

УДК 624.15

**ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТОЛБЧАТЫХ ФУНДАМЕНТОВ
ПО НОРМАМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И EUROCODE 7
«GEOTECHNICAL DESIGN» (PART 1)****С.М. ВОЛКОВ, М.А. САВИЧ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Н.Г. ЛОБАЧЕВА)*

Приведен сравнительный анализ методик расчетов несущей способности столбчатых фундаментов по данным статического зондирования согласно действующим нормативным документам Республики Беларусь и EUROCODE 7 «Geotechnical design» (part 1).

Введение. Постановка проблемы. Еврокоды – это нормативные документы в области строительства, согласованные на уровне Евросоюза и рекомендованные к применению странами-членами союза с учетом национальных особенностей. Национальные приложения к еврокодам предусматривают дополнительные требования к отдельным параметрам строительства, которые могут быть выше, но не ниже общеевропейских. Эти требования каждая страна определяет самостоятельно.

Еврокод 7, принятый в действие в РБ (ТКП EN [1]) является версией перевода с английского немецких DIN EN и великобританских норм BS EN и предназначен для проектирования оснований и фундаментов всех типов сооружений.

Принятые в Европейском союзе Еврокоды внедряются в странах как национальные стандарты – с учетом различий в географических и климатических условиях, которые могут превалировать на национальном, региональном или местном уровне.

Национальные нормативные документы [2, 3], так же как и Еврокод 7 [1], предписывают проектирование различных объектов именно по двум группам предельных состояний (по несущей способности и деформациям) и имеют единую терминологию и обозначения, так что в принципиальном отношении отставания национальных норм РБ от европейских нет. Однако, в отличии от ТКП [2, 3] в Еврокоде 7 [1] более расширен диапазон случаев расчета [5].

Для обеспечения гармонизации стандартов РБ и Еврокодов авторы провели сравнительный анализ расчета несущей способности столбчатого фундамента по Еврокод 7 [1] и национальным нормам Республики Беларусь [2, 3].

Цель работы. Сравнение результатов расчета несущей способности столбчатых фундаментов по данным статического зондирования по национальным и европейским нормам.

Основная часть

Дано: Для данного расчета принимаем, что основание является однородным. Расчет ведем в предположении, что в основании фундамента находится только один слой грунта – песок средний средней прочности.

Грунт: песок средний средней прочности. Характеристики: удельный вес грунта в естественном состоянии $\gamma = 19,0$ кН/м³, удельное сопротивление грунта под наконечником зонда (q_s) = 6,05 МПа, модуль деформации $E = 32$ МПа.

Фундамент столбчатый, глубина заложения фундамента 1,5 м, соотношение длины и ширины фундамента равно 1.

Вертикальная нагрузка на обрез фундамента $N = 1500$ кН (задана условно).

Расчет по европейским нормам.

Каждому подходу соответствует свой набор значений частных коэффициентов надежности (приводятся в EN 1990 [4]). Группа частных коэффициентов A1 или A2 применяется для нагрузок. Группа частных коэффициентов M1 или M2 применяется для параметров грунта. Подходы различаются тем, что запасы вводятся преимущественно либо в нагрузки, либо в показатели сопротивления.

Подход DA1

В этом подходе применяются отдельные расчетные проектные значения из таблиц A1 и A2 [1] по отношению к геотехническим воздействиям, а также прочим воздействиям.

1-й подход к проектированию (DA1) является двойной проверочной процедурой, взятой без изменения из предварительного стандарта Еврокод 7 (часть 1) [1].

При расчёте по подходу 1 частные коэффициенты применяются отдельно к каждой величине (сочетание 1), при расчете по сочетанию 2 главным образом принимаются частные коэффициенты надежности по материалу.

Рассмотрим основные этапы расчёта:

Этап 1. Нагрузки и воздействия.

Вертикальное воздействие V_{d1} и V_{d2} :

$$V_d = \gamma_G (w_{GK} + V_{GK}) + \gamma_Q \cdot V_{QK}, \quad (1)$$

где γ_G, γ_Q – частный коэффициент корреляции, определяемый по табл. А3 [1].

