
Висновки

Доведено виникнення процесів електромагнітної емісії у цементно-пісочних і цементно-азбестових матеріалах та можливість їх використання для оцінки процесів їх руйнування.

Список використаних джерел

1. Warwick J.W. Radio emission associated with rock failure: possible application to the great Chilean earthquake / J.W. Warwick, C. Stoker, T.R. Meyer // Journal of Geophysical Research. – 1982. – vol. 87. – № b4. – p. 2851-2859.

2. Malyshkov Ju. P. Istochniki i mehanizmu elektromagnitnoi emissii v betonach / Ju. P. Malyshkov, T. V. Fursa, V. F. Gordeev // Izv. VUZov. Ser. "Stroitelstvo". – 1996. – № 12. – с. 31-37.

3. Shchegel G.O. Probabilistic damage modelling of textile-reinforced thermoplastic composites under high velocity impact based on combined acoustic emission and electromagnetic emission measurements / G.O. Shchegel, R. Böhm, A. Hornig, V.V. Astanin, W.A. Hufenbach // International Journal of Impact Engineering. – 2014. – Vol. 69. – с. 1-10.

4. Astanin V.V. Characterising failure in textile-reinforced thermoplastic composites by electromagnetic emission measurements under medium and high velocity impact loading / V.V. Astanin, G.O. Shchegel, W. Hufenbach, A. Hornig, A. Langkamp // International Journal of Impact Engineering, vol. 49, pp. 22-30, 2012.

Стаття надійшла до редакції 18.03.2015 р.

УДК 69.035.4

А. Д. Мани, асп, **А. М. Самедов**, д.т.н., проф. (НТУУ «КПІ»)

**УШИРЕНИЕ ПОДОШВЫ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЛАБЫХ ПОДСТИЛАЮЩИХ СЛОЕВ В МАССИВЕ
ПОД СООРУЖЕНИЕМ**

A. J. Mani, **A. M. Samedov** (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

**BROADENING OF THE SOLE STRUCTURE TO USE WEAK BASE
LAYERS IN THE ARRAY AT STRUCTURE**

Предложено при определении предварительных размеров (ширины и длины) подошвы сооружения использовать величину условного расчетного давления слабого подстилающего слоя грунта вместо величины условного расчетного давления R_0 прочного грунта под

подошвой сооружения малой толщины (до 2,0м), которая входит в состав расчетного давления R , при уточнении размеров подошвы сооружения.

Ключевые слова: условное расчетное давление, подошва сооружения, подстилающий слой, слабый грунт, уширение.

Suggested in determining preliminary dimensions (width and length) of the sole structures to use the value of the conditional design pressure of the weak underlying layer of soil instead of the nominal size, design pressure R_0 lasting soil under the sole construction of small thickness (up to 2.0m), which is part of the design pressure of R , clarify the dimensions of the sole structure.

Ключові слова: умовний розрахунковий тиск, подошва споруди, підстиляючий шар, слабкий ґрунт, розширення.

Suggested in determining preliminary dimensions (width and length) of the sole structures to use the value of the conditional design pressure of the weak underlying layer of soil instead of the nominal size, design pressure R_0 lasting soil under the sole construction of small thickness (up to 2.0m), which is part of the design pressure of R , clarify the dimensions of the sole structure.

Keywords: conventional design pressure, sole structure, underlayment, soft ground, broadening.

Вступление. Во многих случаях подземные сооружения опираются на массив из слабых грунтов, который не пригодный для оснований или прочные грунты под подошвой имеют малую толщину (до 2,0 м) и не могут воспринимать действующую нагрузку от подземных сооружений. Анализ литературных источников [1-7] показал, что в таких случаях при расчете оснований подземных сооружений необходимо учитывать фактическую работу слабых подстилающих слоев и расчет несущей способности массивов производить с учетом показателей слабых слоев, так как находящийся под подошвой прочный грунт имеет малую толщину. Существует потребность в научном обосновании методов расчета несущей способности структурно-неустойчивых грунтовых массивов и в разработке практических мер по усилению оснований подземных сооружений на подстилающих слоях из слабых или структурно-неустойчивых грунтов.

Цель и задачи. Установить методы уширения подошвы сооружений с использованием слабых подстилающих слоев для массивов, как оснований, на численном примере.

