

УДК 532:544.034

РОЗРАХУНКИ МІСЦЕВИХ ДЕФОРМАЦІЙ ГРУНТУ НА ОСНОВІ МАСООБМІНО- КОНВЕКТИВНОЇ КОНЦЕПЦІЇ

Б. В. Шило

студент 4 курсу, група ГЕ-42, навчально-науковий інститут водного господарства та
природооблаштування

Науковий керівник – професор О. Є. Щодро

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

У статті наводиться розрахунок місцевих деформацій русла із застосуванням масомінно – конвективної концепції. Розроблено програму для аналізу різних факторів розмиву русла. Виведено рівняння балансу маси твердого матеріалу конвективно-дифузійного типу для розрахунків концентрації інертних домішків (наносів).

Ключові слова: деформація ґрунту, потік, збурення течії, рівняння конвективно-дифузійного типу.

В статье приводится расчет местных деформаций русла с использованием массообменно-конвективной концепции. Разработана программа для анализа различных факторов размыва русла. Выведено уравнение баланса массы твердого материала конвективно-диффузионного типа для расчетов концентрации инертных примесей (наносов).

Ключевые слова: деформация ґрунта, поток, возмущения течения, уравнения конвективно-диффузионного типа.

Local river-bed deformations calculation based on the Mass-Exchange Convective Theory is considered. Programme for different factors of local deformations consideration is composed. The Differential Equation of convective-diffusion type was derived for inertial particles concentration calculation.

Key words: soil deformation, river-bed flow, flow perturbation, equations of convective-diffusion type.

Вступ. У роботах [1,3,4] розглянуто процес локальної деформації ґрунту як процес зміни інтенсивності розмивів і намивів в часі. Такий підхід дає можливість простежити зміни в кінематичній структурі потоку, пов'язані з відносно невеликими змінами границь, які деформуються, на кожному часовому інтервалі. Застосуємо ідею саме такого підходу для довільного стану потоку при заданих його кінематичних характеристиках.

Наш підхід є також локальним і в тому розумінні, що інтенсивність виносу ґрунту визначається на кожній вертикалі потоку (або в заданій точці дна), де визначені всі локальні властивості течії на основі розрахованої планової її картини [2]. В той же час у роботах [1,3,4] введено інше поняття локальності дії потоку на дно, якщо розглядається поведінка окремих часток, які лежать на дні. У цих роботах застосовується протилежна ідея (глобального підходу), згідно до якої деформації дна проходять у зв'язку з загальним

збуренням течії, а їх інтенсивність визначається у залежності від коефіцієнта дифузії (εD). Саме так будемо розглядати процес деформації русла.

Постановка та вирішення задачі. Доцільність розрахунків розмиву в дрібнозернистому і практично однорідному ґрунті слідує з міркувань підходу, заснованого на завданні коефіцієнта дифузії твердих піщаних часток (наносів) при їх відриві від дна і проникненні в потік - εD . Виходячи з цього, в роботах [1,3,4] розвинена відповідна теоретична концепція, названа конвективно – масообмінною, або дифузійною. Як відомо, причиною зсуву окремих частинок, що лежать на дні, так і їх винесення є дотичні турбулентні напруження, що діють на поверхні ґрунту. Розрахунки, проведені на основі розвинутої теорії, показали, що всі вищезгадані фактори враховуються значеннями коефіцієнта εD .

Взаємний вплив потоку і його розмивного дна характеризується зміною геометричних обрисів його меж і зміною кінематичних умов, пов'язаних як з насиченням потоку наносами, так і зі зміною геометрії границь. Нами використовується також гіпотеза «замороженого дна», заснована на тому факті, що потік пристосовується до змін форми дна практично миттєво, а дно змінює свою форму значно повільніше.

