

## СОПОСТАВЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ПРИЧАЛА ЭСТАКАДНОГО ТИПА ПРИ ОСНОВНОМ И АВАРИЙНОМ СОЧЕТАНИЯХ НАГРУЗОК

Слободянюк В.П., к.т.н. доцент,  
Анисимов К.И., доцент,  
Адамов О.В.,

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*  
Adamov@ogasa.org.ua

**Аннотация.** По расчетной схеме причального сооружения эстакадного типа проведено исследование несущей способности сооружения при воздействии на него различных сочетаний нагрузок как основных, так и аварийных, включающих в себя сейсмическое воздействие. В ходе вычислений получены результаты внутренних усилий и напряжений в элементах сооружения. Эти результаты позволили сделать анализ и выявить наиболее уязвимые элементы причала. Сопоставляя их с менее пострадавшими элементами причального сооружения эстакадного типа, получаем данные для дальнейшей работы. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что конструкции причалов эстакадного типа, возведенные во второй половине XX века, имеют право на существование, без существенных изменений конструкции, при достаточно качественном их обследовании и отсутствии значительных повреждений либо разрушений, с точки зрения прочности элементов, которые требуется проводить в соответствии с ДБН В.1.1-12:2014 «Строительство в сейсмических районах Украины» [1].

**Ключевые слова:** эстакада, сейсмостойкость, усилия, напряжения, нагрузка, сочетание нагрузок, уязвимость, сваи, балки, железобетонные плиты покрытия.

## СПІВСТАВЛЕННЯ ВНУТРІШНІХ ЗУСИЛЬ В ЕЛЕМЕНТАХ ПРИЧАЛУ ЕСТАКАДНОГО ТИПУ ПРИ ОСНОВНОМУ ТА АВАРІЙНОМУ ПОЄДНАННЯХ НАВАНТАЖЕНЬ

Слободянюк В.П., к.т.н. доцент,  
Анісімов К.І., доцент,  
Адамов О.В.,

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*  
Adamov@ogasa.org.ua

**Анотація.** За розрахунковою схемою причальної споруди естакадного типу проведено дослідження несучої здатності споруди при впливі на неї різних сполучень навантажень як основних, так і аварійних, що включають в себе сейсмічний вплив. В ході обчислень отримані результати внутрішніх зусиль і напружень в елементах споруди. Співставляючи їх з менш постраждалими елементами причальної споруди естакадного типу отримуємо дані для подальшої роботи. Ці результати дозволили зробити аналіз і виявити найбільш уразливі елементи причалу. На підставі отриманих результатів можна зробити висновок, що конструкції причалів естакадного типу, зведені в другій половині XX століття, мають право на існування без істотних змін конструкції, при досить якісному їх обстеженні та відсутності значних пошкоджень або руйнувань, з точки зору міцності елементів, які потрібно проводити відповідно до ДБН В.1.1-12: 2014 «Будівництво в сейсмічних районах України» [1].

**Ключові слова:** естакада, сейсмостійкість, зусилля, напруження, навантаження, поєднання навантажень, вразливість, палі, балки, залізобетонні плити покриття.

## COMPARISON OF INTERNAL EFFORTS IN ELEMENTS OF TYPE TRESTLE PIER AT THE MAIN AND EMERGENCY LOAD COMBINATION

**Slobodyanuk V.P.**, PhD., Assistant Professor,

**Anisimov K.I.**, Assistant Professor,

**Adamov O.V.**,

*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*

Adamov@ogasa.org.ua

**Abstract.** By design scheme of berthing facilities trestle of type investigation of structures bearing capacity at influence on it different combinations as the basic load and emergency, including a seismic action was carried out. During calculations results of internal forces and stresses in structures elements are obtained. Comparing them with less affected elements of the pier type trestle type get the data for further work. These results allowed to make the analysis and identify the most vulnerable elements of the pier. Based on these results it can be concluded that the type construction trestle piers erected by in the second half of the XX century, have the right to exist without significant design changes, for sufficiently quality of their survey and absence of significant damage or destruction, in terms of strengthening elements that are required to carry out in accordance with the SBC B.1.1-12:2014 Construction in seismic regions of Ukraine [1].

