

УДК 624.15.001

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТУХАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ОТ СОБСТВЕННОГО ВЕСА ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН ПО ГЛУБИНЕ

НЕСТЕРОВА Е. В.,¹ к. т. н.

¹ Кафедра водоснабжения, водоотведения и гидравлики, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 756-34-74, e-mail: helena2010_10@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1035-6572

Аннотация. Постановка проблемы. При решении задач об определении напряженно-деформированного состояния (НДС) строительных конструкций методом конечных элементов (МКЭ) на точность решения существенно влияют размеры расчетной области основания. Предложено разработать критерии определения размеров расчетной области. В настоящее время при расчете вертикальных осадков грунтовых плотин с трапециевидальной формой сечения предполагается, что эпюра контактных давлений имеет прямоугольную форму [2; 6]. При этом фактическая эпюра контактных давлений по подошве плотины имеет форму трапеции (рис. 1). Таким образом, имеет место несоответствие контактных давлений по подошве грунтовых плотин фактическим и принятым в нормативных документах. **Цель статьи** - рассчитать значение коэффициента затухания вертикальных напряжений по глубине основания, определяемого приложенной к основанию нагрузкой трапециевидальной формы. Об этом уже немало написано в научной литературе [5 - 7; 13]. На наш взгляд, для определения вертикальных осадков оснований грунтовых плотин следует использовать формулу Д-1 ДБН [7], откорректировав в ней коэффициент затухания обусловленных весом плотины вертикальных напряжений по глубине, то есть выполнить учет трапециевидальной формы внешней нагрузки (рис. 1). **Вывод.** Рассчитанные нами коэффициенты затухания вертикальных напряжений по глубине (табл. 1) позволяют более точно определять их значения, чем коэффициенты, представленные в нормативных документах [7]. Это обусловлено более полным, чем в нормативных документах, учетом конфигурации внешней нагрузки.

Ключевые слова: нагрузка, коэффициент, плотина, напряжение, основание плотины

ДО ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗАГАСАННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ НАПРУЖЕНЬ ВІД ВЛАСНОЇ ВАГИ ГРУНТОВИХ ГРЕБЕЛЬ ПО ГЛИБИНІ

НЕСТЕРОВА О. В.,¹ к. т. н.

¹ Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел.+38(0562)756-34-74, e-mail: helena2010_10@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1035-6572

Анотація. Постановка проблеми. Для розв'язання задач про визначення напружено-деформованого стану (НДС) будівельних конструкцій методом кінцевих елементів (МКЕ) на точність розв'язку істотно впливають розміри розрахункової області заснування. Запропоновано розробити критерії визначення розмірів розрахункової області. Наразі при розрахунку вертикальних осадів грунтових гребель із трапециевидальною формою перерізу передбачається, що епюра контактних тисків має прямокутну форму [2; 6]. При цьому фактична епюра контактних тисків по підшві греблі має форму трапеції (рис. 1). Таким чином, має місце невідповідність контактних тисків по підшві грунтових гребель фактичним і прийнятим у нормативних документах. **Мета статті** - розрахувати значення коефіцієнта загасання вертикальних напружень по глибині основи, обумовленого прикладеним до основи навантаженням трапециевидальної форми. Про це вже немало написано в науковій літературі [5 - 7; 13]. На наш погляд, для визначення вертикальних осадів основ грунтових гребель слід застосовувати формулу Д-1 ДБН [7], відкоригувавши в ній коефіцієнт загасання вертикальних напружень по глибині, зумовлених вагою греблі, тобто виконати врахування трапециевидальної форми зовнішнього навантаження (рис. 1). **Висновок.** Розраховані нами коефіцієнти загасання вертикальних напружень по глибині (табл. 1) дозволяють більш точно визначати їх значення, ніж коефіцієнти, наведені в нормативних документах [7]. Це зумовлено більш повним, ніж у нормативних документах, урахуванням конфігурації зовнішнього навантаження.

