

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ПРИЧАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ТИПА БОЛЬВЕРК

Егунов К.В., Якушев Д.И., Горбач А.П., Кистанов О.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

**У статті наводиться порівняльний аналіз різних методик визначення сейсмічного навантаження на причальні споруди типу больверк.**

*Объект исследования* – причальные сооружения типа больверк.

*Предмет исследования* – влияние исследуемых факторов на определение сейсмической нагрузки на причальные сооружения.

С введением в действие ДБН В.1.1-12: 2006, в соответствии с приложением «Б», для гидротехнических сооружений портов Одессы, Ильичевска, Белгород -Днестровского и пр., оказалось необходимым учитывать сейсмическую нагрузку. Большинство существующих сооружений, построенных и эксплуатируемых в настоящее время, были запроектированы без учета требований по обеспечению сейсмической безопасности. По некоторым данным [7] доля металлических больверков в общем балансе сооружений портов бывшего СССР составляет, в среднем, 60%. Таким образом, как для наиболее распространенной конструкции, при принятии решения о дальнейшем использовании, реконструкции или усилении причальных сооружений типа «больверк», определяющим фактором может оказаться учет сейсмической нагрузки.

Положения действующих норм проектирования морских причальных сооружений [1] не регламентируют порядок выполнения расчетов с учетом сейсмической нагрузки. Раздел 5 «Гидротехнические сооружения» [1] определяет единственную методику расчета причальных сооружений типа «больверк»- линейный спектральный метод.

Существующие пособия по проектированию причальных сооружений типа «больверк», применяемые, в частности в Российской Федерации [4], так - же ориентированы на применение линейного спектрального метода при определении сейсмических нагрузок. Однако следует отметить существенную разницу в значениях базовых коэффициентов, входящих в формулу подсчета узловых инерционных сейсмических нагрузок. Некоторые из них представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ п.п.	Наименование коэффициента	Значение коэффициента	
		ДБН В.1.1-12: 2006	РД 31.3.06-2000
1	Коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения сооружения	0,45	0,25
2	Коэффициент диссипации	0,7;0,9	0,65;0,70; 0,80;1,00;
3	Коэффициент, учитывающий вероятность сейсмического события за назначенный срок службы сооружения	0,06÷0,40	-----

Для сравнения различных методик определения сейсмической нагрузки при расчете причальных сооружений типа «больверк» был выполнен ряд расчетов. Общий вид причального сооружения представлен на рисунке 1.

На рисунке 2 представлены эпюры активного и пассивного давления грунта, определенные в соответствии с методикой [3], а также эпюры гидродинамического давления воды и инерционные нагрузки, определенные в соответствии [4], для расчетной сейсмичности 9 баллов, значения которой определены по формуле:

Равнодействующая активного сейсмического давления

$$S_A = P_{AE} - E_A$$

$$S_A = 37,88 \text{ тс}$$

$E_A$  - равнодействующая активного статического давления.

$P_{AE}$  - полное значение давления грунта

Вычисленное значение коэффициента активного динамического (сейсмического) давления  $\lambda_{об} = 0,389$   
Ординаты эпюры активного сейсмического давления составят:

$$\frac{1,6 \cdot S_A}{H} = \frac{1,6 \cdot 379,29}{14,6} = 41,57 \text{ кПа}$$

на отметке +1,6 м

на отметке -13,0 м  $\frac{0,4 \cdot S_{\text{д}}}{H} = \frac{0,4 \cdot 379,29}{14,6} = 10,39 \text{ кПа}$

В соответствии с требованиями [1] были выполнены расчеты по определению значения инерционных (сейсмических) нагрузок для сооружения, представленного на рис 1 по спектральной методике с использованием двух расчетных схем. В обоих случаях в точке крепления анкера установлена шарнирно-неподвижная опора.

