

УДК 624.15

**ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ОСАДОК ФУНДАМЕНТОВ
ПО НОРМАМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И EUROCODE 7 «GEOTECHNICAL DESIGN»****Т.С. ВЕЛЮГА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.П. КРЕМНЁВ,
канд. техн. наук, доц. Н.Г. ЛОБАЧЕВА)*

Приведены особенности расчета фундаментов согласно действующим нормативным документам Республики Беларусь и EUROCODE 7 «Geotechnical design» (part 1, 2). Представлен сравнительный анализ осадок фундамента по данным статического зондирования при использовании европейских и национальных методик расчета.

Введение. Существует много методов расчета осадки как в национальных (метод послойного суммирования, метод линейно-деформируемого слоя конечной толщины, метод эквивалентного слоя [1]), так и в европейских нормах (формула Менарда [4], скорректированный упругий метод [3] и т.д.). Однако расчетные величины деформаций при равных условиях имеют различные значения. Поэтому на данный момент является актуальной задача о «гармонизации» европейских норм с нормами Республики Беларусь.

Национальные нормативные документы [1, 2] также как и Еврокод 7 [3] 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 тенденций нет.

При расчетах плитных фундаментов [1] рекомендуется применять следующие расчетные схемы основания:

- линейно-деформируемого полупространства с условным ограничением глубины сжимаемой толщи H_s ;
- линейно-деформируемого слоя;
- предельного равновесия среды.

При этом в [1] четко оговорены области их применений, методика расчета, скорректированы расчетные формулы, введены правила по определению модуля деформации. Методы расчета осадок, приведенные в [1]: метод элементарного суммирования, метод эквивалентного слоя, метод линейно-деформируемого слоя конечной толщины.

В Еврокоде 7 [3, 4] отсутствует единый подход в определении осадок основания фундаментов. Для определения предельных эксплуатационных состояний и предельных значений перемещений фундамента представлены общие требования и рекомендации. В качестве предельной расчетной величины для результата воздействия (осадки) – S_d в европейских нормах [3, 4] 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. Несколько методов определения данной осадки:

- применяют решения теории упругости (приложение F [3]);
- формула Janbu et al (1956) применяется для определения осадки при недренированных условиях;
- метод Schmertmann's применяется для расчета осадки в песчаных грунтах;

– S_c – консолидационная осадка. Данная осадка является главенствующей для глинистых грунтов. Ее обычно рассчитывают, используя предпосылку об одномерном сжатии. Деформационную характеристику грунта допустимо определять по эмпирическим зависимостям по одномерной теории консолидации Терцаги [9], учитывая среднюю степень консолидации U_m в соответствии от времени T_v ;

– S_s – осадка ползучести. Данная осадка является главенствующей для грунтов с органическими включениями.

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 «Геотехническое проектирование» и приведен сравнительный анализ различий методов расчета осадки фундаментов мелкого заложения.

В лекции [6, 7] приводятся примеры расчета осадки фундаментов мелкого заложения. В работе [10] приведен пример осадки фундамента мелкого заложения с учетом консолидации на многослойном основании. Авторы [5, 9] объясняют и комментируют статьи Еврокода 7, содержащие новые подходы к проектированию, приводят примеры расчета осадки фундаментов по европейским нормам.

Цель работы. Проведение сравнения расчета осадок оснований фундаментов мелкого заложения по данным статического зондирования по национальным и европейским нормам.

Основная часть.

Дано: статическое зондирование проводилось в Витебской области Республика Беларусь. Для данного расчета принимаем, что основание является однородным. Расчет ведем в предположении, что в основании фундамента находится только один слой грунта – песок средней средней прочности.

Грунт: песок средней средней прочности. Характеристики: удельный вес грунта в естественном состоянии $\gamma = 19,0 \text{ кН/м}^3$, удельное сопротивление грунта под наконечником зонда (qs) = 6,05 МПа, модуль деформации $E = 32 \text{ МПа}$.

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

Вертикальная нагрузка на обрез фундамента $N = 1500 \text{ кН}$ (задана условно).

Первый этап расчета. Расчет по европейским нормам.

Если данные по сопротивлению сжатию и осадке фундамента мелкого заложения получают из результатов СРТ, то следует использовать как полуэмпирические, так и аналитические методы расчета [4]. Применяем для расчета формулу расчета упругой осадки приложение F [3].

$$S = \frac{Pbf}{E_m}, \quad (1)$$

где P – приложенное к грунту давление;

E_m – расчетная величина модуля упругости (модуля Юнга);

b – ширина подошвы фундамента;

f – коэффициент осадки:

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

где $\nu = 0,3$ (для песков);

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

Возникает некоторая неопределенность при определении величины E_m по данным СРТ испытаний. Еврокод 7 приложение D [4] предлагает определять двумя методами: по табличным данным и с применением коэффициента $\alpha = 2 \dots 4$.