Ключові слова: навантаження, коефіцієнт, гребля, напруження, основа греблі

TO DETERMINATION OF DAMPING COEFFICIENT OF VERTICAL DEAD STRESS OF EARTH DAMS ON A DEPTH

NESTEROVA E. V.,¹ *Cand. Sc. (Tech.)*

¹ Department of Water-Supply, Water-Diversion and Hydraulics, State Higher Educational Establishment the «Pridneprov's'ka State Academy of Building and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnepropetrovsk 49600, Ukraine, Tel. +38 (0562) 756-34-74, e-mail: helena2010_10@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1035-6572

Annotation. Raising of problem. At the problem solving about determination of deflected mode (DM) of build constructions by the finite element method (FEM) on accuracy of solving substantial influence is rendered by the sizes of effective area of foundation. It is suggested to develop the criteria of determining the size of effective area. Presently at the calculation of vertical fallouts of earth dams with the trapeziform section (fig. 1), is assumed that the epure of contact pressures has a rectangular form [2, 6]. Thus actual epure of contact pressures on the sole of dam has form of trapezoid (fig. 1). Thus, there is a disparity between actual and accepted in the normative documents in the contact pressures on the sole of earth dams. **Purpose.** At writing of this article we were pursue a purpose to calculate the value of damping coefficient of vertical dead stress on the depth of foundation, trapeziform loading determined and to foundation attached. About it has been already written not a bit in scientific literature [2; 5; 6; 7; 13]. In our view, for determination of vertical fallouts of foundation of earth dams it is necessary to use the formula of D-1 DBN [7], corrected in it the damping coefficient of vertical stress on a depth, conditioned of dam weight, that is to calculate a trapezoidal form of environmental stress (fig. 1). **Conclusion.** The damping coefficients of vertical stress calculated by us on a depth (tablas. 1) allow more exactly to determine their values, than coefficients, presented in normative documents [7]. This is caused by more complete, than it takes a place in normative documents, in the light of configuration of the environmental stress.

Key words: loading, coefficient, dam, stress, foundation of dam

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими задачами. В настоящее время при расчете вертикальных осадок грунтовых плотин с трапецеидальной формой сечения (рис. 1) предполагается, что эпюра контактных давлений имеет прямоугольную форму [2;

6]. При этом фактическая эпюра контактных давлений по подошве плотины форму трапеции (рис. 1). Таким образом, имеет место несоответствие фактическим и принятым в нормативных документах контактных давлений по подошве грунтовых плотин.

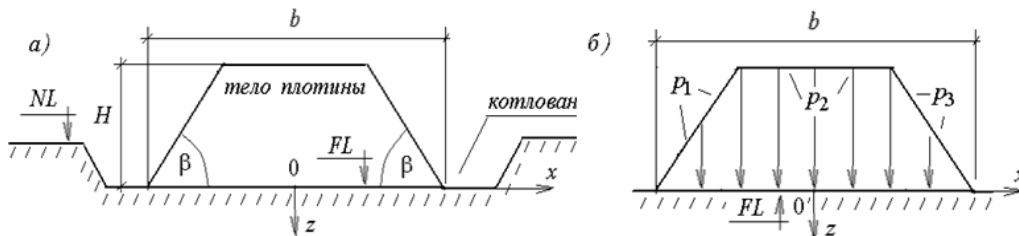


Рис. 1. К определению нагрузки на основание от веса плотины. а – фактическая схема; б – то же, расчетная

Примечание: $p_1 = \gamma \cdot \left(\frac{b}{2} + x\right) \cdot \text{tg}(\beta)$; $p_2 = \gamma \cdot H$; $p_3 = \gamma \cdot \left(\frac{b}{2} - x\right) \cdot \text{tg}(\beta)$.

