

**INVESTIGATION OF CHANGES IN THE STRESS-STRAIN STATE OF
A BERTHING STRUCTURE MADE OF CAISSON BERTH DURING
THE CONVERSION OF THE BERTH**

Bozhenko Z.M.¹, Chernobrivets V.O.², Kostin I.V.³ (Russian Federation)

¹Bozhenko Zakhar Mikhailovich – Student;

²Chernobrivets Vladislav Olegovich – Student;

³Kostin Igor Vladimirovich - Associate Professor,

*DEPARTMENT OF WATERWAYS, PORTS AND HYDRAULIC STRUCTURES,
ACADEMY OF WATER TRANSPORT*

RUSSIAN UNIVERSITY OF TRANSPORT (MIIT), MOSCOW

***Abstract:** the article analyzes changes in the stress-strain state of berthing structures made of caisson berth, with changes in the category of regulatory loads, other things being equal.*

***Keywords:** caisson berth, stress-strain state.*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИЧАЛЬНОГО
СООРУЖЕНИЯ ИЗ МАССИВОВ-ГИГАНТОВ ПРИ
ПЕРЕПРОФИЛИРОВАНИИ ПРИЧАЛА**

**Боженко З.М.¹, Чернобривец В.О.², Костин И.В.³ (Российская
Федерация)**

¹Боженко Захар Михайлович – студент,

²Чернобривец Владислав Олегович – студент,

³Костин Игорь Владимирович – доцент,

*кафедра водных путей, портов и гидротехнических сооружений,
Академия водного транспорта*

Российский университет транспорта (МИИТ),

г. Москва

***Аннотация:** в статье анализируются изменения напряженно-деформированного состояния причальной конструкций из массивов-гигантов, при изменении категории нормативных нагрузок при прочих равных.*

***Ключевые слова:** массив-гигант, напряженно-деформированное состояние.*

В настоящее время портовое хозяйство Российской Федерации насчитывает 184 порта. В нашей стране эксплуатируются 67 морских и 117 речных портов.

Значительная часть существующих портов была построена или реконструирована в 60-80-е годы прошлого столетия. Таким образом срок службы многих портовых сооружений достигает 50 и более лет. В связи с этим в настоящее время остро стоит проблема реконструкции и ремонта существующих сооружений, которые за длительный период их эксплуатации претерпели как физический, так и моральный износ. Особое место среди портовых гидротехнических сооружений безусловно занимают причалы, играющие важнейшую роль в обеспечении грузо- и пассажирооборота российских портов. Так же стоит упомянуть, что в период с 2007 по 2020 годы мощность российских морских портов выросла в 2 раза и продолжает расти.

Учитывая факты, изложенные выше, можно утверждать, что России требуется провести большой объем работ по ремонту и реконструкции существующих портов, их сооружений, а также расширение портов и наращивание их мощностей. Одним из путей наращивания мощностей является перепрофилирование существующих причальных сооружений путем установки на них современного более мощного перегрузочного оборудования, переориентирования причалов для приема судов новых типов и т. д. При этом часто процесс перепрофилирования причала приводит к изменению категории действующих на него нормативных эксплуатационных нагрузок, которые определяются согласно требованиям СП 350.1326000.2018 «Нормы технологического проектирования морских портов» [8].

В связи с этим представляет интерес исследование изменения напряженно-деформированного состояния причального сооружения в случае его перепрофилирования, что и рассматривается в данной статье.

Целью работы является проведение численного исследования изменения характера внутренних усилий в элементах причального сооружения при замене действующих на него эксплуатационных нагрузок (со 2-й категории на нулевую). Т. е. исследуется возможность использования причала под действием увеличенных нагрузок без каких-либо дополнительных мероприятий по усилению сооружения.

В данной статье в качестве исследуемой конструкции причального сооружения рассматривается причал гравитационного типа их массивов-гигантов. Для проведения исследования используются следующие исходные данные:

- отметка дна у причала -9,75 м;
- категория нормативных нагрузок на причал – 2, измененная категория - 0;
- порталный кран Альбатрос, в количестве 2 штук;
- максимальная скорость ветра – 25 м/с;
- материал обратной засыпки - песок, грунт основания - галечник.

