

УНИВЕРСАЛЬНОЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СООРУЖЕНИЕ

Рогачко С.И., д.т.н., профессор,
Слободяник А.В., магистр,
Казмирук О.В., магистр,
Одесский национальный морской университет
anna-slobodyanik@yandex.ru

Аннотация. В настоящее время защита берегов лиманов, рек и морей, особенно в местах расположения различных сооружений в непосредственной близости от воды является актуальной проблемой. В статье рассмотрена новая конструкция берегозащитного сооружения смешанного типа для защиты берегов и создания дополнительных территорий в прибрежной зоне морей, озер, водохранилищ и лиманов, а также искусственных островов, например, для обустройства морских месторождений углеводородов. Выполнен сравнительный анализ силового воздействия волн и дрейфующих ровных ледяных полей на представленную конструкцию при различных глубинах воды.

Ключевые слова: берегозащитное сооружение, лицевая плита, опорная рама, свая, внешние нагрузки.

УНІВЕРСАЛЬНА ГІДРОТЕХНІЧНА СПОРУДА

Рогачко С. І., д.т.н., професор,
Слободяник А. В., магістр,
Казмірук О. В., магістр,
Одеський національний морський університет
anna-slobodyanik@yandex.ru

Анотація. В даний час захист берегів лиманів, річок і морів, особливо в місцях розташування різних споруд в безпосередній близькості від води є актуальною проблемою. У статті розглянута нова конструкція берегозахисної споруди змішаного типу для захисту берегів і створення додаткових територій у прибережній зоні морів, озер, водосховищ і лиманів, а також штучних островів, наприклад, для облаштування морських родовищ вуглеводнів. Виконано порівняльний аналіз силового впливу хвиль і дрейфуючих рівних крижаних полів на представлену конструкцію при різних глибинах води.

Ключові слова: берегозахисна споруда, лицьова плита, опорна рама, паля, зовнішні навантаження.

UNIVERSAL HYDRAULIC STRUCTURE

Rogachko S. I., Doctor of Engineering, Professor,
Slobodyanik A.V., master,
Kazmiruk O.V. master
Odessa National Maritime University
anna-slobodyanik@yandex.ru

Abstract. Currently the coast protection of estuaries, rivers and seas, especially in the locations of various structures in close proximity to water is an important issue. So, in some cases, not only the architectural monuments (for example, Belgorod-Dnestrovskiy fortress) were in

danger, but also a number of settlements in the Odessa region on the whole. In shallow areas of the waters of ports of Ukraine coast protection structures were used without the protection of port areas. Many of them are in emergency condition. For this reason, there is an urgent need to develop new constructive solutions to coast protection structures able to withstand the force effect of wind waves and drifting ice formations. This article describes a new design of the coast-protecting structure of mixed type for protecting the coast and creating additional territories in the coastal zone of seas, lakes, reservoirs and estuaries, as well as artificial islands, for example, for offshore hydrocarbon deposits. In accordance with the recommendations of the normative documents a comparative analysis of power effects of waves and drifting ice in the presented design with different depths of water is carried out.

Keywords: coast protection construction, face plate, support frame, pile, external loads.

Введение. В Украине общая протяженность морских и речных берегов измеряется тысячами километров. Так исторически сложилось, что на многих из них расположено множество населенных пунктов, начиная с небольших сел и заканчивая большими городами. Силовое воздействие водной среды в виде ветровых волн, течений и дрейфующих ледовых образований на берега всегда было разрушительным, особенно при резких повышениях уровней воды. По этой причине защита берегов озер, рек, водохранилищ и морей в нашей стране является весьма актуальной проблемой.

Анализ проблемы. Строительство, каких бы то ни было сооружений в непосредственной близости от воды, является прямым вмешательством в природу, которое порождает различные проблемы. Так наличие частного сектора на берегах связано с интенсивным поливом растений и деревьев на приусадебных участках, особенно в южных регионах страны. В силу перепада между отметками таких территорий и уровнем водоемов поливная вода вместе с частью атмосферных осадков насыщает береговые склоны, изменяя физико-механические характеристики грунтов, из которых они сложены. Ливневые потоки воды производят смыв мелких частиц поверхностного слоя грунтов и вызывают также эрозию отвесных частей склонов. Часть мелкозернистых слоев грунта, обращенных к водоемам, которая не защищена растительностью, частично подвергается и ветровой эрозии. Таким образом, процесс разрушения побережий происходит постоянно с двух сторон от уреза воды.