**Keywords:** overpass, seismic resistance, efforts, strain, load, load combination, vulnerability, pile, beam, reinforced concrete covering slabs.

**Введение.** На прибрежных территориях построено значительное количество причальных сооружений, при этом довольно широко распространены сооружения эстакадного типа. Большинство существующих причалов было построено в 60...70-х годах при проектировании в расчетах, которых не учитывались сейсмические воздействия. При ремонте и реконструкции существующих сооружений, а также при их паспортизации стоит вопрос о доведении этих сооружений до состояния соответствующему ДБН В.1.1-12:2014 «Строительство в сейсмических районах Украины» [1].

Исследования сооружений эстакадного типа, на восприятие сейсмических нагрузок и выбор расчетных акселерограмм, как для существующих, так и для вновь проектируемых сооружений, рассмотрено в East European Scientific Journal Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe [2]. В данной работе использовался спектральный метод расчета на сейсмические воздействия.

**Цели и задачи.** Целью данной работы является выявление различий внутренних усилий в элементах и конструкциях причала эстакадного типа при основных и аварийных сочетаниях нагрузок. Это позволит сделать вывод о необходимости усиливать конструкции причала, а также выявлять места наибольшей уязвимости при сейсмических воздействиях.

**Объекты и методы исследования.** В качестве исследуемого объекта был взят причал эстакадного типа 1-3 Пускового комплекса НЗБ. Рассматриваемый объект возводится в крайне сложных геологических условиях, где свайное основание прорезает толщу иловатых суглинков и супесей, с крайне низкими физическими характеристиками (рис. 1). Исследования проводились при помощи программного комплекса SCAD, работающего на основе метода конечных элементов.

Схема причала представлена на рис. 2. Несущими элементами причала являются металлические сваи цилиндрической формы диаметром 1,22 м и толщиной стенки 14 мм. Шаг свай принят 4,8 м. На оголовки свай уложены сборные железобетонные балки с последующим их омоноличиванием. По балкам уложены сборные железобетонные плиты толщиной 400 мм с выпусками для последующего омоноличивания между собой балками. Причал разделен на секции деформационными швами, длина секции составляет 24 м.

Расчетная схема включает в себя участок причала длиной 24 м с количеством свай вдоль сооружения 6 шт.