Расчётное давление сопротивлению q_{Ed1} и q_{Ed2} :

$$q_{Ed} = \frac{V_d}{A_B}, \quad (2)$$

Этап 2. Свойства материала и сопротивления

Расчётный угол φ_{d1} и φ_{d2} :

$$\varphi_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan(\varphi_k)}{\gamma_\varphi} \right), \quad (3)$$

Расчетное удельное сцепление c'_{d1} и c'_{d2} :

$$c'_d = \frac{c'_k}{\gamma_c}, \quad (4)$$

Коэффициенты несущей способности $N_{q1}, N_{q2}, N_{c1}, N_{c2}, N_{\gamma1}, N_{\gamma2}$:

$$N_q = \left[e^{\pi \tan(\varphi_d)} \left(\tan(45^\circ + \frac{\varphi_d}{2}) \right)^2 \right]; \quad (5)$$

$$N_c = \left[(N_q - 1) \cdot \cot \varphi_d \right]; \quad (6)$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \gamma_d; \quad (7)$$

Коэффициенты формы основания S_{c1}, S_{c2} :

$$S_q = 1 + \sin \varphi', \quad (8)$$

$$S_c = \frac{S_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} \quad (9)$$

Этап 3. Несущая способность

Давление выше подошвы:

$$\sigma'_{vk,b} = \gamma_k \cdot d. \quad (10)$$

Давление «сверху»:

$$q_{ult1} = (N_q \cdot s_q \cdot \sigma'_{vk,b}). \quad (11)$$

Давление «связности»:

$$q_{ult2} = (N_c \cdot s_c \cdot c_d). \quad (12)$$

Давление собственного веса:

$$q_{ult3} = \left(N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot \gamma_k \cdot \frac{B}{2} \right). \quad (13)$$

Общее сопротивление:

$$q_{ult} = \sum_{i=1}^3 q_{ult_i}. \quad (14)$$

Расчётное сопротивление:

$$q_{Rd} = \frac{q_{ult}}{\gamma_{Rv}}. \quad (15)$$

Выполняем проверку по несущей способности, если $\Delta_{geo} > 1$, то расчёт не проходит

$$\Delta_{geo} = \frac{q_{ed}}{q_{Rd}}. \quad (16)$$

Подход DA2

В этом подходе применяются проектные значения из таблицы А1 [1] по отношению к геотехническим, а также прочим воздействиям [6]; этот подход представляет собой новую процедуру, используя

шую один формат сочетаний воздействий. При расчете по подходу 2 частные коэффициенты применяются одновременно и к воздействию, и к несущей способности.

Расчёт выполняется аналогично подходу DA1 (см. ф-лы 1-16).

Подход DA3

(DA3) – применяются проектные значения из таблицы A2 [1]) по отношению к геотехническим воздействиям и, совместно с этим, применяются парциальные (частные) коэффициенты из таблицы A1 [1] по отношению к прочим воздействиям [6].

Расчёт выполняется аналогично подходу DA1 (см. ф-лы 1-16).

Расчет по национальным нормам.

Суть расчета по национальным нормам является такой же: среднее давление под подошвой от нагрузок и воздействий на фундамент не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания осевому сжатию R, МПа, которое устанавливается исходя из линейной зависимости между напряжениями и деформациями основания, жесткости, конструктивных особенностей объекта и наличия заглубленных помещений по формуле [2, 3]:

$$R = \frac{\gamma_1 \gamma_2}{k} \cdot [M_\gamma k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c \cdot c_{II}] \tag{17}$$