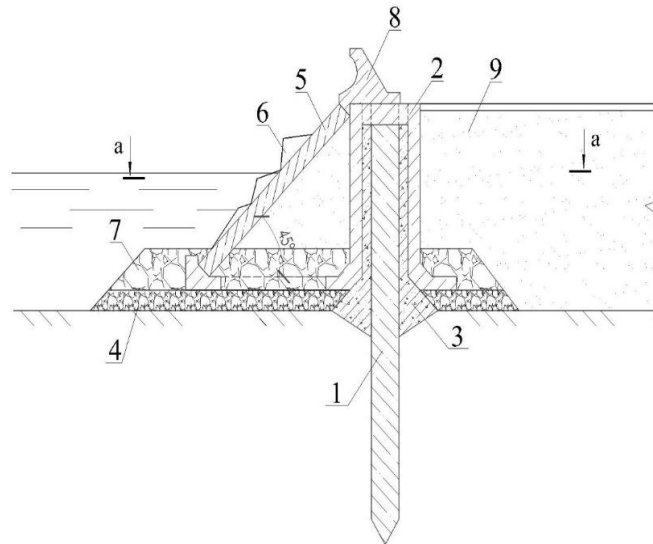
Цель и задачи исследования. Противостоять разрушениям берегов водоемов с целью сохранения построенных ранее, как одиночных объектов, так и населенных пунктов, возможно с помощью целого ряда специальных технических мероприятий. К простейшим из них относится отвод ливневых и грунтовых вод, насыщающих отвесные береговые склоны. К более дорогостоящим мерам можно отнести строительство берегозащитных сооружений, которые бы остановили наступление акваторий водоемов различных типов на берега. Остановки разрушительных процессов и стабилизации берегов можно достичь путем строительства новых типов берегозащитных сооружений. Их конструкции должны не только успешно противостоять силовому воздействию природных факторов, но и способствовать наступлению суши в сторону акваторий.

Научные результаты. Результатом данной работы является конструктивное решение, защищенное патентом Украины на полезную модель [1] (рис. 1).

Берегозащитное сооружение состоит из свай 1, расположенных с определенным шагом, опорных рам 2, которые установлены на каменную наброску 4 и омоноличены со сваями 1 бетоном 3, лицевых плит 5 с ледоразрушающими полупирамидальными элементами 6, которые крепятся к опорной раме 2, каменной наброски 7, волноотбойной стенки 8 и обратной песчаной засыпки 9.

Данную конструкцию можно также реализовать и с вертикальными плитами (рис. 2) при использовании в качестве берегоукрепительного сооружения или мелководных набережных в стесненных городских условиях.

а)



б)

