важливо для криволінійних берегів та на звивинах русла.

Враховуючи вищенаведене, нами розроблено (запатентовано) новітні конструкції захисно-регулювальних кріплень для гірських та рівнинних річок [9–11].

На рис. 1 наведено загальний вигляд захисно-регулювального кріплення для русел гірських річок та дається його елементна деталізація [10].

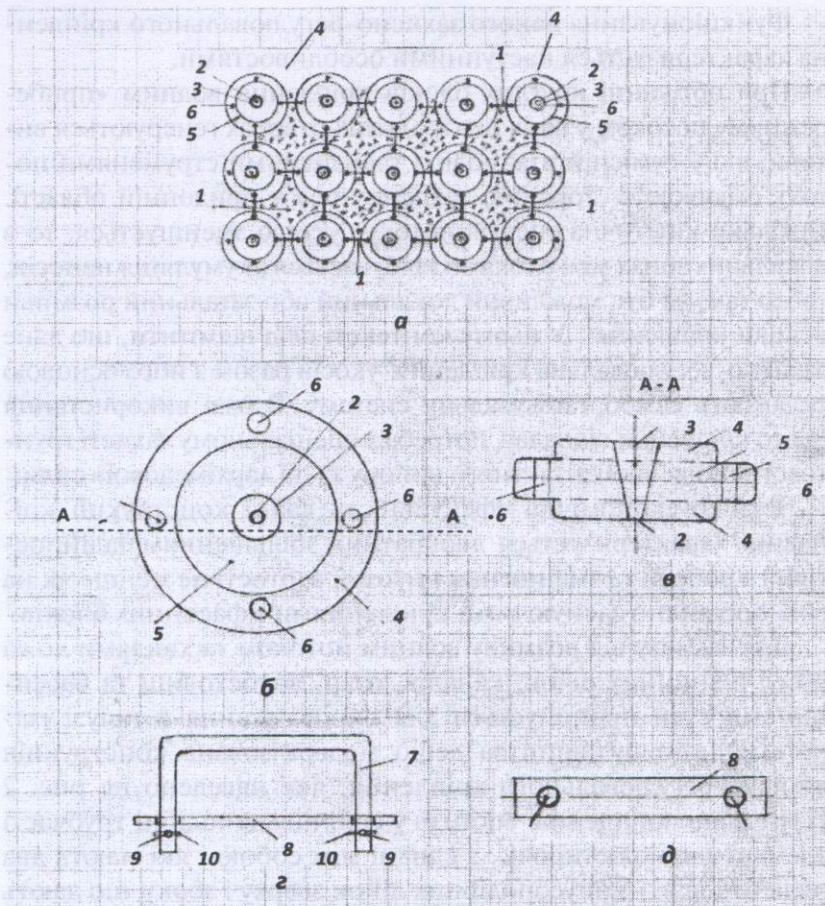


Рис. 1. Захисно-регулювальне кріплення з фасонних блоків:
a — вигляд кріплення зверху; *б* — вигляд блока зверху;
в — розріз по А-А; *г* — вигляд з'єднувального елемента-скоби;
д — вигляд з'єднувальної пластини: 1 — кріплення на укосі;
 2 — отвір знизу блока; 3 — отвір зверху блока; 4 — центральна
 частина блока; 5 — нижня і верхня симетричні частини блока;
 6 — отвори для з'єднання блоків між собою; 7 — скоба;
 8 — з'єднувальна пластина; 9 — отвори для шплінтів;
 10 — шплінт; 11 — отвори для скріплення пластини
 зі скобою за допомогою шплінтів

Функціонування даного захисно-регулювального кріплення характеризується наступними особливостями.

При обтіканні круглих блоків кріплення водним «прибережним» потоком у їхніх центральних отворах генеруються вихори, які у сумісній взаємодії з транзитними струменями потоку створюють торсійне захисне поле у придонній області. Оскільки кінетична енергія потоку суттєво зменшується, то в локальних зонах між блоками відбувається акумуляція наносів, тобто там, де був можливий локальний або загальний розмиви основи кріплення. У цьому контексті слід відмітити, що дане захисно-регулювальне кріплення укосів разом з його основою складають самоорганізувальну систему. В разі використання цього кріплення відпадає потреба у спеціальній захисті ґрунтової основи від контактної випору та дії «архімедової» сили.

Техніко-економічна ефективність даної конструкції кріплення характеризується двократним збільшенням надійності його роботи та зменшення питомої вартості не менше як на 50% порівняно з існуючими кріпленнями з фасонних блоків.

Для захисту від розмиву водним потоком та хвилями ложа русел рівнинних річок, каналів, озер, водосховищ та басейнів/ємностей пропонується для впровадження в галузі гідротехнічного будівництва дещо модернізована конструкція захисно-регулювального кріплення, яке наведено на рис. 2 [11]. Дане кріплення містить у собі кільцеподібні трубчасті елементи з полістиролу, з'єднані між собою і які мають два ряди отворів – конусоподібних ліжок зверху і збоку, що дають можливість у робочому стані сформувати у прибережній зоні потоку в межах придонної ділянки двокомпонентне торсійне поле (вихрові мікротечії з вертикальною й горизонтальною осями обертання до площини кріплення).