$E_{m1} = 30 \text{ МПа}$ (по табличным данным);

$E_{m2} = \alpha q_c = 24,2 \text{ МПа}$.

Как было отмечено выше, что при осадка, вычисленная по формуле (1) является главенствующей для крупных и средних песков. Следовательно для данного случая можно записать $S_d = S_e$.

Второй этап работы. Расчет осадки по национальным нормам.

Были произведены расчеты осадки столбчатого фундамента с использованием метода послойного суммирования с использованием расчетной схемы линейно-деформируемого полупространства формула 5.29 [1] и использовании метода эквивалентного слоя формула 5.45 [1].

Таблица

Результаты расчетов осадки фундамента

Размеры подошвы фундамента	1*1	2*2	3*3	4*4
Величина осадки по евронормам, м	0.063	0.03	0.02	0.016
Величина осадки по методу послойного суммирования, м	0,037	0,014	0,008	0,001
Величина осадки по методу эквивалентного слоя, м	0,05	0,023	0,014	0,009

Результаты выполненных исследований

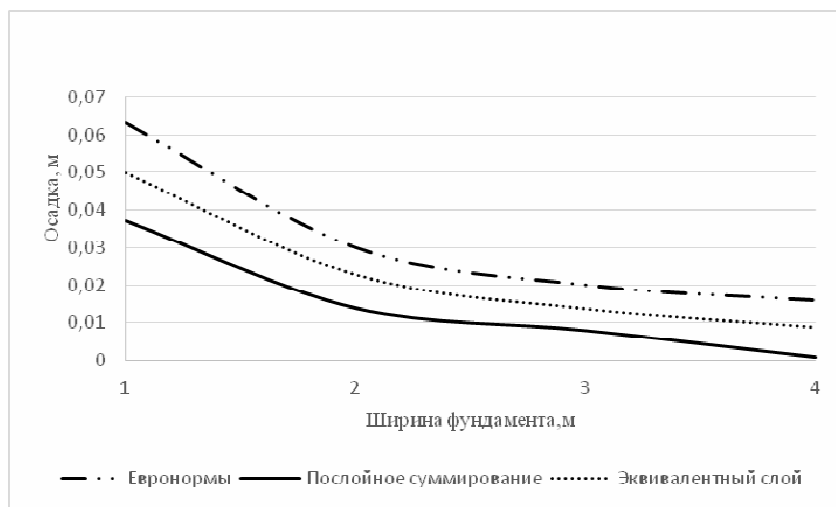


Рис. 1. График осадок основания

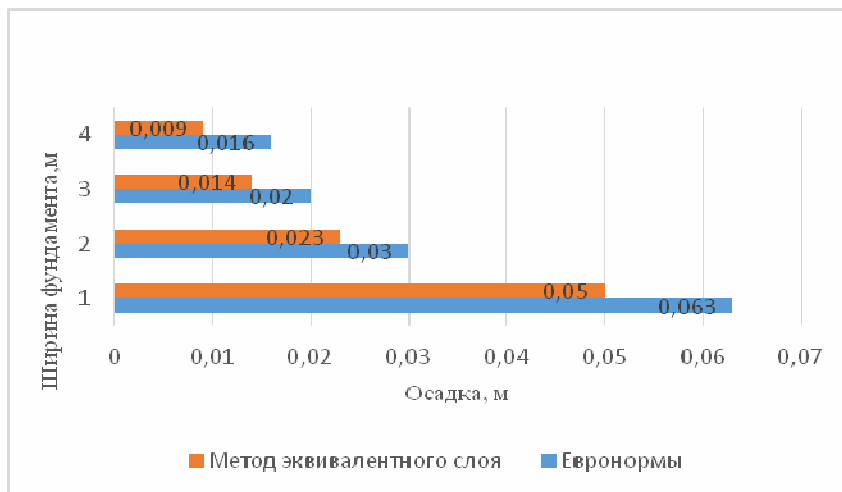


Рис. 2. Количественное отношение величин осадок по европейским нормам и методу эквивалентного слоя