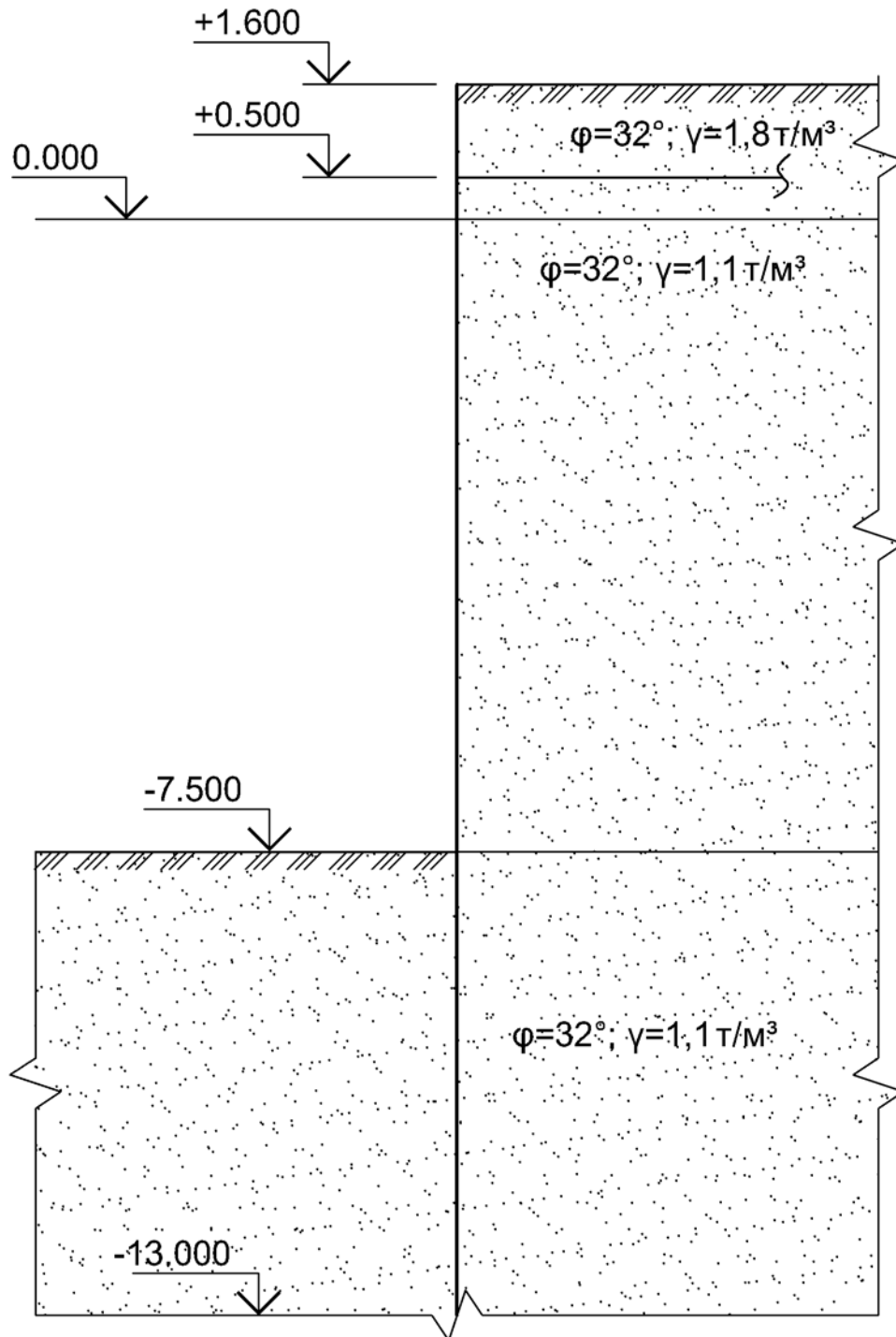


Рис. 1. Общий вид причального сооружения

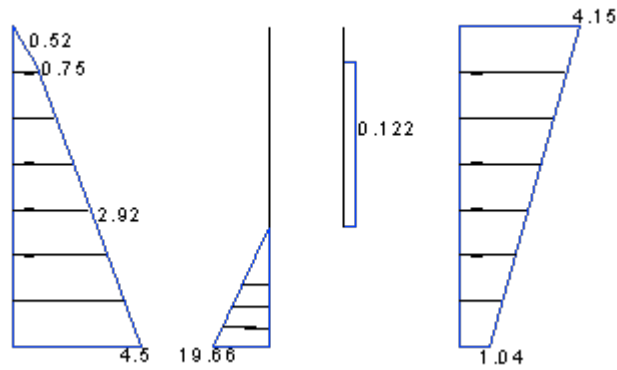


Рис. 2. Эпюры активного и пассивного давления грунта, гидродинамического давления и эпюра инерционной (сейсмической) нагрузки, тс/м<sup>2</sup>

Схема 1: конструкция «большерка» смоделированы как стержневая система (балка на упругом основании), значения  $K_z$  определены в соответствии с методикой [6] в точке крепления анкерной тяги к лицевой стенке установлена шарнирно - неподвижная опора. Для учета присоединенных масс воды и грунта использовались значения эпюр активного давления грунта и гидродинамического давления (см. рис. 2). Общий вид расчетной схемы, полученной эпюры инерционной (сейсмической) нагрузки и деформированных схем, соответствующих колебаниям по первому и третьему тону вычисленных собственных частот представлены на рис.3.

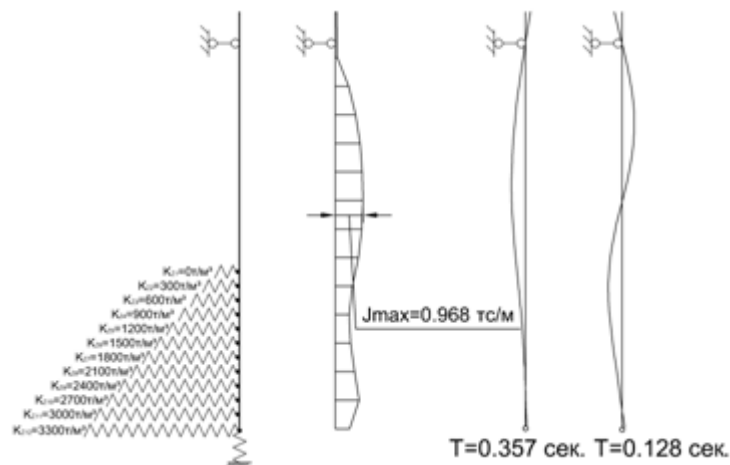


Рис. 3 . Расчетная схема, эпюра инерционной нагрузки, формы колебаний

Схема 2: конструкция «большерка» смоделированы как стержневая система, прилегающий массив грунта смоделирован пластинчатыми элементами (расчет системы конструкция-основание). Аналогично схеме 1. Для учета присоединенных масс воды и грунта использовались значения эпюр активного давления грунта и гидродинамического давления (смотри рис. 2). Общий вид расчетной схемы, полученной эпюры инерционной (сейсмической) нагрузки и деформированных схем, соответствующих колебаниям по первому и третьему тону вычисленных собственных частот представлены на рисунке 4.

С целью уточнения работы конструкции были выполнены расчеты по схемам 3 и 4, соответственно аналогичным схемам 1 и 2, при этом в точке крепления анкера использовалась связь конечной жесткости. Податливость связи – 1000 т/м. Выборочные результаты расчетов по схемам 1-4 представлены в таблице 2.