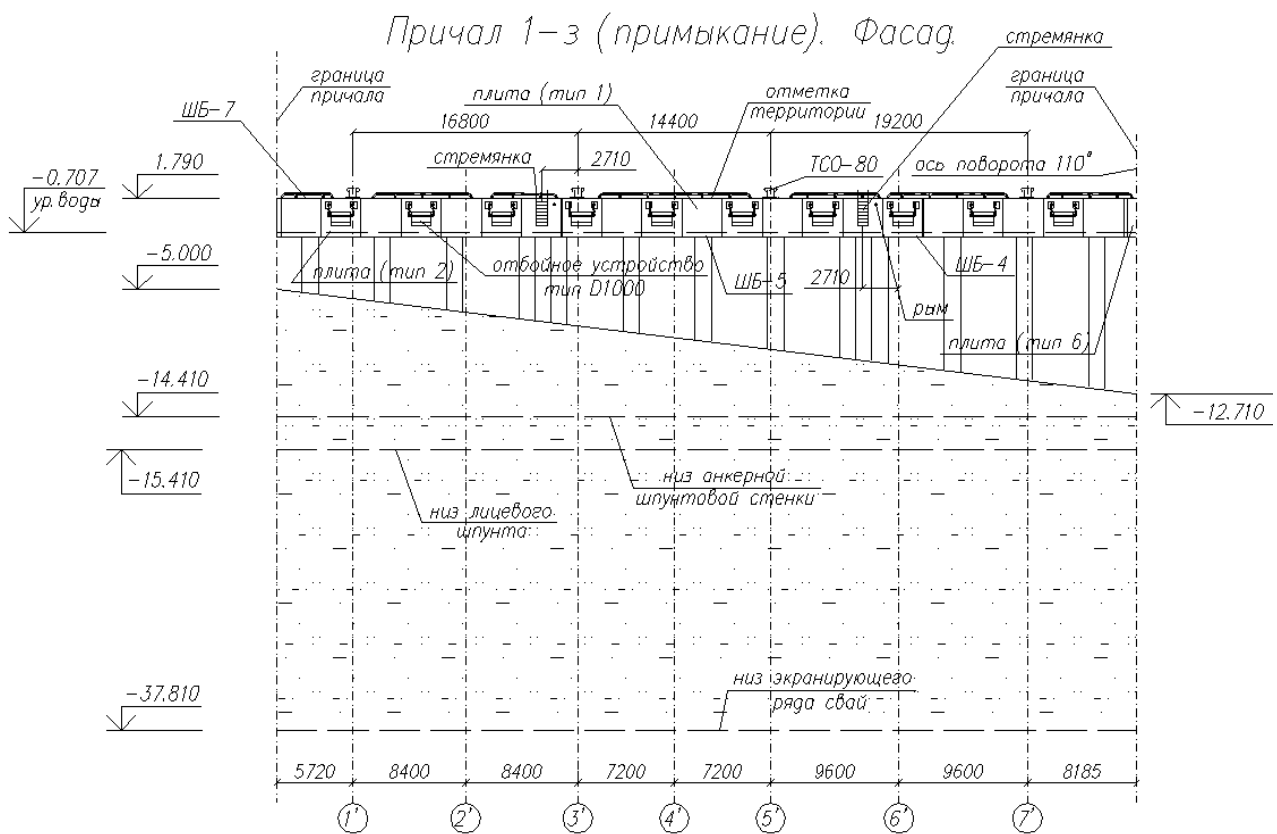


Рис. 1. Свайное основание с толщей грунтов

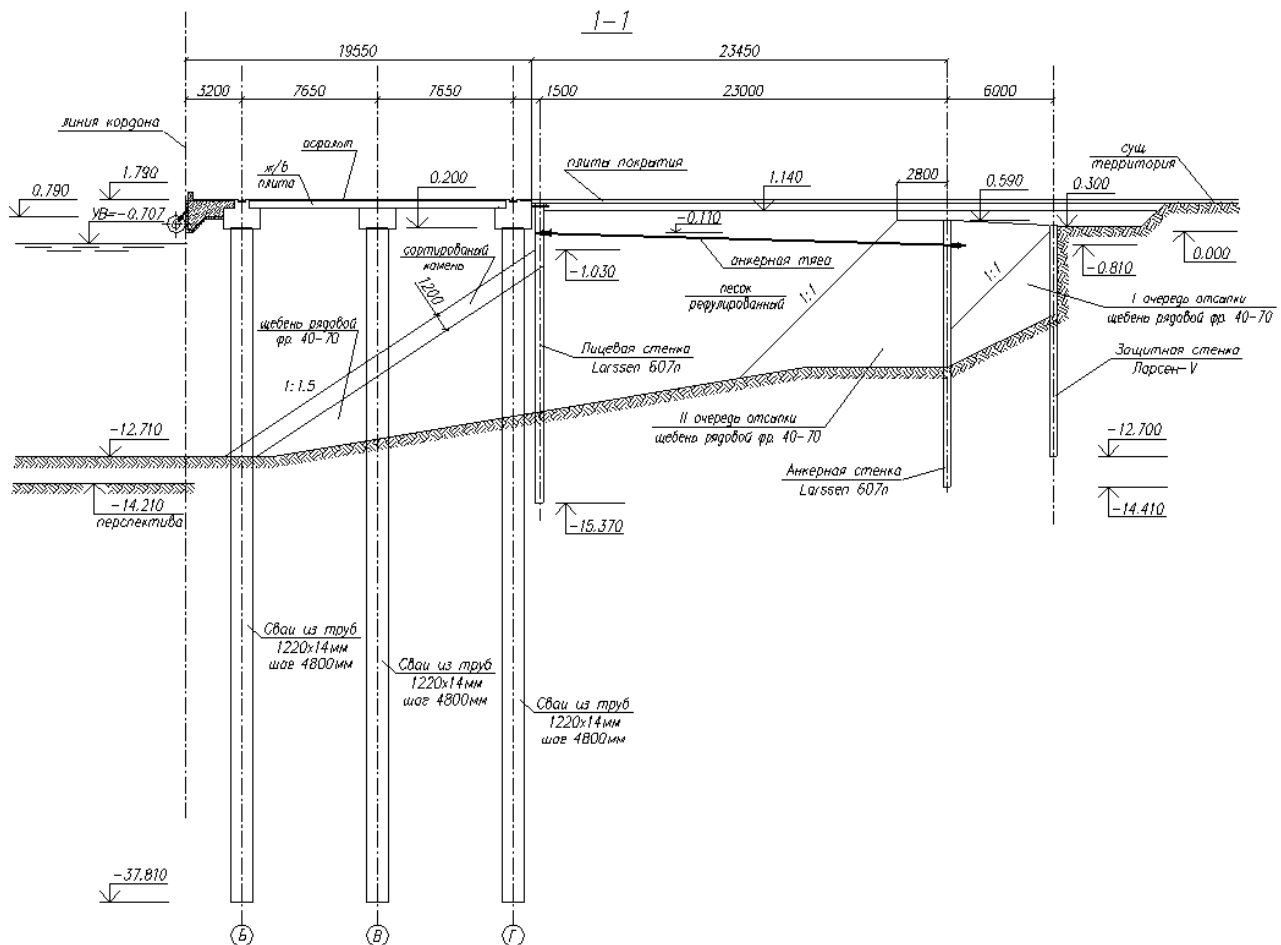


Рис. 2. Разрез причала 1-3 Пускового комплекса №3Б

Расчетная схема была смоделирована в программном комплексе SCAD с применением метода конечных элементов. Общий вид расчетной схемы представлен на рис. 3.

Длина свай определялась методом последовательных приближений при условии сходимости 5...7%. В первом приближении сваи заглублялись на величину 3 м в грунт, затем величина заглубления увеличивалась на 2...3 м для достижения необходимых величин сходимости.

В конечном результате длина всех свай составила 38,01 м, что позволило получить результаты удовлетворяющие требованиям проектирования.

В качестве нагрузок выступали величины, полученные согласно ДБН В.1.2-2.2006 [3, 4]. Нагрузки и воздействия. Нагрузки представлены в таблице 1.