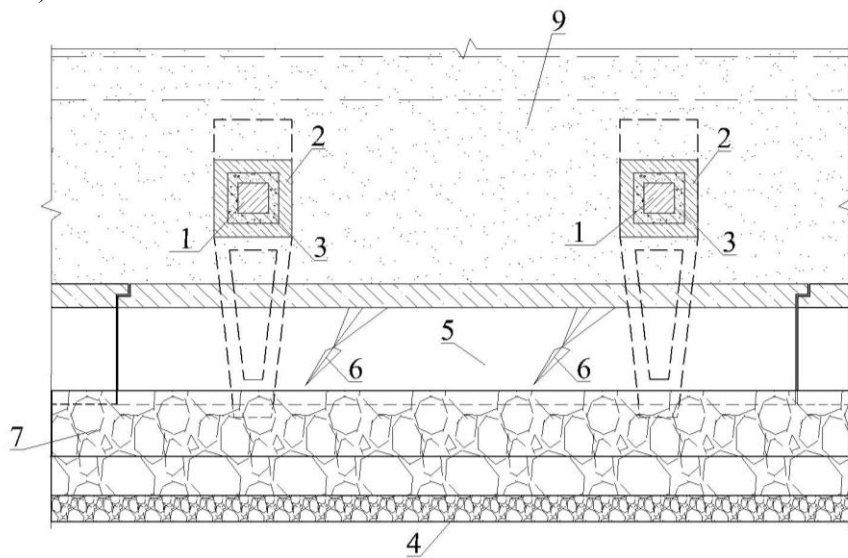


Рис. 1. Берегозащитное сооружение с наклонной лицевой плитой:
а – поперечный разрез сооружения; б – разрез а-а

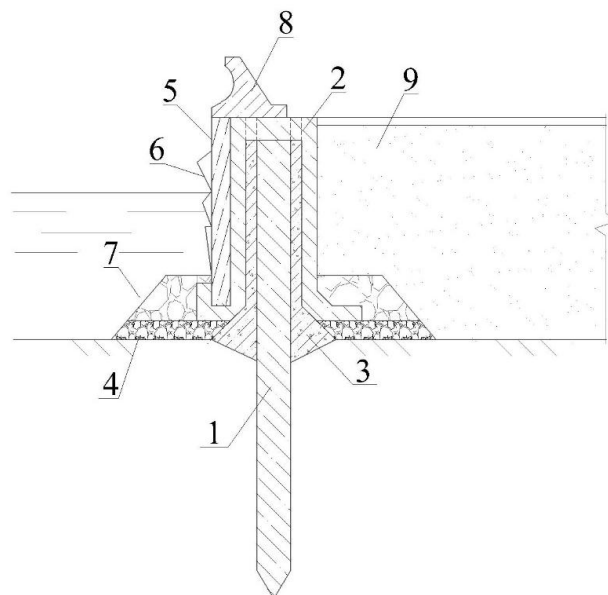


Рис. 2. Берегозащитное сооружение с вертикальной плитой

В безледные периоды лицевые плиты будут воспринимать волновые нагрузки при воздействии штормов. Наклонные лицевые плиты будут уменьшать высоту наката штормовых волн. Ледоразрушающие полупирамидальные элементы прерывистого типа, расположенные на лицевой поверхности плиты с определенным шагом, будут способствовать рассеиванию волновой энергии [2, 3]. Благодаря волноотбойной стенке заплески волн будут отбрасываться в сторону моря, что будет способствовать частичному гашению волновой энергии при воздействии волн на сооружение, предотвращать вымывание грунта за стенкой и препятствовать брызговому обледенению защищаемой территории.

В зимние периоды при силовом воздействии ровных ледяных полей их разрушение будет происходить благодаря ледоразрушающим полупирамидальным конструктивным элементам прерывистого типа не только по линии параллельной сооружению, а также по линии перпендикулярной к берегу между ними. Ледоразрушающие элементы будут способствовать возникновению в точках контакта с ровными ледяными полями концентрации напряжений, вызывающих возникновение трещин и уменьшение локального давления льда. Ледовые поля будут разрушаться за счет изгиба льда при наползании на наклонную поверхность стенки. При этом перед сооружениями будет образовываться буферная зона из обломков льда. Все это будет способствовать уменьшению глобальной ледовой нагрузки на сооружение. Монолитная волноотбойная стенка будет препятствовать наползанию льда на защищаемую территорию.

Каменный банкет будет предотвращать размыв грунта основания у сооружения течениями и ветровыми волнами, а при вертикальном расположении плиты и от работы винтов судов. Также каменный банкет будет защищать рамы, лицевые плиты и сваи от истирания наносами. Кроме того, нижний слой каменного банкета будет выполнять роль контрфильтра, который предотвратит вымывание мелких частиц грунта обратной засыпки.

Оценку силового воздействия волн с наклонными стенками следует производить с учетом угла наклона β передней грани к горизонту. В случаях возведения берегозащитной стенки в мелководной зоне, наклонные лицевые плиты с ледоразрушающими элементами предотвратят образование перед ней стоячих волн.