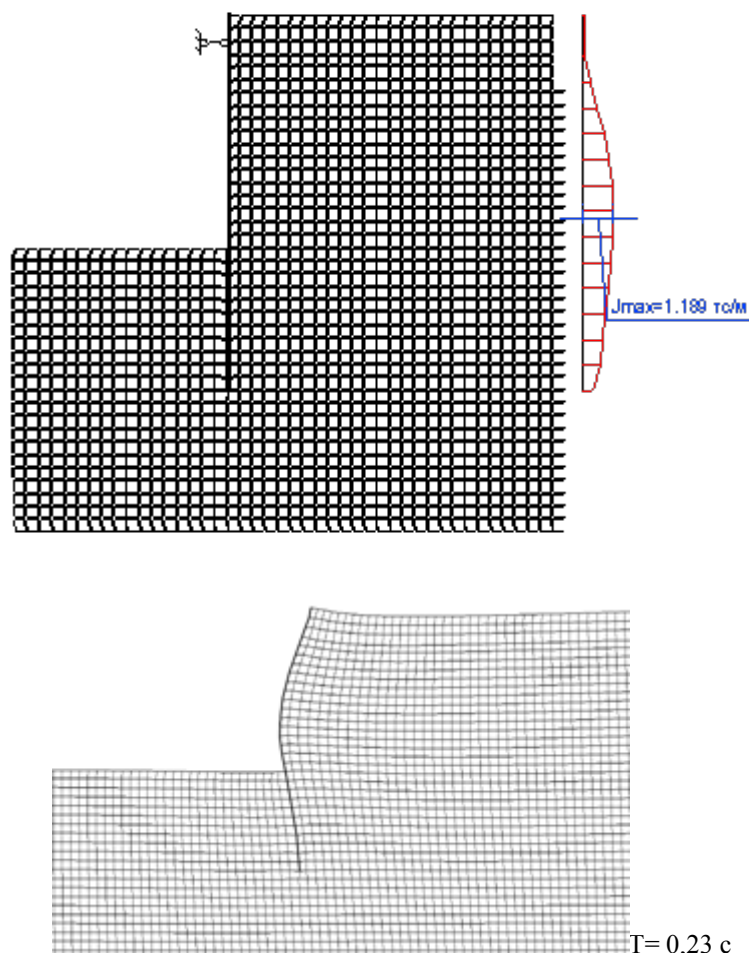


Рис. 4. Расчетная схема, эпюра инерционной нагрузки, форма колебаний по «основному» тону

### Заключение

Критерием адекватности расчетной схемы и сооружения типа «больверк» может считаться совпадение рассчитанных и измеренных динамических характеристик. Работа по уточнению методики определения сейсмической нагрузки для причальных сооружений типа «больверк» в настоящее время проводится на кафедре ЭВС ОГАСА.

Таблица 2

Параметр	Схема				Статическая схема определения
	1	2	3	4	
Максимальное значение эпюры инерц. нагр. $S$ тс/м <sup>2</sup>	0,968	1,189	0,989	1,14	4,15
Суммарное значение эпюры инерц. нагр. $S$ тс	9,18	10,79	9,59	12,56	37,88
Период колебания по «основной» форме, с	0,35	0,23	0,38	0,29	-----

### Литература

1. ДБН В.1.1-12: 2006. «Строительство в сейсмических районах Украины.- К.: Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины, 2006 г.- 92с.
2. Руководство по учету сейсмических воздействий при проектировании гидротехнических сооружений (к разделу 5 главы СНиП II-A. 12-69). Ленинград. 1977 г.

3. РД 31.31.27-81 «Руководство по проектированию морских причальных сооружений» / Москва 1984 г.
4. РД 31.3.06-2000 «Руководство по учету сейсмических воздействий при проектировании морских гидротехнических сооружений типа «Большерк»»/ Москва 2001 г
5. Earthquake Engineering – Handbook, manuals, etc. I. Chen, Wai-Fah, 1936- II. Scawthorn, Charles, III. Series., 1458с.
6. Пособие по определению несущей способности эксплуатируемых в сейсмических районах морских гидротехнических сооружений ВМФ. «Министерство Обороны Российской Федерации», Москва – 2005 г., 160с.
7. ,В.Д.Костюков. Надежность морских причалов и их реконструкция. М.: «Транспорт», 1987. -223 с.