

Кремнев А.П., к.т.н., доцент

Лобачева Н.Г., к.т.н., доцент

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПО НОРМАМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И EUROCODE 7 «GEOTECHNICAL DESIGN»

Приведен сравнительный анализ методов определения расчетного значения несущей способности забивных и буронабивных железобетонных свай по данным испытаний статической нагрузки и по данным статического зондирования согласно действующим нормативным документам Республики Беларусь и EUROCODE 7 «Geotechnical design» (part 1). Рассмотрены в соответствии с европейскими нормам три варианта подходов для предельных состояний GEO и STR. Выявлены и обобщены сходства и различия методик расчета свайных фундаментов по европейским и национальным нормам. Определены различия полученных значений расчетной несущей способности свай, расчетной нагрузки на сваю и количество свай в ростверке в процентном отношении.

Ключевые слова: *статическое зондирование, испытание свай статической нагрузкой, забивная свая, буронабивная свая, несущая способность сваи.*

Кремньов О.П., к.т.н., доцент

Лобачева Н.Г., к.т.н., доцент

Полоцкий державний університет, Республіка Білорусь

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДИК РОЗРАХУНКУ ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТІВ ЗА НОРМАМИ РЕСПУБЛІКИ БІЛОРУСЬ І EUROCODE 7 «GEOTECHNICAL DESIGN»

Наведено порівняльний аналіз методів визначення розрахункового значення несучої здатності забивних та буронабивних залізобетонних паль за даними випробувань статичним навантаженням і за даними статичного зондування згідно з діючими нормативними документами Республіки Білорусь та EUROCODE 7 «Geotechnical design» (part 1). Розглянуто відповідно до європейських норм три варіанти підходів для граничних станів GEO і STR. Виявлено й узагальнено схожість та відмінність методик розрахунку пальових фундаментів за європейськими і національними нормам. Визначено різницю отриманих значень розрахункової несучої здатності паль, розрахункового навантаження на палю і кількість паль у ростверку у відсотковому відношенні.

Ключові слова: *статичне зондування, випробування паль статичним навантаженням, паля забивна, паля буронабивна, несуча здатність палі.*

**THE COMPARATIVE ANALYSIS OF METHOD
OF CALCULATION OF THE PILES ON THE NORMS
OF REPUBLIC OF BELARUS
AND EUROCODE 7 «GEOTECHNICAL DESIGN»**

It is provided comparative analysis methods for determining of calculations pile compressive resistance for pile designed from static load test results and pile foundation designed from soil test profile according to the existing normative documents of the Republic of Belarus and EUROCODE 7 «Geotechnical design» (part 1).

The EN Eurocodes are a set of European standards which provide common rules for the design of construction works, to check their strength and stability. Limit states (which include ultimate limit states GEO, STR and others ultimate and serviceability limit states) should be verified by one or a combination of: use of calculations, adoption of prescriptive measures, experimental models and load tests, an observational method. This expression applies to the following ultimate limit states GEO: «Failure or excessive deformation of the ground, in which the strength of soil or rock is significant in providing resistance», STR: «Internal failure or excessive deformation of the structure or structural elements ... in which the strength of structural materials is significant in providing resistance». According to Eurocode 7 the manner in which equations [for GEO/STR] are applied shall be determined using one of three Design Approaches. Design Approaches apply only to STR and GEO limit states. In Design Approach 1, factors are applied to actions alone (in Combination 1) and mainly to material factors (in Combination 2).

In Design Approach 2, factors are applied to actions (or effects of actions) and to resistances simultaneously. Usually, the design values of the strength and stiffness are upper values, which is a more conservative approach. This article describes two procedures for obtaining the characteristic compressive resistance of a pile: a) directly from static pile load tests, b) by calculation from profiles of ground test results. In the case of procedures a) and b) Eurocode 7 provides correlation factors to convert the measured pile resistances or pile resistances calculated from profiles of test results into characteristic resistances. It is revealed and generalized similarities and distinctions method of calculation for piles design according to the European and national norms. This is design involves determining the number of piles to support the building. The number of piles is to be determined on the basis of static pile load tests and from soil test profile. The difference of the received values is defined design value in percent relation pile resistances, the number of piles.

Keywords: *pile designed from static load test results, pile foundation designed from soil test profile, driven pile, bored pile, pile compressive resistance.*

Введение. Постановка проблемы. Происходящая в последние годы глобализация мирового экономического и социального пространства предполагает выработку унифицированных, общепризнанных подходов в области проектирования и строительства. 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.

