



ISSN 1819-432X print

СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО
СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION

2017, ТОМ 13, НОМЕР 2, 111–119

УДК 624.131.23

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСАДНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ЗА НОРМАТИВНИМИ ДОКУМЕНТАМИ РОСІЇ ТА УКРАЇНИ

В. В. Яркін¹, Г. В. Кухар²

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, 86123.*

E-mail: ¹ YarkinVV@mail.ru, ² Kuhar.Anna.V@yandex.ru

Отримана 14 березня 2017; прийнята 04 травня 2017.

Анотація. У статті виконано аналіз методу розрахунку просадних деформацій від зовнішнього навантаження і власної ваги ґрунту відповідно до чинних нормативних документів Росії та України. Представлені результати порівняльного аналізу з урахуванням розмірів подошви фундаменту, величини зовнішнього навантаження на основу, потужності просадної товщі та відносного осідання ґрунту. Надано пропозиції щодо вдосконалення розглянутого методу визначення просадних деформацій.

Ключові слова: просадні ґрунти, просадні товщі, просадка від зовнішнього навантаження, просадка від власної ваги ґрунту, зона просадки.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСАДОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПО НОРМАТИВНЫМ ДОКУМЕНТАМ РОССИИ И УКРАИНЫ

В. В. Яркин¹, А. В. Кухарь²

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
2, ул. Державина, г. Макеевка, 86123.*

E-mail: ¹ YarkinVV@mail.ru, ² Kuhar.Anna.V@yandex.ru

Получена 14 марта 2017; принята 04 мая 2017.

Аннотация. В статье выполнен анализ метода расчета просадочных деформаций от внешней нагрузки и собственного веса грунта в соответствии с действующими нормативными документами России и Украины. Представлены результаты сопоставительного анализа с учетом размеров подошвы фундамента, величины внешней нагрузки на основание, мощности просадочной толщи и относительной просадочности грунта. Даны предложения по совершенствованию рассмотренного метода определения просадочных деформаций.

Ключевые слова: просадочные ґрунти, просадочная товща, просадка от внешней нагрузки, просадка от собственного веса ґрунту, зона просадки.

DETERMINATION OF SUBSIDENCE DEFORMATIONS ACCORDING TO NORMATIVE DOCUMENTS OF RUSSIA AND UKRAINE

Viktor Iarkin¹, Anna Kukhar²

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makeyevka, 86123.

E-mail: ¹ YarkinVV@mail.ru, ² Kukhar.Anna.V@yandex.ru

Received 14 March 2017; accepted 04 May 2017.

Abstract. The article analyzes the method for calculating subsidence deformations from the external load and the soil's own weight in accordance with the current regulatory documents of Russia and Ukraine. The results of a comparative analysis are presented taking into account the dimensions of the basement, the value of the external load on the base, the thickness of the subsidence layer and the relative subsidence of the soil. Proposals are made to improve the method of determining subsidence deformations.

Keywords: subsidence ground, subsidence, subsidence from external load, subsidence from own weight of ground, drawdown zone.

Постановка проблемы

Районы с просадочными грунтами широко распространены на территории Российской Федерации (РФ) и Украины.

В действующих нормативных документах РФ [1, 2, 3] и Украины [4, 5], регламентирующих проектирование на просадочных грунтах, определение просадок производится методом послойного суммирования с использованием модели линейно-деформируемого упругого полупространства. Данный метод является достаточно условным [6, 7, 8], а введение в формулу для определения просадки поправочного коэффициента k_{st} может изменять результаты расчета в несколько раз.

Кроме того, различия в разбиении просадочной толщи на верхнюю и нижнюю зоны, а также в определении поправочного коэффициента, присутствующие в нормативных документах РФ и Украины, могут привести к существенно отличающимся результатам.

Анализ последних исследований и публикаций

Первые нормативные документы, регламентирующие проектирование зданий и сооружений на просадочных грунтах, появились в начале 30-х годов двадцатого века. Основная роль в становлении науки о строительстве на просадочных грунтах на этом этапе принадлежит Ю. М. Абелеву. Дальнейшее развитие этого направления

нашло отражение в трудах М. Ю. Абелева [9], М. Н. Гольдштейна [10], А. А. Григорян [8], С. Н. Клепикова [11, 12], В. И. Крутова [6], А. А. Мустафаева [13], З. Г. Тер-Мартиросяна [14], Я. Д. Гильмана [7, 15] и др.