При воздействии волновой и ледовой нагрузок на сооружение с наклонной лицевой плитой, нагрузки будут раскладываться на две составляющие – горизонтальную и вертикальную. Вертикальная составляющая нагрузки будет способствовать устойчивости сооружения.

С целью сравнения волнового давления на наклонную и вертикальную стенки были выполнены расчеты от разбивающихся и прибойных волн по [4] при различных глубинах, а также определены опрокидывающие моменты (табл. 1). Эпюры волнового давления на сооружения представлены на рис. 3, 4.

Таблица 1 – Нагрузки от волн на берегозащитные стенки

Нагрузки	Вертикальная стенка при глубине			Наклонная стенка $\beta=45^\circ$ при глубине		
	d =6м	d =4м	d =2м	d =6м	d =4м	d =2м
$P_x, \text{кН}$	405,0	206,0	73,4	376,8	180,8	64,3
$P_z, \text{кН}$	-153,5	-77,4	-53,5	223,3	103,0	10,8
$M_{\text{опр}}, \text{кНм}$	2786,0	965,8	276,2	774,5	169,4	80,2

Анализ расчетных данных показал, что при угле наклона лицевой стенки к горизонту 45° горизонтальная составляющая равнодействующей линейной нагрузки от разбивающихся волн уменьшается на 12%, опрокидывающие моменты относительно подошвы сооружения уменьшаются на 82% по сравнению с вертикальной стенкой. При действии на сооружение прибойных волн горизонтальная составляющая уменьшается на 7%, а опрокидывающие моменты уменьшаются на 72 %.

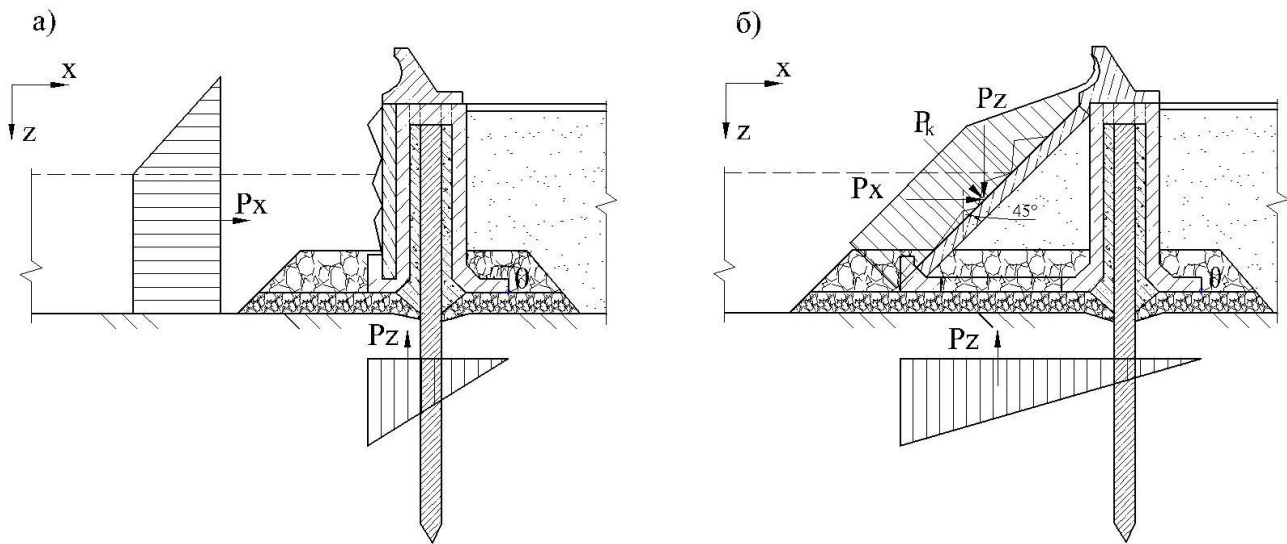


Рис. 3. Эпюры волнового давления на стенку от разбивающихся волн:
 а – эпюры волнового давления на вертикальную стенку
 б – эпюры волнового давления на наклонную стенку