Отметим, что скорость ветра, а так же грунты основания, обратная засыпка и размеры массива-гиганта назначались условно, а значит, в зависимости от изменения геолокации причала, полученные результаты будут отличаться.

Составленная по исходным данным расчетная схема представлена на рис. 1.

Результаты расчетов представлены в таблицах №1, 2, 3, 4.

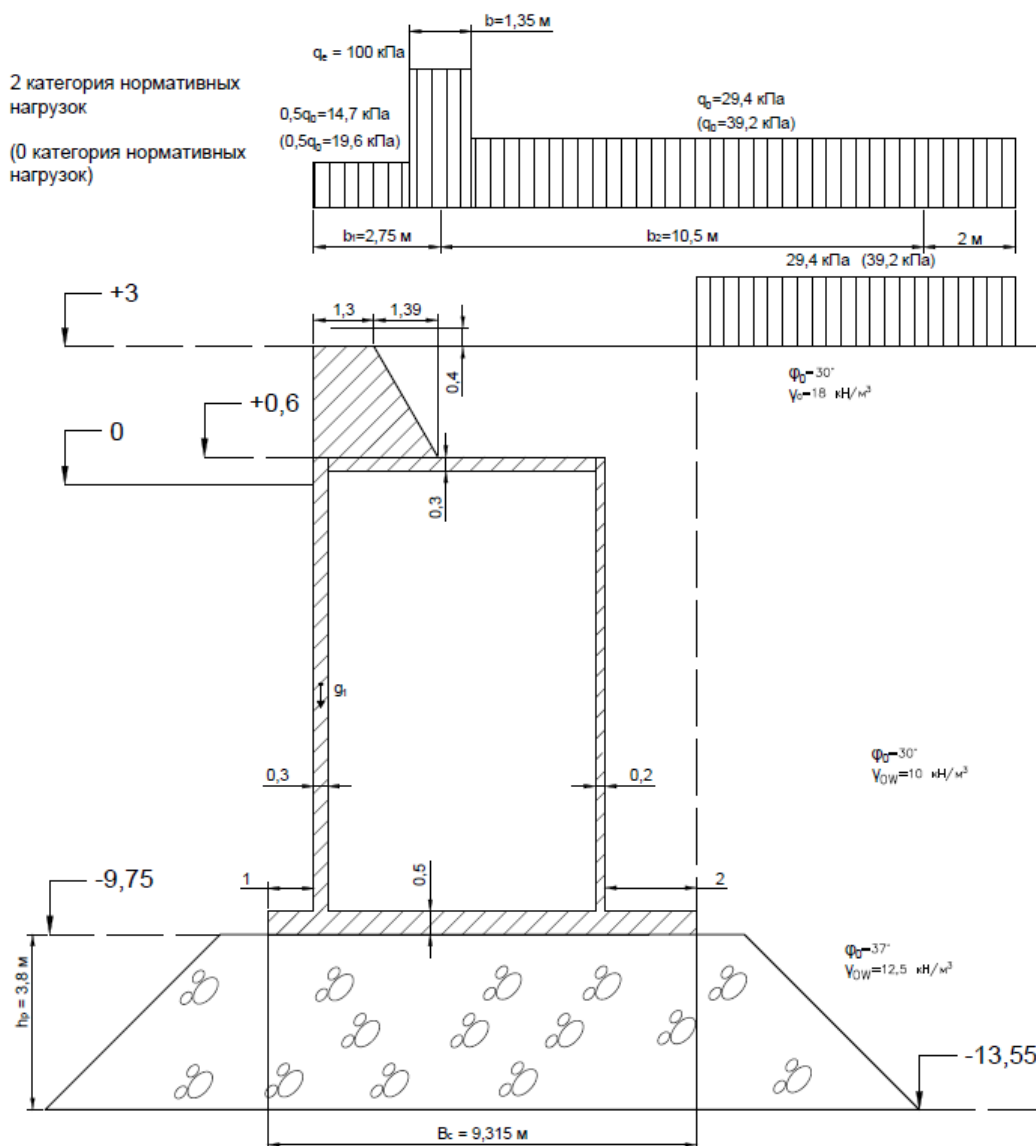


Рис. 1. Схема к расчету причала из массивов-гигантов, с категориями нормативных нагрузок 2 и 0