Результаты выполненных исследований

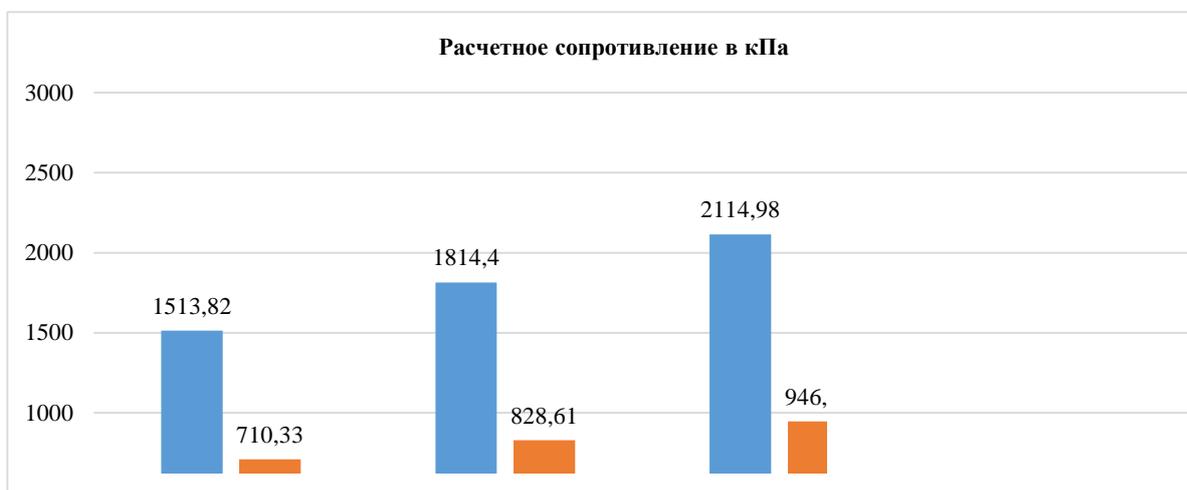


Рисунок 1. – Несущая способность столбчатого фундамента по данным статического зондирования, полученная при расчете DA 1 Еврокод 7 [1]

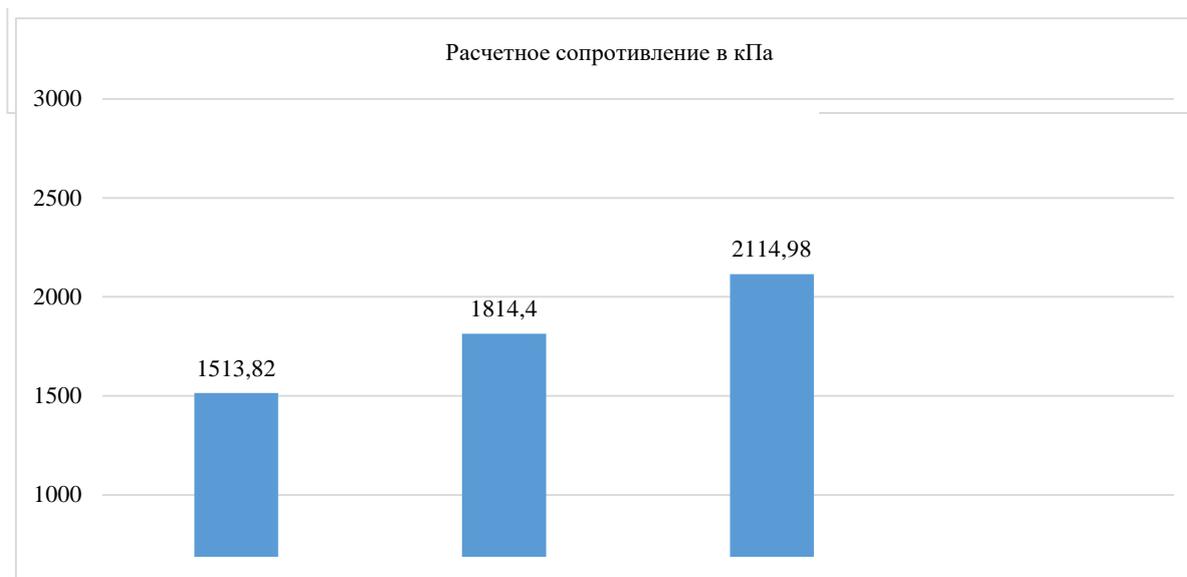


Рисунок 2. – Несущая способность столбчатого фундамента по данным статического зондирования, полученная при расчете DA 2 Еврокод 7 [1]