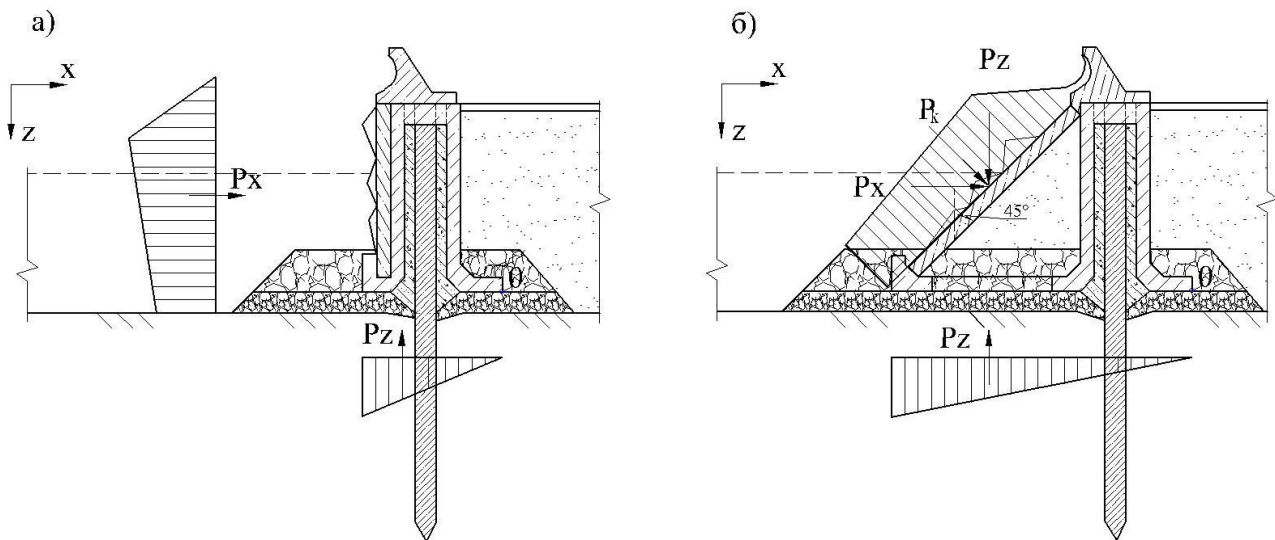


Рис. 4. Эпюры волнового давления на стенку от прибойных волн:
 а – эпюры волнового давления на вертикальную стенку
 б – эпюры волнового давления на наклонную стенку

В настоящей работе также были выполнены расчеты по определению ледовых нагрузок на вертикальную и наклонную стенку от воздействия ровных ледяных полей в соответствии с рекомендациями действующих норм [4] (рис. 5).

В таблицу 2 сведены значения вертикальной и горизонтальной составляющих нагрузок от движущегося ледяного поля при толщине льда $h_d=0,5$ м для вертикальной и наклонной стенок на 1 п.м длины сооружения.

Из анализа результатов расчета следует, что при угле наклона стенки к горизонту 45° нагрузка от движущегося ледяного поля на нее в 10 раз меньше, чем на вертикальную стенку. Опрокидывающие моменты также значительно уменьшаются.

Внешние нагрузки и собственный вес конструкции будет передаваться на грунт через сваи, благодаря чему такая конструкция мало чувствительна к осадкам основания и подмывам. Такие сооружения могут успешно применяться на слабых размываемых грунтах основания, при больших вертикальных и горизонтальных нагрузках.