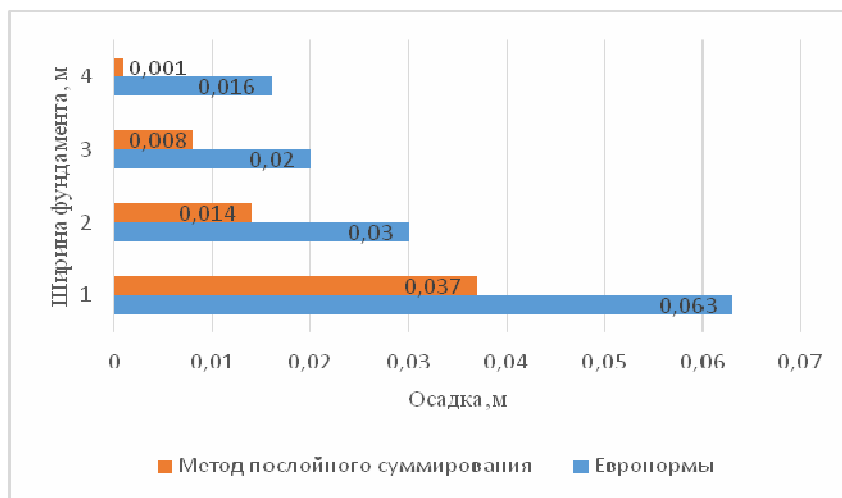


Рис. 3. Количественное отношение величин осадок по европейским нормам и методу послойного суммирования

Выводы

1. Расчет осадки оснований фундаментов мелкого заложения как по европейским, так и по национальным нормам основаны на одинаковых принципах распределений напряжений в грунтовом массиве. Однако, величина осадок при расчете по европейским нормам превышает в почти 2 раза величину расчета по методу послойного суммирования и превышает на 25–30% величину расчета по методу эквивалентного слоя.

2. Значения модуля упругости при расчете по евро нормам были определены или по таблицам или при помощи коэффициента корреляции, которые не учитывают 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. Следует отметить, что формула упругой осадки, предложенная в приложении F [3], полностью соответствует формуле V.4 [11].

4. Максимальная предельная осадка фундаментов зданий и сооружений по Еврокод 7 принята 50 см. Поэтому, полученные значения величины осадки фундамента не противоречат европейским нормам.

5. Еврокод 7 носит рекомендательный характер, поэтому общую осадку фундамента можно определять не только по формулам, приведенным в данной работе. В дальнейшем работа авторов будет направлена сравнение других формул расчета осадки по европейским нормам с расчетом осадки по национальным нормам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фундаменты плитные. Правила проектирования : ТКП 45-5.01-67-2007 (02250). – Введ. 02.04.2007. – Минск : Мин-во арх. и стр-ва Респ. Беларусь, 2008. – 137 с.
2. 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 арх. и стр-ва Респ. Беларусь, 2012. – 102 с.
3. Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Ч. 1. Общие правила : ТКП EN 1997-1-2009 (02250). – Введ. 10.12.2009. – Минск : Мин-во арх. и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 121 с.
4. Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Ч. 2. Исследования и испытания грунта : ТКП EN 1997-2-2009 (02250). – Введ. 10.12.2009. – Минск : Мин-во арх. и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 153 с.
5. G. Scarpelli. Shallow foundations – design of spread foundations. Geotechnical Design with worked examples: Dublin, 13–14 June, 2013. – 36 p.
6. Frank, R. Geotechnical aspects of building design (EN 1997) / R. Frank. – Brussels, 20–21 October, 2011. – 55 p.
7. Trevor, L.L.Orr. Eurocode 7. Workshop / L.L.Orr. Trevor. – Brussels, 18–20 February, 2008. – 26 p.
8. Никитенко, М.И. Основные принципы геотехнического проектирования и исследования свойств грунтов в соответствии с ТКП EN 1997. Отличия при проектировании плитных фундаментов / М.И. Никитенко, С.В. Игнатов // Вопросы перехода на европейские нормы проектирования строительных конструкций : науч.-техн. семинар. – Минск : СФ БНТУ, 2010. – С. 82–94.
9. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 7. Геотехническое проектирование / Р.Франк [и др.] ; под науч. ред. А.З. Тер-Мартиняна. – М. : МГСУ, 2013. – 360 с.
10. Andrew, J. Bond et al. Eurocode 7: Geotechnical Design. Worked examples. Support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes. – Dublin, 13–14 June, 2013. – 172 p.
11. Цытович, Н.А. Механика грунтов / Н.А. Цытович. – М. : ВШ, 1983. – 280 с.