

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**ИННОВАЦИОННАЯ ПОДГОТОВКА
ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ НА ОСНОВЕ ЕВРОПЕЙСКИХ
СТАНДАРТОВ (ЕВРОКОДОВ)**

(г. Минск, БНТУ – 30.05.2017)

УДК 692.1

**РАСЧЕТ СТОЛБЧАТОГО ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА
МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ ПО EN 1997 ЕВРОКОДА 7
И РАСЧЕТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕЙСТВУЮЩЕГО
ТКП 45-1.01-67 (СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ
ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ)**

АРХАНГЕЛЬСКАЯ Т. М., ЕРОХИНА Ю. А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Еврокод 7 состоит из двух частей: 1 – общие правила, 2 – исследования и испытания грунтов. Первая часть содержит общие принципы геотехнического проектирования для обеспечения безопасности, надежности и долговечности зданий и сооружений, возводимых на грунтовых и скальных основаниях.

В Еврокоде 7 выделено три подхода к проектированию по методу предельных состояний в стабилизированном и нестабилизированных режимах. При расчетах по предельным состояниям вводятся частные и корреляционные коэффициенты. В зависимости от подхода к проектированию частные коэффициенты могут применяться к воздействию, к результатам воздействий, к сопротивлению материала, к показателям прочности основания. Общего или комбинированного подхода пока нет. Отличия в геотехническом проектировании в различных странах учтены в Еврокодах путем предоставления выбора альтернативных методов расчета, определяемых на

национальном уровне (NDPs) в Национальном приложении, которое может содержать данные, оставленные в Еврокоде открытыми для национального выбора.

В Еврокоде 7 рассматриваются два предельных состояния: по несущей способности и по пригодности к эксплуатации. Для расчета фундаментов используется один из трех методов проектирования и расчета: прямой метод, косвенный метод или директивный метод. Выбор метода определяет расчетную модель и методику расчета.

Наиболее достоверным способом сравнения национальных норм с Еврокодом 7 является прямое сопоставление результатов геотехнических расчетов.

Ниже приведен пример расчета столбчатого плитного фундамента мелкого заложения по EN 1997 Еврокоду 7 [1] и с использованием действующего ТКП 45-5.01–67 [2].

Рассмотрим столбчатый плитный фундамент под колонну, высота нижней ступени фундамента принята 0,5 м, размеры в плане 1,8 на 1,8 м. Глубина заложения подошвы фундамента 1,5 м. Нагрузки приложены к центру тяжести фундамента и проходят через ее центр тяжести, т. е. эксцентриситет отсутствует. Нагрузки на обрез фундамента составляют: постоянная вертикальная нагрузка $P_k = 200$ кН, временная $Q_k = 50$ кН.

Физико-механические параметры грунта следующие:

Вид грунта – супесь малопрочная;

Удельный вес грунта $\gamma = 19$ кН/м³;

Удельное сцепление грунта $c = c_{u,k} = 30$ кПа;

Угол внутреннего трения грунта $\varphi = 15^\circ$.

Выполним проверку по предельному напряженному состоянию грунтового основания.

Расчет предельного напряженного состояния по несущей способности по EN 1997 Еврокоду 7 при недренированных условиях сводится к проверке условия:

$$V_d \leq R_d, \quad (1)$$

где V_d – расчетная нагрузка предельного напряженного состояния, перпендикулярная к плоскости опирания;

R_d – расчетное сопротивление фундамента против действующих на него нагрузок (используется прямой метод, аналитическая модель).

$$V_d = \gamma_c (P_k + G_{pad,k}) + \gamma_Q Q_k, \quad (2)$$

где γ_c, γ_Q – коэффициенты воздействия комплекта А1 табл. А.3 согласно третьему подходу проектирования [2];

$G_{pad,k}$ – вес фундамента и грунтовой засыпки на нем.

$$G_{pad,k} = (1,8 \cdot 1,8 \cdot 0,5 + 1 \cdot 1 \cdot 1) \cdot 25 + (1,8 \cdot 1,8 \cdot 1 - 1 \cdot 1 \cdot 1) \cdot 18 = 106 \text{ кН},$$

тогда $V_d = 1,35 \cdot (200 + 106) + 1,5 \cdot 50 = \underline{488,1} \text{ кН}.$

В соответствии с приложением D.3 формула D.1:

$$\frac{R_d}{A'} = (\pi + 2) c_{u,d} b_c S_c i_c + g_d, \quad (3)$$

где $c_{u,d} = c_{u,k} / \gamma_c = 30 / 1,4 = 21,4 \text{ кПа};$

$S_c = 1,2$ при $b' / l' = 1;$

$b_c = 1$ при горизонтальном основании и поверхности грунта;

$i_c = 1$ при действии вертикальной нагрузки;

$g_d = (\gamma / \gamma_c) \cdot 1,5 = 18 \cdot 1,5 = 27 \text{ кПа};$

$R_d / A' = 159 \text{ кПа}.$

Расчетное значение вертикальной несущей способности фундамента составит:

$$R_d = 1,8 \cdot 1,8 \cdot 159 = \underline{515,16} \text{ кН}.$$

Таким образом, условие $V_d \leq R_d$ выполняется.

Выполним аналогичный расчет по методике, изложенной в ТКП 45-5.01–67 п.5.9, при аналогичных условиях.

Расчет оснований по несущей способности (прочности, устойчивости) производится из условия:

$$F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot \Phi_u, \quad (4)$$

где F – внешняя расчетная нагрузка на основание в наиболее невыгодной комбинации, кН;

Φ_u – наименьшая несущая способность основания из условия его предельного равновесия или прочности скального грунта по направлению нагрузки F , кН ;

$\gamma_c = 0,85$ – коэффициент условий работы, принимаемый для глинистых грунтов в нестабилизированном состоянии;

γ_n – коэффициент надежности по назначению сооружения, равный 1,2 для зданий и сооружений I уровня ответственности.