Сравнительный анализ результатов расчетов свай и свайных фундаментов по европейским нормам и по нормам Республики Беларусь для специалистов в области геотехники будет представлять несомненный интерес.

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

Согласно Еврокоду 7 [3], существует три варианта подходов для предельных состояний GEO и STR. Каждому подходу соответствует свой набор значений частных коэффициентов надежности. И используются три группы частных коэффициентов надежности, которые приводятся в EN 1990. Группа частных коэффициентов A1 или A2 применяется для нагрузок. Группа частных коэффициентов R1, R2, R3, R4 применяется для сопротивления сваи под сжатием (выдергиванием). Группа частных коэффициентов M1 или M2 применяется для параметров грунта. Подходы различаются тем, что запасы вводятся преимущественно либо в нагрузки, либо в показатели сопротивления.

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. Подход 1 (DA1) для расчета свай с действующей осевой нагрузкой состоит из двух комбинаций.

DA1. Сочетание 1: $A1+M1+R1$.

DA1. Сочетание 2: $A2+(M1 \text{ или } M2)+R4$.

При расчете по подходу 2 частные коэффициенты применяются одновременно и к воздействию и к несущей способности. Подход DA2 имеет одно сочетание.

DA2: $A1+M1+R2$.

При расчете по подходу 3 частные коэффициенты применяются одновременно к воздействиям на конструкции (но не геотехническим воздействиям) и к свойствам материала. Подход DA3 не применяется, если параметры грунта определены по данным статического зондирования и если несущая способность свай определена по данным статических испытаний свай. При применении подхода DA3 для параметров грунта необходимо применять так называемую «альтернативную процедуру» расчета. Согласно альтернативной процедуре изменчивость грунта рассматривается способом, отличающимся от метода, основывающегося на результатах испытания статической нагрузкой или от процедуры «модельной сваи», основывающейся на результатах испытаний грунта.

DA3: $(A1 \text{ или } A2)+M2+R3$.

Обзор последних источников исследований и публикаций. В работе [4] приводятся примеры проектирования свайных фундаментов, на которые воздействует осевая нагрузка: на основе испытания грунта и испытаний свай на нагружение. В работе [5] приведены отличия при проектировании плитных фундаментов по нормам

Республики Беларусь и европейским нормам. Авторы [6, 7] объясняют и комментируют статьи Еврокода 7, содержащие новые подходы к проектированию, приводят примеры расчета свайных фундаментов по европейским нормам.

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы. Несмотря на повышенный интерес известных ученых к избранной проблематике, «гармонизация» расчета свайных фундаментов по данным статического зондирования по национальным и европейским нормам не теряет актуальности. Эти вопросы остаются не раскрытыми сполна, что требует их дальнейшего изучения.

В национальных нормах Республики Беларусь и Еврокоде 7 есть ряд похожих положений в проектировании по предельным состояниям. Однако результаты проектирования получаются различными. На наш взгляд, прямое использование европейских норм без учета национальных особенностей проектирования и расчета фундаментов в Республике Беларусь невозможно.

Цель работы – проведение сравнения результатов определения расчетной несущей способности забивных и буронабивных железобетонных свай по данным статического зондирования и испытания статической нагрузкой по национальным и европейским нормам проектирования.

Основной материал и результаты. Сравнительный анализ выполнен по результатам испытания свай в полевых условиях статической нагрузкой (этап 1) и по данным статического зондирования грунтов (этап 2) на реальных объектах Витебской области.

Этап 1. Расчет несущей способности забивных свай по данным статических испытаний.

Фундамент свайный, забивные сваи $D = 0,3$ м длиной 4 м. Проводились два статических испытания на нагружение на забивных сваях (рис. 1). Сваи нагружали до достижения предельной нагрузки 750 кН с учетом коэффициента запаса.