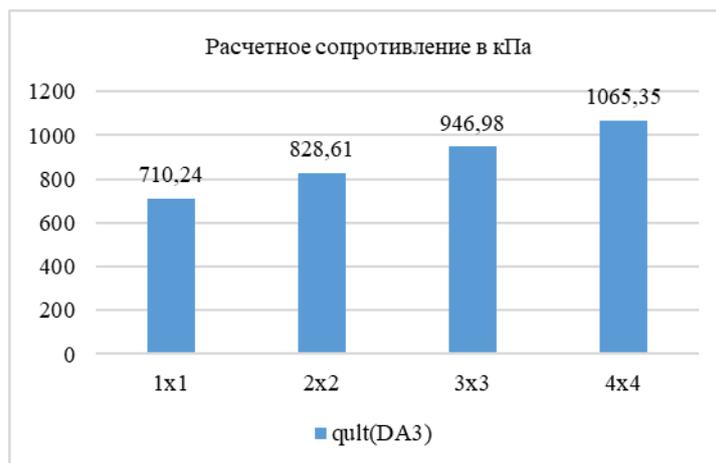


Рисунок 3. – Несущая способность столбчатого фундамента по данным статического зондирования, полученная при расчете DA 3 Еврокод 7 [1]

Таблица 1. – Результаты расчета несущей способности по национальным и европейским нормам

Размеры фундамента, м	DA1	DA2	DA3	R
1×1	1513,82	710,33	710,24	348,01
2×2	1814,4	828,61	828,61	401,64
3×3	2114,98	946,98	946,98	455,26
4×4	2415,56	1065,35	1065,35	508,89

Выводы:

1. Значение расчётного сопротивления грунта под подошвой фундамента площадью 1,4,9,16 м², полученные путем вычисления по национальным нормам Республики Беларусь, в среднем в 3 раза меньше максимального сопротивления грунта, полученного по европейским нормам (DA1. С 1) и DA2, в среднем в 2 раза меньше сопротивления грунта, полученного по европейским нормам (DA3).

2. Из этого следует, что максимально приближенным к грунтовым условиям для песчаных грунтов Витебской области РБ является подход DA3.

3. Еврокод 7 не предусматривает точные алгоритмы к проектированию и не является регламентирующим документом, потому что в разных европейских странах приняты разные расчетные модели. Однако, Еврокод 7 устанавливает общие требования проектирования для всех европейских стран.

4. Следует отметить, что в данной статье рассматривались данные расчетов несущей способности столбчатых фундаментов в песчаных грунтах по данным статического зондирования в Витебской области РБ и, соответственно, данные расчетов несущей способности в других грунтовых условиях будут отличаться от вышеприведенных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила : ТКП EN 1997-1-2009 (02250). – Введ. 10.12.2009. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2010. – 121 с.
2. Фундаменты плитные. Правила проектирования : ТКП 45-5.01-67-2007 (02250). – Введ. 02.04.2007. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2008. – 137 с
3. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-5.01-254-2012(02250). – Введ. 01.07.2012. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства РБ, 2012. – 102 с.
4. ТКП EN 1990-2011* (02250) (EN 1990:2002, IDT). Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций. - Переиздание (апрель) с Изменением N1 (введено в действие с 01.04.2015) ; введ. 01.07.2012. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь : Стройтехнорм : СтройМедиаПроект, 2015. VIII, 86 с.
5. Терентьев, А.Я. Особенности расчёта фундаментов по нормам Республики Беларусь и Eurocode 7 «Geotechnical design» (part 1) / А.Я. Терентьев. –Новополоцк : ПГУ.
6. Кравцов, В.Н. Нормативно правовое обеспечение проектирования и возведения оснований и фундаментов в Республике Беларусь с использованием национальных и европейский норм / В.Н Кравцов. – Минск : БНТУ, 2013.