

УДК 502/504:551.435.125:556.536.3:551.556.8

С. С. ЭШЕВ, Н. К. МУРАДОВ

Каршинский инженерно-экономический институт, Республика Узбекистан

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ДОННЫХ РИФЕЛЕЙ БОЛЬШИХ ЗЕМЛЯНЫХ КАНАЛОВ В УСЛОВИЯХ ВОЛНОВОГО ПОТОКА

Предлагаются зависимости для расчета параметров донных рифелей больших земляных каналов в условиях волнового потока, полученные рядом исследователей на базе лабораторных и натурных данных. Приведено сопоставление экспериментальных данных с предлагаемыми зависимостями.

Донный рифель, наносы, ветровая волна.

There are proposed dependencies of parameters calculation of ripples of large earth canals under the conditions of wave current which were received by a number of researchers on the basis of laboratory and natural data. Comparison of the experimental data and proposed dependencies is given.

Ripple, sediments, wind wave.

Существование рифелей волнового генезиса, так же как и донных волн в условиях однонаправленных потоков, связано с транспортированием донных наносов. При этом рифели оказывают существенное влияние не только на транспорт наносов, но и на трансформацию поверхностных волн (значительно увеличивая потери их энергии), участвуют в формировании и перестройке волновых дрейфовых течений, от рифелей зависят течения вдоль береговой зоны открытых водотоков и водоемов. Кроме того, в крупных руслах рек и каналов под действием ветрового волнения в ряде случаев может отмечаться существенная перестройка донного рельефа, которая выражается как в возникновении необратимых деформаций (общих размывов русла, образовании пляжевых форм рельефа и областей с повышенной аккумуляцией наносов, деформации береговых откосов и т.д.), так и в трансформации уже имеющихся в русле грядовых форм рельефа. Поэтому исследование процесса формирования рифелей в стоячей воде и при наличии стационарных течений становится в наши дни все более значимым при решении различного рода задач прикладной гидравлики, в первую очередь при проектировании и эксплуатации крупных земляных каналов.

На современном этапе исследование формирования рифелей под действием волновых движений проводится в двух направлениях – теоретическом и экспериментальном.

Теоретическое исследование формирования донных образований в волновых потоках из-за нестационарности рассматриваемого процесса связано с большими математическими трудностями. Поэтому в ряде исследований предпринята попытка проведения аналогии механизмов формирования донных волн в однонаправленном и осциллирующем потоках. При этом в одних из них теоретический анализ ограничивается чисто качественными физическими соображениями с привлечением метода размерностей [1], в других – используются уравнения кинематики волнового потока с деформируемым дном [2]. Наиболее интересные результаты принадлежат моделям, в которых донные формы рассматриваются с позиции вихреобразования на их склонах [3]. Однако в большинстве случаев теоретические исследования приводят к результатам, которые находятся в недостаточно удовлетворительном соответствии с имеющимися лабораторными и натурными данными.

Лабораторные исследования Бэгнольда [4], положившие начало систематическому экспериментальному изучению

условий возникновения рифелей в волновом потоке, дали ряд важных результатов и наметили основные пути решения этой глобальной задачи. Дальнейшие экспериментальные работы целого ряда авторов расширили знания о природе и механизме возникновения периодических донных образований в осциллирующих потоках и показали основные факторы, определяющие морфометрические характеристики рифелей – высоту, длину и крутизну [5–10]. Однако анализ натуральных данных показал, что последние в ряде случаев не подчиняются эмпирическим зависимостям, полученным в лабораторных условиях [10]. Эта причина послужила поиску новых, физически обоснованных зависимостей, способных обобщить и привести в соответствие имеющиеся лабораторные и натурные данные.

С этой целью, используя аналогию между однонаправленным и волновым потоками, к которой, как уже говорилось ранее, прибегали в своих разработках некоторые исследователи, авторы ввели предположение о пропорциональности длины и высоты донных рифелей волнового генезиса толщине турбулентного нестационарного пограничного слоя. Это предположение связано с установленным фактом высокой степени корреляции между размерами русловых гряд и глубиной (однонаправленного течения в русле) потока [11].