Результаты исследований. Рекомендуется способ уширения подошвы сооружений для использования слабых подстилающих слоев массива, как основания сооружений. Этот способ применяется в случаях, когда под подошвой залегает прочный грунт, но малой толщины (до 2м), а подстилающий слой состоит из слабых или структурно-неустойчивых грунтов.

Рассмотрим этот способ на примере перегонного тоннеля метрополитена мелкого заложения.

Предварительные размеры подошвы сооружения на примере перегонного тоннеля метрополитена определяем из условия среднего давления на массив

под подошвой сооружения по условному расчетному давлению R_0 подстилающего слоя грунтового массива, так как под подошвой сооружения осталось до 1 м. Прочный грунт – песок средней плотности и средней крупности, где $R_0 = 0,4$ МПа, но высота до 1 м не может воспринимать все действующие нагрузки. Поэтому, этот слой не учитываем при расчете. Предварительные размеры подошвы сооружения определяем по условному расчетному давлению слабого подстилающего слоя, состоящего из супесей, где $R_0 = 0,20$ МПа.

Предварительную площадь сооружения, на примере перегонного тоннеля метрополитена, принимаем как центрально-нагруженное сооружение по формуле:

$$A = \frac{N_{II}}{R_0 - \gamma_{cp} \cdot d_1} = \frac{448}{200 - 22 \cdot 6,5} = \frac{448}{57} = 7,86 \text{ м}^2, \text{ где:}$$

A – площадь подошвы сооружения, м^2 ; N_{II} – действующие нагрузки (давление под подошвой сооружения, $N_{II} = 448$ кН на 1 пог. м. длины, принято в соответствии аналогии подобных сооружений); $R_0 = 0,2$ МПа = 200 кН/м^2 – условное расчетное давление подстилающего слоя под подошвой песчаного слоя малой толщины, до 1 м, в сумме с пластичным состоянием $I_1 = 0,35$; $\gamma_{cp} = 22 \text{ кН/м}^3$ – удельный вес усредненной величины грунта и сооружения; $d_1 = 6,5 \text{ м}$ – глубина заложения от поверхности грунта до подошвы сооружения перегонного тоннеля метрополитена мелкого заложения с шириной с внутренней стороны $B_1 = 6,66 \text{ м}$, высотой $H_1 = 4,6 \text{ м}$, толщина стены $\delta_{cm} = 0,6 \text{ м}$; толщина перекрытия и днища $\delta_{он} = \delta_{np} = 0,8 \text{ м}$, общий наружный размер $B = 7,86 \text{ м}$, $H = 6,5 \text{ м}$ (рис. 1).

Уточняем размеры подошвы сооружения согласно расчетному давлению слабого грунта R , находящегося в подстилающем слое, т. е. по слою супеси, где $R_0 = 0,2$ МПа по формуле:

$$R = \frac{\gamma_{c,1} \gamma_{c,2}}{K} [M_\gamma K_z B \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c C_{II}] =$$

$$= \frac{1,0 \cdot 1,0}{1,1} [0,23 \cdot 1,0 \cdot 7,86 \cdot 18 + 1,94 \cdot 6,5 \cdot 18 + 7,40 \cdot 4,42 \cdot 13] = 280,30.$$

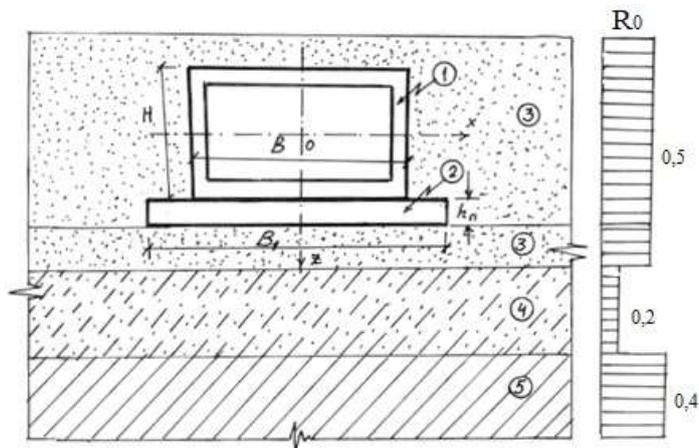


Рис. 1. Усиление массива, как основания, с помощью увеличения размеров подошвы сооружения дополнительными плитами:

1 – подземное сооружение; 2 – дополнительные плиты для усиления основания; 3 – намывтый песок средней крупности и средней плотности; 4 слабый подстилающий слой из супеси; 5 – полутвердая глина