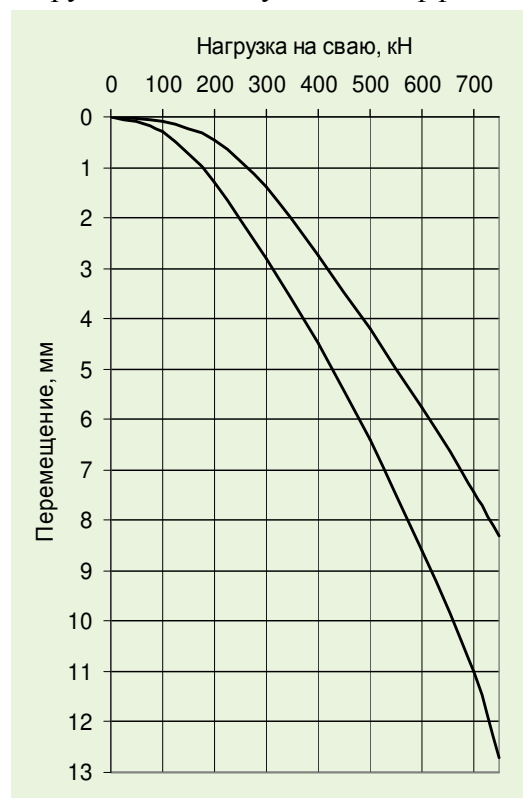


Рисунок 1 – Испытание забивных свай статической нагрузкой

При расчете по национальным нормам [1, 2] если число свай, испытанных в одинаковых грунтовых условиях, составляет менее шести, то $F_{u,n} = F_{u,\min}$.

Следовательно, $F_d = 750$ кН.

По принципу 8 [3] должна быть выполнена проверка следующего уравнения:

$$R_{c,k} = \min\left\{\frac{750}{1,3}; \frac{750}{1,2}\right\} = 576,92 \text{ кН}.$$

В данном случае $R_{m,\text{mean}} = R_{m,\min} = 750$ кН. Средняя величина является главенствующей.

Определим проектное сопротивление сваи [3].

DA1. С 1.

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_t} = \frac{576,92}{1,0} = 576,92 \text{ кН}.$$

DA1. С 2.

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_t} = \frac{576,92}{1,3} = 443,8 \text{ кН}.$$

DA2.

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_t} = \frac{576,92}{1,1} = 524,47 \text{ кН}.$$

Подход DA3 в данном случае не применяется.

Этап 2. Расчет свайных фундаментов по данным статического зондирования

Для расчета свайных фундаментов в данной работе были приняты результаты статического зондирования на территории Витебской области Республики Беларусь.

Вертикальная нагрузка на свайный фундамент принята условно 2000 кН.

Расчет забивных железобетонных свай по нормам Республики Беларусь

Принимаем железобетонные сваи квадратного сечения с поперечным сечением 0,4×0,4 м длиной 6 м. Глубина заделки сваи в ростверк $l_3 = 0,5$ м. Принимаем глубину заложения ростверка 1,6 м.

Площадь поперечного сечения $A_c = 0,16$ м², периметр $U_i = 1,6$ м.

Определяем несущую способность по грунту F_d , кН, забивной сваи, работающей на сжимающую нагрузку, по результатам статического зондирования, согласно [1].

$F_u = 853,59$ кН. Для одного испытания $F_d = F_u = 853,59$ кН.

Расчетная допустимая нагрузка на сваю составляет

$$N = \frac{853,39}{1,25} = 682,71 \text{ кН}.$$

Количество свай в ростверке для отдельно стоящих фундаментов: $2000/682,71 = 2,93$ шт.

Расчет буронабивных железобетонных свай по нормам Республики Беларусь

Принимаем железобетонные сваи круглого сечения с поперечным сечением $d = 0,4$ м длиной 6 м. Площадь поперечного сечения $A_c = 0,1256$ м², периметр $U_i = 1,256$ м. Глубина заделки сваи в ростверк $l_3 = 0,5$ м. Принимаем глубину заложения ростверка 1,6 м.

Расчет производим по формулам нормативного документа [1].

$F_u = 670,07$ кН. Для одного испытания $F_d = F_u = 670,07$ кН.

Расчетная допустимая нагрузка на сваю

$$N = \frac{670,07}{1,25} = 536,06 \text{ кН}.$$

Определяем количество свай в ростверке для отдельно стоящих фундаментов $2000/536,06 = 3,73$ шт.

Расчет свай по данным статического зондирования по Еврокоду 7

При проектировании на основе результатов полевых испытаний грунта допускается применение альтернативной процедуры, которая во многих европейских странах является традиционной в практике строительства. Процедура направлена на определение характеристических значений сопротивления по основанию сваи и трения по боковой поверхности q_{bk} и q_{sik} , исходя из параметров грунта, с помощью уравнений и графиков соответствующего вычислительного метода.

Тогда

$$R_{bk} = q_{bk} A_b, \quad (1)$$

$$R_{sk} = \sum q_{sik} A_{si}, \quad (2)$$

где A_b и A_{si} – область основания сваи и поверхность ствола сваи в слое i .

В нормах не уточняется, какие величины должны использоваться при альтернативном подходе: характеристические значения параметров грунта или более «традиционные» величины. Однако в примечании указывается: если используются значения частных коэффициентов γ_b и γ_s , рекомендуемые в прил. А [1], может потребоваться их корректировка с помощью коэффициента моделирования больше 1,0. Величина коэффициента моделирования может определяться по Национальному приложению [3]. Это объясняется тем, что в данной процедуре не применяется коэффициент корректировки ξ .