В качестве исходного выражения для толщины нестационарного турбулентного пограничного слоя была выбрана зависимость Джонсона [9]:

$$\delta = 0,23 \frac{U_{*m}}{\omega} \quad (1)$$

Эта зависимость находится в соответствии с натурными данными (рис. 1) [12]. Здесь δ – толщина нестационарного турбулентного пограничного слоя; $\omega = 2\pi/\tau$; τ – период ветровых волн; U_{*m} – максимальная динамическая скорость в волновом потоке, которая рассчитывается по полученной авторами зависимости:

$$U_{*m} = 0,158 U_m \left(\frac{a_\delta}{K_S} \right)^{-0,154} ; 200 < \frac{a_\delta}{K_S} ;$$

$$U_{*m} = 0,229 U_m \left(\frac{a_\delta}{K_S} \right)^{-0,222} ; 25 < \frac{a_\delta}{K_S} \leq 200 ;$$

$$U_{*m} = 0,319 U_m \left(\frac{a_\delta}{K_S} \right)^{-0,325} ; 2,5 < \frac{a_\delta}{K_S} \leq 25 ;$$

$$U_{*m} = 0,373 U_m \left(\frac{a_\delta}{K_S} \right)^{-0,489} ; 0,4 < \left(\frac{a_\delta}{K_S} \right) \leq 2,5 ;$$

$$U_{*m} = 0,377 U_m \left(\frac{a_\delta}{K_S} \right) ; \frac{a_\delta}{K_S} \leq 0,4 ;$$

где $K_S = 2,5d_{cp}$; $a_\delta = U_m \tau / 2\pi$; $U_m = \frac{h_b \pi}{\tau sh \frac{2\pi h_{cp}}{\lambda}}$.

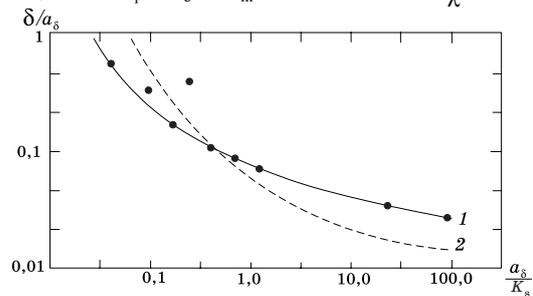


Рис. 1. Сопоставление эмпирической зависимости [12] и полуэмпирической связи Джонсона [9] для толщины нестационарного турбулентного пограничного слоя

Для проверки принятой гипотезы использовались лабораторные [1, 7] и натурные [6] данные (рис. 2, 3).

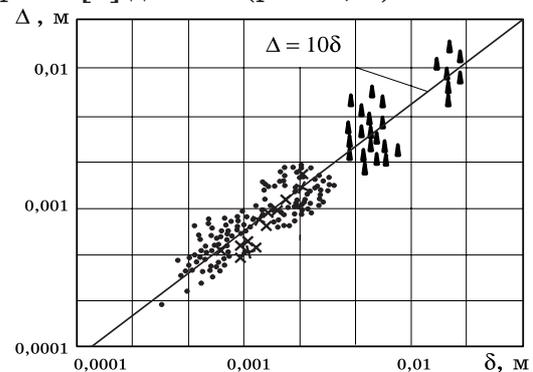


Рис. 2. Зависимость $\Delta = f(\delta)$: \blacktriangle – по Р. Д. Косьяну; \times – по В. И. Виноградовой [и др.]; \bullet – по Е. И. Масс

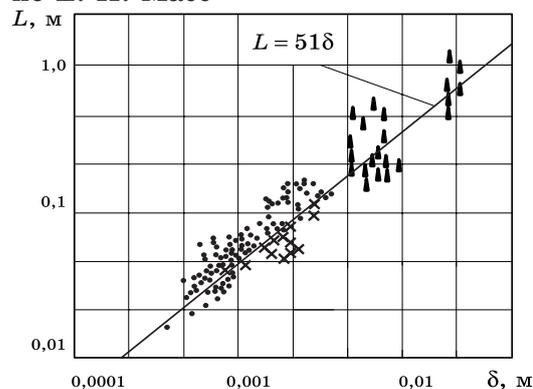


Рис. 3. Зависимость $L = f(\delta)$: \blacktriangle – по Р. Д. Косьяну; \times – по В. И. Виноградовой [и др.]; \bullet – по Е. И. Масс

В результате проведенного сопоставления получены эмпирические зависимости:
 $\Delta = 10\delta;$ (2)
 $L = 51\delta,$ (3)

где Δ и L – высота и длина донных рифелей.