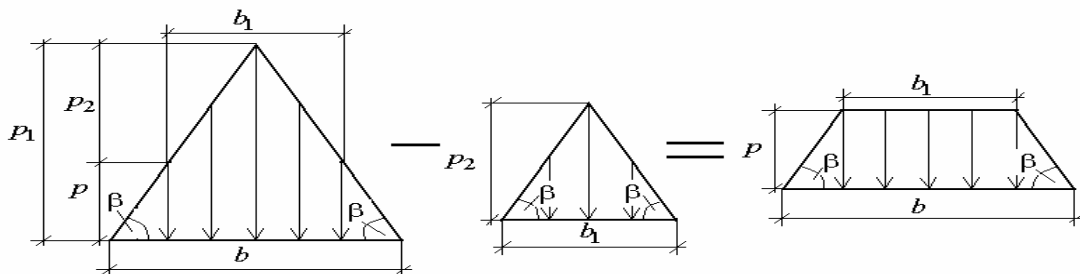


Рис. 2. К преобразованию треугольной нагрузки в трапецеидальную.

Примечание: $p_1 = \gamma \cdot \frac{\gamma \cdot b}{2} \cdot \text{tg}(\beta)$; $p_2 = \gamma \cdot \frac{\gamma \cdot b_1}{2} \cdot \text{tg}(\beta)$; $p = \gamma \cdot H$, где H - высота плотины,

γ - удельный вес ее материала

Анализ последних исследований и публикаций. На наш взгляд, для определения вертикальных осадок оснований грунтовых плотин следует использовать формулу Д-1 ДБН [7], откорректировав в ней коэффициент затухания вертикальных напряжений по глубине, обусловленных весом плотины, т. е. выполнить учет трапецидальной формы внешней нагрузки (рис. 1).

Цель работы - рассчитать значения коэффициента затухания вертикальных напряжений по глубине основания, обусловленных приложенной к основанию нагрузкой трапецидальной формы.

Изложение основного материала. К основанию приложена трапецидальная вертикальная нагрузка. Требуется определить коэффициент затухания по глубине вертикальных нормальных напряжений, обусловленных этой нагрузкой.

Для решения задачи нами была использована представленная на рисунке 2 схема, с помощью которой треугольная эпюра контактных давлений может быть преобразована в трапецидальную (рис. 2) и составлены таблицы затухания вертикальных нормальных напряжений по глубине, соответствующие треугольной нагрузке на основание.

Для получения уточненных значений коэффициента α используем известную формулу Буссинеска для вертикальной осадки основания, находящегося под воздействием вертикальной сосредоточенной силы [4]:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_z(x, y, z) &= \frac{K}{z^2} \cdot P; & K &= \frac{3}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{z}{R}\right)^5; \\ R &= \sqrt{r^2 + z^2}; & r &= \sqrt{x^2 + y^2}. \end{aligned} \right\} (1)$$

положив в ней:

$$\left. \begin{aligned} r &= \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2}; \\ x &= 0; & y &= 0; \\ dP &= q \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{\xi}{b}\right) \cdot d\xi \cdot d\eta \end{aligned} \right\} (2)$$

Здесь q - амплитудное значение распределенной нагрузки.

Далее проинтегрируем (2) по площади, а полученный таким образом интеграл разделим на масштабный множитель q :

$$\alpha = \frac{\sigma_{zz}}{q} = \frac{3 \cdot z^3}{\pi} \cdot \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \left\{ \int_0^{\frac{b}{2}} \frac{\left(1 - \frac{2 \cdot \xi}{b}\right)}{\left[\xi^2 + \eta^2 + z^2\right]^{\frac{5}{2}}} \right\} \cdot d\eta \cdot d\xi \quad (3)$$

Далее выполним нормировку формулы (3). Положим в ней:

$$\left. \begin{aligned} \xi &= \xi_1 \cdot \frac{b}{2} \\ \eta &= \eta_1 \cdot \frac{L}{2} \\ n &= \frac{L}{b} \\ m &= \frac{2 \cdot z}{b} \\ d\xi &= d\xi_1 \cdot \frac{b}{2} \\ d\eta &= d\eta_1 \cdot \frac{L}{2} \end{aligned} \right\} (4)$$

С учетом (4) из (3) имеем:

$$\alpha^* = \frac{\sigma_{zz}}{q} = \frac{3 \cdot m^3 \cdot n}{\pi} \cdot \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{(1 - \xi_1) \cdot d\xi_1}{\left(\xi_1^2 + n \cdot \eta_1^2 + m^2\right)} \cdot d\eta_1 \quad (5)$$

Первый интеграл (5) вычислялся аналитически, а второй – численно, с использованием приближенного метода трапеций [5].