Многолетние исследования, проведенные в НИИ оснований им. Н. М. Герсеванова под руководством В. И. Крутова, легли в основу СНиП 2.02.01-83 [16], который в дальнейшем был актуализирован на территории РФ, и основные принципы проектирования на просадочных грунтах практически без изменений перенеслись в действующие нормы РФ [1, 2, 3]. В нормативных документах Украины [4, 5] по сравнению с [16] появились более существенные изменения, в основу которых легли исследования С. Н. Клепикова, А. С. Трегуба, И. О. Розенфельда, И. В. Матвеева и др.

Цель статьи

Выполнить сопоставительный анализ определения просадочных деформаций по нормативным документам, действующим на территории Украины и России.

Основной материал

В соответствии с нормами России и Украины [1, 2, 3, 4, 5] полная просадка при замачивании сверху больших площадей или замачивании

снизу при подъеме уровня подземных вод определяется по формуле

$$s_{sl} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{sl,i} \cdot h_i \cdot k_{sl,i}, \quad (1)$$

где $\varepsilon_{sl,i}$ – относительная просадочность i -го слоя грунта;

h_i – толщина i -го слоя грунта;

n – число слоев, на которые разбиты зоны просадки $h_{sl,p}$ и (или) $h_{sl,g}$;

$k_{sl,i}$ – коэффициент, учитывающий условия работы основания.

При этом, в соответствии с [1, 2, 3, 5], коэффициент $k_{sl,i}$ принимается при суммировании в верхней зоне просадки $h_{sl,p}$ равным:

- при ширине подошвы фундамента $b \geq 12$ м – 1,0;
- при ширине подошвы фундамента $b \leq 3$ м – по формуле

$$k_{sl,i} = 0,5 + 1,5(p - p_{sl,i}) / p_0, \quad (2)$$

где p – среднее давление под подошвой фундамента;

$p_{sl,i}$ – начальное просадочное давление i -го слоя грунта;

p_0 – давление, равное 100 кПа;

- при ширине подошвы фундамента $3 \text{ м} < b < 12 \text{ м}$ – по интерполяции между значениями $k_{sl,i}$, полученными при $b = 3$ м и $b = 12$ м.

При суммировании в нижней зоне просадки $h_{sl,g}$ коэффициент $k_{sl,i}$ принимается [2, 3, 5]:

- при $H_{sl} \leq 15$ м – 1,0;
- при $H_{sl} \geq 20$ м – 1,25;
- при промежуточных значениях H_{sl} – по интерполяции между указанными выше значениями.

По [1] коэффициент $k_{sl,i}$ в зоне $h_{sl,g}$ принимается равным 1 независимо от толщины просадочной толщи, а по [4] и в верхней и в нижней зонах коэффициент $k_{sl,i}$ принимается равным 1.

В общем случае полное значение просадки состоит из просадки от внешней нагрузки $s_{sl,p}$ и просадки от собственного веса грунта $s_{sl,g}$

$$s_{sl} = s_{sl,p} + s_{sl,g}. \quad (3)$$

При этом просадка от внешней нагрузки $s_{sl,p}$ возможна в пределах верхней зоны просадки $h_{sl,p}$, а просадка грунта от собственного веса $s_{sl,g}$ возможна в пределах нижней зоны просадки $h_{sl,g}$.

В нормативных документах РФ и Украины используется различный подход к определению просадок от внешней нагрузки $s_{sl,p}$ и собственного веса грунта $s_{sl,g}$, а также верхней и нижней зон просадки $h_{sl,p}$ и $h_{sl,g}$ (рис. 1).

В соответствии с [1, 2, 3] значения просадок от внешней нагрузки и от собственного веса грунта определяются по формуле 1 соответственно только в верхней и нижней зоне просадочной толщи.

В соответствии с [4, 5] значения просадок от внешней нагрузки и от собственного веса грунта определяются по формулам

$$s_{sl,p} = S_{sl} - s_{sl,g}, \quad (4)$$

$$s_{sl,g} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{sl,g,i} \cdot h_i \cdot k_{sl,g}, \quad (5)$$

где $\varepsilon_{sl,g,i}$ – относительная просадочность i -го слоя грунта при давлении, равном $\sigma_{zg,i}$;

n – число слоев, на которые разбита зона просадки $h_{sl,g}$;

$k_{sl,g}$ – коэффициент, учитывающий условия работы основания в нижней зоне просадки.