Размеры плиты B_1 определены с использованием условного расчетного сопротивления слабого подстилающего слоя R_0 (4) и уточнены расчетным сопротивлением R , того же слабого слоя (4), принятого из СНиПа или ДБН. Супесь имеет показатель консистенции $I_L = 0,35$, т. е. $0 \leq I_L = 0,35 < 1,0$ в пластичном состоянии. По этому показателю для супесей коэффициент условий работы грунта $\gamma_{cl} = 1,0$, $L/H \geq 4$, поэтому коэффициент $\gamma_{c2} = 1,0$; прочностные показатели грунтов C и φ определялись не по натурным исследованиям, поэтому принимаем коэффициент надежности $K = 1,1$. Супесь имеет прочностные параметры $\varphi = 12^\circ$; $C = 0,013 \text{ МПа} = 13 \text{ кН/м}^2$. Для $\varphi = 12^\circ$ коэффициенты $M_\gamma = 0,23$; $M_q = 1,94$; $M_c = 4,42$, для $B = 7,86 \text{ м}$, $K_z = 1,0$; $\gamma'_{II} = \gamma_{II} = 18,0 \text{ кН/м}^3$, сооружение не имеет подвалов, поэтому $d_b = 0$.

По полученным данным расчетное давление $R = 280,30 \text{ кН/м}^2 > R_0 = 200 \text{ кН/м}^2$ – условие не удовлетворяется, поэтому для проверки расчеты ведем по R , так как должно удовлетворяться условие $R \leq R_0$.

Размеры подошвы сооружения по расчетному давлению под подошвой сооружения к слабому подстилающему грунту R будут:

$$A = \frac{N_{II}}{R - \gamma_{cp} \cdot d_1} = \frac{448}{280,30 - 22 \cdot 6,5} = \frac{448}{143} = 3,13 \text{ м}^2;$$

$$P_{II} = \frac{N_{II} + N_{II.гр} + (N_{ст} + N_{дн} + N_{пер})}{A} = \frac{448 + 273 + 275,0}{3,13} = 318,22 \text{ кН/м}^2.$$

Для центрально-нагруженных сооружений должно быть удовлетворено условие $P_{II} \leq R$.

$P_{II} \leq R = 318,22 \text{ кН/м}^2 > 280,30 \text{ кН/м}^2$ – условие не удовлетворяется. поэтому увеличиваем подошву сооружения с применением дополнительной плиты с уширением пяты сооружения, т.е. под днищем сооружения устанавливаем плиты большой ширины.

Ширину плиты принимаем $8,6 \text{ м}$, тогда давление под подошвой сооружения с уширенной шириной плиты $b = 8,6 \text{ м}$ будет: где $N_{ст} = 0,6 \cdot 6,5 \cdot 25 = 97,5 \cdot 2 = 195,0 \text{ кН}$ на 1 пог. м , $N_{дн} + N_{пр} = (0,8 \cdot 7,82 \cdot 25) \cdot 2 = 312,8 \text{ кН}$ на 1 пог. м .

Дополнительная плита, $N_{плит} = 0,8 \cdot 9,82 \cdot 25 = 196,4 \text{ кН}$, шириной $9,82 \text{ м}$ с каждой стороны больше 1 м , т.е. $9,82 - 7,86 = 1,96 \text{ м} \approx 2,0 \text{ м}$ или $1,0 \text{ м}$ с каждой стороны.

$N_{сп} = 334 \text{ кН/м}$, с учетом дополнительной ширины плиты размером $9,82 \text{ м}$.

$P_{II} = 151,34 \text{ кН/м}^2 \leq R = 280,30 \text{ кН/м}^2$ – условие удовлетворяется с запасом ≈ 2 раза, поэтому можно считать, что дополнительные динамические нагрузки от технологических машин и механизмов не могут нарушить сооружение на долговечность и устойчивость.

Если сопоставить величину P_{II} с условным сопротивлением слабого подстилающего слоя, получим: $P_{II} = 151,34 \text{ кН/м}^2 \leq R_0 = 200 \text{ кН/м}^2$. Условие удовлетворяется.

Малая толщина намывного песка составляет 1,0 м под подошвой, что значительно мало, а подстилающий слой из супеси. Условное расчетное давление $R_0 = 0,20 \text{ МПа} = 200 \text{ кН/м}^2$. Поэтому, используем дополнительную плиту шириной 9,82 м, толщиной 0,6 м, которая с каждой стороны днища подземных сооружений составляет $(9,82 - 7,82)/2 = 1,0 \text{ м}$.

