УДК 551.31.21

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ПЛОЩАДИ СЕЧЕНИЯ РУСЛА В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОЦЕССОВ НАМЫВА ИЛИ РАЗМЫВА

А.Х.Туляганов[1)], Б.Р.Махкамов[2)]
[1)] Ташкентский государственный транспортный университет,
ул. Адылходжаева, 1, 100067, г. Ташкент, Узбекистан, Slimcher@mail.ru
[2)] ООО «Йўл−Лойиҳа Бюроси»,
ул.Мустакиллик, 66а, г. Ташкент, Узбекистан

В статье получена система дифференциальных и интегральные уравнение, с соответствующими ей краевыми и начальными условиями для расчета площади сечения русла в результате процессов намыва или размыва.

Ключевые слова: Площадь сечения русла, площадь намыва (размыва), периметр руслового сечения, наинизшая точка дна, оббьем донных отложений

Существующие в настоящее время методы расчета площади сечения в результате деформации далеко от совершенства и требует их уточнение [1,2,3]. Такое уточнение можеть бить осуществлено на основе теоретических результатов, полученных Ю.М.Денисов [4] в области механики многафазных и многокомпонентных сред.

Введем в рассмотрение функцию F (s,z,t), представляющию собой площадь русла ниже горизонтали z на расстоянии s от выбранного начало в момент времени t.

Пусть B (s,z,t) есть ширина русла на уровне z на на расстоянии s в момент времени t. Она выражается через F (s,z,t) следующим образом:

$$B\,(s,z,t) = \frac{\partial F}{\partial Z}\ . \qquad (1)$$

Обозначим через χ (s,z,t) длину периметра руслового сечения и через $z_д$(s,t) отметку наинизшей точки дна.

Связь между площадью живого сечения ω (s,t) и функцией F (s,z,t) следующая:

Если $z_в$ (s, t) есть уровня воды в створе s в момент времени t, то

$$\omega\,(s,t) = F\,(s, z_в\,(s, t),\ t\,); \qquad (2)$$

ширина живого сечения B (s,t) есть

$$B_в\,(s,t) = \frac{\partial F}{\partial S}\ \Big|_{z\,=\,z_В}\,; \qquad (3)$$

Длина смоченного периметра χ (s,t) равна

$$\chi\,(s,t) = \chi\,(s,\ z_в\,(s,t)\ ,\ t). \qquad (4)$$

Из равенства (1), (2) и (3) следует

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = \frac{\partial F}{\partial t}\ \Big|_{z\,=\,z_В} + B_в\,\frac{\partial z_В}{\partial t}\ , \qquad (5)$$

и

$$\frac{\partial \omega}{\partial s} = \frac{\partial F}{\partial s} \quad |_{z = z_B} + B_B \frac{\partial z_B}{\partial s} \qquad (6)$$

Так как $z_д$ есть наинизшая точка дна, то

$$F (s, z_д (s, t), t = 0 . \qquad (7)$$

Продифференцируем (7) по s

$$\frac{\partial F}{\partial s} \ |_{z = z_D} + \frac{\partial F}{\partial z} \quad |_{z = z_D} \frac{\partial z_D}{\partial s} = 0. \qquad (8)$$

Но

$$-\frac{\partial z_D}{\partial s} = I_D , \qquad (9)$$

где I_D - есть уклон дна.

Тогда из (8) и (9) следуеть важное соотношение:

$$I_D = -\left(\frac{\partial z_в}{\partial s} \ / \frac{\partial F}{\partial z}\right) |_{z = z_D} . \qquad (10)$$

Для нахождения длины периметр сечения русла χ знание функции F (s, z $_д$, t) недостаточно, так как одному и тому же F могут соответствовать различные значения χ . Однако с помощью функции F можно получить приближенную оценку периметра сечения русла. Она будет следующей:

$$\chi (s, t) = B \ (s, z_в (s, t), t) + [z_в (s, , t) - z_D (s, t)] +$$

$$+ \int_{z_Д}^{z_B} \sqrt{1 + \left[\frac{\partial^2 F (s,z,t)}{\partial^2}\right]^2} \, dz . \qquad (11)$$

Перейдем к расчету изменения площади сечения русла в результате процессов намыва или размыва.