Вертикальная составляющая силы предельного сопротивления основания Φ_v , кН , сложенного несколькими грунтами в стабилизированном состоянии, определяются по формуле

$$\Phi_v = b'l'(N_\gamma \xi_\gamma b' \gamma_1 + N_q \xi_q \gamma_1' d + N_c \xi_c c_1), \quad (5)$$

где $b' = l' = 1,8$ м – приведенные ширина и длина фундамента;

$N_\gamma = 1,35$, $N_q = 3,94$, $N_c = 10,98$ – безразмерные коэффициенты несущей способности, определяемые от расчетного значения угла внутреннего трения грунта $\varphi_1 = 15^\circ$;

$\gamma_1 = \gamma_1' = 19$ кН/м³ – расчетный удельный вес грунтов, находящихся в пределах возможной призмы выпирания соответственно ниже и выше подошвы фундамента;

$c_1 = 30$ кПа – расчетное удельное сцепление грунта;

$d = 1,5$ м – глубина заложения фундамента;

ξ_γ, ξ_q, ξ_c – коэффициенты формы фундамента, определяемые по формулам:

$$\xi_\gamma = 1 - \frac{0,25}{\eta}; \quad \xi_q = 1 + \frac{1,5}{\eta}; \quad \xi_c = 1 + \frac{0,3}{\eta}. \quad (6-8)$$

Так как соотношения сторон фундамента $\eta = l/b = 1$ то $\xi_\gamma = 0,75$, $\xi_q = 2,5$; $\xi_c = 1,3$.

Вертикальная составляющая силы предельного сопротивления основания:

$$\Phi_v = 1,8 \cdot 1,8 \cdot (1,35 \cdot 0,75 \cdot 1,8 \cdot 1,9 + 3,94 \cdot 2,5 \cdot 1,9 \cdot 1,5 + 10,98 \cdot 1,3 \cdot 3,0) = 2409 \text{ кН.}$$

Условие $F = 488,1 \text{ кН} \leq 0,85 \cdot 2409/1,2 = 1706 \text{ кН}$ выполняется.

В связи с тем, что основание в приведенной выше методике расчета несущей способности по Еврокод 7 работает без осушения (дренирования), а также руководствуясь с п. 5.9.8 ТКП, согласно которому «при соответствующем обосновании (короткие сроки возведения сооружения или нагружение его эксплуатационными нагрузками, отсутствие в основании дренирующих слоев грунта или дренирующих устройств) допускается в запас надежности принимать $\phi_1 = 0$, а c_1 – соответствующим нестабилизированному состоянию грунтов основания и равным прочности грунта по результатам неконсолидированного среза c_u (ГОСТ 12248, ГОСТ 20276)», исключим из формулы определения предельного сопротивления компоненту трения.

Вертикальная составляющая силы предельного сопротивления основания в данном случае будет равна:

$$\Phi_v = 1,8 \cdot 1,8 \cdot (0 \cdot 0,75 \cdot 1,8 \cdot 1,9 + 1,0 \cdot 2,5 \cdot 1,9 \cdot 1,5 + 5,14 \cdot 1,3 \cdot 21,4) = 694,15 \text{ кН}$$

Условие $F = 488,1 \text{ кН} \leq 0,85 \cdot 694,15/1,2 = 491,7 \text{ кН}$ выполняется.

Расчетные значения вертикальной несущей способности фундамента определенные по Еврокоду 7 и ТКП 45-5.01–67 «Фундаменты плитные. Правила проектирования» отличаются на 4,55 %.

Из приведенных данных следует, что имеется практически идеальная сходимость результатов расчетов, не смотря на полное отличие методик расчета.

На основании выполненных исследований сделаны следующие выводы:

1. Несмотря на существенное различие расчетных схем и методик, изложенных в ТКП 45-5.01–67 и Еврокоде 7, результаты расчетов имеют хорошую сходимость, что допускает применение европейских норм в Республике Беларусь.

2. В отличие от серии ТКП, где в каждом приложении присутствуют детальные примеры расчета, Еврокод 7 содержит только общие формулы и подходы, что ограничивает его применение даже специалистами геотехниками.

3. Главное ограничение применения в Республике Беларусь Еврокода 7 – отсутствие информационно-справочных материалов и пособий, содержащих примеры расчета и конструирования, а также соответствующего образовательного компонента в системе подготовке специалистов по инженерной геологии и промышленному, гражданскому, транспортному и энергетическому строительству.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. EN 1997-2. Eurocode 7 – Geotechnical Design - Part 1: General rules.
2. Фундаменты плитные. Правила проектирования: ТКП 45-5.01–67.

УДК 624.138.26

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ГРУППОВОГО ЭФФЕКТА ФУНДАМЕНТОВ ИЗ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ ЖИЛЫХ ДОМОВ № 13, 23, 26, 36 В КОМПЛЕКСЕ «МАЯК МИНСКА»

СОРОКО Р. А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

До настоящего времени проведено большое количество экспериментальных и теоретических исследований несущей способности и деформативности свай в различных грунтовых условиях. Исследован характер распределения напряжений вдоль боковых поверхностей и под нижними концами свай. Большое значение имеют результаты исследований напряженно-деформированного состояния грунта в основании свай и свайных фундаментов проведенных Ф.К. Лапшиным [1], Л.Д. Козачком [2], М.С. Грутманом [3], А.А. Бартоломеем [4] и др.

В действующих нормативных документах описаны методики определения несущей способности одиночных буронабивных свай (определяется по таблицам нормативных документов либо по результатам полевых исследований – испытанием свай статической