Результаты выполненных с использованием формулы (5) расчетов для ряда значений угла заложения представлены в таблице.

Для удобства расчетов нами составлены таблицы для определения коэффициента затухания напряжений по глубине для различных значений угла заложения откоса грунтовых плотин β .

В этом случае для определения вертикальных напряжений по глубине грунтовой толщи σ_{zp} следует использовать формулу Д-1 ДБН [3], положив в ней:

$$\sigma_{zp,i} = \alpha^* \cdot \gamma \cdot b \quad (6)$$

где b - ширина подошвы плотины, α^* - коэффициент затухания вертикальных напряжений по глубине основания (зависит от отношения длины подошвы плотины L к его ширине b и угла заложения откоса грунтовой плотины β); а γ - среднее значение удельного веса материала, из которого изготовлена плотина.

Таблиця

Коефіцієнт α
Значення коефіцієнта α^* (при углі заложення откоса, рівном $\beta = 20^\circ$)

№ п.п.	$\xi = \frac{2 \cdot z}{b}$	Коефіцієнт α для основаній плотин						
		Соотношение сторон подошвы плотины $\sqrt{\eta = \frac{L}{b}}$						
		n=1	n=1,4	n=1,8	n=2,4	n=3,2	n=5,0	n=10,0
1	0	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182
2	0,4	0,136	0,137	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138
3	0,8	0,095	0,101	0,102	0,103	0,104	0,104	0,104
4	1,2	0,066	0,073	0,077	0,079	0,080	0,080	0,080
5	1,6	0,046	0,054	0,059	0,062	0,064	0,064	0,065
6	2	0,033	0,041	0,046	0,050	0,052	0,053	0,054
7	2,4	0,025	0,031	0,036	0,040	0,043	0,045	0,046
8	2,8	0,019	0,025	0,029	0,033	0,036	0,039	0,040
9	3,2	0,015	0,020	0,024	0,028	0,031	0,034	0,035
10	3,6	0,012	0,016	0,019	0,023	0,027	0,030	0,031
11	4	0,010	0,014	0,016	0,020	0,023	0,027	0,028
12	4,4	0,008	0,011	0,014	0,017	0,020	0,024	0,026
13	4,8	0,007	0,010	0,012	0,015	0,018	0,021	0,023
14	5,2	0,006	0,008	0,010	0,013	0,016	0,019	0,021
15	5,6	0,005	0,007	0,009	0,011	0,014	0,017	0,020
16	6	0,005	0,006	0,008	0,010	0,012	0,016	0,019
17	6,4	0,004	0,006	0,007	0,009	0,011	0,014	0,017
18	6,8	0,004	0,005	0,006	0,008	0,010	0,013	0,016
19	7,2	0,003	0,005	0,006	0,007	0,009	0,012	0,015
20	7,6	0,003	0,004	0,005	0,007	0,008	0,011	0,014
21	8	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,010	0,013
22	8,4	0,002	0,003	0,004	0,005	0,007	0,010	0,013
23	8,8	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,009	0,012
24	9,2	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,011
25	9,6	0,002	0,003	0,003	0,004	0,006	0,008	0,011
26	10	0,002	0,002	0,003	0,004	0,005	0,007	0,010
27	10,4	0,002	0,002	0,003	0,004	0,005	0,007	0,010
28	10,8	0,001	0,002	0,003	0,003	0,005	0,006	0,009
29	11,2	0,001	0,002	0,002	0,003	0,004	0,006	0,009
30	11,6	0,001	0,002	0,002	0,003	0,004	0,006	0,008
31	12	0,001	0,002	0,002	0,003	0,004	0,005	0,008

Значення коефіцієнта α^* (при углі заложення откоса, рівном $\beta = 40^\circ$)