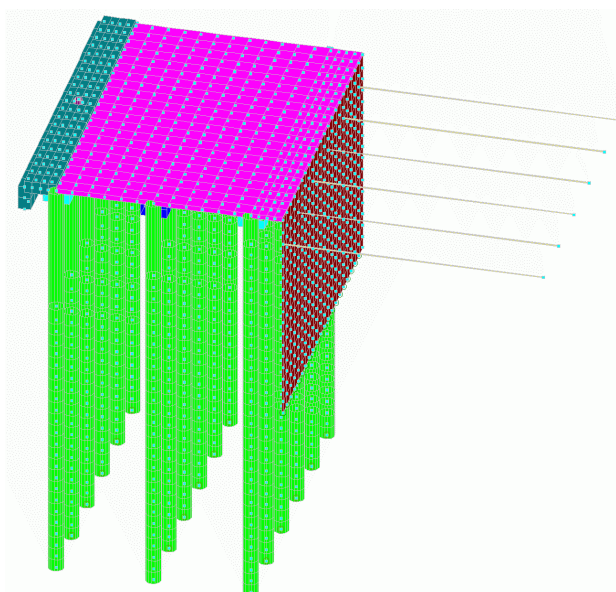


Рис. 3. Общий вид расчетной схемы

Таблица 1 – Загружения используемые при расчете расчетной схемы

Номер загрузки	Вид нагрузки	Единицы измерения	Величина нагрузки
1	Собственный вес сооружения	Т	Задается автоматически программой с учетом объемного веса элементов сооружения
2	Полезная нагрузка	Т/м <sup>2</sup>	4
3	Крановая нагрузка 1	Т/м.п.	33 (ширина приложения нагрузки 4.8 м)
4	Крановая нагрузка 2	Т/м.п.	33 (ширина приложения нагрузки 4.8 м)
5	Крановая нагрузка 3	Т/м.п.	33 (ширина приложения нагрузки 4.8м)
6	Швартовая X	Т	31
7	Швартовая Z	Т	13
8	Актив лицо	Т	0
9	Актив тыл	Т	1.92...18.44
10	Навал 1	Т	5.5
11	Навал 2	Т	5.5
12	Навал 3	Т	5.5
13	Навал 4	Т	5.5
14	Сеймика поперек причала		Задается программой с учетом введенных данных

С целью получения достоверных результатов были использованы различные комбинации загрузений, что позволило найти наихудшие сценарии работы причала. В связи с этим использованы три случая положения крана, а также четыре случая положения навала судна на причал и усилие от швартовых концов. Также была учтена нагрузка от активного воздействия грунта на шпунтовой ряд со стороны существующей территории. Сейсмическое воздействие задавалось с учетом местоположения причала, а также грунтов слагающих основание причала. Сейсмическое воздействие задавалось с учетом эксплуатации сооружения при воздействии на него землетрясением амплитудой 8 баллов. Комбинации загрузений представлены в таблице 2. Основными сочетаниями загрузений являются комбинации загрузений 1...7, а аварийным: комбинация загрузений под номером 8 [3, 4].

Таблица 2 – Комбинации загрузений используемые при расчете расчетной схемы

Номер комбинации загрузений	Состав загрузений и их коэффициенты входящих в комбинацию
1	$(L1)*1+(L2)*1+(L6)*1+(L7)*1+(L9)*1+(L10)*1$
2	$(L1)*1+(L2)*1+(L6)*1+(L7)*1+(L9)*1+(L11)*1$
3	$(L1)*1+(L2)*1+(L6)*1+(L7)*1+(L9)*1+(L12)*1$
4	$(L1)*1+(L2)*1+(L6)*1+(L7)*1+(L9)*1+(L13)*1$
5	$(L1)*1+(L2)*1+(L3)*1+(L6)*1+(L7)*1+(L9)*1$
6	$(L1)*1+(L2)*1+(L4)*1+(L6)*1+(L7)*1+(L9)*1$
7	$(L1)*1+(L2)*1+(L5)*1+(L6)*1+(L7)*1+(L9)*1$
8	$(L1)*1+(L2)*1+(L9)*1+(L14)*-1$

**Результаты исследования.** В данной статье приведены результаты только самых нагруженных элементов расчетной схемы (табл. 3). В конструкции причала эстакадного типа при применении сборных элементов (свай, балок, плит покрытия, причального бруса) все составляющие должны быть выполнены по типовому признаку, т.е. рассчитаны на максимально возможное возникновение внутреннего усилия.

Для анализа полученных усилий при расчете на различные комбинации загрузений выбрана свая, балка, а также плита.

Таблица 3 – Сравнение комбинаций загрузений

Усилия по свае								
Номер комбинации	1	2	3	4	5	6	7	8
Усилие N (Т)	-248,18	-248,3	-248,37	-248,44	-300,99	-299,89	-292,68	-244,81
Усилие M <sub>к</sub> (Т*м)	-0,01 0,11	-0,01 0,14	-0,02 0,14	-0,001 0,14	-0,02 0,14	-0,02 0,18	-0,02 0,18	-0,01 0,15
Усилие Q <sub>y</sub> (Т)	-0,56 1,06	-0,56 1,06	-0,56 1,06	-0,57 1,06	-0,63 1,1	-0,62 1,12	-0,61 1,1	-0,6 1,11
Усилия по балке								
Номер комбинации	1	2	3	4	5	6	7	8
Усилие N (Т)	-248,18 55,51	-248,3 55,53	-248,37 55,55	-248,44 55,55	-300,99 58,51	-299,89 58,45	-292,68 58,89	-244,81 28,56
Усилие M <sub>к</sub> (Т*м)	-26,3 35,11	-26 35,12	-26,03 35,13	-26,05 35,13	-33,89 27,38	-40,24 34,11	-38,81 47,24	-48,31 59,84
Усилие Q <sub>y</sub> (Т)	-2,73 4,21	-2,88 3,73	-2,9 3,81	-2,88 3,82	-2,44 4,9	-3,82 6,01	-2,52 4,03	-2,72 3,93