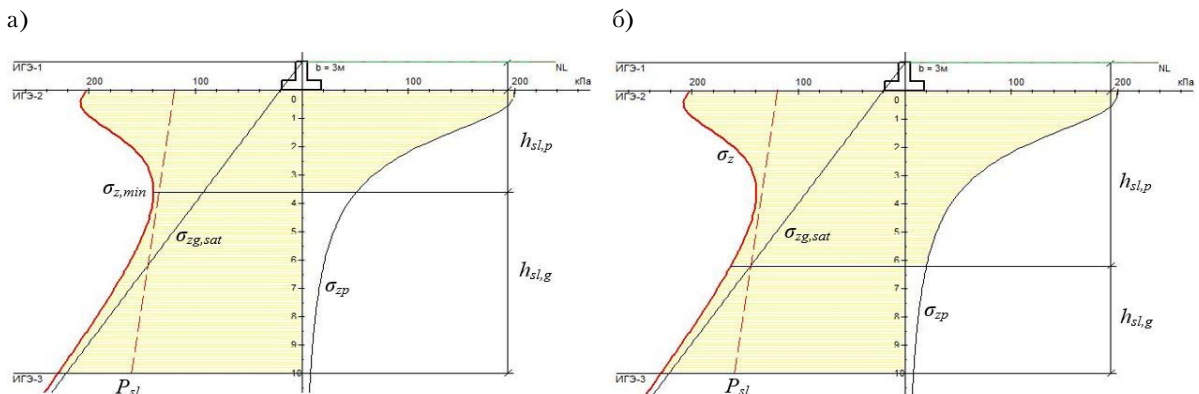


Рисунок 1. Расчетные схемы для определения просадки: а) по [1, 2, 3]; б) по [4, 5].

Разделение просадочной толщи на верхнюю и нижнюю зоны просадки осуществляется следующим образом.

Нижняя граница верхней зоны $h_{sl,p}$ соответствует глубине, где $\sigma_z = \sigma_{zp} + \sigma_{zg} = P_{sl}$ либо:

- в соответствии с [1, 2, 3] глубине, где σ_z минимально, если $\sigma_{z,min} > P_{sl}$;
- в соответствии с [4, 5] глубине, в пределах которой $s_{sl} - s_{sl,g} > 0$ при $\sigma_z > P_{sl}$.

Нижняя зона просадки $h_{sl,g}$ определяется:

- в соответствии с [1, 2, 3] начиная с глубины, где $\sigma_z = P_{sl}$ или σ_z минимально, если $\sigma_{z,min} > P_{sl}$, и до нижней границы просадочной толщи (рис. 1 а);
- в соответствии с [4, 5] начиная с глубины, где $\sigma_{zg} = P_{sl}$ и до нижней границы просадочной толщи (рис. 1 б).

Возможно также возникновение нейтральной зоны, в пределах которой $\sigma_z = \sigma_{zp} + \sigma_{zg} < P_{sl}$. При этом по [1] нейтральная зона разделяет просадочную толщу на верхнюю и нижнюю зоны просадки, а по [4] нейтральная зона может возникать внутри верхней зоны просадки. Также по [4] существует возможность наложения верхней зоны просадки на нижнюю, как правило для фундаментов с большой площадью подошвы.

Точность разбиения просадочной толщи на верхнюю и нижнюю зоны может существенно отразиться на результатах определения полной просадки, так как коэффициент k_{sl} , определяемый для этих зон, может отличаться в несколько раз.

Рассмотрим два варианта инженерно-геологических условий, представленных десятиметровой толщиной просадочных грунтов, которые по классификации, предложенной М. Н. Гольдштейном [10], являются:

- а) слабопросадочными (при $p = 200$ кПа $0,01 < \varepsilon_{sl} \leq 0,03$);
- б) среднепросадочными (при $p = 200$ кПа $0,03 < \varepsilon_{sl} \leq 0,07$).

При этом просадка от собственного веса, определенная по формуле (5), при рассматриваемых слабопросадочных грунтах составляет 4,5 см, а при среднепросадочных грунтах составляет 20,5 см. В соответствии с общепринятой классификацией [17] рассматриваемые ИГ условия относятся к территориям: а) I типа; б) II типа.

Несмотря на то, что практический интерес представляет диапазон давлений по подошве фундамента до 300 кПа, в данной работе рассмат-

риваемый диапазон увеличен до 500 кПа, так как в результате неравномерных деформаций основания перераспределяющиеся давления по подошве фундамента на отдельных участках могут существенно превысить расчетное сопротивление просадочного грунта. Кроме того, в соответствии с [10, 15] увеличение давления выше 500–600 кПа приводит к снижению просадочности в связи с доуплотнением просадочного грунта без замачивания за счет разрушения структурных связей от уровня давления. Т. е. в суммарной вертикальной деформации при высоких давлениях снижается доля просадочных деформаций и увеличивается доля деформаций, вызванных развитием зон сдвигов.

