

Защита акватории морских портов оградительными гидротехническими сооружениями неполного вертикального профиля

Синица Р. В., Осадчий В. С., Анисимов К. И.
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
Одесса, Украина

В статье представлены результаты проведенных экспериментов на физических моделях конструкций оградительных гидротехнических сооружений неполного вертикального профиля с целью определения параметров гашения волн при переливе через верхнее строение на защищаемую акваторию. Представлен метод определения расчетной величины гашения волн.

Защита акваторий портов, а также элементов береговой инфраструктуры морских городов, обеспечивается оградительными гидротехническими сооружениями (ОГТС), значительно уменьшающими волновое воздействие, тем самым повышающими безопасность причальных сооружений, морских судов и грузов.

В инженерной практике строительства оградительных и берегозащитных сооружений применяются сооружения неполного вертикального профиля, через гребень которых допускается частичный перелив волн с дальнейшим изменением их основных волновых параметров. Однако в нормативных документах многих стран по проектированию оградительных гидротехнических сооружений (ОГТС) [1] отсутствуют практические рекомендации, позволяющие определять величину гашения волн сооружениями такого типа.

В практике допустимые высоты волн на защищаемых акваториях морских портов регламентируются водоизмещением расчетного судна и способом его постановки к фронту волны исходя из возможности осуществления швартовых операций и обеспечения в момент контакта судна с отбойными устройствами причальных сооружений нормальных составляющих их скорости подхода. Допустимые высоты волн, ожидаемые на защищаемых участках городской инфраструктуры, регламентируются параметрами сохранения морских берегов и пляжного материала, недопущением затопления прибрежных территорий вследствие воздействия штормов редкой повторяемости.

Сотрудниками кафедры Гидротехнического строительства Одесской государственной академии строительства и архитектуры (ОГАСА) была выполнена научно-исследовательская работа [2] для обоснования строительства ОГТС неполного вертикального профиля с целью защиты прилегающей к акватории территории завода сельскохозяйственного машиностроения от воздействия штормовых волн. Проработано проектное решение по возведению

комплекса ОГТС, которые смогли бы препятствовать воздействию экстремальных волн на существующее берегозащитное сооружение.

В проекте рассматривалось создание ОГТС неполного вертикального профиля (рис. 1), расположенного на расстоянии 200 м от береговой линии на глубине $d = 4,0$ м. Вследствие ветрового нагона 1 %-ой обеспеченности глубина воды у сооружения может достигать $d = 5,0$ м. По построенным лучам рефракции и трансформации волн от воздействия ветров южных и юго-восточных направлений были определены значения высот волн расчетной обеспеченности в месте расположения проектируемого сооружения. Высота волны на глубине $d = 4,0$ м составит $h = 2,4$ м с длиной, равной $\lambda = 24,5$ м. При волновом нагоне 1 %-ой обеспеченности высота волны составит $h = 2,55$ м, а длина волны $\lambda = 30,0$ м. Проведенными расчетами было установлено, что максимальная высоты волны 1 %-ой обеспеченности на защищаемой акватории не должна превышать $h = 1,5$ м во избежание затопления территории завода.

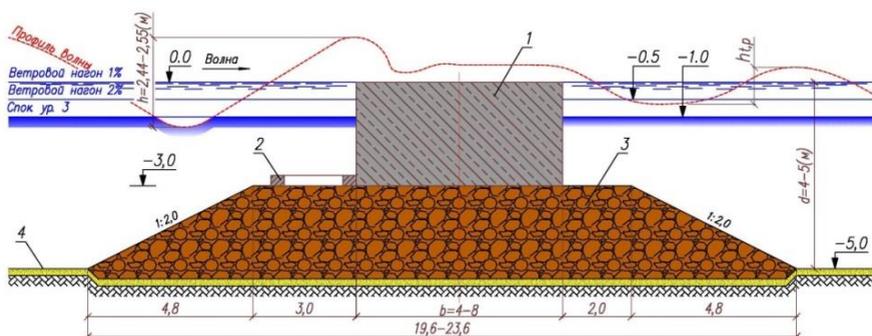


Рис. 1. Поперечный разрез конструкции ОГТС неполного вертикального профиля:

- 1 – бетонный массив, 2 – берменный массив (щелевая плита),
3 – каменная постель

Экспериментальные исследования были проведены в гидроволновой лаборатории кафедры Гидротехнического строительства ОГАСА на физических моделях конструкций ОГТС неполного вертикального профиля в геометрическом масштабе 1:15 (рис. 2).

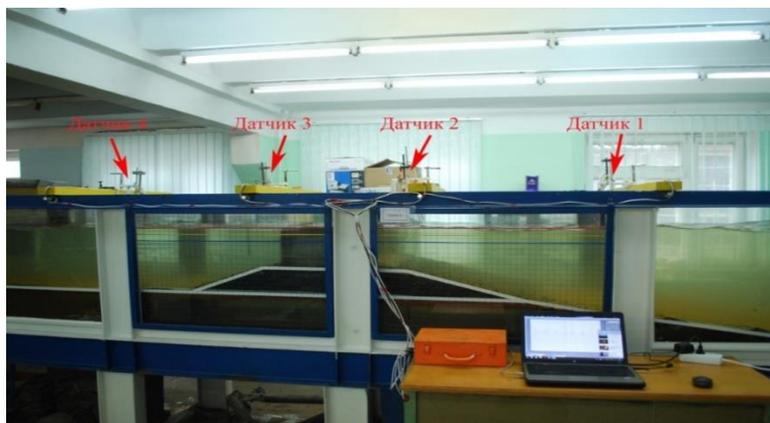


Рис. 2. Модель оградительного сооружения неполного вертикального профиля в волновом лотке

Задача исследований заключалась в определении параметров волн в четырех участках экспериментального лотка: перед сооружением неполного вертикального профиля на расстоянии двух длин волн от щитового волнопродуктора (датчик 1), над каменной постелью ОГТС непосредственно перед бетонным массивом (датчик 2), за ОГТС (датчик 3) и на защищаемой акватории (датчик 4).

