

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАСЧЕТА ОСАДОК
ФУНДАМЕНТОВ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ ПО
НАЦИОНАЛЬНЫМ И ЕВРОПЕЙСКИМ
НОРМАМ.**

ЛОБАЧЕВА Н.Г., КРЕМНЕВ А.П.

Полоцкий государственный
университет Новополоцк, Беларусь

Введение. Постановка проблемы. С целью приведения норм проектирования в строительстве в соответствие с международной и европейской практикой с 1 января 2010 года в Республике Беларусь введены в действие нормы проектирования Европейского Союза (ТКП EN), а с 1 июля 2015 года они становятся обязательными при проектировании всех строительных конструкций, в том числе оснований и фундаментов.

Еврокод 7 [1,2] состоит из двух частей, которые охватывают конкретные технические аспекты. 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 и до сих пор унифицированного подхода в геотехническом проектировании не разработано.

В данной работе рассмотрены нормы Республики Беларусь по проектированию ТКП 45-5.01-67-2007 «Фундаменты плитные», ТКП 45-5.01-254-2012 «Основания и фундаменты» и Технический кодекс Еврокод 7 (часть 1,2) «Геотехническое проектирование» и приведены сходства и различия методов расчета осадок фундаментов мелкого заложения по данным статического зондирования (СРТ).

В лекциях [9, 11, 13] приводятся примеры расчета осадки фундаментов мелкого заложения. В работе [3] приведено сравнение принципов расчета оснований фундаментов по деформациям по национальным и европейским нормам. Авторы [5, 7] объясняют и комментируют статьи Еврокода 7, содержащие новые подходы к проектированию, приводят примеры расчета осадки фундаментов

по европейским нормам. В работе [10] приведен сравнительный анализ методов расчета осадки фундамента по данным статического зондирования по национальным и европейским нормам. Авторы [12, 14] приводят примеры расчета осадки фундаментов по данным статического зондирования.

Цель работы. Сравнение методов расчета осадки фундаментов мелкого заложения по данным СРТ по национальным и европейским нормам.

Основная часть. Существует более 20 методов расчета осадки фундамента. Для определения осадки фундамента в [4, 6] четко обозначены какие расчеты необходимо произвести. И при этом в [6] четко оговорены области их применений, методика расчета, скорректированы расчетные формулы, введены правила по определению модуля деформации. Данные методы объединяют приемы оценки совместной работы основания и верхнего строения, в которых жесткость надфундаментных конструкций учитывается приближенно с помощью корректирующих коэффициентов и классификаций сооружений по жесткости. Такие методы наиболее часто используются на практике в силу их простоты.

В Еврокоде 7 [1,2] отсутствует единый подход в определении осадок основания фундаментов. Для определения предельных эксплуатационных состояний и предельных значений перемещений фундамента представлены общие требования и рекомендации. Приложение F описывает простые аналитические методы расчета осадок [1]. В Еврокоде 7 часть 2 [2] даются четыре метода (хотя в Еврокоде 7 часть 1 [1] они не приводятся) для расчета осадок, исходя из результатов полевых испытаний с использованием полуэмпирических моделей расчета (Приложения D, E, F и K [2]). Использование данного конкретного метода обычно оговаривается в Национальном приложении к Еврокоду 7. Однако, в приложении D [2] приведены не все необходимые формулы для расчета осадок фундаментов мелкого заложения по данным СРТ. В приложении D [2] приведены формулы для определения осадки в песчаных грунтах, но отсутствуют формулы для расчета осадки консолидации в пылевато-глинистых грунтах.

В качестве предельной расчетной величины для результата воздействия (осадки) – S_d в европейских нормах [1,2] принимают сумму трех компонентов осадки: $S_d = S_e + S_c + S_s$.

– S_e – мгновенная осадка. Возникает сразу после строительства. По мнению европейских геотехников данная осадка является главенствующей для крупных и средних песков.

– S_c – консолидационная осадка. Данная осадка является главенствующей для глинистых грунтов. Ее обычно рассчитывают, используя предпосылку об одномерном сжатии.

– S_s – осадка ползучести. Данная осадка является главенствующей для грунтов с выраженными реологическими свойствами. Данная осадка продолжается в течении длительного времени.

Расчет осадки фундамента мелкого заложения по данным СРТ.