Розглянемо деформації дна на певній вертикалі, де відоме значення придонної швидкості та стан турбулентності. Відомою є також глибина потоку та механічний склад незв'язного ґрунту, який залягає на дні, і механічний склад наносів, які транспортуються потоком. В роботах [1,3,4] виведено рівняння балансу маси твердого матеріалу конвективно-дифузійного типу для розрахунків концентрації інертних домішок (наносів):

$$\varepsilon \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial c}{\partial z} \right) - u \frac{\partial c}{\partial x} - (w + w_0) \frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial c}{\partial t} \quad (1)$$

$l =$	0	1	2	3	4
$j =$					
0	0	1	2	3	4
1	5	6	7	8	9
2	10	11	12	13	14
3	15	16	17	18	19
4	20	21	22	23	24
5	25	26	27	28	29
6	30	31	32	33	34
7	35	36	37	38	39
8	40	41	42	43	44
9	45	46	47	48	49
10	50	51	52	53	54

Рис. 1. Схема області інтегрування задачі [1,2]

Індексами “ l ” пронумеровано вузли сітки по вертикалі (0 відповідає дну), j – вузли за часовою змінною.

Рівняння балансу маси в околі дна, дає можливість оцінити інтенсивність деформації з врахуванням кривизни деформованої його поверхні:

$$\left(\varepsilon D \frac{\partial c}{\partial n} - (V_n + w_{0n}) c \right) \Big|_{z=l(x,t)} = c_* \frac{dl}{dt} \quad (2)$$

Для роботи програми вводиться наступна інформація:

- кількість кроків по вертикалі;
- кількість кроків за часовою змінною.

Враховуємо, що по вертикалі можуть розглядатися вузлові точки поблизу дна, де проходить інтенсивний рух донних наносів і проходить практично вся їх маса. Задаються також величини кроків і константи моделі.

Для схеми області наведеної на рис. 1 проводиться інтегрування системи диференціальних рівнянь [1, 2] за неявною скінченно-різницевою схемою. При цьому ця система рівнянь складається для своїх внутрішніх вузлів (позначена на рис. 1 сірим фоном).

Рівняння для внутрішніх вузлів сусідніх з контурними вузлами містять відому інформацію з граничних умов задачі, а рівняння для центральних вузлів такої інформації не містять. Ці обставини враховуються при складанні системи лінійних алгебраїчних рівнянь, які записуються у канонічній формі.

Для реалізації алгоритму розрахунку розмиву на даній вертикалі було складено програму в Microsoft Excel, яка розраховує інтенсивність деформації і їх скінченні значення за певний інтервал часу. При цьому формується система лінійних алгебраїчних рівнянь і представляється у канонічній формі. Основою для складової такої системи є скінченно-різницеві аналоги рівнянь (1) і (2) з відповідними граничними та початковими умовами.

Висновки.

Розроблена програма дозволяє аналізувати вплив різних факторів розмиву на його інтенсивність і бачити тенденції зміни позначок дна за певний інтервал часу. Результати розрахунків свідчать про закономірне збільшення інтенсивності вимиву ґрунту і скінченних глибин при збільшенні швидкостей потоку. Важливим фактором розмиву також являється транспорт транзитних наносів, при його збільшенні глибина ями розмива зменшується і розмив часом переходить у намив. При перевищенні швидкостями їх нерозмивних значень інтенсивність поглиблення дна різко зменшується, що пов'язано з активізацією саме транспорту транзитних наносів. В цілому картина розмитого дна в експерименті відповідає результатам розрахунків.

1. Щодро О. Є. Нова концепція формування місцевих розмивів біля берегів річок та штучних споруд / О. Є. Щодро // Вісник НУВГП : збірник наукових праць. – Рівне : НУВГП, 2007. – Вип. 4 (40). – С. 198–205.
2. Щодро О. Є. Побудова планової картини течії та просторових деформацій русла довільної форми / О. Є. Щодро, С. В. Барановський, І. М. Наконечний // Гідроенергетика України – 2010. – №3. – С. 36–39.
3. Щодро О. Є. Швидкий алгоритм для моделювання течій в турбулентних водних потоках / О. Є. Щодро, Я. В. Ходневич // Гідравліка і гідротехніка: наук. техн. збірник – Київ : НТУ, 2008. – Вип. 62. – С. 25–36.
4. Барановський С. В. Про метод розрахунку процесу деформації дна під впливом турбулентного водного потоку // Гідравліка і гідротехніка: Межведом. научно-техн. сб. – Київ : Техніка, 1998. - Випуск 59. - С. 110-115.