№ п.п.	$\xi = \frac{2 \cdot z}{b}$	Коефіцієнт α для основаній плотин						
		Соотношение сторон подошвы плотины $\sqrt{\eta = \frac{L}{b}}$						
		n=1	n=1,4	n=1,8	n=2,4	n=3,2	n=5,0	n=10,0
1	0	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420
2	0,4	0,314	0,317	0,318	0,318	0,318	0,318	0,318
3	0,8	0,220	0,232	0,236	0,238	0,239	0,239	0,239
4	1,2	0,151	0,169	0,177	0,182	0,184	0,186	0,186
5	1,6	0,106	0,125	0,135	0,143	0,147	0,149	0,149
6	2	0,077	0,094	0,105	0,114	0,120	0,123	0,124
7	2,4	0,057	0,072	0,083	0,093	0,099	0,104	0,105
8	2,8	0,044	0,057	0,067	0,077	0,084	0,090	0,092

Продолжение таблицы

9	3,2	0,035	0,046	0,055	0,064	0,071	0,078	0,081
10	3,6	0,028	0,037	0,045	0,054	0,061	0,069	0,072
11	4	0,023	0,031	0,038	0,046	0,053	0,061	0,065
12	4,4	0,019	0,026	0,032	0,040	0,047	0,054	0,059
13	4,8	0,016	0,022	0,028	0,034	0,041	0,049	0,054
14	5,2	0,014	0,019	0,024	0,030	0,036	0,044	0,050
15	5,6	0,012	0,017	0,021	0,026	0,032	0,040	0,046
16	6	0,011	0,015	0,018	0,023	0,029	0,037	0,043
17	6,4	0,009	0,013	0,016	0,021	0,026	0,033	0,040
18	6,8	0,008	0,012	0,015	0,019	0,023	0,031	0,038
19	7,2	0,007	0,010	0,013	0,017	0,021	0,028	0,035
20	7,6	0,007	0,009	0,012	0,015	0,019	0,026	0,033
21	8	0,006	0,008	0,011	0,014	0,018	0,024	0,031
22	8,4	0,006	0,008	0,010	0,013	0,016	0,022	0,030
23	8,8	0,005	0,007	0,009	0,012	0,015	0,021	0,027
24	9,2	0,005	0,007	0,008	0,011	0,014	0,019	0,026
25	9,6	0,004	0,006	0,008	0,010	0,013	0,018	0,025
26	10	0,004	0,006	0,007	0,009	0,012	0,017	0,023
27	10,4	0,004	0,005	0,006	0,009	0,011	0,016	0,022
28	10,8	0,003	0,005	0,006	0,008	0,011	0,014	0,021
29	11,2	0,003	0,004	0,006	0,007	0,010	0,013	0,020
30	11,6	0,003	0,004	0,005	0,007	0,009	0,013	0,019
31	12	0,003	0,004	0,005	0,007	0,008	0,012	0,018

Значения коэффициента α^* (при угле заложения откоса, равном $\beta = 60^\circ$)

№ п.п.	$\xi = \frac{2 \cdot z}{b}$	Коэффициент α для оснований плотин						
		Соотношение сторон подошвы плотины $\sqrt{\eta = \frac{L}{b}}$						
		n=1	n=1,4	n=1,8	n=2,4	n=3,2	n=5,0	n=10,0
1	0	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866
2	0,4	0,647	0,653	0,655	0,656	0,656	0,656	0,656
3	0,8	0,454	0,478	0,487	0,492	0,493	0,494	0,494
4	1,2	0,312	0,349	0,366	0,376	0,380	0,383	0,383
5	1,6	0,218	0,258	0,279	0,295	0,302	0,307	0,308
6	2	0,158	0,194	0,217	0,236	0,247	0,254	0,256
7	2,4	0,118	0,149	0,171	0,192	0,205	0,215	0,217
8	2,8	0,091	0,118	0,138	0,158	0,173	0,185	0,189
9	3,2	0,072	0,094	0,113	0,132	0,147	0,161	0,166
10	3,6	0,058	0,077	0,093	0,111	0,127	0,142	0,148
11	4	0,048	0,064	0,078	0,095	0,110	0,126	0,135
12	4,4	0,040	0,054	0,067	0,082	0,096	0,112	0,122
13	4,8	0,034	0,046	0,057	0,071	0,085	0,102	0,112
14	5,2	0,029	0,040	0,049	0,061	0,075	0,091	0,102
15	5,6	0,025	0,035	0,043	0,055	0,066	0,083	0,095
16	6	0,022	0,030	0,038	0,048	0,059	0,075	0,088
17	6,4	0,019	0,027	0,034	0,043	0,054	0,069	0,082
18	6,8	0,017	0,024	0,030	0,039	0,048	0,063	0,077
19	7,2	0,015	0,022	0,027	0,035	0,044	0,057	0,073
20	7,6	0,014	0,019	0,025	0,032	0,040	0,053	0,068
21	8	0,013	0,017	0,022	0,028	0,036	0,049	0,064
22	8,4	0,012	0,016	0,020	0,026	0,033	0,046	0,061

