

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 Бэг-нольда [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  $\delta$  – толщина нестационарного турбулентного пограничного слоя;  $\omega = 2\pi/\tau$ ;  $\tau$  – 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  $K_S = 2,5d_{cp}$ ;  $a_\delta = U_m \tau / 2\pi$ ;  $U_m = \frac{h_b \pi}{\tau sh \frac{2\pi h_{cp}}{\lambda}}$ .

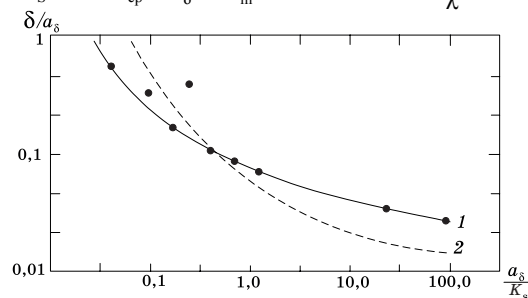


Рис. 1. Сопоставление эмпирической зависимости [12] и полуэмпирической связи Джонсона [9] для толщины нестационарного турбулентного пограничного слоя

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

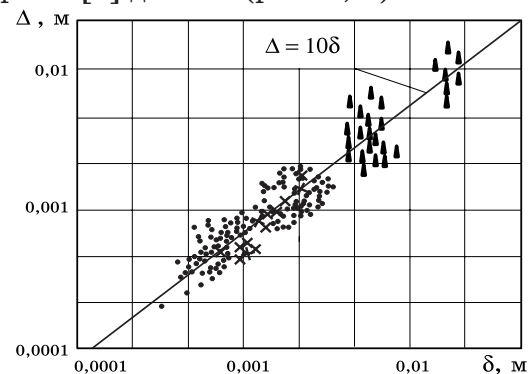


Рис. 2. Зависимость  $\Delta = f(\delta)$ :  $\blacktriangle$  – по Р. Д. Косьяну;  $\times$  – по В. И. Виноградовой [и др.];  $\bullet$  – по Е. И. Масс

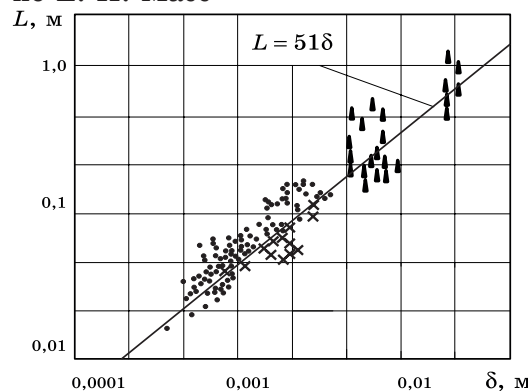


Рис. 3. Зависимость  $L = f(\delta)$ :  $\blacktriangle$  – по Р. Д. Косьяну;  $\times$  – по В. И. Виноградовой [и др.];  $\bullet$  – по Е. И. Масс

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

где  $\Delta$  и  $L$  – высота и длина донных рифелей.

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

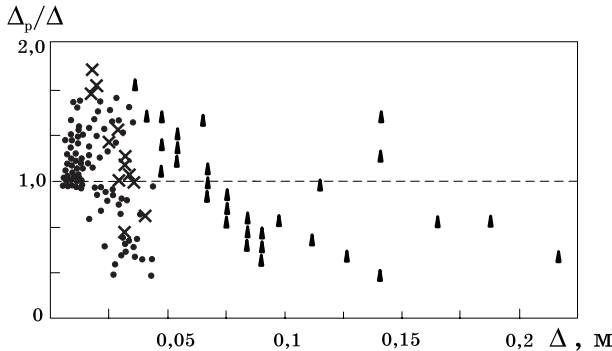


Рис. 4. Точность полученной зависимости (2)

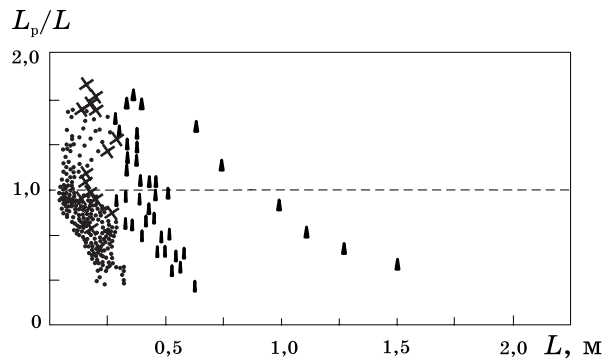


Рис. 5. Точность полученной зависимости (3)

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
$\tau, c$	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
$\lambda, m$	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
$\omega, c^{-1}$	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
$\Delta, m$	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
$\Delta_p, m$	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
$\Delta_p, m$	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. 16<sup>th</sup> 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 натуральных 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 аперриодическое 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