Точность полученных зависимостей иллюстрируют рис. 4, 5 (где Δ_p, L_p – рассчитанные значения высоты и длины рифелей).

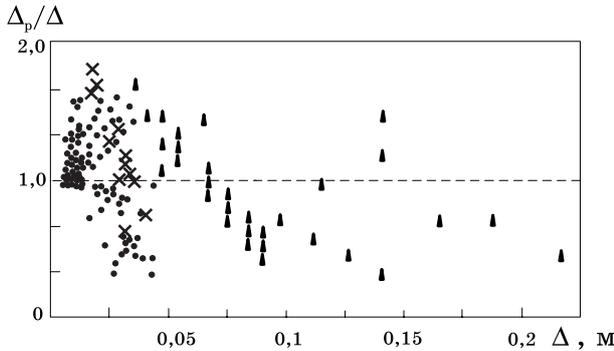


Рис. 4. Точность полученной зависимости (2)

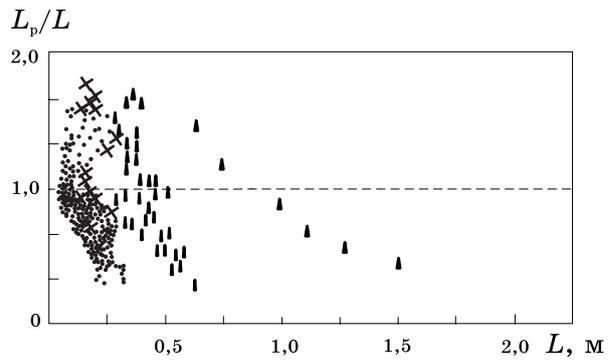


Рис. 5. Точность полученной зависимости (3)

Дополнительная проверка связей (2) и (3) проведена на основании анализа лабораторных данных (таблица [8]).

Из таблицы видно, что проведенное сопоставление данных, вычисленных по зависимостям (2) и (3), и лабораторных данных [8] показывает удовлетворительную точность полученных зависимостей.

Результаты опытных данных по исследованию донных рифелей

Величина	№ опыта							
	1	2	3	4	5	6	7	8
τ, c	1,4	1,4	1,4	1,4	2,0	2,0	2,0	2,0
h_b, m	0,157	0,153	0,151	0,154	0,165	0,165	0,168	0,168
λ, m	2,54	2,58	2,64	2,59	4,12	4,18	4,10	4,16
h_0, m	0,501	0,505	0,501	0,504	0,500	0,510	0,499	0,508
$U_m, m/c$	0,218	0,210	0,214	0,214	0,301	0,291	0,292	0,286
ω, c^{-1}	4,49	4,49	4,49	4,49	3,14	3,14	3,14	3,14
d, m	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
a_s/K_s	97,15	93,58	95,36	95,36	191,60	185,23	185,87	182,05
$U_{sm}, m/c$	0,0181	0,0176	0,0178	0,0178	0,0215	0,0209	0,0210	0,0206
Δ, m	0,00093	0,0009	0,0009	0,0009	0,00157	0,00153	0,00154	0,00151
L, m	0,065	0,065	0,065	0,064	0,108	0,102	0,106	0,103
Δ_p, m	0,011	0,010	0,010	0,010	0,015	0,016	0,015	0,016
L_p, m	0,047	0,046	0,047	0,047	0,080	0,078	0,078	0,077
Δ_p, m	0,0093	0,0090	0,0091	0,0091	0,0157	0,0153	0,0154	0,0151

Выводы

Для определения параметров донных рифелей в больших земляных каналах, работающих в условиях волнового потока, можно воспользоваться предложенными зависимостями (2) и (3).

1. Yalin M. S., Karahan E. On the geometry of ripples due to waves / Proc. 16th Coast. Eng. Conf. – Hamburg, 1978. – Vol 2. – N.Y., 1979. – P. 1776–1786.