Согласно альтернативной процедуре, изменчивость грунта рассматривается способом, отличающимся от метода, основывающегося на результатах испытания статической нагрузкой, или от процедуры «модельной сваи», основывающейся на результатах испытаний грунта. Поскольку частные коэффициенты γ_b , γ_s и γ_t (см. табл. А.6, А.7 и А.8 [3]) применяются в сочетании с коэффициентами, они могут быть неприменимы с «альтернативной» процедурой. Коэффициент моделирования, возможно, должен быть введен или напрямую включен при расчете значений $q_{b,k}$ и $q_{s,k}$.

Расчет забивных свай по Еврокоду 7

Принимаем железобетонные сваи квадратного сечения с поперечным сечением $0,4 \times 0,4$ м длиной 6 м. Глубина заделки сваи в ростверку $l_z = 0,5$ м. Принимаем глубину заложения ростверка 1,6 м.

Характеристическая величина прочности острия сваи (1) $R_{b,k} = 512$ кН.

Характеристическое значение боковой прочности сваи (2) $R_{s,k} = 115,39$ кН.

Предположение А. Вычисленные значения q_s и q_b могут рассматриваться как характеристические, поскольку они получены с постоянным учетом N . Поэтому считаем, что величины, рекомендуемые в приложении А EN 1997-1, применимы без привлечения коэффициента сопротивления модели, если он больше 1 [4].

Предположение Б Вычисленные значения q_s и q_b не могут рассматриваться как характеристические, т. к. они основываются на величинах N , которые неточны, а нормы для расчета недостаточно консервативны. Поэтому можно считать, что величины, рекомендуемые в приложении А EN 1997-1, применимы с привлечением коэффициента модели сопротивления, если он больше единицы, для данного примера принимаем $\gamma_{Rd} = 1,1$ [4].

Предположение А

$$R_{b,d} = \frac{512}{1,0} = 512 \text{ кН}.$$

$$R_{s,d} = \frac{115,39}{1,0} = 115,39 \text{ кН} .$$

Несущая способность сваи (расчетное значение) $R_{c,d} = 512 + 115,39 = 627,39 \text{ кН}$.

Предположение Б

$$R_{b,d} = \frac{512}{1,1} = 465,45 \text{ кН} .$$

$$R_{s,d} = \frac{115,39}{1,1} = 104,9 \text{ кН} .$$

Несущая способность сваи (расчетное значение) $R_{c,d} = 465,45 + 104,9 = 570,35 \text{ кН}$.

Предположение А

DA1.C1.

Проектная нагрузка

$$F_{c,d} = 1,35 \cdot 2000 = 2700 \text{ кН}.$$

Проектное сопротивление сваи

$$R_{c,d} = 627,39 \text{ кН}.$$

Количество свай в ростверке для отдельно стоящих фундаментов

$$2700 / 627,39 = 4,3 \text{ шт.}$$

DA1.C2.

Проектная нагрузка

$$F_{c,d} = 1,0 \cdot 2000 = 2000 \text{ кН}.$$

Проектное сопротивление сваи

$$R_{c,d} = 512 / 1,3 + 115,39 / 1,3 = 482,61 \text{ кН}.$$

Количество свай в ростверке для отдельно стоящих фундаментов

$$2000 / 482,61 = 4,14 \text{ шт.}$$

DA2. Одно сочетание.

Проектная нагрузка

$$F_{c,d} = 1,35 \cdot 2000 = 2700 \text{ кН}.$$

Проектное сопротивление сваи

$$R_{c,d} = 512 / 1,1 + 115,39 / 1,1 = 570,35 \text{ кН}.$$

Количество свай в ростверке для отдельно стоящих фундаментов

$$2700 / 570,5 = 4,73 \text{ шт.}$$

Подход DA3 в данном случае не применяется.

Соответственно выбираем максимальное количество свай в ростверке 4,73 шт.

Предположение Б

DA1.C1.

Проектная нагрузка

$$F_{c,d} = 1,35 \cdot 2000 = 2700 \text{ кН}.$$

Проектное сопротивление сваи

$$R_{c,d} = 465,45 + 104,9 = 570,35 \text{ кН}.$$

Количество свай в ростверке для отдельно стоящих фундаментов

$$2700 / 570,35 = 4,74 \text{ шт.}$$

DA1.C2.