Дополнительная плита шириной 9,82 м, толщиной 0,6 м с запасом обеспечивает действующие нагрузки.

Обычно при расчете размеров подошвы сооружений СНиП или ДБН рекомендует использовать условное расчетное давление (сопротивление) R_0 , МПа под подошвой прочного грунта (например, намывного песка, где $R_0 = 0,4 \text{ МПа} = 400 \text{ кН/м}^2$), при определении предварительного размера подошвы, т.е.:

$$F_{np} = \frac{N_{II}}{R_0 - \gamma_{cp} d_1}, (\text{м}^2), F_{np} = b_{np} \cdot a; \quad - \text{ для ленточного фундамента или длинных}$$

сооружений, $a = 1 \text{ лог.м}$ - длина; $b_{np} = F_{np}$ - предварительная ширина подошвы сооружения.

После определения предварительной ширины подошвы сооружения b_{np} , уточняют размеры подошвы по расчетному сопротивлению (давлению) R , МПа, по формулам СНиП-а или ДБН:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \gamma_{c2}}{K} [M_{\gamma} K_z b_{np} \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}].$$

Уточненные размеры подошвы определяют по формуле:

$$F_{уточ} = \frac{N_{II}}{R - \gamma_{cp} d_1}, (\text{м}^2), F_{уточ} = b_{уточ} \cdot a.$$

Для длинных сооружений $a = 1 \text{ лог.м}$, значит $b_{уточ} = F_{уточ}$.

В случае, когда под подошвой сооружения остается прочный грунт малой толщины (0,5÷2,0м), а подстилающий слой состоит из слабого или структурно-неустойчивого грунта, тогда мы предлагаем определить предварительные размеры подошвы не по условному расчетному давлению прочного грунта под подошвой, где $R_0 = 0,4 \text{ МПа}$ для намывного песка, а условному расчетному давлению подстилающего слабого слоя, где $R'_{0,слаб} = 0,2 \text{ МПа}$, т.е сила сцепления c и угол внутреннего трения φ значительно малы, что резко уменьшает коэффициенты M_{γ}, M_q, M_c при определении расчетного давления R :

$$F'_{np} = \frac{N_{II}}{R'_{0,слаб} - \gamma_{cp} d_1}, (\text{м}^2), F'_{np} = b'_{np} \cdot a, \text{ где } a = 1 \text{ лог.м}.$$

Полученный b'_{np} подставляем взамен b_{np} в формуле R и вычисляем его под обозначением R' и сопоставляем R' с $R'_{0,слаб}$, т.е. обеспечиваем условие $R' \leq R'_{0,слаб}$. Тогда, получаем уширение ширины подошвы, т.е. $b'_{np} > b_{np}$.

Уточняем размеры подошвы по условному расчетному давлению R' с направлением входящих параметров, коэффициентов M_γ, M_q, M_c по величине φ и c_{II} по слабому подстилающему слою, т.е. $\varphi = 12^\circ$ и $c_{II} = 13 \text{ кН} / \text{м}^2$,

$$F'_{\text{уточ}} = \frac{N_{II}}{R' - \gamma_{cp} d_1}, (\text{м}^2), F'_{\text{уточ}} = b'_{\text{уточ}} \cdot a, \text{ где:}$$

$a = 1 \text{ пог.м}$ - для длинных сооружений, $F'_{\text{уточ}} = b'_{\text{уточ}}$.

Полученное уширение размеров подошвы по ширине $b'_{\text{уточ}} > b_{\text{уточ}}$ - обеспечивает передачу нагрузок от сооружения N_{II} на плиты уширенного размера подошвы и от уширенной подошвы нагрузки распределяются на прочный слой, но малой толщины, а от этого прочного слоя затухающим способом передаются на подстилающий слой из слабого грунта, который обеспечивает устойчивость, несущую способность и долговечность массива.