Продолжение таблицы

23	8,8	0,010	0,014	0,018	0,024	0,031	0,043	0,056
24	9,2	0,010	0,013	0,017	0,022	0,029	0,039	0,054
25	9,6	0,009	0,012	0,016	0,020	0,027	0,037	0,051
26	10	0,008	0,011	0,014	0,019	0,025	0,035	0,047
27	10,4	0,008	0,010	0,013	0,018	0,023	0,032	0,046
28	10,8	0,007	0,010	0,013	0,016	0,022	0,030	0,044
29	11,2	0,007	0,009	0,012	0,015	0,020	0,027	0,041
30	11,6	0,006	0,008	0,011	0,014	0,019	0,027	0,039
31	12	0,006	0,008	0,010	0,014	0,017	0,025	0,038

Значения коэффициента α^* (при угле заложения откоса, равном $\beta = 80^\circ$)

№ п.п.	$\xi = \frac{2 \cdot z}{b}$	Коэффициент α для оснований плотин						
		Соотношение сторон подошвы плотины $\sqrt{\eta = \frac{L}{b}}$						
		n=1	n=1,4	n=1,8	n=2,4	n=3,2	n=5,0	n=10,0
1	0	2,840	2,840	2,840	2,840	2,840	2,840	2,840
2	0,4	2,123	2,143	2,148	2,150	2,152	2,152	2,152
3	0,8	1,490	1,569	1,598	1,612	1,617	1,619	1,619
4	1,2	1,024	1,144	1,199	1,233	1,247	1,254	1,255
5	1,6	0,717	0,845	0,915	0,966	0,992	1,006	1,008
6	2	0,518	0,636	0,711	0,773	0,809	0,832	0,838
7	2,4	0,387	0,490	0,562	0,628	0,673	0,703	0,713
8	2,8	0,299	0,386	0,451	0,517	0,566	0,605	0,619
9	3,2	0,236	0,310	0,369	0,431	0,483	0,527	0,545
10	3,6	0,191	0,253	0,304	0,365	0,416	0,465	0,487
11	4	0,157	0,211	0,256	0,311	0,360	0,414	0,441
12	4,4	0,131	0,179	0,218	0,268	0,316	0,367	0,399
13	4,8	0,112	0,151	0,187	0,232	0,278	0,333	0,366
14	5,2	0,096	0,131	0,162	0,201	0,246	0,300	0,335
15	5,6	0,083	0,114	0,142	0,179	0,218	0,271	0,312
16	6	0,073	0,100	0,125	0,158	0,195	0,248	0,290
17	6,4	0,064	0,088	0,111	0,141	0,176	0,226	0,269
18	6,8	0,057	0,079	0,098	0,127	0,158	0,206	0,254
19	7,2	0,050	0,071	0,090	0,115	0,143	0,188	0,240
20	7,6	0,045	0,063	0,081	0,105	0,130	0,175	0,223
21	8	0,041	0,056	0,073	0,092	0,119	0,161	0,210
22	8,4	0,038	0,052	0,066	0,085	0,110	0,149	0,200
23	8,8	0,034	0,047	0,060	0,080	0,101	0,140	0,185
24	9,2	0,032	0,044	0,056	0,071	0,094	0,129	0,175
25	9,6	0,029	0,040	0,052	0,067	0,088	0,121	0,168
26	10	0,027	0,037	0,047	0,062	0,081	0,113	0,154
27	10,4	0,026	0,034	0,044	0,058	0,075	0,106	0,151
28	10,8	0,023	0,032	0,041	0,054	0,071	0,098	0,144
29	11,2	0,021	0,030	0,039	0,050	0,065	0,090	0,134
30	11,6	0,020	0,028	0,036	0,046	0,061	0,088	0,129
31	12	0,019	0,026	0,032	0,045	0,057	0,083	0,124