На рис. 2 представлены зависимости толщины нижней зоны просадки от давления при разной ширине подошвы фундаментов с отношением сторон подошвы $l/b = 1$. На этом и последующих графиках зависимости, полученные по [1], показаны сплошными линиями, а по [5] показаны пунктирными линиями.

Как видно из рис. 2, размер нижней зоны просадки по [1] зависит от размеров фундамента и величины давления по подошве, в то время как по [5] это величина постоянная.

С увеличением ширины подошвы фундамента при постоянном давлении увеличивается глубина, где σ_z минимально [9], что в соответствии с [1] приводит к уменьшению нижней зоны просадки $h_{sl,g}$ и увеличению верхней зоны просадки $h_{sl,p}$. Так как при определенных условиях для верхней зоны просадки применяется более высокий поправочный коэффициент, это приводит к увеличению просадки, что противоречит результатам натурных наблюдений [7]. Вследствие изменения размеров нижней зоны просадки в соответствии с [1] просадка от собственного веса, определенная для загруженной поверхности по формуле (1), может отличаться от просадки, определенной для незагруженной поверхности по формуле (5).

На рис. 3 показаны зависимости полной просадки от давления по [1] и [5].

Так как при $b \geq 12$ м и $H_{sl} \leq 15$ м коэффициент k_{sl} принимается равным 1 и для верхней и для нижней зоны просадки, результаты по [1] и [5] полностью совпадают.

Для слабопросадочных грунтов в диапазоне давлений до 300 кПа просадки, полученные по

различным нормативным документам, практически совпадают и при ширине подошвы фундамента менее 6 м могут превышать просадку для фундаментов с шириной ≥ 12 м на 50–100 %. При больших давлениях расхождение становится довольно существенным, что обусловлено линейной зависимостью коэффициента k_{sl} от давления. Данные результаты противоречат [15], так как по наблюдениям при действии высоких давлений на основание просадочность грунта снижается в результате его уплотнения без замачивания.

Для среднеспросадочных грунтов, при ширине подошвы фундамента менее 6 м и высоких давлениях по подошве, просадки по [1, 2] в 4–5 раз могут превышать просадку для фундаментов с шириной 12 м и более. Так как по наблюдениям различных авторов [9, 15] для среднеспросадочных и сильнопросадочных грунтов максимальная относительная просадочность, как правило, соответствует давлению не более 300 кПа, полученные значения просадок сильно завышены.

Увеличение относительной просадочности приводит к увеличению расхождений между

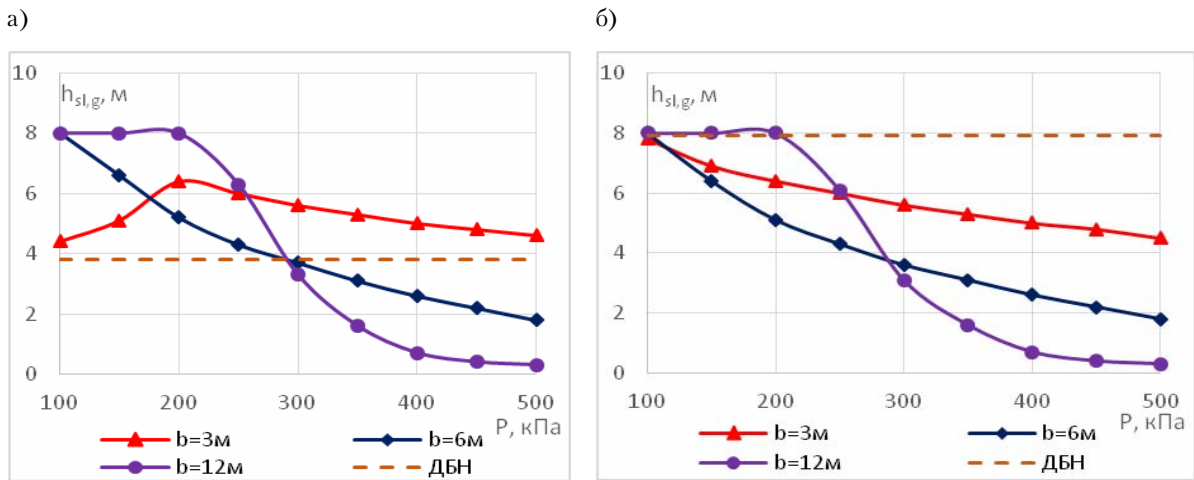


Рисунок 2. Зависимости толщины нижней зоны просадки от давления: а) I типа; б) II типа.

