

УДК 532.5

Я. В. Ходневич, молодший науковий співробітник

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ

МОДЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІНТЕНСИВНОСТІ ВОДНОГО ПОТОКУ ПРИ ОЦІНЦІ ДЕФОРМАЦІЙ РУСЛА В МІСЦІ ОБТІКАННЯ ДОННИХ ГРЯД

Наведено результати дослідження інтенсивності руслового потоку при обтіканні донної гряди в залежності від кута її розташування та висоти. Дослідження ґрунтується на чисельному моделюванні сили опору дна в області за донною грядою. Встановлено, що при висоті донної гряди рівній $1/3$ глибини потоку найбільш потужні деформації русла можуть відбуватися при її розташуванні під кутом $35\text{--}40$ градусів до набігаючого потоку.

Ключові слова: чисельне моделювання, інтенсивність потоку, місцевий розмив, обтікання гряди.

Вступ. Під час проходження паводків на ділянках передгірських рік Українських Карпат значні місцеві деформації русла формуються в результаті інтенсивної дії гвинтоподібних турбулентних течій біля підніжжя гряд наносів. Відомо, що на глибину місцевого розмиву суттєво впливають спосіб розташування донної гряди в руслі та її геометричні параметри [1].

Метою роботи є дослідження інтенсивності руслового потоку при обтіканні донної гряди в залежності від кута її розташування та висоти. В якості кількісної характеристики, що відображає інтенсивність потоку, моделюється сила опору дна F_O в області за донною грядою. Припускаємо, що сила опору дна в цілому характеризує швидкість утворення, переформування або зникнення донних гряд, а дотичне напруження (W_{II}/F_O — сила опору, яка діє на одиницю дна) характеризує інтенсивність місцевого руслового процесу, зокрема, інтенсивність місцевого розмиву, поглиблення дна та винесення часток із зони активного вимивання. Сила опору дна залежить від двох суттєвих факторів — кута розташування гряди та відносної її висоти.

Умови чисельного моделювання та модельні рівняння. Дослідження сил опору дна здійснювалось для умов прямолінійного русла без суттєвого відхилення границь із середнім нахилом $i_c = 0,0022$, яке складене гравійно-гальковими ґрунтами. Середній діаметр часток ґрунту d_c та коефіцієнт шорсткості n русла задавались для таких трьох випадків: 1) $d_c = 0,0485$ (м), $n = 0,0379$; 2) $d_c = 0,02$ (м), $n = 0,0327$;

3) $d_c = 0,005$ (м), $n = 0,02597$. В якості вхідних параметрів моделі також задавались відносна висоти гряди, витрати води Q і ширини русла B різної забезпеченості. Значення середніх глибини h_c та швидкості U_c руслового потоку відповідно обчислювались за такими формулами:

$$h_c = \left(\frac{Qn}{B\sqrt{i_c}} \right)^{0,6}, \quad U_c = \frac{Q}{Bh_c}.$$

Чисельне моделювання сил опору дна в місці обтікання руслової гряди виконувалось для таких випадків: 1) кут α між транзитним потоком і віссю гряди приймає значення від 25 до 60 градусів; 2) висота гряди Z_Γ становить 1/3 та 1/2 глибини потоку. В залежності від кута розташування гряди та її висоти задавались відносна середня швидкість та відносна ширина турбулентного потоку в області за донною грядою згідно з рішеннями [2; 3].

Сила опору дна F_O обчислюється за такою формулою [1; 3]:

$$F_O = F_P + F_T,$$

де F_P — перепад тиску, F_T — сила тертя. Величини F_P та F_T обчислюються наступним чином:

$$F_P = W_B \cdot \Delta h \cdot \rho \cdot g,$$

де W_B — площа поперечного перерізу досліджуваного турбулентного потоку за русловою грядою (площа вальця), Δh — перепад поверхні в місці обтікання руслової гряди, ρ — густина води, g — прискорення вільного падіння;

$$F_T = \frac{W_\Pi}{Z_\Gamma} \cdot k_T \cdot \rho \cdot (U_c \cdot \cos \alpha - V_c),$$

де W_Π — площа поверхні досліджуваного турбулентного потоку за русловою грядою (площа поверхні вальця), Z_Γ — висота гряди, k_T — коефіцієнт тертя в області за грядою, U_c — середня швидкість руслового потоку, α — кут між транзитним потоком і віссю гряди, V_c — середня швидкість потоку в області за грядою.

