

UDC 532.5

Wave run up in Zones of Underwater Canyons *¹ Katline Koblev A. Julio² Konstantin N. Makarov¹ Sochi State University, Russia
26 a, Sovetskaya St., Sochi, 354000
PhD student

E-mail: anzor-the-black@yandex.ru

² Sochi State University
26 a, Sovetskaya St., Sochi, 354000, Russian Federation

Dr. (Hydraulic engineering), Professor

E-mail: ktk99@mail.ru

Abstract. The wave run up on coast and shore protection constructions in zones of underwater canyons is considered. The mathematical model of wave run up on the coast, considering distinctions in biases of underwater and surface parts of the coastal slope, allowing to receive setup parameters in zones of the underwater canyons, corresponding to data of supervision is offered.

Keywords: wave setup; waves breaking; waves reflection; underwater canyons; model calibration.

Введение. Существующие нормативные документы рекомендуют рассчитывать высоту наката волн на береговые откосы и пляжи в предположении, что уклоны надводной и подводной их частей одинаковы [1, 2].

Согласно [1] расчет наката волн на откосы рекомендуется выполнять по формуле:

$$h_{run} = k_r k_p k_{sp} k_{run} k_i k_a h_{1\%}, \quad (1)$$

где $h_{1\%}$ - высота волны 1% обеспеченности в системе перед откосом, k_r, k_p - коэффициенты шероховатости и проницаемости откоса, принимаемые по таблице, k_{sp} - коэффициент, зависящий от скорости ветра (дополнительная накачка энергии) и принимаемый по таблице, k_i - коэффициент обеспеченности по накату, k_a - коэффициент, принимаемый в зависимости от угла подхода волн к берегу, k_{run} - эмпирический коэффициент, зависящий от пологости волны и уклона откоса, он меняется от 0.15 для крутых волн и очень пологого откоса до 2.7 - для пологих волн при заложении откоса 1:2. Этот коэффициент учитывает, в том числе, отражение волн от откоса, что увеличивает высоту наката. В [1] для определения k_{run} приведен график, а в документе [2] его рекомендуется определять по формулам:

$$k_{run} = \frac{1.2}{ctg\phi} \sqrt{\frac{\lambda_d}{h_{d1\%}}} \quad \text{при } ctg\phi > 1.5, k_{run} \leq k_{run,p} = 2.7; \quad (2)$$

$$k_{run} = ctg\phi + 1.2 \quad \text{при } 1 \leq ctg\phi \leq 1.5,$$

где ϕ - угол наклона откоса к горизонту, λ_d - средняя длина волны на глубокой воде, $h_{d1\%}$ - высота волны 1% обеспеченности в системе на глубокой воде.

На реальные пляжи и сооружения на них накатываются фактически волны перемещения, образовавшиеся из колебательных волн в результате скачкообразного перехода при последнем обрушении. Причем зоной наката следует считать зону от последнего обрушения волны и ее перехода из волны колебательной в волну перемещения до границы ее наката на сухой берег.

Здесь следует также отметить, что в документе [3] особо отмечалась роль отражения волн в расчетах высоты наката волн на откосы и пляжи.

* Работа выполнена в рамках госбюджетной НИР № 7.3694.2011 Сочинского государственного университета.

Коэффициент отражения волн от береговых откосов согласно [3] определяется по формулам:

- для откосов круче 1:3.7

$$r = \frac{1}{h_{исх}} \sqrt{\frac{2\phi}{\pi}} \frac{\lambda}{\pi(1+m^2)} ; \quad (3)$$

- для откосов 1:3.7 и положе

$$r = \frac{1}{h_{исх}} \frac{\lambda}{4m^{5/2}} . \quad (4)$$

Здесь $r = h_{отр}/h_{исх}$ – коэффициент отражения волн от откоса, $h_{отр}$, $h_{исх}$ – высоты отраженной и исходной волн соответственно.

Рассмотрим далее накат волн на берег в зоне подводного каньона, схематично показанного на рисунке 1.