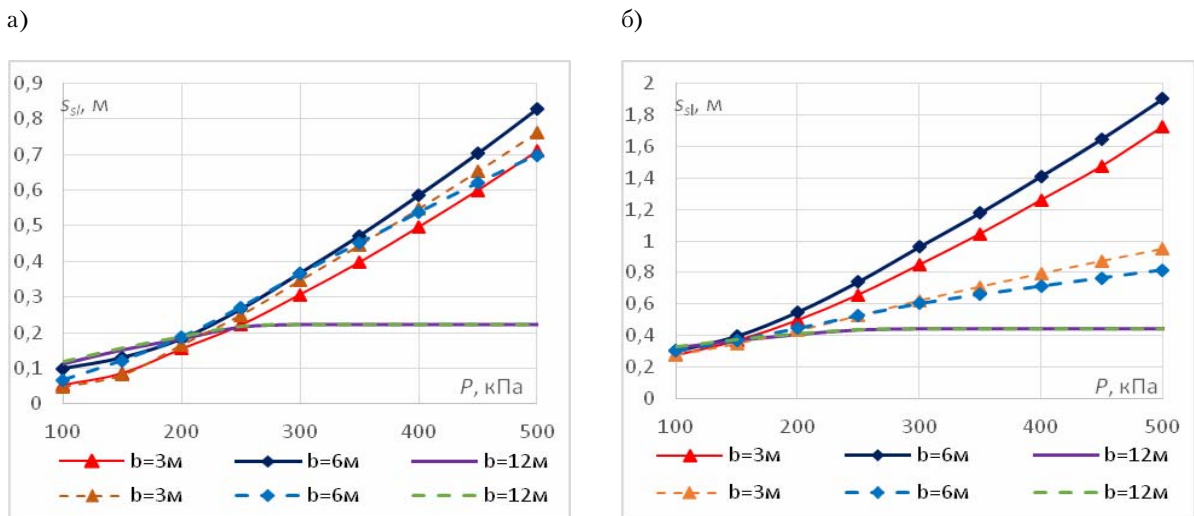


Рисунок 3. Зависимости просадки от давления: а) I типа; б) II типа.

результатами, полученными по СП и ДБН. Увеличение b в диапазоне от 3 до 12 м по [1] приводит к увеличению просадки, а по [5] наоборот.

Отсюда можно сделать вывод, что коэффициент k_{sl} , определенный по формуле (2), имеет ограниченную область применения и не всегда приводит к достаточно удовлетворительным и теоретически обоснованным результатам [13].

В соответствии со СНиП II-Б.2-62 [18] коэффициент условий работы k_{sl} принимался постоянным для глубины $1,5 \cdot b$ равным 2, а для остальной просадочной толщи – 1,5.

Однако расчет просадок с применением данных значений коэффициента приводил к результатам, существенно отличающимся от фактически замеренных. При этом по наблюдениям многих авторов, значения коэффициента в верхней зоне просадки для фундаментов небольшой площади были более 2, а в нижней зоне наоборот k_{sl} мог достигать значения 1,5 только при больших толщах сильнопросадочных грунтов [8].

В связи с этим позднее на основании статистической обработки серии испытаний штампами площадью от 0,5 до 4 м² были предложены две эмпирические формулы для определения коэффициента условий работы в верхней зоне просадочной толщи [17]: в зависимости от давления по подошве и начального просадочного давления (2) и в зависимости от величины расчетной просадки фундамента от внешней нагрузки $s'_{sl,p}$, определенной по (1) при $k_{sl} = 1$

$$k_{sl} = 1 + 0,2 \cdot s'_{sl,p} / s_0, \quad (6)$$

где $s'_{sl,p}$ – расчетная просадка фундамента от внешней нагрузки при $k_{sl} = 1$;

s_0 – осадка, принимаемая равной 1 см.

Коэффициент корреляции для обеих формул практически одинаков, однако так как формула (2) учитывает большее количество факторов, она была окончательно рекомендована для практических расчетов [17].