Перепад поверхні в місці обтікання руслової гряди обчислюється так:

$$\Delta h = i_T \cdot (L_\Gamma - 3Z_\Gamma),$$

де $i_T = \frac{U_c^2}{R_\Gamma C^2}$ — нахил тертя, $R_\Gamma = h_c - Z_\Gamma$ — гідравлічний радіус для потоку, який рухається над границею його розділу з потоком за донною грядою (границя розділу вважається «шортстким дном» для потоку, який

проходить зверху), $C = \frac{1}{n} R_{\Gamma}^{1/6}$ — коефіцієнт Шезі, n — коефіцієнт шорсткості русла, $L_{\Gamma} = B / \sin \alpha$ — довжина гряди, B — ширина русла.

Значення коефіцієнта тертя k_T , середньої швидкості потоку у області за грядою V_c визначаються на базі результатів експериментального дослідження в лабораторних умовах обтікання водним потоком донного уступу в дзеркальному лотку, які відображені в роботах [2; 3].

Дослідження величин сил опору дна F_O та дотичних напружень W_{Π}/F_O виконано для різних значень відношення середньої швидкості потоку U_c та гідравлічної крупності W_K (U_c / W_K). Відомо,

$$W_K = \sqrt{\frac{2g(\rho_{\Gamma p} - \rho)d_c}{1,75\rho}},$$

де $\rho_{\Gamma p}$ — густина ґрунту, d_c — середній діаметр часток ґрунту.

Результати чисельного моделювання. В ході комп'ютерного моделювання встановлено наступне. При висоті гряди, яка складає 1/3 глибини потоку h_c , оптимальний кут α між віссю гряди і напрямком потоку, який відповідає максимуму сили опору дна F_O , становить 35–40 градусів. При чому для середніх діаметрів часток ґрунту русла 0,0485 і 0,02 (м), та при середніх швидкостях потоку, які відповідають витратам 50–20% забезпеченості, цей кут становить 40 градусів (рис. 1 (а), (б)).

Зі зростанням середньої швидкості руслового потоку (яка відповідає витраті 10–5% забезпеченості) спостерігається значне збільшення сили опору дна, яка досягає максимальних значень при куті розташування гряди 35 градусів. В умовах, коли середній діаметрів часток ґрунту русла становить 0,005 (м), а середні швидкості потоку відповідають витратам 50–5% забезпеченості, то максимуми сил опору дна спостерігаються при куті — 40 градусів (рис. 1 (в)).

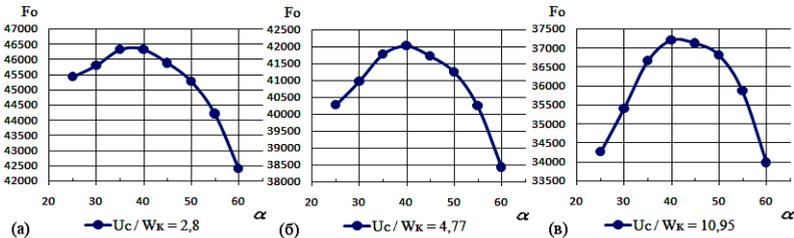


Рис. 1. Значення сил опору дна для умов, коли $Z_{\Gamma} = 0,33h_c$, $U_c = 2,65$ м/с (для витрати 20% забезпеченості), (а) — $d_c = 0,0485$), (б) — $d_c = 0,02$ м, (в) — $d_c = 0,005$ м

У випадках, коли шар води над грядою дорівнює її висоті, має місце систематичне зменшення значень сил опору дна F_O зі збільшенням кута α між віссю гряди і напрямком потоку. Для умов, коли середній діаметр часток ґрунту русла d_c становить 0,0485, 0,02 та 0,005 (м), а значення середніх швидкостей потоку відповідають витратам 50–5% забезпеченості, то максимальні значення дотичних напружень спостерігаються при куті α 25 градусів, а сил опору дна — при кутах α від 30 до 35 градусів (рис. 2 (а)–(в)).