Проектная нагрузка

$$F_{c,d} = 1,0 \cdot 2000 = 2000 \text{ кН}.$$

Проектное сопротивление сваи

$$R_{c,d} = 465,45 / 1,3 + 104,9 / 1,3 = 438,73 \text{ кН}.$$

Количество свай в ростверке для отдельно стоящих фундаментов

$$2000 / 438,73 = 4,56 \text{ шт.}$$

DA2. Одно сочетание.

Проектная нагрузка

$$F_{c,d} = 1,35 \cdot 2000 = 2700 \text{ кН.}$$

Проектное сопротивление сваи

$$R_{c,d} = 465,45/1,1 + 104,9/1,1 = 518,5 \text{ кН.}$$

Количество свай в ростверке для отдельно стоящих фундаментов

$$2700/518,5 = 3,86 \text{ шт.}$$

Подход DA3 в данном случае не применяется.

Соответственно выбираем максимальное количество свай в ростверке 4,74 шт.

Расчет буронабивных свай по Еврокод 7

Принимаем сваи буронабивные диаметром 0,4 м. Длина сваи $l = 6$ м.

Глубина заделки сваи в ростверк $l_3 = 0,5$ м.

Характеристическая величина прочности острия сваи (1) $R_{b,k} = 400$ кН.

Характеристическое значение боковой прочности сваи (2) $R_{s,k} = 365,57$ кН.

Предположение А

Несущая способность сваи (расчетное значение)

$$R_{c,d} = 400 + 365,57 = 765,57 \text{ кН.}$$

DA1.C1.

Проектная нагрузка

$$F_{c,d} = 1,35 \cdot 2000 = 2700 \text{ кН.}$$

Проектное сопротивление сваи

$$R_{c,d} = 400/1,25 + 365,57/1,0 = 685,57 \text{ кН.}$$

Количество свай в ростверке для отдельно стоящих фундаментов

$$2700/685,57 = 3,94 \text{ шт.}$$

DA1.C2.

Проектная нагрузка

$$F_{c,d} = 1,0 \cdot 2000 = 2000 \text{ кН.}$$

Проектное сопротивление сваи

$$R_{c,d} = 400/1,6 + 365,57/1,3 = 531,21 \text{ кН.}$$

Количество свай в ростверке для отдельно стоящих фундаментов

$$2000/531,21 = 3,76 \text{ шт.}$$

DA2. Одно сочетание.

Проектная нагрузка

$$F_{c,d} = 1,35 \cdot 2000 = 2700 \text{ кН.}$$

Проектное сопротивление сваи

$$R_{c,d} = 400/1,1 + 365,57/1,1 = 695,98 \text{ кН.}$$

Количество свай в ростверке для отдельно стоящих фундаментов

$$2700/695,98 = 3,88 \text{ шт.}$$

Подход DA3 в данном случае не применяется.

Соответственно выбираем максимальное количество свай в ростверке 3,94 шт.

Предположение Б

Несущая способность сваи (расчетное значение)

$$R_{c,d} = 765,57/1,25 = 612,46 \text{ кН.}$$

DA1.C1.

Проектная нагрузка

$$F_{c,d} = 1,35 \cdot 2000 = 2700 \text{ кН.}$$

Проектное сопротивление сваи

$$R_{c,d} = 320/1,25 + 292,46/1,0 = 548,46 \text{ кН.}$$

Количество свай в ростверке для отдельно стоящих фундаментов

$$2700/548,46 = 4,93 \text{ шт.}$$

DA1.C2.

Проектная нагрузка

$$F_{c,d} = 1,0 \cdot 2000 = 2000 \text{ кН.}$$

Проектное сопротивление сваи

$$R_{c,d} = 320/1,6 + 292,46/1,3 = 424,97 \text{ кН.}$$

Количество свай в ростверке для отдельно стоящих фундаментов

$$2000/424,97 = 4,7 \text{ шт.}$$

Проектный подход DA2

DA2. Одно сочетание.

Проектная нагрузка

$$F_{c,d} = 1,35 \cdot 2000 = 2700 \text{ кН.}$$

Проектное сопротивление сваи

$$R_{c,d} = 320/1,1 + 292,46/1,1 = 556,78 \text{ кН.}$$

Количество свай в ростверке для отдельно стоящих фундаментов

$$2700/556,78 = 4,85 \text{ шт.}$$

Подход DA3 в данном случае не применяется.

Соответственно выбираем максимальное количество свай в ростверке 4,93 шт.

Результаты выполненных исследований приведены на рисунках 2 – 9.