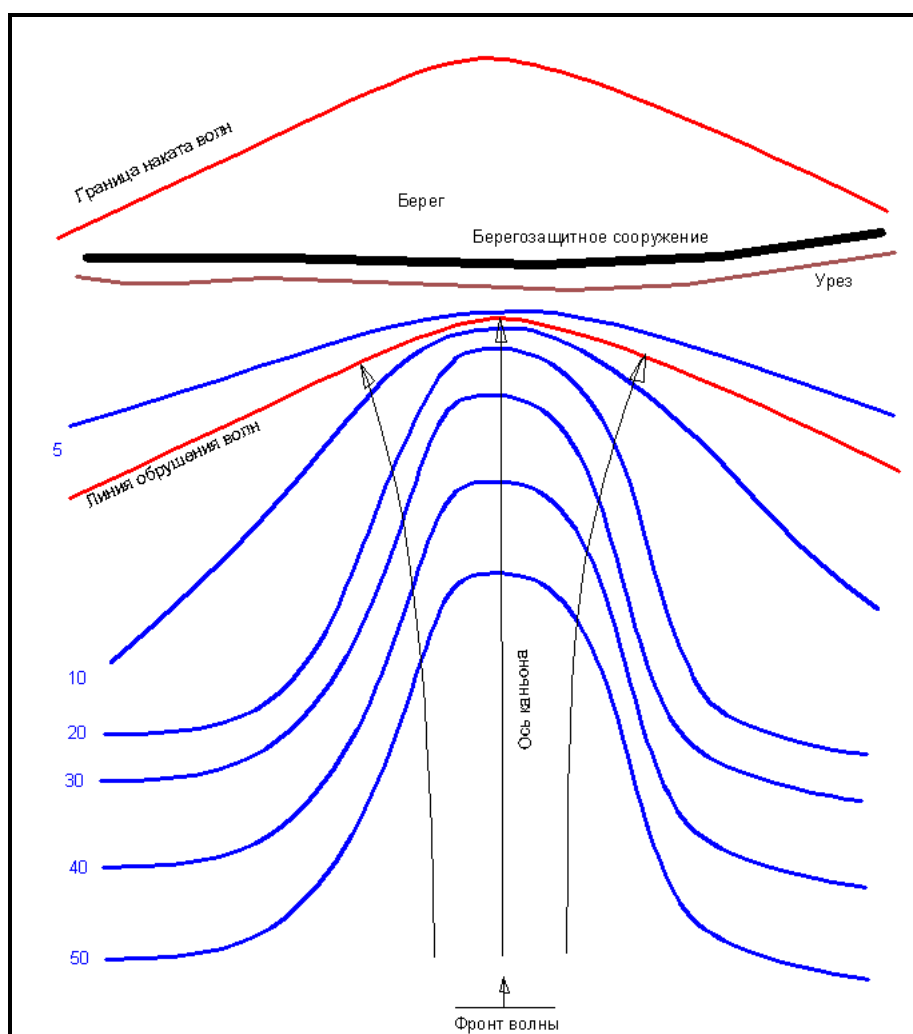


Рис. 1. Схема подводного каньона с направлениями волновых лучей, линией обрушения волн, границей их наката на берег при фронтальном подходе и берегозащитным сооружением

В случае распространения волнения с волновыми лучами, параллельными оси каньона, центральный луч пройдет вдоль оси каньона, и волна разрушится в непосредственной близости от берега. Таким образом, участок сооружения, расположенный против вершины каньона окажется практически в начале зоны наката волн, то есть гораздо ближе к линии обрушения, чем соседние участки.

Согласно [1, 4] волновые нагрузки на сооружения максимальны на линии обрушения волн и линейно убывают по мере удаления сооружения от нее. Следовательно, волновые нагрузки на участок сооружения, расположенный против вершины каньона, будут значительно выше, чем на соседних участках.

Это обстоятельство никак не учитывается в нормативных документах, что приводит к разрушениям береговых сооружений, располагающихся против подводных каньонов, поскольку их усиления по сравнению с соседними участками берегов обычно не предусматривается.

Именно это произошло, на наш взгляд, при проектировании и строительстве берегозащитного сооружения на побережье Имеретинской низменности в Адлерском районе г. Сочи. Здесь два участка сооружения располагаются против подводных каньонов Новый и Константиновский. На этих участках наблюдается мощное воздействие накатных волн на сооружение вплоть до его разрушения.

Всю зону наката обрушающихся волн можно разделить на подводную часть шириной $L_{н.под.} = d_{ст}/i_{под.}$, где $d_{ст}$ – глубина последнего обрушения волны, $i_{под.}$ – уклон подводной части берегового склона и надводную шириной $L_{н.над.} = h_{н}/i_{над.}$, где $h_{н}$ – высота наката волны на берег, $i_{над.}$ – уклон надводной части пляжа.

Определение высоты и длины наката обрушающихся волн на берег может быть выполнено на основе закона сохранения энергии прибойных волн.

Кинетическая энергия единицы массы воды в гребне разрушающейся волны определяется следующим образом:

$$E_k = \rho V^2/2, \quad (5)$$

где ρ - плотность воды, V - скорость частицы в гребне волны, равная

$V = (g(d_{ст} + h_{ст}))^{0.5}$, g – гравитационное ускорение, $d_{ст}$ – глубина обрушения, $h_{ст}$ – высота волны при обрушении.