Таблица 1. Значения активного давления грунта

	γ , кН/м ³	x	λ x	h, м	q, кПа	$\sigma(x)$, кПа	(x), тс/м ²	q, кПа	(x) , кПа	(x), тс/м ²
					2 категория нагрузок			0 категория нагрузок		
над водой	18	3	0, 258	0	0	0	0	0	0	0
	18	0, 6	0, 258	2, 4	0	11, 12	1,12	0	11 ,12	1,1 2
	18	0, 6	0, 298	2, 4	0	12, 87	1,29	0	12 ,87	1,2 9
	18	0, 165	0, 298	2, 835	0	15, 2	1,52	0	15 ,2	1,5 2
	18	0, 165	0, 298	2, 835	2 9,4	23, 96	2,4	3 9,2	26 ,87	2,6 9
	18	0	0, 298	3	2 9,4	24, 84	2,49	3 9,2	27 ,76	2,7 8
под водой	10	- 9,75	0, 298	9, 75	2 9,4	53, 87	5,39	3 9,2	56 ,79	5,6 8
	10	- 9,75	0, 249	9, 75	2 9,4	44, 97	4,5	3 9,2	47 ,41	4,7 5
	12, 5	- 13,55	0, 249	3, 8	2 9,4	56, 78	5,68	3 9,2	59 ,22	5,9 3

Таблица 2. Значения горизонтальных сил и опрокидывающего момента

2 категория					0 категория						
Горизонтальная сила			Опрокидывающий момент		Горизонтальная сила			Опрокидывающий момент			
	тс	кН/ м		тс м	кН *м		тс /м	кН		тс м	кН* м
E _d	40 ,63	406 ,27	M _o	19 0,6	190 6	E _d	4 3,5	43 5,2	M _o	2 05	2049, 18

Таблица 3. Значения вертикальных сил и удерживающих моментов

2 категория					0 категория						
Вертикальная сила			Удерживающий момент		Вертикальная сила			Удерживающий момент			
	тс	кН/ м		тс м	кН *м		тс м	кН/ м		тс м	кН* м
C _c	1 16	11 57	N _y	59 5	594 9,4	C _c	117 ,37	117 3,66	N _y	607 ,16	6071, 59

Таблица 4. Напряжения на каменную постель и грунт основания

Напряжения на каменную постель без учета нормативной нагрузки				Напряжения на каменную постель с учета нормативной нагрузки			
2 категория		0 категория		2 категория		0 категория	
σ_{\max} , кПа	21 7,2	σ_{\max} , кПа	225 ,84	σ_{\max} , кПа	231 ,32	σ_{\max} , кПа	239 ,11
σ_{\min} , кПа	31 ,21	σ_{\min} , кПа	26, 16	σ_{\min} , кПа	85, 64	σ_{\min} , кПа	94, 61
Грунт основания							
2 категория				0 категория			
σ'_{\max} , кПа		180,59		σ'_{\max} , кПа		184,88	
σ'_{\min} , кПа		100,36		σ'_{\min} , кПа		105,31	

Сводные гистограммы:

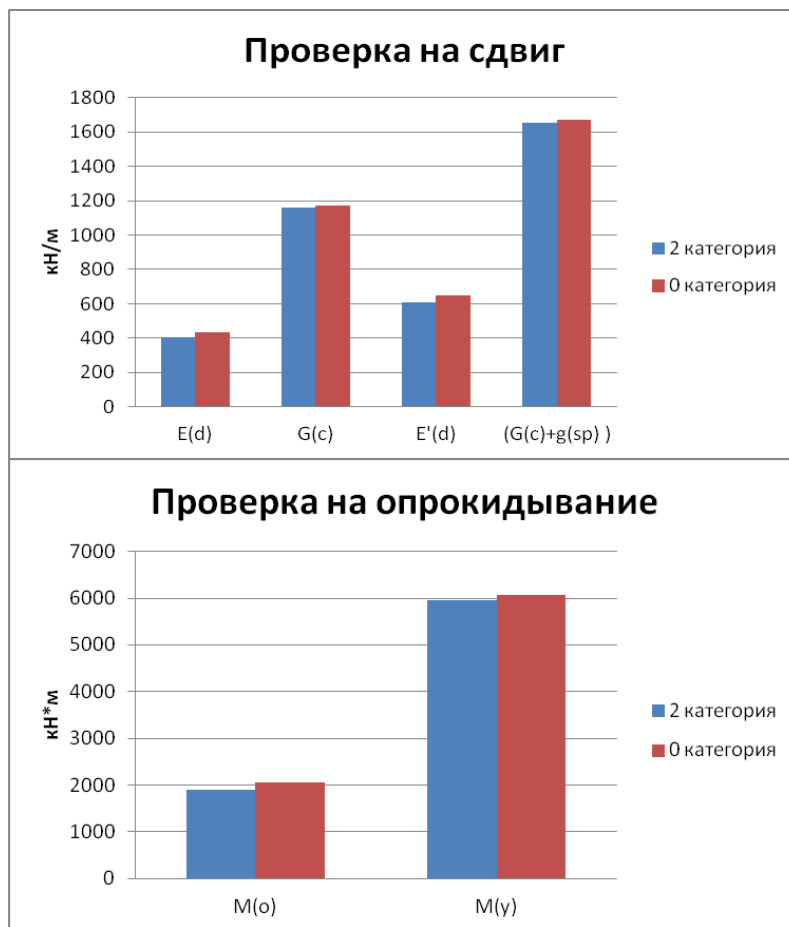




Рис. 2. Сводные гистограммы

Наглядное противопоставление результатов в виде эпюр будут приведены на рис. 3.