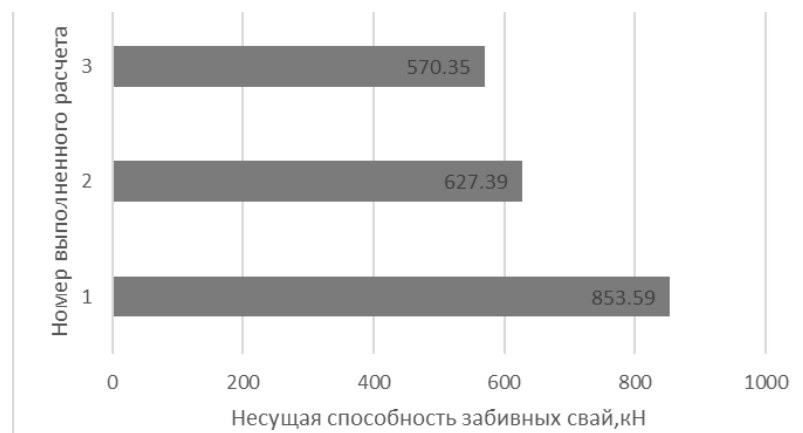


Рисунок 2 – Расчетная несущая способность забивной сваи по данным статического зондирования, полученная при расчете: 1 – ТКП; 2 – Еврокод 7 (предположение А); 3 – Еврокод 7 (предположение Б)

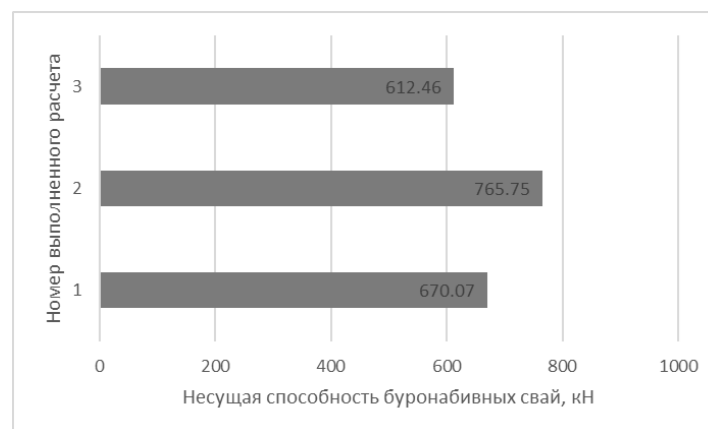


Рисунок 3 – Расчетная несущая способность буронабивной сваи по данным статического зондирования, полученная при расчете: 1 – ТКП; 2 – Еврокод 7 (предположение А); 3 – Еврокод 7 (предположение Б)

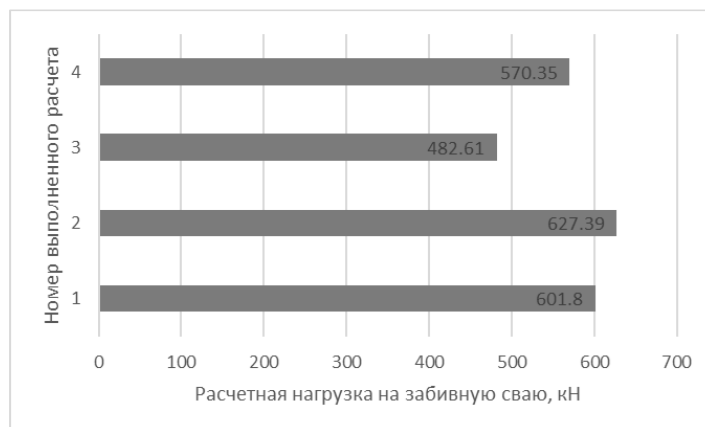


Рисунок 4 – Расчетная нагрузка на забивную сваю по данным статического зондирования, полученная при расчете:

- 1 – ТКП; 2 – Еврокод 7 (предположение А. Подход DA1. Сочетание 1);
3 – Еврокод 7 (предположение А. Подход DA1. Сочетание 2);
4 – Еврокод (предположение А. Подход DA2)**

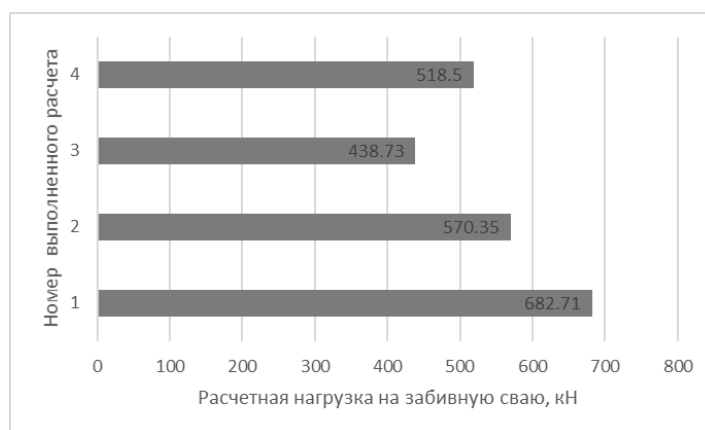


Рисунок 5 – Расчетная нагрузка на забивную сваю по данным статического зондирования, полученная при расчете:

- 1 – ТКП; 2 – Еврокод 7 (предположение Б. Подход DA1. Сочетание 1);
3 – Еврокод 7 (предположение Б. Подход DA1. Сочетание 2);
4 – Еврокод 7 (предположение Б. Подход DA2)**

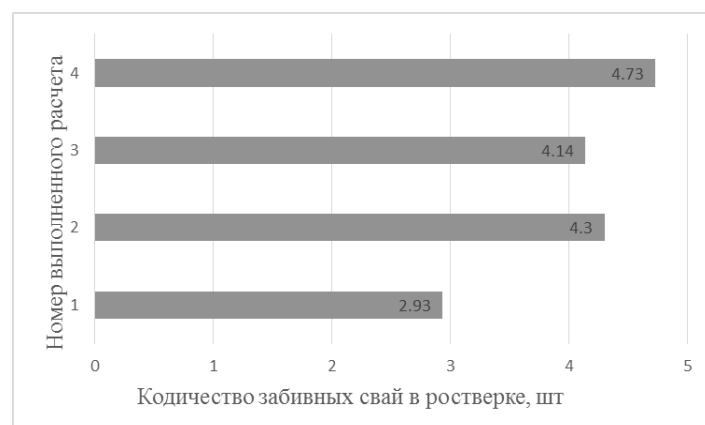


Рисунок 6 – Количество забивных свай в ростверке по данным статического зондирования, полученное при расчете:

- 1 – ТКП; 2 – Еврокод 7 (предположение А. Подход DA1. Сочетание 1);
3 – Еврокод 7 (предположение А. Подход DA1. Сочетание 2);
4 – Еврокод 7 (предположение А. Подход DA2)**

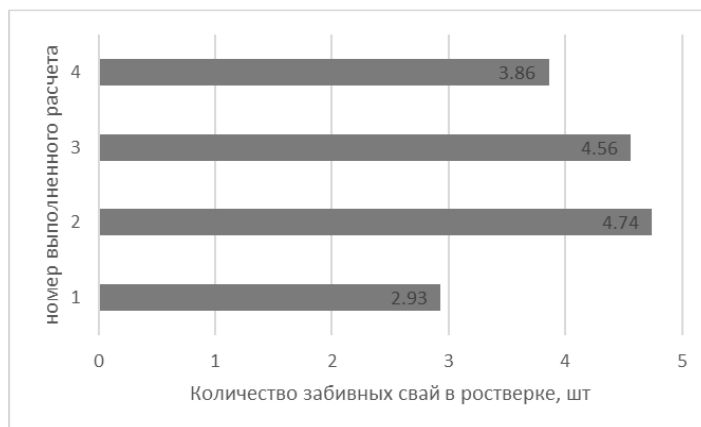


Рисунок 7 – Количество забивных свай в ростверке по данным статического зондирования, полученное при расчете:
1 – ТКП; 2 – Еврокод 7 (предположение Б. Подход DA1. Сочетание 1);
3 – Еврокод 7 (предположение Б. Подход DA1.Сочетание 2);
4 – Еврокод 7 (предположение Б. Подход DA2)

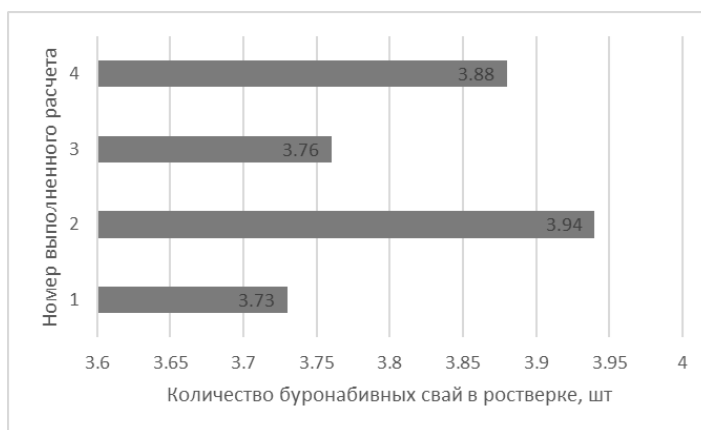


Рисунок 8 – Количество буронабивных свай в ростверке по данным статического зондирования, полученная при расчете:
1 – ТКП; 2 – Еврокод 7 (предположение А. Подход DA1. Сочетание 1);
3 – Еврокод 7 (предположение А. Подход DA1. Сочетание 2);
4 – Еврокод 7 (предположение А. Подход DA2)