Полагая для последнего обрушения $d_{ст} \approx h_{ст}$, получим $V = (2gh_{ст})^{0.5}$. Тогда $E_k = \rho gh_{ст}$.

При достижении частицей максимальной точки наката, она, израсходовав всю кинетическую энергию на преодоление сил турбулентной вязкости, тяжести и трения, поднимется на высоту наката $h_{н}$ над расчетным уровнем моря. При этом частица будет обладать потенциальной энергией $E_{п.} = \rho gh_{н}$.

Проходя приурезовую зону между линией обрушения и урезом воды (подводная часть берегового склона), частица потеряет на турбулизацию потока часть энергии

$$E_{турб} = \rho g k_{турб} h_{ст}/i_{под.}, \quad (6)$$

где $k_{турб}$ – линеаризованный (безразмерный) коэффициент турбулентной вязкости (Battjes, 1975), $k_{турб} = K_{эк}((5/16)i_{под.})^{1/3}(gd_{ст})^{0.5}T/\lambda_{ст}$, T – период расчетной волны, $\lambda_{ст}$ - длина волны на линии обрушения, $i_{под.}$ – уклон подводной части берегового склона, $K_{эк}$ – эмпирический калибровочный коэффициент, подлежащий определению по данным физического моделирования или натуральных наблюдений.

При подъеме на высоту $h_{н}$, по надводной части берегового откоса с уклоном $i_{над.}$, частица затратит на преодоление силы трения и проницаемость откоса энергию, равную

$$E_{трн} = \rho gh_{н}(1-k_r)(1-k_p)/i_{над.}, \quad (7)$$

где k_r , k_p – коэффициенты шероховатости и проницаемости надводного откоса пляжа, аналогичные коэффициентам в формуле (1) и определяемые по специальной таблице из [1]. Приравнявая кинетическую и потенциальную энергии, и учитывая потери на турбулизацию потока, трение о поверхность берегового склона, проницаемость откоса и отражение волн от него, получим:

$$\rho gh_{ст} = \rho gh_{н} + \rho g k_{турб} h_{ст}/i_{под.} + \rho g (1-k_r)(1-k_p)h_{н}/i_{над.}, \quad (8)$$

откуда

$$h_{н} = (1+r)h_{ст}(1 - (k_{турб}/i_{под.}))/((1-k_r)(1-k_p)/i_{над.}), \quad (9)$$

где r – коэффициент отражения, определяемый по формулам (3), (4).

Длина наката волны на надводную часть пляжа определяется по формуле:

$$L_{н} = h_{н}/i_{над.} \quad (10)$$

Разумеется, в выражение (9) могут быть дополнительно введены коэффициенты, учитывающие скорость ветра и угол подхода волн в соответствии с [1].

Заключение. Таким образом, разработана математическая модель для расчета наката волн на берега с учетом различных уклонов подводного и надводного участков

берегового склона, позволяющая более надежно рассчитывать параметры наката волн на берега и сооружения, расположенные в зонах подводных каньонов.

Примечания:

1. СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). М.: Минрегионразвития РФ, 2012.
2. Р 31.3.07–01. Указания по расчету нагрузок и воздействий от волн, судов и льда на морские гидротехнические сооружения. М., 2001.
3. ВСН 183–74. Технические указания по проектированию морских берегозащитных сооружений. М.: Минтрансстрой, 1975.
4. Проектирование морских берегозащитных сооружений. СП 32–103–97. М.: Трансстрой, 1998.

УДК 532.5

Накат волн в зонах подводных каньонов

¹ Катлине Коблев Анзор Хулио

² Константин Николаевич Макаров

¹ Сочинский государственный университет, Россия
354000, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Советская, 26 а
аспирант

E-mail: anzor-the-black@yandex.ru

² Сочинский государственный университет, Россия
354000, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Советская, 26 а
Доктор технических наук, профессор

E-mail: ktk99@mail.ru

Аннотация. Рассматривается накат волн на берега и берегозащитные сооружения в зонах подводных каньонов на примере побережья Имеретинской низменности в Адлерском районе г. Сочи. Предложена математическая модель наката волн на берега, учитывающая различия в уклонах подводной и надводной частей берегового склона, позволяющая получить параметры наката в зонах подводных каньонов, соответствующие данным наблюдений.

Ключевые слова: накат волн на берег; обрушение волн; отражение волн; подводные каньоны; калибровка модели.