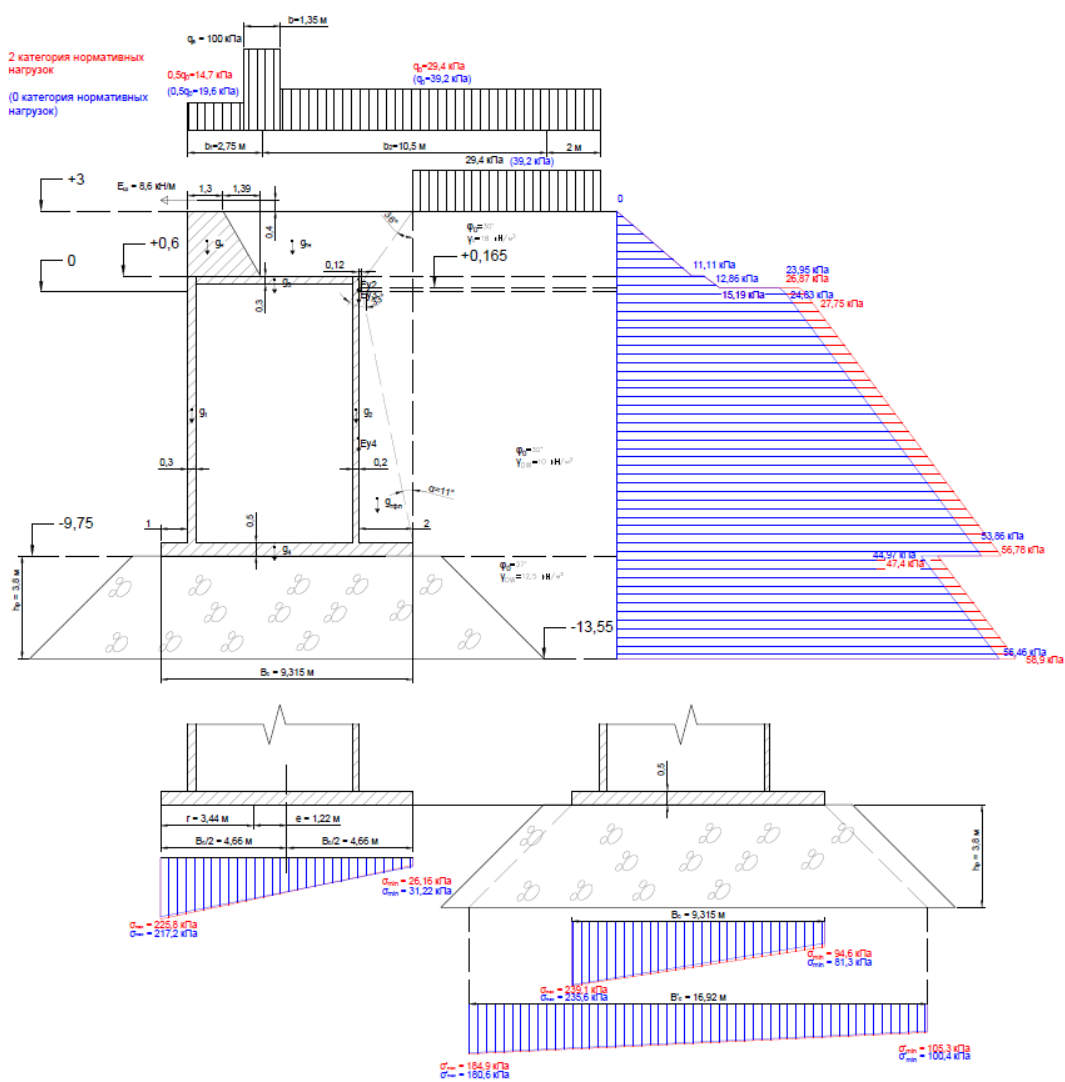


Рис. 3. Эюры бокового давления и напряжения от категорий нормативных нагрузок 2 и 0

Вывод

В результате проведенных поверочных расчетов установлено, что при перепрофилировании условного причала обеспечивается устойчивость и прочность причального сооружения, а рост напряжений не превышает 10%. Это дает основание утверждать, что для аналогичных по конструктивным решениям причалов их перепрофилирование возможно без дополнительных мероприятий по усилению.

Список литературы / References

1. СП 58.13330.2019 «Гидротехнические сооружения», дата введения 2020-06-17.
2. Порты России // Федеральное агентство морского и речного транспорта. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://morflot.gov.ru/deyatelnost/napravleniya_deyatelnosti/portyi_rf.html/ (дата обращения: 01.04.022).
3. Грузооборот морских портов России за 12 месяцев 2021 г. // АССОЦИАЦИЯ МОРСКИХ ТОРГОВЫХ ПОРТОВ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.morport.com/rus/news/gruzooborot-morskih-portov-rossii-za-12-mesyacev-2021-g/> (дата обращения: 01.04.022).
4. Распоряжение от 30 сентября 2018 г. № 2101-р Москва // Правительство Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/MUNhgWFddP3UfF9RJASDW9VxP8zwcB4Y.pdf/> (дата обращения: 01.04.022).
5. Минтранс уточнил план модернизации портов до 2030 года // ИНТЕРФАКС. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.interfax.ru/russia/726800/> (дата обращения: 01.04.2022).
6. *Костин И.В.* Учебное пособие. «Причальные сооружения». Альтаир. Москва, 2013. С. 48. С. 24.
7. *Костин И.В.* Учебное пособие. «Генеральный план морского порта». Альтаир. Москва, 2021. С. 65-67. С. 43.
8. СП 350.1326000.2018 «Нормы технологического проектирования морских портов», таблица 4.3, дата введения: 2018-09-01.