2. Quick M. C. Wave – induced sand ripples // Can. J. Civ. Eng. – 1982. – № 2. – P. 285–295.

3. Fredsoe J., Broker I. Shape of oscillatory sand ripples // Prog. Rept. Inst. Hydrodun. And Hydraulic. Eng. Techn. Univ.

Dep. – 1983. – № 58. – 19–29.

4. Bagnold R. A. Motion of waves in shallow water: interaction between waves and sand bottom // Proc. Royal. Soc. London. – Vol. 187. – P. 1–15.

5. Виноградова В. И., Масс Е. Е., Салуквадзе Н. И. Транспорт наносов волнами: Труды Закавказского НИИГМИ. – Вып. 37(43). – 1970. – С. 17–28.

6. Косьян Р. Д. Результаты натурных исследований рифелей на песчаных побережьях / Деп. в ВИНТИ 4.04.85. – № 2319-85. – М., 1985. – 84 с.

7. Масс Е. И. Исследование неразрывающихся скоростей волнового потока для несвязных и связных грунтов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Тбилиси, 1968. – 27 с.

8. Inman D. L., Bowen A. J. Flume experiments on sand transport by waves and current // Proc. 8th conf. Coastal. Eng. – Mexico City, 1963. – Vol. 2. – P. 137–150.

9. Jonsson I. Wave boundare layers and frietion factors // Proc. 10th Conf. Coastal. Eng. – ASCE, 1967. – P. 75–123.

10. Nilsen P. Some basic concepts of wave sediment transport // Inst. of Hydrodyn and Hydraulic. Eng. Tech. Univ. Den. – Lyngby, 1979. – 160 p.

11. Сидорчук А. Ю., Михинов А. Е. Морфология и динамика руслового релье-

фа // Итоги науки и техники. – 1985. – Т. 5. – Серия «Гидрология суши». – 161 с.

12. Lambakos K. F. Seabed wave boundare layer measurements and analysis // J. Geophys. – 1982. – V. 87. – P. 4171–4189.

Материал поступил в редакцию 05.10.11.

Эшев Сабир Саматович, кандидат технических наук, доцент

Тел. 8 (99875) 203-70-00

E-mail: telnets@mail.ru

Мурадов Навруз Курбанович, аспирант

Тел. 8 (99875) 112-32-36

УДК 502/504:532.5

Д. М. ГРЕКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

РАСЧЕТ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В СТАБИЛИЗАТОРЕ ДАВЛЕНИЯ

Приведены различные математические модели стабилизаторов давления: линейная и нелинейная. В линейной модели стабилизатора давления рассмотрены свободные колебания жидкости и аперидическое движение жидкости, выполнен расчет движения жидкости в стабилизаторе.

Переходные процессы, стабилизаторы давления, пневмостабилизаторы, гидравлический удар, математическая модель.

There are given different mathematical models of pressure stabilizer: linear and non-linear. In the linear model of pressure stabilizer there are considered free liquid fluctuations and aperiodic liquid motion, calculation of liquid motion in the stabilizer is fulfilled.

Transitional processes, pressure stabilizers, pneumostabilizers, hydraulic impact, mathematical model.

В процессе проектирования и эксплуатации напорных систем водоподачи трубопроводов необходимо учитывать происходящие в них гидравлические переходные процессы. Резкие колебания давления могут привести к разрушению трубопроводов [1].

При гидравлических ударах возникают аварии, которые наносят существенный экономический и экологический ущерб, поэтому вопросы охраны природы с основами экологии в водохозяйственном строительстве весьма актуальны. Кроме того, воздействия волновых, вибрацион-

ных и ударных процессов на трубопровод приводят к многократному увеличению скорости коррозии и уменьшению срока его эксплуатации. Стабилизаторы давления являются эффективным и современным способом разрешения перечисленных проблем. Стабилизаторы предназначены для гашения пульсаций давления, вызванных изменением режима работы насосного агрегата или трубопроводной арматуры.

В настоящей статье рассмотрены линейная и нелинейная модели стабилизатора давления и выполнен расчет движения