

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА МАННИНГА ОТ ПАРАМЕТРОВ НЕОДНОРОДНОСТИ ДНА

Акименко А.С. Email: Akimenko6112@scientifictext.ru

Акименко Ангелина Сергеевна – студент,
кафедра информационных технологий,
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург

Аннотация: выбор эффективного коэффициента шероховатости (коэффициента Маннинга) для моделирования динамики поверхностных вод в моделях мелкой воды является серьезной проблемой. Существует множество вариантов записи гидрологического сопротивления, которое напрямую зависит от параметров дна. В моделях мелкой воды этот параметр имеет большое значение, так как позволяет учитывать различные мелкомасштабные физические факторы. В данной работе представлено исследование поведения коэффициента Маннинга в различных условиях.

Ключевые слова: коэффициент шероховатости, неоднородность дна, максимальная скорость потока, функция возмущения дна, амплитуда неоднородности дна.

STUDY OF THE DEPENDENCE OF THE MANNING COEFFICIENT ON THE BOTTOM INHOMOGENEITY PARAMETERS

Akimenko A.S.

Akimenko Angelina Sergeevna – Student,
DEPARTMENT OF INFORMATION TECHNOLOGY,
SAINT-PETERSBURG STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING,
SAINT-PETERSBURG

Abstract: the choice of an effective roughness coefficient (Manning coefficient) for modeling surface water dynamics in shallow water models is a serious problem. There are many options for recording hydrological resistivity, which directly depends on the bottom parameters. In shallow water models, this parameter is of great importance, since it allows various small-scale physical factors to be taken into account. This paper presents a study of the behavior of the Manning coefficient under various conditions.

Keywords: roughness coefficient, bottom inhomogeneity, maximum flow velocity, bottom disturbance function, bottom inhomogeneity amplitude.

УДК 004.942

В работе была проведена оценка эффективности коэффициента шероховатости (коэффициента Маннинга) с целью установить связь с параметрами возмущения дна. Все расчеты были выполнены с помощью программного комплекса Ansys. В качестве функции, описывающей поверхность дна, была выбрана:

$$b(x, y) = b_0 * (x, y) + \Delta b(x, y), \quad (1)$$

где $b_0 *$ обозначает гладкое дно, а вот Δb – случайное возмущение, которое лежит в промежутке $[-\Delta b_{\max}, \Delta b_{\max}]$. В качестве основных характеристик возмущения дна были выбраны пространственный размер возмущения ℓ и максимальная амплитуда возмущения $\Delta b_{\max}$. От знака Δb величины случайного возмущения рельеф имеет либо возвышенности, либо впадины локальных характеров [1].

Для численных экспериментов был выбран следующий диапазон параметров:

- $\Delta b_{\max} = [0, 2; 0, 4; 0, 6; 0, 8]$ (м)
- $0 \leq \ell \leq 350$ (м)

«Профили скорости, усредненные по x координате для поперечного сечения канала, можно определить следующим образом» [2]

$$V_x^{(av)}(y) = \frac{1}{x_{\max}^{(av)} - x_{\min}^{(av)}} \int_{x_{\min}^{(av)}}^{x_{\max}^{(av)}} V_x(x, y) dx. \quad (2)$$

Результаты моделирования показали, что существует устойчивая связь между параметрами шероховатости и возмущением дна. Так удалось выяснить, что при росте коэффициента Маннинга n_M происходит спад максимальных значений продольных скоростей $V_x^{(av)}(y)$. Таким образом, для возмущений дна почти всегда можно подобрать соответствующее значение коэффициента шероховатости (см. рисунок 1).

В свою очередь при увеличении максимальной амплитуды $\Delta b_{\max}$ происходит увеличение соответствующего значения коэффициента Маннинга n_M . А вот скорость потока несжимаемой жидкости, наоборот, снижается с увеличением параметра $\Delta b_{\max}$.

К тому же, выяснилось что при $\ell < 50$ м мелкомасштабные неоднородности дна могут существенно влиять на максимальную скорость $V_x^{(\max)}$, тормозя поток жидкости.

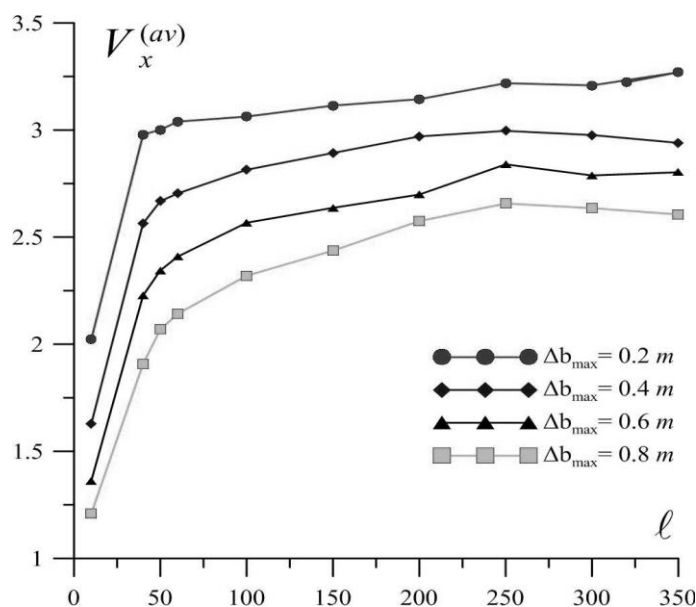


Рис. 1. Зависимость максимальной скорости потока от параметров возмущения дна

Наиболее серьезная проблема возникает при моделировании течений в извилистых руслах рек [3]. В данной работе рассмотрены особенности течений в извилистом канале. В таблице 1 представлены характеристики, участвовавшие в расчетах [4].