Напряжения по плите								
Номер комбинации	1	2	3	4	5	6	7	8
$N_x$ (Т/м <sup>2</sup> )	-23.24 70.24	-23.2 70.33	-23.18 70.37	-23.18 70.38	-23.24 73.42	-23.49 74.5	-22.95 74.21	-39.82 46.29
$N_y$ (Т/м <sup>2</sup> )	-20.29 8.58	-20.3 14.1	-20.31 18.8	-20.32 20.73	-20.31 25.42	-22.46 19.66	-31.82 21.93	-19.76 12.69
$Q_x$ (Т/м)	-20.9 21.67	-21.07 21.67	-21.02 21.68	-21 21.68	-30.35 23.7	-29.18 22.75	-21.9 21.85	-22.44 19.47
$Q_y$ (Т/м)	-8.15 18.65	-8.16 18.51	-8.15 18.46	-8.22 18.44	-11.16 27.23	-12.75 25.41	-10.23 19.28	-8.83 20.25
$\tau_{xy}$ (Т/м <sup>2</sup> )	-15.74	-15.63	-15.61	-15.61	-17.51	-15.01	-14.87	-13.44

**Выводы.** Для данного типа конструкции значения внутренних усилий в сваях, как наиболее ответственных несущих элементов для аварийного сочетания нагрузок оказываются меньше, чем для основных сочетаний нагрузок. Это объясняется тем, что в силу незначительной массы конструкции эстакадного типа (по сравнению с конструкциями гравитационного типа) имеют преимущество перед иными конструкциями причалов, так как показывают небольшую сейсмическую нагрузку [5, 6].

Значения внутренних усилий для элементов верхнего строения балок и плит по ряду параметров оказываются выше для аварийного сочетания, это связано с тем, что полезная нагрузка, расположенная на причале учитывается в виде дополнительных масс при расчете на динамические воздействия [5, 6]. Поэтому при реконструкции причалов эстакадного типа особое внимание следует уделять усилению элементов верхнего строения.

В ходе расчетов данной конструкции было выявлено, что значения усилий в стержневых элементах и напряжений в пластинах при основном сочетании нагрузок превышали значения, полученные при аварийном сочетании нагрузок. Однако не стоит забывать, что кроме расчетов прочности элементов следует выполнять и расчеты устойчивости сооружения с учетом физико-механических характеристик грунтов основания на воздействие сейсмической нагрузки.

### Литература

1. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво в сейсмічних районах України. – К., Мінрегіон України, 2014. – 110 с. [Действительный с 01.10.2014]
2. East European Scientific Journal Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe. – Warszawa, Polska. Aleje Jerozolimskie 85/21. – volume 7. – С. 10-13.
3. СНиП 2.06.04-82\*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)». МОСКВА 1989 СНиП 2.06.04-82\* является переизданием СНиП 2.06.04-82 с изменением № 1, утвержденным постановлением Госстроя СССР от 12 марта 1986г. № 27.:М., ГОССТРОЙ СССР, 1989. – 104с. [Действительный с 01 января 1984г.]
4. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. – К., Мінбуд України, 2006. – 78 с. [Надання чинності з 1 січня 2007р.].
5. РД 31.3.05-97. Нормы технологического проектирования морских портов. – М., Минтранс РФ, 1998. – 177 с. [Действительный с 21.05.1997г].
6. РД 31.31.33-85. Рекомендации по проектированию глубоководных портовых гидротехнических сооружений с использованием сварных шпунтов. – Москва, 1985. – 35 с. [Действительный с 28 июля 1985г].

Стаття надійшла 1.06.2017