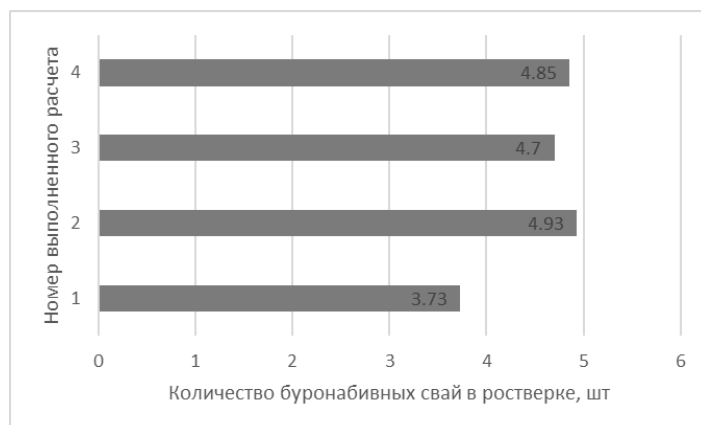


Рисунок 9 – Количество буронабивных свай в ростверке по данным статического зондирования, полученное при расчете:
1 – ТКП; 2 – Еврокод 7 (предположение Б. Подход DA1. Сочетание 1);
3 – Еврокод 7 (предположение Б. Подход DA1. Сочетание 2);
4 – Еврокод 7 (предположение Б. Подход DA2)

Выводы:

1. Расчетное значение несущей способности забивной сваи по данным испытаний статической нагрузкой, полученное путем вычисления по национальным нормам РБ, является максимальным и превышает на 23,1% значение несущей способности забивной сваи при расчете по европейским нормам (DA1.C1), на 40,83% при расчете по DA1.C2 и на 30,1% при расчете по DA2.

2. Значение несущей способности забивной сваи по данным статического зондирования, полученное путем вычисления по национальным нормам РБ, является максимальным и превышает на 26,5% значение несущей способности забивной сваи, полученное при расчете по европейским нормам (предположение А), и на 33,18% по предположению Б.

3. Значение несущей способности буронабивной сваи по данным статического зондирования, полученное путем вычисления по национальным нормам РБ, меньше на 14,28%, чем расчетное значение несущей способности по европейским нормам (предположение А), и выше на 8,6% расчетного значения несущей способности по предположению Б.

4. При «гармонизации» национальных норм РБ и европейских норм требуется большее внимание уделить расчету несущей способности забивных свай, т.к. разница между значениями расчетной несущей способности буронабивных свай по национальным и европейским нормам (предположение Б) не превышает 10%.

5. При проектировании свай по данным испытаний статическим зондированием меньшее количество свай в ростверке получается при расчете по национальным нормам, что способствует экономии материалоемкости. Однако применение малых коэффициентов безопасности требует повышенного контроля за качеством изыскательских работ.

Литература

1. *Основания и фундаменты зданий и сооружений. Сваи забивные. Правила проектирования и устройства: ТКП 45-5.01-256-2012(02250).* – Введ. 01.07.2012. – Минск : Министерство архитектуры и строительства РБ, 2013. – 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 : Министерство архитектуры и строительства РБ, 2012. – 102 с.
3. *Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Ч. 1. Общие правила : ТКП EN 1997-1-2009 (02250).* – Введ. 10.12.2009. – Минск : Министерство архитектуры и строительства РБ, 2010. – 121 с.
4. Франк Р. *Проектирование свайных фундаментов в соответствии с Еврокодом 7: лекция XIII Дунайско-Европейской конференции по геотехнике, Любляне, Словения, 29 – 31 мая 2006 г.* – 11 с.
5. 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 // Научно-технический семинар «Вопросы перехода на европейские нормы проектирования строительных конструкций».* – Минск : СФ БНТУ, 2010. – С. 82 – 94.
6. *Руководство для проектировщиков к Еврокоду 7. Геотехническое проектирование / Р. Франк [и др.]; под науч. ред. А. З. Тер-Мартиняна.* – М. : МГСУ, 2013. – 360 с.
7. *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.

© Кремнев А.П., Лобачева Н.Г.
Надійшла до редакції 2.12.2015 р.