Для расчета осадок фундаментов в данной работе были приняты результаты статического зондирования на территории Витебской области Республики Беларусь (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики грунтов основания под фундаментом

Грунт	№ слоя	Мощность слоя, м	γ , кН/м ³	e	q_s , МПа	E , МПа
Глина тугопластичная средней прочности	ИГЭ 1	1,3	19,6	0,77	1,92	12
Суглинок моренный тугопластичный средней прочности	ИГЭ 2	1,1	21,4	0,47	1,78	6
Суглинок моренный полутвёрдый прочный	ИГЭ 3	4,4	21,6	0,41	3,48	19

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

Вертикальная нагрузка на обрез фундамента $N = 1000$ кН (задана условно).

Этап 1. Расчет осадок фундаментов мелкого заложения по национальным нормам.

Конечная осадка основания S_c использованием расчетной схемы в виде линейно-деформируемого полупространства с условным ограничением сжимаемой толщи определяется методом послойного суммирования по формуле 5.29 [6].

Таблица 2

Результаты расчетов осадки фундамента по формуле 5.29 [6]

Размеры подошвы фундамента	2x2	3x3	4x4
Величина осадки по методу послойного суммирования, м	0,038	0,021	0,013

Этап 2. Расчет осадок фундаментов мелкого заложения по европейским нормам.

Как было указано выше, осадки фундаментов по европейским нормам могут определяться различными формулами. В данном случае характеристики грунта получены при помощи статического зондирования и в [2] сказано «следует использовать как полуэмпирические, так и аналитические методы расчета».

Общая осадка фундамента мелкого заложения в пылевато-глинистых грунтах $S_d = S_e + S_c$.

Применяем для расчета формулу расчета упругой осадки S_e приложение F [1].

$$S = \frac{P \cdot b \cdot f}{E_m} \quad (1)$$

где P – приложенное к грунту давление;

E_m – расчетная величина модуля упругости (модуля Юнга). Соотношение между одометрическим модулем и удельным сопротивлением грунта погружению зонда приведено в таблице D2 [2];

b – ширина подошвы фундамента;

f – коэффициент осадки:

$$f = (1 - \nu^2) \cdot I \quad (2)$$

где ν – коэффициент Пуассона;

$I = 1,12$ (соотношение длины и ширины фундамента равным 1 и определения максимальной осадки под центром фундамента).

Результаты расчетов осадки фундамента по формуле 1

Размеры подошвы фундамента	2x2	3x3	4x4
Величина упругой осадки по евро нормам, м	0,028	0,019	0,014

Формулы для расчёта осадки консолидации фундаментов мелкого заложения по данным СРТ для пылевато-глинистых грунтов в [1, 2] отсутствуют, однако, предлагается воспользоваться формулой, приведенной в [14]:

$$\Delta H = \sum_1^n H_1 \left(\frac{C_c}{1 + e_1} \right) \cdot \log_{10} \left(\frac{P'_1 + \Delta \bar{P}_{1-2}}{P'_1} \right) \quad (3)$$

где C_c – индекс уплотнения;

n – количество слоев грунта;

e_1 – начальный коэффициент пористости;

P'_1 – начальное эффективное давление (рис.1);

$\Delta \bar{P}_{1-2}$ – ожидаемое увеличение давления (рис.1);

H_1 – начальная толщина грунтовой толщи (рис.1).

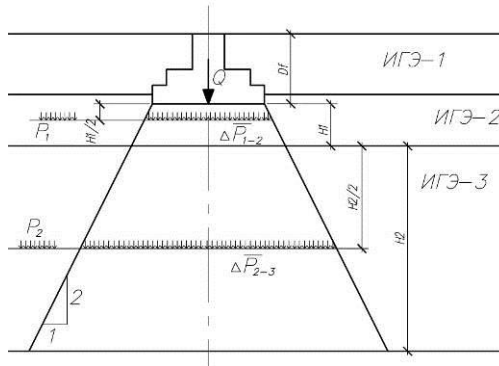


Рис.1. Распределение давлений в грунтовом массиве по методу 2:1.

В таблице 7 [14] автор предлагает найти коэффициент $C_c/(1+e_1)$ в зависимости от коэффициента переуплотнения OCR. Но, следует заметить, что коэффициент переуплотнения OCR не включен в нормативные документы РБ как классифи-

кационный показатель. Поэтому авторы данной статьи предлагают находить индекс уплотнения C_c по формуле, приведенной в литературе [15]:

$$C_c = 0.009 \cdot (w_L - 10\%) \quad (4)$$

Определение начальное эффективного давления в грунтовой толще при отсутствии грунтовых вод по европейским нормам не отличается от определения давления от собственного веса по национальным нормам [4, 6]. А определение давления от нагрузки, действующей на фундамент, отличается от определения дополнительного давления по национальным нормам [4, 6]. Давление от нагрузки, действующей на фундамент, по европейским нормам определяется по методу 2:1.

$$\Delta P = \frac{Q}{(b+z) \cdot (1+z)} \quad (5)$$

где Q – нагрузка, действующая на фундамент, кН;

b, l – ширина и длина фундамента;

z – высота слоя грунта от подошвы фундамента до середины рассматриваемого слоя.