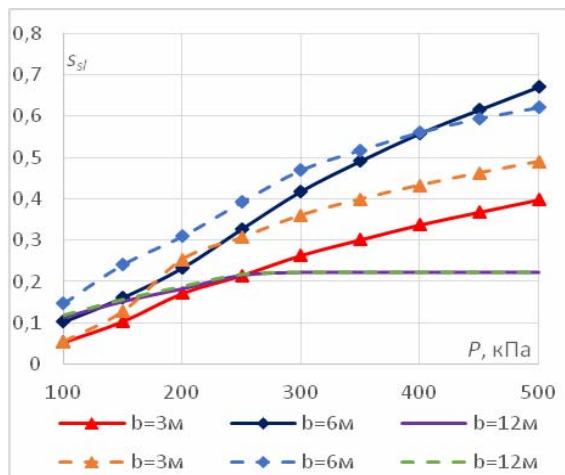
В то же время при определении $s'_{sl,p}$ в формуле (6) учитываются: напряженное состояние грунтового массива, просадочные характеристики грунта и размеры верхней зоны просадки, то есть по количеству влияющих факторов формула (6) даже превосходит формулу (2).

На рис. 4 показаны зависимости полной просадки от давления при k_{sl} , определенному по формуле (6).

Зависимости просадок от давления при коэффициенте $k_{sl} = 1$ по [4] для фундаментов с шириной подошвы менее 12 м будут подобны показанным на рис. 3, 4 при $b = 12$ м, однако значения будут ниже, так как уменьшение размеров подошвы при неизменном давлении снижает площадь эпюры суммарных напряжений в грунтовом массиве σ_z . Соответственно полученные результаты являются заниженными и не соответствуют наблюдениям различных авторов [6, 7, 9, 13, 14, 15].

Существует много различных предложений по усовершенствованию коэффициента k_{sl} путем

а)



б)

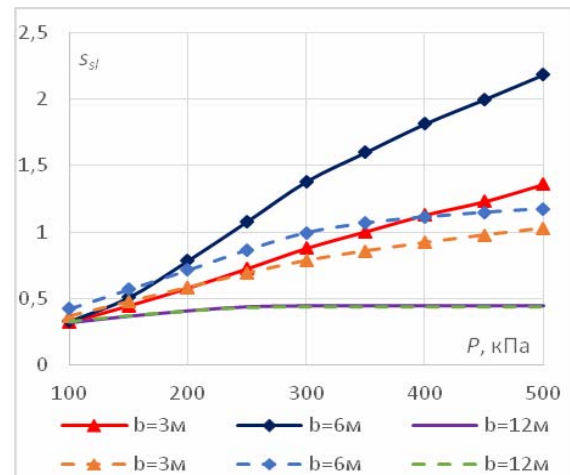


Рисунок 4. Зависимости просадки от давления: а) I типа; б) II типа.

введения нескольких дополнительных параметров, что свидетельствуют о несовершенстве самой расчетной схемы, рекомендованной нормативными документами. Данная схема предполагает одномерное уплотнение, тогда как при просадке происходят как объемные, так и сдвиговые деформации, которые могут составлять до 70 % от величины просадки [14]. Соответственно принято считать, что коэффициент k_{sl} учитывает горизонтальные (боковые) уплотнения [7, 13].

При этом, учитывая то, что зоны боковых перемещений уплотняющегося просадочного грунта расположены по периметру фундамента, увеличение размеров подошвы приводит к снижению их влияния на величину вертикальных просадок. Соответственно при ширине подошвы фундамента 12 м и более боковыми перемещениями пренебрегают, принимая $k_{sl} = 1$. Учитывая особенность формирования зон сдвиговых деформаций, представляется правильным ограничение верхней зоны просадки, к которой применяется поправочный коэффициент, глубиной, где σ_z минимально, если $\sigma_{z,\min} > P_{sl}$.

Выводы

1. При увеличении размеров подошвы фундамента в диапазоне от 3 до 12 метров и постоянном давлении по подошве, существенно превышающем начальное просадочное, происходит уменьшение коэффициента k_{sl} , определенного по [1, 2, 3], но при этом величина просадки все равно может увеличиваться, так как изменение распределения напряжений от

внешней нагрузки по глубине приводит к увеличению верхней зоны просадки.

2. Коэффициент k_{sl} , определенный в соответствии с [1, 2, 3, 5] для верхней зоны просадки, имеет область применения, ограниченную определенным диапазоном давлений по подошве фундамента (ориентировочно от P_{sl} до 300 кПа), что, к сожалению, не оговорено в этих нормах. За пределами корректной области применения значения поправочного коэффициента могут приводить как к завышению, так и занижению величины просадки. Определение этого коэффициента в соответствии с [4] сильно занижает расчетные значения просадки, что может соответственно снизить надежность зданий за счет применения недостаточно обоснованных мер защиты.
3. По мнению авторов статьи, разделение просадочной толщи на верхнюю и нижнюю зоны просадки, при вычислении полного значения просадки по формуле (1), более корректно осуществляется в соответствии с нормами РФ [1, 2, 3]. При этом разделение полного значения просадки на просадку от внешней нагрузки и просадку от собственного веса грунта корректней выполнять по формулам (4 и 5) в соответствии с нормами Украины [4, 5].
4. Вычисление поправочного коэффициента k_{sl} по формуле (6) позволит корректней определять просадку в более широком диапазоне давлений от внешней нагрузки, однако при этом требуется сделать его величину зависящей от ширины подошвы фундамента.