Из представленных в таблице данных вытекает, что на распределение вертикальных нормальных напряжений по глубине (точнее, коэффициент их затуха-

ния) существенное влияние оказывает угол наклона нагрузки к горизонту β .

Поэтому был сделан вывод, что рассчитанные нами коэффициенты затуха-

ния вертикальных напряжений по глубине α^* (табл.) позволяют более точно определять их значения, чем коэффициенты, представленные в нормативных докумен-

тах [7]. Это обусловлено более полным, чем это имеет место в нормативных документах, учетом конфигурации внешней нагрузки.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Земляные сооружения, основания и фундаменты : СНиП 3.02.01-87 / Гос. строит. ком. – Взамен СНиП 3.02.01-83*, СНиП III-8-76 и СН 536-81 ; введ. 01.07.1988. – Изд. офиц. – Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 120 с. – (Строительные нормы и правила).
2. Иванов П. Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений / П. Л. Иванов. – Москва : Высш. шк., 1985. – 352 с. : ил.
3. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Определения, теоремы, формулы / Корн Г., Корн Т. ; пер. И. Г. Арамановича [и др.] ; под общ. ред. И. Г. Арамановича. – Москва : Наука, 1974. – 832 с.
4. Ляпичев Ю. П. Гидротехнические сооружения / Ю. П. Ляпичев. – Москва : РУДН, 2008. – 302 с.
5. Нестеров М. В. Гидротехнические сооружения / М. В. Нестеров. – Минск : Новое знание, 2006. – 616 с.
6. Основания гидротехнических сооружений : СНиП 2.02.02-85 / Гос. строит. ком. – Взамен СНиП II-16-76 ; введ. 01.01.1987. – Изд. офиц. – Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 112 с. – (Строительные нормы и правила)
7. Об'єкти будівництва та промислової продукції будівельного призначення. Основи та фундаменти будинків і споруд. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування : ДБН В.2.1-10-2009. – Введ. вперше зі скасуванням на території України СНиП 2.02.01-83 ; чинні від 2009-07-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 107 с. – (Державні будівельні норми України).
8. Распопин Г. А. Гидротехнические сооружения. Грунтовые плотины, береговые водосбросы и специальные ГС / Г. А. Распопин. – Новосибирск : Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2007. – 327 с.
9. Гидротехнические сооружения / [Н. П. Розанов, Я. В. Бочкарев, В. С. Лапшенков, Г. И. Журавлев, Г. М. Каганов, И. С. Румянцева] ; под ред. Н. П. Розанова. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 432 с.
10. Механика грунтов / В. Г. Шаповал, В. Л. Седин, А. В. Шаповал, Б. В. Моркляник, В. С. Андреев. – Днепропетровск : Пороги, 2010. – 168 с. : ил.
11. Шаповал А. В. К определению упругих определению упругих и реологических свойств грунта / А. В. Шаповал, В. В. Крысан, В. Г. Шаповал // Збірник наукових праць Серія : Галузеве машинобудування, будівництво / Полтав. нац. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – Полтава, 2011. – Вип.1(29). – С. 212-215.
12. Koerner R. M. Construction and geotechnical engineering using synthetic fabrics / R. M. Koerner, J. P. Welsh. – New York : John Wiley & Sons, 1980. – 268 p.
13. Atkinson J. The mechanics of soils and foundations / John Atkinson. – 2nd ed. – London ; New York : Taylor & Francis Group, 2007. – 475 p.