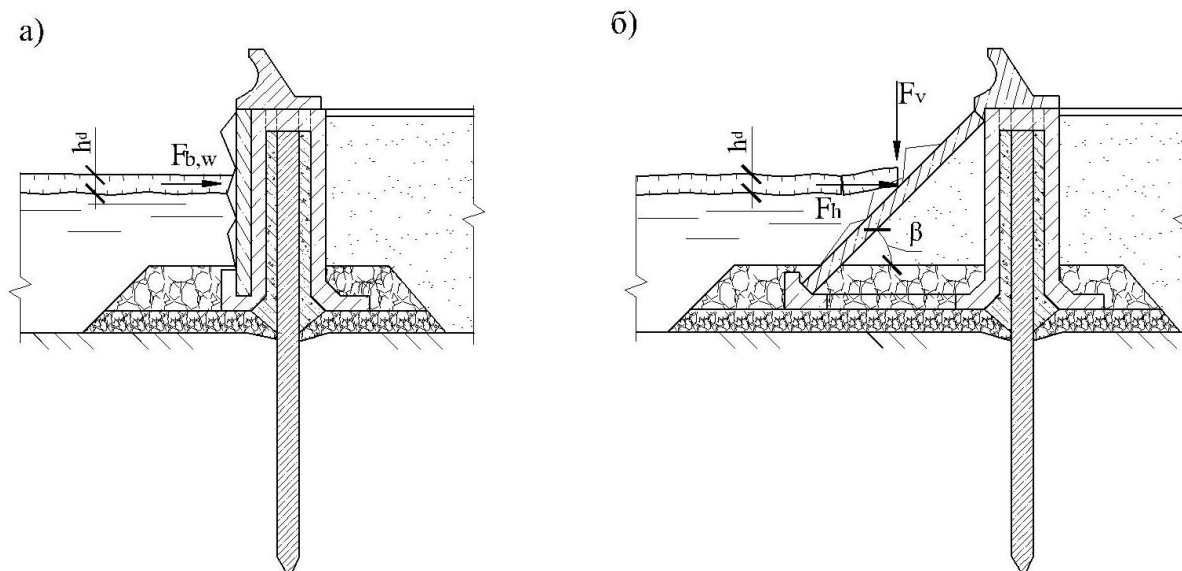


Рис. 5. Схемы приложения нагрузки от движущегося ледяного поля:

а – нагрузка на вертикальную стенку

б – нагрузка на наклонную стенку

Таблица 2 – Нагрузки от льда на берегозащитные стенки

Нагрузки	Вертикальная стенка при глубине			Наклонная стенка при глубине					
				$\beta = 45^\circ$			$\beta = 60^\circ$		
	d = 6м	d = 4м	d = 2м	d = 6м	d = 4м	d = 2м	d = 6м	d = 4м	d = 2м
F_h , кН ($F_{b,w}$, кН)		-		40			70		
F_v , кН		400		-			-		
		-		40			40		
$M_{опр.}$, кНм	2280	1480	680	92	28	-44,8	279	155	22

Вывод. Берегозащитное сооружение такого типа можно использовать для создания дополнительных территорий в прибрежной зоне морей, озер, водохранилищ и лиманов, а также при возведении искусственных островов для обустройства морских месторождений углеводородов на мелководных участках континентального шельфа.

Литература

1. Патент на корисну модель № 113315. Україна. МПК(2006.01) E02В 3/04. Берегозахисна споруда / Рогачко С.І., Слободяник Г.В.; винахідники та власники Рогачко С.І., Слободяник Г.В.; заявл. 29.06.2016; опубл. 25.01.2017, Бюл. №2. – 4с.
2. Патент на корисну модель №42602, Україна. МПК(2009) E02В 3/00. Універсальна берегозахисна споруда / Рогачко С.І., Анісімов К.І, Синиця Р.В.; власник Рогачко С.І. – u200901751; заявл. 27.02.2009; опубл. 10.07.2009, Бюл. №13. – 6с.
3. Патент на винахід №92099, Україна. МПК(2009) E02В 3/04, E02В 3/06. Універсальна берегозахисна споруда / Рогачко С.І., Анісімов К.І, Синиця Р.В.; власник Рогачко С.І. – a200901752; заявл. 27.02.2009; опубл. 27.09.2010, Бюл. №18. – 6с.
4. СНиП 2.06.04-82*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). – Взамен СНиП II-57-75: введ. 01-01-1984. – М., 1995. – 76 с.

Стаття надійшла 4.05.2017