Е. В. Б о н д а р е в а (Сочи, СГУТиКД). **Моделирование влияния поперечного барьера на динамику прилегающего пляжа (применительно к конструкциям яхтенных портов).**

Конструкции яхтенных портов (марин) сильно влияют на литодинамические процессы. Это связано с тем, что гидротехнические сооружения марины, выступая от берега в сторону моря, полностью или частично перекрывают вдольбереговой поток наносов, тем самым вызывая изменения в конфигурации прилегающего берега. Конструктивно марина представляет собой искусственный остров непроницаемого или проницаемого типа, отстоящий от берега на значительном расстоянии и соединенный с ним пирсами или мостами.

Изменения пляжа изучаются с помощью анализа сохранения потока песка и соответствующих накоплений материала в отсеках сооружения. Для непроницаемого сооружения и в отсутствии байпайссинга расход наносов на сооружение равен нулю. В противном случае он должен быть определен.

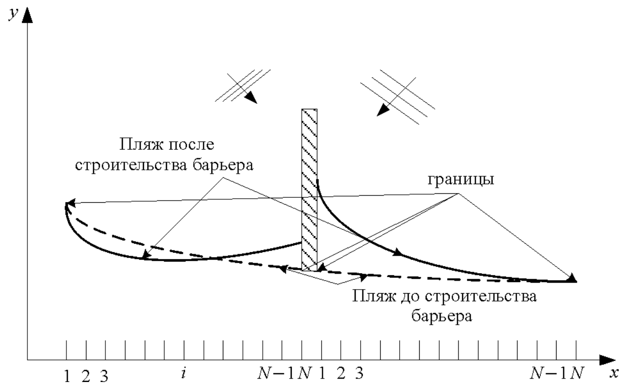

Рис. Схема задачи

Схема задачи показана на рис. Уравнение неразрывности для пляжа записывается в виде:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\frac{1}{D}\,\frac{\partial Q}{\partial x}, \tag{1}$$

где переменная y — ширина пляжа, измеряемая от оси x, которая параллельна средней береговой линии, D — активная глубина пляжа, определяется как предельная глубина воды, на которой происходит движение материала пляжа, x — расстояние вдоль соответствующей оси, t — время.

Ориентация береговой линии по отношению к оси x может быть выражена через угол рефракции волн относительно оси x, α и угол между фронтом волн и береговой линией α_0:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \operatorname{tg}(\alpha - \alpha_0). \tag{2}$$

Комбинация уравнений (1) и (2) позволяет получить уравнение диффузии для расхода наносов:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{\partial Q}{\partial \alpha_0}\left(D\left[1 + \left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)^2\right]\right)^{-1}\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2}. \tag{3}$$

Уравнения (1) и (2) решаются численно для заданных начальных и граничных условий, что позволяет получить распределение потока наносов и положение береговой линии в узлах дискретной сетки вдоль береговой линии и с дискретным шагом по времени.

Уравнение (3) переписывается в виде:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = L(x,t)\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2}, \tag{4}$$

где

$$L(t,x) = A(z\cos\alpha_0\cos z\alpha_0 - \sin\alpha_0\sin z\alpha_0)D^{-1}\left[1 + \left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)^2\right]^{-1}.$$

Уравнение (4) линеаризуется и интегрируется по схеме Кранка–Николсона:

$$\frac{Q_i^{n+1} - Q_i^n}{\Delta t} = \frac{1}{2}\left(L\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2}\bigg|^{n+1} + L\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2}\bigg|^{n}\right), \tag{5}$$

где индекс i представляет узлы пространственной сетки, а индекс n — точки временных шагов, и

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} = \frac{Q_{i+1} - 2Q_i + Q_{i-1}}{\Delta x^2}.$$

Принимая приближенно $L_i^{n+1} = L_i^n$ и обозначая $\lambda = \Delta t/\Delta x^2$, уравнение (5) можно представить в виде

$$a_i Q_{i-1}^{n+1} + b_i Q_i^{n+1} + c_i Q_{i+1}^{n+1} = d_i, \tag{6}$$

где $a_i = c_i = -L_i^{n+1}$, $b_i = 2/\lambda + 2L_i^{n+1}$, $d_i = 2Q_i^n/\lambda + L_i^n(Q_{i+1}^n - 2Q_i^n + Q_{i-1}^n)$. С использованием известных величин расхода наносов на верхней и нижней границах Q_u, Q_d, уравнение (6) является трехдиагональной системой, решаемой стандартными методами. Расходы наносов определяются, начиная с последнего узла: $i = N, N-1, \ldots, 1$.

Уравнение (1) далее интегрируется для определения нового положения береговой линии (y_i, $i = 1, 2, \ldots, N$):

$$y_i^{n+1} = y_i^n - \frac{\Delta t}{2D}\left(\frac{\partial Q}{\partial x}\bigg|^{n+1} + \frac{\partial Q}{\partial x}\bigg|^{n}\right).$$

Вычисления проводятся слева направо в области, разделенной барьером.

Выполненные исследования были поддержаны Грантом Президента РФ государственной поддержки ведущих научных школ РФ НШ–8671.2006.5.