Обозначение: N_{II} - расчетная нагрузка на фундамент, кН или кН/м; $\gamma_{cp} = 20 \div 22 \text{ кН} / \text{м}^3$ - среднее значение удельного веса плиты и грунта на его обрезах; d_1 - глубина заложения плиты или подошвы сооружения, м; R_0 - условное расчетное давление на грунт под подошвой, МПа или кН/м²; $\gamma_{c_1}, \gamma_{c_2}$ - коэффициенты условий работы, принимаемые из табл. СНиПа; k - коэффициент, $k = 1$, в случае, если прочностные параметры c и φ определены в лабораторных условиях, в других случаях $k = 1,1$; M_γ, M_q, M_c - безразмерные коэффициенты, зависящие от φ подстилающего слоя, принимаются из табл. СНиПа; γ_{II} - удельный вес грунта под подошвой, кН/м³; k_z - коэффициент, зависящий от ширины плиты $b \leq 10 \text{ м}$, $k_z = 1$ (при $b \geq 10 \text{ м}$, k_z - определяется как $k_z = z_0 / b + 0,2$); γ'_{II} - удельный вес грунта, выше подошвы плиты, обычно $\gamma'_{II} \leq \gamma_{II}$, кН/м³; d_b - глубина подвала, м; c_{II} - сила сцепления грунта под подошвой; R - расчетное давление грунта под подошвой плиты.

Пример. Допустим, через колонны на плиту действует нагрузка $P = 300 \text{ кН}$. Под подошвой плиты находится намывной грунт, толщиной 0,8 м, а под намывным грунтом слабый подстилающий грунт – супесь.

а) Для намывного песка: $\varphi = 30^\circ 00'$, $c = 0,0015 \text{ МПа} = 1,5 \text{ кН} / \text{м}^2$; условное расчетное давление $R_0 = 0,4 \text{ МПа} = 400 \text{ кН} / \text{м}^2$, $\gamma_{II} = 18 \text{ кН} / \text{м}^3$.

б) Для подстилающего слабого слоя из супеси: $\varphi = 12^\circ 00'$, $c = 0,013 \text{ МПа} = 13 \text{ кН} / \text{м}^2$; $\gamma_{II} = 19 \text{ кН} / \text{м}^3$; $R_0 = 0,2 \text{ МПа} = 200 \text{ кН} / \text{м}^2$,

Решение:

а) Предварительный размер подошвы плиты:

По намывным грунтам (песок средней крупности и средней плотности):

$$F_{np} = \frac{N_{II}}{R_0 - \gamma_{cp} d_1} = \frac{300}{400 - 20 \cdot 2,0} = \frac{300}{360} = 0,83 \text{ м}^2 \approx 0,9 \text{ м}^2;$$

$$F_{np} = 0,9 \text{ м}^2; F_{np} = a \cdot b_{np} = 1,0 \cdot 0,9 \text{ м}; b_{np} = 0,9 \text{ м}.$$

Определяем расчетное давление R по прочным намывным пескам:

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{K} [M_{\gamma}K_z b_{np}\gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1)d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}] =$$

$$= \frac{1,3 \cdot 1,1}{1,1} [1,15 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 18 + 5,59 \cdot 2,0 \cdot 18 + 7,95 \cdot 1,5] = 301,33 \text{ кН} / \text{м}^2.$$

Уточняем размеры подошвы по прочным намывным пескам:

$$F'_{\text{уточ}} = \frac{300}{301,33 - 20 \cdot 2,0} = \frac{300}{261,33} = 1,15 \text{ м}^2 \approx 1,2 \text{ м}^2.$$

б) Рекомендуем определить предварительный размер подошвы плиты на условное расчетное давление по подстилающему слою супеси $R_0 = 0,2 \text{ МПа} = 200 \text{ кН} / \text{м}^2$ и показателям $\varphi = 12^\circ 00'$, $c = 0,013 \text{ МПа} = 13 \text{ кН} / \text{м}^2$; $\gamma_{II} = 19 \text{ кН} / \text{м}^3$:

$$F'_{np} = \frac{300}{200 - 20 \cdot 2,0} = \frac{300}{160} = 1,88 \text{ м}^2;$$

$$F'_{np} = a \cdot b'_{np}; \quad b'_{np} = \sqrt{\frac{F'_{np}}{n=1,4}} = \sqrt{\frac{1,88}{1,4}} = 1,15 \text{ м}; \quad \text{где } n=1,4 = \frac{a}{b_{np}}; \quad a = 1,4 b_{np} \quad - \text{ большая}$$