Таблица 4

Результаты расчетов осадки фундамента по формуле 3

Размеры подошвы фундамента	2x2	3x3	4x4
Величина осадки консолидации по формуле 3, м	0,0617	0,046	0,034

Таблица 5

Общая осадка фундамента мелкого заложения по данным СРТ

Размеры подошвы фундамента	2x2	3x3	4x4
Величина общей осадки евро нормам, м	0,09	0,065	0,048

Формулы 1, 3 представляют собой расчет осадки гибкого фундамента, следовательно, для данного случая общую конечную осадку необходимо умножить на 0,8 (жесткий фундамент).

Выводы:

1. Величина общей осадки фундаментов мелкого заложения в пылевато-глинистых грунтах при расчете по формуле Шмертмана (европейские нормы) превышает почти в 2 раза величину осадки по методу послойного суммирования. Данное отличие связано с различными подходами к определению E (модуля деформации) и различным подходом к определению напряжений в грунтовой толще.

2. Значения модуля упругости при расчете по евронормам были определены при помощи коэффициента корреляции, который не учитывает грунтовые условия Республики Беларусь. Целесообразно разработать региональные корреляционные зависимости для определения модуля упругости от удельного сопротивления грунта под наконечником зонда. Вероятно, тогда не будет такого расхождения величины осадок по национальным и европейским нормам.

3. Также целесообразно разработать национальные таблицы по определению коэффициента переуплотнения OCR и включить данный коэффициент в национальном приложении к [1, 2] как классификационный показатель.

4. Сравнение принципов расчета оснований фундаментов по деформациям по национальным и европейским нормам показало, что существуют различия в подходах решения задач и практических расчетах оснований..

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила: ТКП EN 1997-1-2009 (02250). – [Введен 10.12.2009]. – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2010. – 121 с.

2. Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 2. Исследования и испытания грунта: ТКП EN 1997-2-2009 (02250). – [Введен 10.12.2009]. – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2010. – 153 с.

3. Лобачева Н.Г., Кремньов О.П. Відмінні особливості розрахунку осідання фундаментів за європейськими і національними нормами Республіки Білорусь / Лобачева Н.Г., Кремньов О.П. // Збірник наукових праць ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми й перспективи розвитку академічної та універ-

ситетської науки», 7 – 9 грудня 2016 року – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – С. 288-292.

4. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-5.01-254-2012 (02250). – [Введен 01.07.2012]. – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2012. – 102 с.

5. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 7. Геотехническое проектирование / Р. Франк, К. Баудуин, Р. Дрискол и др.; под науч. ред. А. З. Тер-Мартиняна. – Москва: МГСУ, 2013. – 360 с.

6. Фундаменты плитные. Правила проектирования: ТКП 45-5.01-67-2007 (02250). – [Введен 02.04.2007]. – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2008. – 137 с.

7. Bond A. Decoding Eurocode 7 / A. Bond, A. Harris, – London and New York. Taylor&Francis Group, 2008 – 621 p.

8. Eurocode 7: Geotechnical Design. Worked examples. Support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes / Andrew J. Bond, Bernd Schuppener, Giuseppe Scarpelli, Trevor L.L. Orr, – Dublin, 13-14 June, 2013.-172p.

9. Frank R. Geotechnical aspects of building design (EN 1997) / R. Frank – Brussels, 20-21 October, 2011 – 55p.

10. Kremniov A.P., Lobacheva N.G. Comparative analysis of design settlement foundations methods according to data of cone penetration test on national and european standards / Kremniov A.P., Lobacheva N.G. // Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering – Issue 1 (48)' – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – С. 212-225.

11. Orr Trevor L.L. Eurocode 7. Workshop / Trevor L.L.Orr Brussels, 18-20 February, 2008 – 26 p.

12. Robertson P. K. Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering. 6th Edition / P. K. Robertson. K.L. Cabal, – California. Gregg Drilling & Testing, Inc, 2015 – 143 p.

13. Scarpelli G. Shallow foundations – design of spread foundations. Geotechnical Design with worked examples / G. Scarpelli – Dublin, 13-14 June, 2013. – 36 p.

14. Schmertmann J. Guidelines for CPT performance and design. / Dr. John H. Schmertmann. – U.S. government printing office, 1978. – 158 p.