Монтаж захисно-регулювального кріплення виконується наступним чином. На сплановану поверхню укосу річки або інших водних об'єктів чи земляних гідротехнічних споруд укладають три шари геотекстилю «Пинема» (000 «Стоун Україна» - www.gabions.com.ua). Після цього проводять укла-

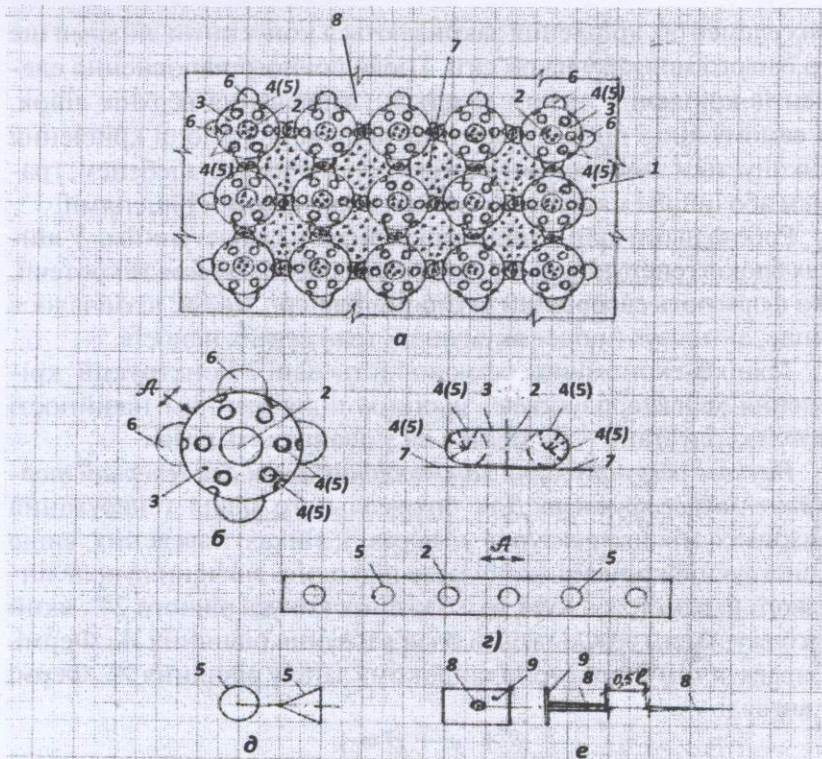


Рис. 2. Захисно-регульовальне кріплення з кільцеподібних трубчастих елементів (з полістиролу), заповнених місцевим ґрунтом (піском):

a — вигляд кріплення зверху; *б* — збільшений вигляд елемента кріплення зверху; *в* — вигляд елемента кріплення збоку;

г — розгортання елемента кріплення по А (збоку);

д — вигляд конусної лійки; *е* — вигляд шпигцевого анкера:

1 — кріплення на укосі водотоку; 2 — отвір у кільцеподібному елементі; 3 — кільцеподібна труба з полістиролу;

4 — отвір для заповнення труби баластом; 5 — конусна лійка;

6 — фартух для з'єднання елементів за допомогою шпильки;

7 — геотекстиль; 8 — гостра частина шпильки;

9 — пластина (верхня частина шпильки)

дання елементів кріплення, їхнє анкерування за допомогою шпильок та заповнюють піском. Бокові отвори на кільцеподіб-

них елементах кріплення закриваються конусними лійками ще до їхнього монтажу на об'єкті. Після повного наповнення елементів кріплення піском ведеться зварювання верхніх лійок. У самому кінці процесу монтажу відповідної площі кріплення виконується заповнення проміжків між блоками щебенем, гравієм або іншим матеріалом згідно з проектними рішеннями.

Робота цього кріплення характеризується наступним. У лійках блоків генеруються пульсуючі вторинні вихрові мікротечії, які формують своєрідний захисний бар'єр. Це, як відмічалось вище, активізує процес акумуляції транзитних наносів.

Техніко-економічна ефективність даної конструкції кріплення характеризується значним підвищенням надійності його експлуатації – не менше як у дванадцять разів.

Наукове обґрунтування лійкоподібних форм для генерації торсійних мікроструктур. Для оптимального рівня генерування вихрових мікроструктур в отворах і лійках наведених вище конструкцій кріплень найбільше підходить значення управлінського параметра – кута розходження конуса рівного 24° , який узгоджується з результатами розв'язування рівняння Ж. Фермі. Справа в тому, що відоме широкому загалу рівняння Ж. Фермі у вигляді

$$x^3 + y^3 + z^3 = 1$$

необхідно розв'язувати у наступному порядку.