сторона прямоугольной плиты; $b_{np} = 1,15 \text{ м}$ - малая сторона (ширина) подошвы плиты. Определяем расчетное давление грунта по данным слабого подстилающего слоя R' ; где $R_0 = 0,2 \text{ МПа}$; $\varphi = 12^\circ 00'$, $c = 0,013 \text{ МПа} = 13 \text{ кН} / \text{м}^2$; $\gamma_{II} = 19 \text{ кН} / \text{м}^3$:

$$R' = \frac{1,3 \cdot 1,1}{1,1} [0,23 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 19,0 + 1,92 \cdot 2 \cdot 19 + 4,42 \cdot 13] = 176,08 \text{ кН} / \text{м}^2.$$

Уточняем размеры подошвы по слабому подстилающему слою супеси, согласно расчетного давления R' :

$$F'_{\text{уточ}} = \frac{300}{176,08 - 20 \cdot 2,0} = \frac{300}{136,08} = 2,21 \text{ м}^2;$$

$$F'_{\text{уточ}} = a \cdot b'_{\text{уточ}}; \quad a = 1,4 b'_{\text{уточ}}; \quad b'_{\text{уточ}} = \sqrt{\frac{F'_{\text{уточ}}}{1,4}} = \sqrt{\frac{2,21}{1,4}} = 1,26 \text{ м};$$

$$a = 1,4 b'_{\text{уточ}} = 1,4 \cdot 1,26 = 1,76 \approx 1,8 \text{ м}.$$

Принимаем: $a = 2,0 \text{ м}$; $b'_{\text{уточ}} = 1,4 \text{ м}$.

Таким образом, в случае использования прочного грунта под подошвой намывного песка средней крупности и средней плотности при $R_0 = 0,4 \text{ МПа}$; $\varphi = 30^\circ 00'$; $c = 0,0015 \text{ МПа}$; $\gamma_{II} = 18 \text{ кН} / \text{м}^3$ размеры подошвы плиты будут: $a = 1,3 \text{ м}$; $b = 0,9 \text{ м}$. При использовании подстилающего слоя из супеси $R_0 = 0,2 \text{ МПа}$; $\varphi = 12^\circ 00'$, $c = 0,013 \text{ МПа}$; $\gamma_{II} = 19 \text{ кН} / \text{м}^3$ размеры подошвы получаем: $a = 2,0 \text{ м}$; $b = 1,4 \text{ м}$.

Уширение размеров подошвы обеспечивает устойчивость, несущую способность и долговечность оснований сооружений.

Выводы

Увеличение предварительных размеров подошвы на 20% позволило уменьшить величину расчетного давления R до 60% и соответственно давления, которое передается на прочный грунт малой толщины под подошвой. Распределить это давление на подстилающие слои из слабых или структурно-неустойчивых грунтов, которые обеспечивают несущую способность, устойчивость и долговечность массива как основания сооружений.

Список использованных источников

1. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений. - М.: 1995. – с. 161.
2. Мустафаев А.А. Фундаменты на просадочных и набухающих грунтах. М.: Изд. «Высшая школа», 1989. – с. 590.
3. Малышев М. В. Прочность грунтов и устойчивость оснований сооружений./М. В. Малышев, - М.: Стройиздат, 1980. – с. 137.
4. Мустафаев А. А. Основы механики просадочных грунтов, М.: Стройиздат, 1978. – с. 263.
5. Тсытович Н.А. Основания и фундаменты. М.: «Высшая школа», 1970. – с. 382.
6. Николаевский В. Н. Современные проблемы механики грунтов./В. Н. Николаевский – В. Н. Определение законов механики грунтов. – М.: Мир, 1975. – с. 210-229.
7. Самедов А. М. и др. Нарушение оснований подземных сооружений мелкого заложения в структурно-неустойчивых подстилающих грунтах./А. М. Самедов, Мани А. Д., М. Cudik. H.V. Iubil. Mied. Symp. Geotechnika-Geotechnics, 2012. Mat. Nauk. Glishhice-Ustron, 23-26. pazd. 2012. – s. 151-163.

Статья поступила в редакцию 23.03.2015 г.

УДК 622.235: 539.3

В. Ф. Мейш, докт. физ. – мат. наук (Институт механики НАН Украины)

ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ОБОЛОЧКА – ГРУНТОВАЯ СРЕДА ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПРИ ИМПУЛЬСНЫХ НАГРУЗКАХ

V. F. Meish (Institute of Mechanics of NAS of Ukraine)

WAVE PROCESSES IN THE SYSTEM OF CYLINDRICAL SHELL – SOIL MEDIUM WITH PERIODIC STRUCTURES UNDER IMPULSIVE LOADS