Запись волнограмм в процессе волногашения велась с помощью четырех датчиков, что позволяло производить наблюдение одного процесса в четырех различных местах гидроволнового лотка одновременно. Подробное описание и устройство применяемой измерительной аппаратуры дано в статье [4]. Датчики были подключены к АЦП Е-14-140М (1Т189948) и в дальнейшем к компьютеру, в котором при помощи программы LGraph 2 (версия 2.34.60) аналоговый сигнал преобразовывался в цифровой.

Влияние сил трения, капиллярности и упругости при образовании поверхностных гравитационных волн незначительно, поэтому в эксперименте не учитывалось. Это позволило при моделировании взаимодействия гравитационных волн с оградительным сооружением производить пересчет полученных опытных результатов в натуру в соответствии с законами механического подобия и, в частности, законом гравитационного подобия Фруда [3].

Для определения величины гашения волн бетонным массивом ОГТС неполного вертикального профиля при переливе волн через гребень были установлены факторы его влияния [5], а также уровни их варьирования, представленные в таблице.

Факторы и уровни их варьирования опытов

	Исследуемые факторы	Уровни варьирования			Интервал варьирования
		-1	0	+1	
X_1	Высота волны h_i , м	0,6	1,8	3,0	1,2
X_2	Возвышение гребня сооружения ΔH , м	0	0,5	1,0	0,5
X_3	Ширина гребня B , м	4,0	6,0	8,0	2,0

Под влиянием исследуемых факторов рассчитана многофакторная модель изменения параметров гашения волн с использованием типовой версии программы «СТАТИСТИКА».

В результате реализации эксперимента было получено уравнение регрессии для определения высоты волны на защищенной акватории:

$$h_r = 0,717 + 0,510 \cdot X_1 - 0,235 \cdot X_2 - 0,140 \cdot X_3 - 0,180 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,110 \cdot X_1 \cdot X_3 \quad (1)$$

После замены значений X_1, X_2, X_3 и проведения математического упрощения формула (1) может быть представлена в виде

$$h_r = 3 \cdot h_i \cdot h_b + 0,07 \cdot \Delta H + 0,013 \cdot b - 0,165 \quad (2)$$

где h_i – исходная высота волны, м; ΔH – возвышение верхнего строения оградительного сооружения над спокойным уровнем моря, м; b – ширина верхнего строения оградительного сооружения, м; h_b – вспомогательный коэффициент, определяемый в соответствии с формулой (3).

$$h_b = (0,3 - 0,1 \cdot \Delta H - 0,01 \cdot b) \quad (3)$$

По результатам проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

- применение конструкций ОГТС неполного вертикального профиля для защиты акваторий морских портов и элементов городской инфраструктуры является перспективным и инвестиционно привлекательным;
- занижение отметки верхнего строения оградительных сооружений позволит снизить финансовые затраты при строительстве новых конструкций оградительных сооружений;
- перелив гребней волн через верхнее строение оградительных сооружений не приведет к аварийным ситуациям на защищаемых акваториях;
- полученная эмпирическая зависимость может быть применима в инженерной практике при определении величины гашения волн ОГТС неполного вертикального профиля.

Литература

1. Строительные нормы и правила СНиП 2.06.04 – 82* Нагрузки и

воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов): введен 1 января 1986 г. / Госстрой СССР–М: 1986. – 85 с. – (офиц. текст).

2. Научно-исследовательская работа «Расчетное обоснование и проектирование конструкций гидротехнических сооружений для защиты от затопления морскими волнами территории завода по адресу: г. Одесса, ул. Черноморского Казачества, 72.», ОГАСА, Одесса: 2016. – 138 с.

3. Седов, Л. И. Методы подобия и размерности в механике / Л. И. Седов. – М: «Наука», 1977. – С. 113-162.

4. Столяров, Л. С. Определение параметров волн в лабораторных условиях при помощи современной измерительной аппаратуры /Л. С. Столяров, А. В. Чернецкий, Р. В. Сеница. Вестник ОГАСА, вып. 73. – Одесса, 2018. – С. 127–134.

5. Любченко, Е. А. Планирование и организация эксперимента. Часть 1 / Е. А. Любченко, О. А. Чуднова. – Владивосток: изд-во ТГЭУ, 2010. – 148 с.

УДК 626/627

Учет пространственного эффекта при статических расчетах устойчивости грунтовых откосов

Великий Д. И., Слободянюк В. П., Осадчий В. С., Дмитриев С. В.
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
Одесса, Украина

Проблемы устойчивости грунтовых откосов и развитие оползневых процессов, в том числе Черноморского побережья, представляют существенную опасность для населения и существующих зданий и сооружений. При расчетах устойчивости склонов отмечается различие в расчетных значениях коэффициентов устойчивости в двух- и трехмерной постановках задач. Анализ проведенных исследований указывает на необходимость учета влияния топографических условий всего склона при его расчете по плоским схемам в пределах назначенных створов.

Задача обеспечения устойчивости грунтовых массивов возникает при проектировании сооружений гидротехнического, промышленного, гражданского, транспортного и других назначений. В качестве грунтовых массивов рассматриваются откосы насыпей и выемок, естественные склоны при их хозяйственном использовании. Вследствие освоения территорий, которые раньше считались опасными и не предназначенными под строительство, все чаще приходится возводить здания и сооружения на грунтовых откосах и неустойчивых склонах.