

УСТАНОВЛЕНИЕ НАНОСОНЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОТОКА НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ РАЗМЕРНОСТЕЙ

П.БАЛДЖЯН, О.КЕЛЕДЖЯН

Ереванский государственный университет архитектуры и строительства

Анализ применяемых методов расчета транспортирующей способности потока и расхода наносов позволил авторам установить круг основных параметров, обуславливающих величину наносонесущей способности потока S или расхода наносов Q_m .

Для решения поставленной задачи использованы результаты натурных, полевых и лабораторных исследований. В результате обработки по новейшей методике данных исследований, с использованием положений теории размерностей, получено критериальное уравнение для определения наносонесущей способности потока.

Ключевые слова: *поток, расход наносов, русло, теория размерности.*

В работе сделана попытка разработать критериальное уравнение для определения наносонесущей способности потока на основе теории размерностей.

Для расчета наносонесущей способности потока или же расхода наносов предложено множество методов. Они относятся к различным условиям и формам движения: донные и взвешенные наносы, гидротранспорт, паводковые и селевые потоки и т.д.

Эти расчетные выражения также отличаются друг от друга по методике получения: есть чисто теоретические (М.А.Великанов, В.М.Маккавеев и А.В.Караушев, В.Г.Саноян), чисто экспериментальные (М.А.Мостков, А.Н.Гостунский, И.Б.Бекимбетов) и полуэмпирические (И.И.Леви, У.Граф, Г.А.Эйнштейн, П.О.Балджян). Основная часть указанных зависимостей имеет сравнительно узкий интервал применимости, поскольку они получены для малонасыщенных потоков. Для условий горных и предгорных водотоков малочисленные расчетные выражения имеют ряд существенных недостатков: либо из-за разнородности влияющих на расход наносов факторов их структура достаточно сложна (З.Майер-Петер, Р.Г.Асатрян, П.О.Балджян и т.д.), либо они чересчур просты из-за неучета части важных параметров (М.А.Мостков, И.И.Россинский, О.Брейн и т.д.).

Очевидно, что движение наносонесущего потока происходит в условиях постоянного взаимодействия потока, русла и наносов. Некоторые характеристики потока, русла и наносов определяют величину транспортирующей способности S или расхода наносов Q_T .

Анализ применяемых и вышеупомянутых методов расчета величины S , а также результатов многих экспериментальных и полевых исследований (М.А.Виноградов, Р.Тер-Минасян, Р.Г.Асатрян, П.О.Балджян) позволили авторам работы установить круг основных параметров, обуславливающих величину наносонесущей способности потока S (или расхода наносов Q_T).

Этими параметрами являются средняя и динамическая скорости потока V, V_* ; уклон и средняя величина выступов шероховатости русла i_0 и Δ , средний диаметр

наносов и их неоднородность d_0 , j . Они дают основание записать для транспортирующей способности горных водотоков следующую функциональную связь:

$$S = f(V, V_*, i_0, \Delta, d_0, j). \quad (1)$$

Коэффициент неоднородности j - безразмерный параметр. Его значение по методу А.Крамера меняется в интервале $0 < j < 1$. И чем меньше j , тем неоднороднее состав наносов. Как показывают экспериментальные исследования [1] и полевые наблюдения [2], чем неоднороднее состав, тем больше транспортирующая способность потока. Учитывая этот факт, параметры наносов d_0 и j принято представлять в виде отношения d_0/j .

На основе вышеуказанного функциональную зависимость (1) согласно методу теории размерностей [3] можно представить в виде произведения степеней:

$$S_0 = K \cdot V^x \cdot V_*^y \cdot i^z \cdot \Delta^t \left(\frac{d_0}{j} \right)^\varphi, \quad (2)$$

где K - безразмерный коэффициент пропорциональности; S_0 - транспортирующая способность потока в безразмерном виде:

$$S_0 = \frac{Q_T}{Q}. \quad (3)$$

(Здесь расход наносов Q_T и расход потока Q имеют одинаковую размерность - $\text{м}^3/\text{с}$).

Показатели степеней x, y, z, t, φ необходимо определять из условия равенства единиц измерения величин левой и правой частей уравнения (2). Имея в виду основные единицы измерения: длину, массу и время (L, M, T), уравнение (2) относительно этих единиц можно записать как

$$L^0 M^0 T^0 = \frac{L^x}{T^x} \cdot \frac{L^y}{T^y} \cdot L^t \cdot L^\varphi. \quad (4)$$

Приравнявая показатели соответствующих единиц, будем иметь

$$\begin{cases} x + y + t + \varphi = 0; \\ x + y = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Решение системы уравнений дает $x = -y$ и $t = -\varphi$, Однако фактические значения показателей не были получены, поскольку в уравнении (2) число неизвестных показателей 5 (x, y, z, t, φ), а имеются два уравнения равенств размерностей (параметры с единицей массы отсутствуют). Для дальнейших разработок используется метод теории размерностей, названной “теоремой π ”, согласно которой уравнения типа (2) можно представить критериальным уравнением с безразмерными критериями, каждый из которых, кроме остального, включает в себя выбранные два основных независимых параметра из функции (1). В качестве этих независимых параметров выбрана скорость потока V и выступ шероховатости русла Δ . Тогда вместо зависимости (1) можно написать [4]

$$f(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4) = 0. \quad (6)$$

Согласно “теореме π ” будем иметь:

$$\pi_1 = V^{-x_1} \cdot \Delta^{-y_1} \cdot S_0. \quad (7)$$

Равенство единиц измерений этого уравнения дает

$$\left(\frac{T}{L}\right)^{x_1} \cdot \frac{1}{L^{y_1}} = L^0 \cdot T^0, \quad (8)$$

или

$$\begin{cases} x_1 + y_1 = 0; \\ y_1 = 0, \end{cases}, \quad (9)$$

откуда следует, что $x_1 = y_1 = 0$. Следовательно, полученный первый критерий - $\pi_1 = S_0$.

Аналогичным образом, написав уравнения соответственно для критериев π_2, π_3, π_4 , получим

$$\pi_2 = \frac{V}{V_*}, \quad \pi_3 = i_0, \quad \pi_4 = \frac{d_0}{\Delta j}.$$

Таким образом, вместо размерного уравнения (2) выведено следующее критериальное безразмерное уравнение:

$$S_0 = K_0 \cdot \left(\frac{V}{V_*}\right)^{x_0} \cdot i_0^{y_0} \cdot \left(\frac{d}{\Delta j}\right)^{z_0}. \quad (10)$$

Значения показателей степеней этого уравнения x_0, y_0, z_0 необходимо определять из обработки экспериментальных или натурных данных.

После установления указанных значений уравнение (10) может быть использовано для определения наносонесущей способности или расхода наносов горных водотоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балджян П.О. Экспериментальные исследования по определению транспортирующей способности и средней скорости турбулентного селевого потока//Сб. Эрозионные и селевые процессы. Тб.: 1978. Вып.6.
2. Тер-Минасян Р.О. Расход взвешенных наносов селеносных притоков рр. Веди и Памбак и его связь с природными факторами//Известия АН Арм. ССР. Сер. Наука о Земле. 1973. Вып.6.
3. Близняк Е. В. Гидравлическое моделирование. М.-Л.:Госэнергоиздат. 1947.
4. Великанов М.А. Динамика русловых потоков. Т.2. М.: ГИТТЛ. 1955.