На самому початку розглядається модель кулі, для якої $x = y = z = \text{const} = 1$. І якщо розділити «1» на «3», то отримаємо ірраціональне число $0,3333333333$ ($0,3\bar{3}$), що характеризує значення координат даної моделі, а також рівень її динамічної стійкості (характеризує її нестійкий стан).

Другим етапом розв'язування рівняння є установлення шляхом послідовного підбору значення координати z й відповідно x і y для моделі у вигляді гіперboloїда. Отримаєм наступні значення координат x , y і z :

$$x = y = 0,3333333333 + (0,3333333333 \times 24,59543165) / 100 = 0,3333333333 + 0,0819847721 = 0,4153181054;$$

$$z = 0,3333333333 - 0,0819847721 = 0,2513485612.$$

І насамкінець, розв'язування рівняння завершується у наступному вигляді:

$$(x^3 + y^3 + z^3)2\pi = (0,4153181054^3 + 0,4153181054^3 + 0,2513485612^3) \times 2 \times 3,1415927591 = (0,0716378581 + 0,0716378581 + 0,015879221) \times 6,283185518 = 1.$$

Отримавши «1», ми таким чином маємо стійкий стан форми у вигляді гіперboloїда, який вписується в конус з кутом розходження рівному 24°, якщо розмістити його віссю z перпендикулярно осі конуса. Такі параметри форм відповідають мінімуму дисипації енергії при їхніх обтіканнях водою або іншою субстанцією.

Висновки. Існуючі типи конструкцій захисно-регулювальних кріплень неповною мірою відповідають необхідному рівню надійності роботи протиаводкового комплексу, що призводить до частого виникнення надзвичайних ситуацій. Використання в практиці гідротехнічного будівництва нових конструкцій захисно-регулювальних кріплень, зокрема на високодинамічних водних об'єктах, дають можливість сформувати на них захисні торсійні поля у придонній ділянці потоку, що значно підвищують рівень їхньої надійності та довговічності. Високоєфективне й стійке формування полів гарантується формами, які мають кут розходження рівний 24°, що впливає із результатів рішення рівняння Ш. Фермі.

1. Ободовський О.Г., Гребінь В.В., Онищук В.В., Козицький О.М. Паводок 1998 р. на Закарпатті: рекомендації по відновленню гідроморфологічного стану // Водне господарство України. — 1999. — № 3–4. — С. 12–15.

2. Онищук В.В. Науково-технічні аспекти щодо використання активних захисно-регуляційних споруд на гірських річках // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. — К.; Луцьк: РВВ Луцького ДТУ, 2002. — Т. 4. — С. 112–115.

3. Ободовський О.Г., Гребінь В.В., Онищук В.В., Цайтц Є.С., Козицький О.М. Динаміка руслових деформацій річок Закарпаття // Економічні та соціально-економічні аспекти катастрофічних стихійних явищ у Карпатському регіоні (повені, селі, зсуви): матеріа-

ли конф. — Рахів: ВАТ «Патент», Поличка «Карпатського краю». — 1999. — С. 252–256.

4. *Ромащенко М.І., Савчук Д.П.* Водні стихії. Карпатські повені. Статистика, причини, регулювання. — К.: Аграр. наука, 2002. — 304 с.

5. *Державна* регіональна програма комплексного протипаводкового захисту в басейні р. Тиси у Закарпатській області на 2002–2006 роки та прогноз до 2015 року (схвалена Постановою Кабінету Міністрів України від 24 жовтня 2001 р. № 1388) // *Голос України*. — 2001.

6. *Державна* цільова програма комплексного протипаводкового захисту в басейнах річок Дністра, Пруту та Сірету (затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2008 р. № 1151).

7. *Юценко Ю.С.* Геогідроморфологічні закономірності розвитку русел. — Чернівці: Рута, 2005. — 320 с.

8. *Онищук В.В.* Принципові властивості відкритих динамічних систем у контексті еволюції руслових процесів // *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. — 2006. — Т. 10. — С. 9–20.

9. *Боровков В.С.* Русловые процессы и динамика речных потоков на урбанизированных территориях. — Л.: Гидрометеиздат, 1989. — 286 с.

10. *Патент* України на корисну модель № 46290. Захисно-регулювальне кріплення / В.В. Онищук, З.В. Розлач. — 2009. — Бюл. 23. — 2 с.

11. *Патент* України на корисну модель № 46291. Захисно-регулювальне кріплення / В.В. Онищук, З.В. Розлач. — 2009. — Бюл. 23. — 2 с.

Приведены результаты теоретического обоснования параметров конструктивных элементов новейших конструкций защитно-регуляционных креплений и их функциональные особенности касательно формирования структуры руслового потока в придонной области.

The results of theoretical grounds of structural elements parameters of new protection-regulative constructions are given. Functional peculiarities of such constructions concerning formation of a structure of water stream in bottom area are determined.