Литература

1. СП 21.13330.2012. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах [Текст]. Актуализированная редакция СНиП 2.01.09-91. – Введ. 2013–01–01. – М.: Минрегион России, 2012. – 73 с.
2. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* [Текст]. – Введ. 2011–05–20. – М.: Минрегион России, 2011. – 161 с.
3. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений [Текст]. – Введ. с 09.03.2004. – СПб.: Деан, 2005. – 304 с. – (Безопасность труда России). – ISBN 5-93630-512-0.
4. ДБН В.1.1-5-2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих грунтах.

References

1. SP 21.13330.2012. Buildings and structures on undermined territories and slumping soils. The staticized edition. SNiP 2.01.09-91. Moscow: Ministry of Regional Development of the Russian Federation, 2012. 73 p. (in Russian)
2. SP 22.13330.2011. Soil bases of buildings and structures. The staticized edition. SNiP 2.02.01-83*. Moscow: Ministry of Regional Development of the Russian Federation, 2011. 161 p. (in Russian)
3. SP 50-101-2004. Design and construction of soil bases and foundations for buildings and structures. St. Petersburg: Dean, 2005. 304 p. ISBN 5-93630-512-0 (in Russian)
4. DBN V.1.1-5-2000. Buildings and constructions at Anthropogenic Soils and sagging soils. The first part. Buildings and constructions in subwork territories.