Таблица 1. Параметры расчетов

Наименование параметра	Обозначение параметра	Значение параметра
Амплитуда извилистости	$y_{\max}$	1200 м 2400 м
Коэффициент Маннинга	n_M	0.01÷0.05
Параметр неоднородности дна	λ	3500 м
Пространственный масштаб	x	5000÷18000 м

В качестве функции, описывающей извилистую поверхность дна, была выбрана [5]:

$$b(x, y) = -b_{\max} \left(\frac{\exp((y - y_{\max} \sin(kx))^2)}{L^2} \right) - Ix. \quad (3)$$

Поток, двигаясь в канале, испытывает дополнительное гидравлическое сопротивление. Так на рисунке 2 (а, б) изображены распределения глубины извилистого дна и модуля скорости. А на рисунке 3 представлены результаты расчетов зависимости средней скорости течения потока от коэффициента шероховатости. Из рисунка 3 можно увидеть, что при увеличении амплитуды извилистости русла в два раза значение коэффициента сопротивления потоку увеличивается лишь в 2,7 раза. Таким образом, зависимость не является степенной.

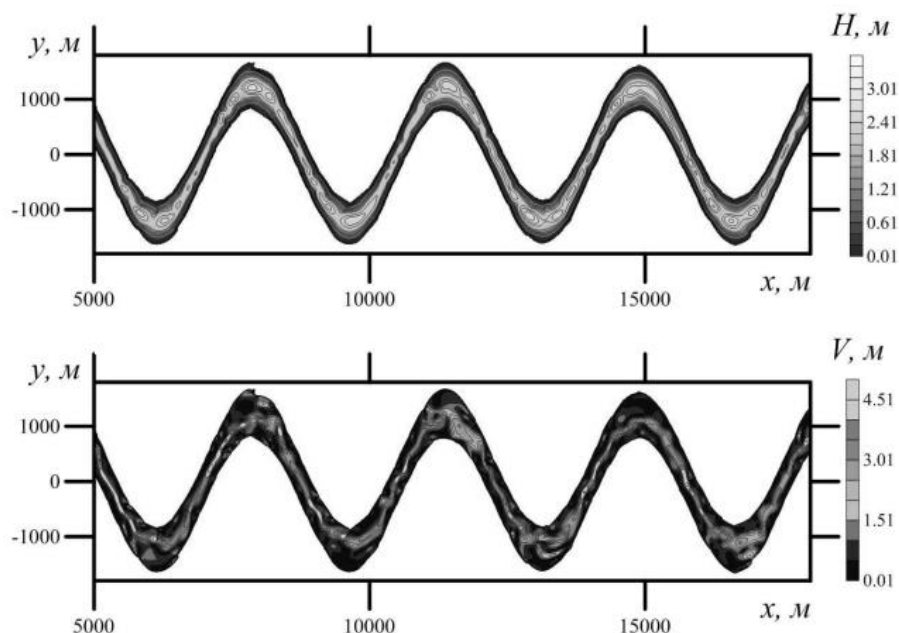


Рис. 2. Распределения: а) глубины извилистого участка; б) модуля скорости

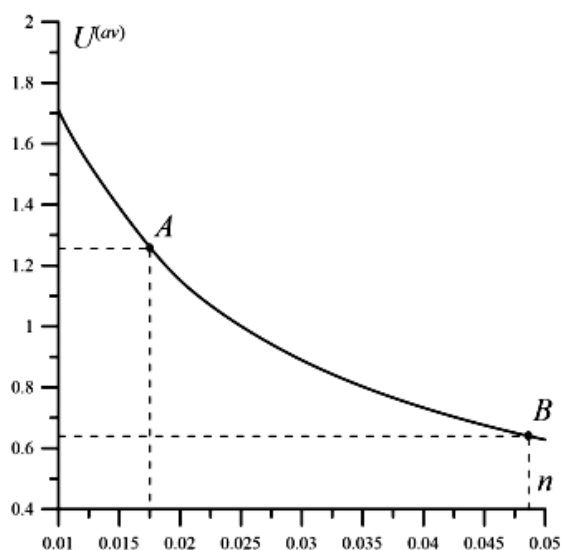


Рис. 3. Зависимость модуля средней скорости потока от коэффициента шероховатости в извилистом русле

Список литературы / References

1. Мазова П.Х., Пелиновский Е.Н. Диссипативная модель наката длинных волн на берег // Океанология, 1990. № 1 (30). С. 40-42.
2. Дьяконова Т.А. Математическое обеспечение для численного моделирования динамики поверхностных вод на неоднородном рельефе местности. Дисс. ... канд. тех. наук. Волгоград, 2018. 168 с.
3. Янушаускас А.И. Возбуждение волн подводными источниками переменной интенсивности // Наука, 1978. С. 100-110.
4. Войт С.С., Себекин Б.И. Некоторые гидродинамические модели неустановившихся волновых движений типа волн цунами // МГИ АН УССР, 1968. № 1. С. 137-145.
5. Дьяконова Т.А., Храпов С.С., Хоперсков А.В. Проблема граничных условий для уравнений мелкой воды // Вестник Удмуртского университета, 2016. № 3 (26). С. 401-417.