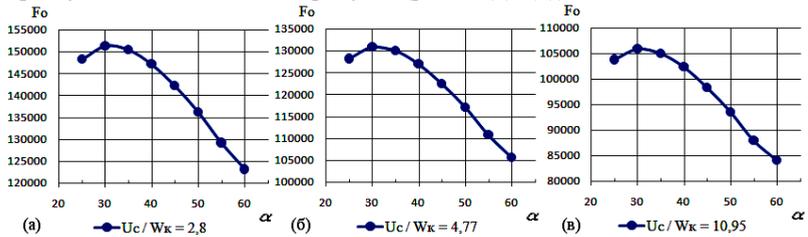


Рис. 2. Значення сил опору дна для умов, коли $Z_T = 0,5h_c$, $U_c = 2,65$ м/с (для витрати 20% забезпеченості), (а) — $d_c = 0,0485$ м, (б) — $d_c = 0,02$ м, (в) — $d_c = 0,005$ м

Такі результати відповідають фізиці процесу, тому що при досить великих кутах розташування гряди, відсутності бокової перешкоди і збільшенні потужності потоку відбувається змив гряди. У зв'язку з цим такі гряди існувати не можуть [1]. Також при збільшенні кута α і досить малому шарі води над гребенем гряди енергії потоку не достатньо для формування розвинутої гвинтоподібної течії, яка здійснює розмив у повній мірі.

Висновки. Отримані результати комп'ютерного моделювання в цілому відповідають натурним та експериментальним даним щодо умов, за яких відбувається формування і змив руслових гряд. Зокрема, в натурі, на прямолінійних ділянках русла інтенсивні розмиви формуються біля підніжжя донних гряд, кут між віссю яких і напрямком транзитного потоку наближається до 30–45 градусів при її висоті від 1/4 до 1/3 глибини потоку [1; 2].

За результатами моделювання встановлено, що при висоті донної гряди, яка складає 1/3 глибини потоку, найбільш потужні деформації русла можуть відбуватися при її розташуванні під кутом 35–40 градусів до набігаючого потоку. А гряди наносів з висотою 1/2 глибини потоку із збільшенням потужності руслової течії існувати не можуть.

Список використаних джерел:

1. Щодро А. Е. Исследование структуры и размывающей способности потока за донными уступами и грядами / А. Е. Щодро // Вестник Националь-

- ного технического университета Украины. Машиностроение. — К., 2000. — Вып. 38, Т. 2. — С. 205–209.
2. Щодро А. Е. Кинематика потока и водообмен за косорасположенными донными уступами гидротехнических сооружений / А. Е. Щодро // Гидравлика и гидротехника : респ. межвед. научно-техн. сборник. — К. : Техника, 1978. — Вып. 26. — С. 59–64.
 3. Щодро О. С. Порівняння розрахункових та експериментальних даних про кінематичну структуру, поле тисків, наносотранспортуючу та розмивну спроможності потоку в зоні просторової відривної течії за кося розташованими грядами та донними уступами / О. С. Щодро // Вісник НУВГП : збірник наукових праць. — Рівне : НУВГП, 2006. — Вип. 4 (36), Ч. 1. — С. 173–179.

Given are results of study of the intensity of channel stream near the bottom ridge of sediments, depending on the angle of its location and height. The study is based on numerical simulation of the bottom resistance in field of the ridge. It was established that at the height of the ridge equal to 1/3 the depth of the stream most powerful deformations can occur in its location at an angle of 35–40 degrees to the oncoming flow.

Key words: *numerical simulation, intensity of the water flow, local erosion, flow over the ridge.*

Отримано: 31.03.2014

УДК 004.81

И. А. Чмырь, д-р техн. наук

Одесский государственный экологический университет, г. Одесса

МОДЕЛИРОВАНИЕ АКТИВНОГО АГЕНТА ЭРОТЕТИЧЕСКОГО ДИАЛОГА

Статья посвящена описанию модели активного агента диалогового процесса эротетического типа. Отличительной особенностью предлагаемой модели является то, что в ее основу положена идея диалоговой базы знаний. Диалоговая база знаний определяется как совокупность диалогового метода доступа к памяти вопросов и самой памяти вопросов. В статье приведен необходимый онтологический базис, в рамках которого описана общая модель активного агента, и даталогическая модель диалогового метода доступа. Приведен пример отображения модели диалогового метода доступа в логическую модель реляционной базы данных.

Ключевые слова: *эротетический диалог, диалоговая база знаний, диалоговый метод доступа, плохо-формализуемые задачи.*

Введение. Разработка полной и точной модели естественного диалогового процесса или разговора, достаточной для синтеза универсального диалогового агента является постоянным вызовом для тех, кто ставит своей целью создание робота, способного поддерживать