- Частина 1. Будинки і споруди на підроблюваних територіях [Текст]. – На заміну СНиП 2.01.09-91, РСН 227-88, РСН 232-88, РСН 297-78, РСН 340-86, РСН 349-88; введени в дію з 1 липня 2000 р. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2000. – 67 с.
5. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування [Текст]. – Введено вперше зі скасуванням на території України СНиП 2.02.01-83; чинні від 2009–07–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 107 с.
 6. Крутов, В. И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах [Текст] / В. И. Крутов. – К. : Будівельник, 1982. – 224 с.
 7. Гильман, Я. Д. Основания и фундаменты на лесовых просадочных грунтах [Текст] / Я. Д. Гильман. – Ростов на Дону : СевкавНИПИагропром, 1991. – 218 с.
 8. Григорян, А. А. О количественной оценке просадочности грунтов [Текст] / А. А. Григорян // Основание, фундаменты и механика грунтов. 2001. № 2. С. 17–21.
 9. Абелев, Ю. М. Основы проектирования и строительства на просадочных макропористых грунтах [Текст] / Ю. М. Абелев, М. Ю. Абелев. – М. : Стройиздат, 1968. – 432 с.
 10. Гольдштейн, М. Н. Об определении просадочных свойств лессовых грунтов [Текст] / М. Н. Гольдштейн, Н. М. Макаренко // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1970. № 6. С. 10–13.
 11. Трегуб, А. С. Расчет зданий и сооружений на просадочных грунтах [Текст] / А. С. Трегуб, С. Н. Клепиков. – К. : Будівельник, 1987. – 200 с.
 12. Клепиков, С. Н. Расчет сооружений на деформируемом основании [Текст] / С. Н. Клепиков. – К. : НИИСК, 1996. – 204 с.
 13. Мустафаев, А. А. Фундаменты на просадочных и набухающих грунтах [Текст] / А. А. Мустафаев. – М. : Высшая школа, 1989. – 590 с.
 14. Тер-Мартirosян, З. Г. Механика грунтов [Текст] : учеб. пособие / З. Г. Тер-Мартirosян. – М. : АСВ, 2005. – 488 с.
 15. Гильман, Я. Д. Строительные свойства лессовых грунтов и проектирование оснований и фундаментов [Текст] / Я. Д. Гильман, В. П. Ананьев. – Ростов-на-Дону : РИСИ, 1971. – 132 с.
 16. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений [Текст]. – Взамен СНиП II-15-74 и СН 475-75; введ. 1985–01–01. – М. : Стройиздат, 1985. – 40 с.
 17. Крутов, В. И. Расчет фундаментов на просадочных грунтах [Текст] / В. И. Крутов. – М. : Стройиздат, 1972. – 176 с.
 18. СНиП II-Б.2-62. Строительные нормы и правила. Часть II, раздел Б. Глава 2. Основания и фундаменты зданий и сооружений на просадочных грунтах. Нормы проектирования [Текст]. – Взамен разделов I и II НиТУ 137-56; введ. 1963–01–01. – М. : Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962. – 9 с.
- Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2000. 67 p. (in Ukrainian)
5. DBN V.2.1-10-2009. Basis and foundations of constructions. General principles of designing. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2009. 107 p. (in Ukrainian)
 6. Krutov, V. I. Foundation engineering upon collapsible soil. Kyiv: Constructor, 1982. 224 p. (in Russian)
 7. Gilman, Ya. D. Bases and foundations on loessial collapsible soil. Rostov-on-Don: SevkaVNIPIagroprom, 1991. 218 p. (in Russian)
 8. Grigorian, A. A. About a quantitative assessment of a soil subsidence. In: *Bases, foundations and soil engineering*, 2001, No. 2, pp. 17–21. (in Russian)
 9. Abelev, Yu. M.; Abelev, M. Yu. Bases of design and construction on collapsible macroporous soil. Moscow: Stroiizdat, 1968. 432 p. (in Russian)
 10. Goldshtein, M. N.; Makarenko, N. M. About determination of collapsible properties of loessial soil. In: *Bases, foundations and soil engineering*, 1970, No. 6, pp. 10–13. (in Russian)
 11. Tregub, A. S.; Klepikov, S. N. Calculation of buildings and constructions on collapsible soil. Kyiv: Budivelnik, 1987. 200 p. (in Russian)
 12. Klepikov, S. N. Calculation of constructions on the deformable bases. Kyiv: NIISK, 1996. 204 p. (in Russian)
 13. Mustafaev, A. A. Foundations on collapsible and the bulking-up soil. Moscow: High School, 1989. 590 p. (in Russian)
 14. Ter-Martirosian, Z. G. Soil engineering: Textbook. Moscow: ASB, 2005. 488 p. (in Russian)
 15. Gilman, Ya. D.; Anan'ev, V. P. Construction properties of loessial soil and design of the bases and foundations. Rostov-on-Don: RISI, 1971. 132 p. (in Russian)
 16. SNiP 2.02.01-83*. Footing of buildings and constructions. Moscow: Stroiizdat, 1985. 40 p. (in Russian)
 17. Krutov, V. I. Foundation calculation on collapsible soil. Moscow: Stroiizdat, 1972. 176 p. (in Russian)
 18. SNiP II-B.2-62. Construction rules and regulations. The second part, section b, The second chapter. Bases and foundations of buildings and constructions on collapsible soil. Design standards. Moscow: State publishing house of literature according to construction, architecture and constructional materials, 1962. 9 p. (in Russian)

Яркін Віктор Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри основ, фундаментів і підземних споруд Донбаської національної академії будівництва та архітектури. Наукові інтереси: взаємодія будівель і споруд з нерівномірно здеформованою основою. Будівництво та проектування будівель та споруд в складних інженерно- та горно-геологічних умовах.

Кухар Ганна Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри основ, фундаментів і підземних споруд Донбаської національної академії будівництва та архітектури. Наукові інтереси: будівництво будівель та споруд в складних горно-геологічних умовах, конструктивні методи захисту будівель і споруд на карстонебезпечних територіях, системи для автоматичної компенсації деформації основи.

Яркин Виктор Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры оснований, фундаментов и подземных сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: взаимодействие зданий и сооружений с неравномерно деформируемым основанием. Строительство и проектирование зданий и сооружений в сложных инженерно- и горно-геологических условиях.

Кухарь Анна Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры оснований, фундаментов и подземных сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: строительство и проектирование зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях, конструктивные методы защиты зданий и сооружений на карстоопасных территориях, системы для автоматической компенсации деформаций основания.

Iarkin Viktor – Ph.D. (Engineering), Associate Professor; Basements, Foundations and Underground Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: interaction of buildings and structures with unevenly deformable grounds. Construction and design of buildings and structures in hard engineer- and mini-geological conditions.

Kukhar Anna – Ph.D. (Engineering), Associate Professor; Basements, Foundations and Underground Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: Scientific interests: construction and design of buildings and structures in complicated engineer-geological conditions, constructive methods of protection of buildings and structures on karst territories, systems for automatic compensation of deformation of the base.