REFERENCES

1. *Zemljanye sooruzhenija, osnovanija i fundamenti: SNiP 3.02.01-87* [Earthwork structure, bases and foundations: Construction rules and regulation 3.02.01-87]. Moskva: CITP Gosstroja SSSR, 1988, 120 p. (in Russian).
2. Ivanov P.L. *Gruntj i osnovanija gidrotehničeskij sooruzhenij* [Soils and foundation of Hydraulic engineering works]. Moskva: Vysshaja shkola, 1986, 92 p. (in Russian).
3. Korn G. and Korn T. *Spravočnik po matematike* [Mathematical Handbook]. Moskva: Nauka, 1974, 840 p. (in Russian).
4. Ljapichev Ju.P. *Gidrotehničeskie sooruzhenija* [Hydraulic engineering works]. Moskva: RUDN, 2008, 302 p. (in Russian).
5. Nesterov M.V. *Gidrotehničeskie sooruzhenija*. [Hydraulic engineering works]. Minsk: Novoe znanie, 2006, 436 p. (in Russian).
6. *Osnovanija gidrotehničeskij sooruzhenij: SNiP 2.02.02-85* [Foundation of Hydraulic engineering works: Construction rules and regulation 2.02.02-85]. Moskva: CITP Gosstroja SSSR, 1988, 112 p. (in Russian).
7. *Ob'ekti budivnictva ta promislova produkcija budivel'nogo priznachennja. Osnovi ta fundamenti budinkiv i sporud. Osnovi ta fundamenti sporud. Osnovni položennja proektuvannja: DBN V.2.1-10-2009* [Construction objects and industrial products for construction application. Bases and foundations of buildings and structures. Bases and foundations of buildings. The main regulation of design: State Construction Norm V.2.1-10-2009]. Kiiv: Minregionbud Ukraïni, 2009, 107 p. (in Ukrainian).
8. Raspopin G.A. *Gidrotehničeskie sooruzhenija. Gruntovye plotiny, beregovye vodosbrosy i special'nye GS* [Hydraulic engineering works. Groundwater dams, shorespillways and special hydraulic engineering works]. Novosibirsk: No-

- vosib. gos. akad. vod. transp, 2007, 311 p. (in Russian).
9. Rozanov N.P., Bochkarev Ja.V., Lapshenkov V.S., Zhuravlev G.I., Kaganov G.M. and Rumjanceva I.S. *Gidrotehnicheskie sooruzhenija* [Hydraulic engineering works]. Moskva: Agropromizdat, 1985, 52 p. (in Russian).
 10. Shapoval V.G., Sedin V.L., Shapoval A.V., Morkljanik B.V. and Andreev V.S. *Mehanika gruntov* [Mechanics of soils]. Dnepropetrovsk: Porogi, 2010, 168 p. (in Russian).
 11. Shapoval A.V., Krysan V.V. and Shapoval V.G. *K opredeleniju uprugih opredelenija uprugih i reologicheskikh svojstv grunta* [Determination of elastic and rheological properties of soils]. *Zbirnik naukovih prac' (galuzeve mashinobuduvannja, budivnictvo)*. [Collection of scientific works (industry engineering, construction)]. Poltavs'kij nacional'nij universitet im. Ju. Kondratjuka [Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University]. Poltava, 2011, no. 1(29), pp. 212-215. (in Russian).
 12. Koerner R.M. and Welsh J.P. *Construction and Geotechnical Engineering using fabrics*. New York: John Wiley & Sons, 1980, 268 p.
 13. Atkinson J. *The Mechanics of Soils and Foundations*. 2nd ed., London; New York: Taylor & Francis Group, 2007, 475 p.

Рецензент: д-р т. н., проф. В. І. Большаков

Надійшла до редколегії: 23.08.2015 р. Прийнята до друку: 28.08.2015 р.