При оценки площади сечения функцией F (s, z, t) невозможно учесть и описать конкретное место размыва или намыва в этом сечении. По этой причине общую площадь размыва за единицу времени мы будем равномерно распредлять по смоченному периметру. Средную глубину размыва размыва по нормали к смоченному периметру обозначим через a_n (s,t). Её величина, согласно исследованием [5], будет равна:

$$a_n \ (s, t) \ = \frac{1}{\alpha_Д} \int_{\delta_{min}}^{\delta_{max}} k_w \delta^3 \varepsilon_p(a, \delta, t) d\delta, \qquad (12)$$

где $\alpha_Д$– относительный оббьем отложений у дна;

k_w – безразмерный

δ–коэффициент;

δ–размер частиц;

ε_p– обьем частиц.

Расчет этих параметров дан в работе [5].

Тогда

$$\frac{\partial F}{\partial t} = \begin{cases} \chi\,(\mathrm{a,s,t})\mathrm{a_n}\ \ (\mathrm{s,t})\ \text{для}\ z_Д \le z \le z_B \\ \chi\,(\mathrm{a}, \mathrm{z_B}(\mathrm{s,t})\mathrm{a_n}\ (\mathrm{s,t})\ \textit{для}\ z > z_B \end{cases} \qquad (13)$$

В дифференцильное урвнение уравнение (13) входит два неизвестные функции F и χ. Чтобы получить уравнение от одной искомой функции, продифференцируем (13) по Z, и учитывая, что

$$\frac{\partial F}{\partial z}\left(\frac{\partial F}{\partial t}\right) = \frac{\partial F}{\partial F}\left(\frac{\partial F}{\partial z}\right) = \frac{\partial B}{\partial t}\,,$$

$$\frac{\partial \chi}{\partial z} = 1 + \sqrt{1 + \left[\frac{\partial^2 \mathrm{F}\ (\mathrm{s,z\ ,t})}{\partial Z^2}\right]^2} = 1 + \sqrt{1 + \left(\frac{\partial B(\mathrm{a,s,t})}{\partial z}\right)^2}\,,$$

а также

$$\frac{\partial \chi\ (\mathrm{a}, \mathrm{z_B}(\mathrm{a,t}),\mathrm{t})}{\partial z} = 0,$$

найдём:

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \begin{cases} \mathrm{a_n}\ (\mathrm{s,t})\ \left[1 + \left(\frac{\partial B(\mathrm{a,s,t})}{\partial z}\right)^2\right]\ \text{для}\ z_Д \le \mathrm{z} \le \mathrm{z_B}\,, \\ 0\ \textit{для}\ z > z_B \end{cases} \qquad (14)$$

Это диффереанциальное уравнение в частных производных первого порядка относительно B(s,z,t) или второго порядка относительно F(s,z,t), решается в общем случае численными методами при заденных начальных и граничных для F условиях:

$$B(s,z,0) = \frac{\partial F}{\partial z} = \varphi(s,z)\,,$$
$$\mathrm{F}(\mathrm{s}, z_Д(\mathrm{s,t}), \mathrm{t}) = 0\,,$$

Где

$$z_Д(\mathrm{s,t}) = z_Д(\mathrm{s},0) - \int_0^t \mathrm{a}_n(s,t)dt. \qquad (15)$$

Литература

1.Аполлов Б.А. Учение о реках.-М.: Изд, МГУ.-1963. −424 с.

2.Караушев А.В. Речная гидравлика. –Л.: Гидрометеоиздат, 1969.−416 с.

3.Мирцхулава Ц.Е. Основы физики и механики эрозии русел.−Л:. Гидрометеоиздат.−1988.−303 с.

4.Денисов Ю.М. , Боровикова Л.Н. Описание движения твердых частиц в жидкости (газе) с помощью кинематических уравнений // Тр. САНИИ Госкомгидромет.− 1981.−Вып. 81 (162), с.67−76.

5.Денисов Ю.М., Туляганов А.Х. Метод расчета твердого стока и русловых деформаций//Тр. САНИГМИ, 1996, вып.149 (230), с.131−145.