

ПАРАДОКСЫ НОРМАТИВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ И НОВЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННЫХ СВАЙНЫХ И ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Самородов А.В.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
г. Харьков, Украина

АНОТАЦІЯ: Проведено аналіз створення та удосконалення методик розрахунку та проектування пальово-плитних фундаментів, при цьому показані парадокси застосування нормативних положень, які приводять к використанню неефективних конструкцій фундаментів багатопверхових будівель. Запропоновані інженерні методики визначення оптимальних параметрів комбінованих плитних та пальових фундаментів при розрахунках по гранично допустимим деформаціям S_u , а також універсальний метод їх оцінки.

АННОТАЦИЯ: Проведен анализ создания и усовершенствования методик расчета и проектирования свайно-плитных фундаментов, при этом показаны парадоксы применения нормативных положений, которые приводят к использованию неэффективных конструкций фундаментов многоэтажных зданий. Предложены инженерные методики определения оптимальных параметров комбинированных плитных и свайных фундаментов при расчете по предельно допустимым деформациям S_u , а также универсальный метод оценки их эффективности.

ABSTRACT: Analyzes of creation and improvement of methods of calculation and design of a pile and plate foundation is carried out. Seem paradoxical applications that lead to the use of foundations are not effective on multi-storey buildings. Engineering methods for determining the optimal parameters plates and pile foundations for the calculation of the maximum allowable deformation S_u , and universal method of their evaluation is proposed.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фундамент, комбинированный, свайный, плитный, осадка, метод, методика, эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

В случае применения крупноразмерных комбинированных плитных и свайных фундаментов для многоэтажных и высотных зданий положения современных нормативных документов [1, 2, 8] не позволяют одновременно удовлетворять условиям по предельной допустимой нагрузке на одиночную сваю F_u и значительными допустимыми деформациями S_u для зданий и сооружений.

Это происходит потому, что алгоритм расчета и проектирования свайного фундамента идет от частного к общему – от определения несущей способности одиночной сваи по грунту F_u с различными коэффициентами надежности (γ_g и γ_k) [1, 3] к проектированию свайного поля с ограничением минимального расстояния между сваями $3d$ при недопущении превышения расчетной нагрузки на сваю N :

$$N \leq \frac{F_u}{\gamma_g \cdot \gamma_k} \quad (1)$$

и осадки S условного фундамента:

$$S \leq S_u, \quad (2)$$

при этом, требуется формальное удовлетворение условию расчета осадки при использовании модели линейно-деформируемой среды с ограничением давления p в уровне подошвы свай величиной расчетного сопротивления грунта R , которое и для плитного варианта крупноразмерного фундамента без свай всегда выполняется:

$$p \leq R. \quad (3)$$

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Согласно российских норм [2] и украинского документа ДСТУ [3], прототипом которых является соответствующий раздел советского СНиП [4], осадка S свайного фундамента составит

$$S = \xi \cdot \Delta, \quad (4)$$

где Δ - осадка одиночной сваи при статических испытаниях, см;

$\xi = \frac{1}{\zeta}$ - коэффициент перехода к значению средней осадки

фундамента здания S от величины осадки одиночной сваи, полученной при статических испытаниях с условной стабилизацией деформаций, равный 5 – для ленточной формы (нормативная величина); 4 – прямоугольной [5]; 3 – кустов свай [6]. Интересно отметить, что данный коэффициент перехода впервые был введен в советские нормы в 1968 году [7] и равнялся

$\xi = 10$ с возможностью его уточнения по результатам натурных наблюдений, на основании которых уже в следующей редакции норм 1979 года был уменьшен в 2 раза и принят до сегодняшнего времени равным $\xi = 5$.

Поэтому, расчетная максимальная нормативная осадка основания фундамента не превысит значения, полученного на основании испытаний одиночной сваи, и будет равна

$$S_{\max}^{\text{норм}} \cong \xi_{\max} \cdot \Delta_u = 0,25 \cdot d, \quad (5)$$

где $\Delta_u \approx 0,05d$ - величина предельной осадки (деформации при «срыве») одиночной сваи, полученная на основании многочисленных испытаний свай, проведенных нами и другими геотехниками, см;

d – диаметр (сторона) сечения сваи, см;

ξ_{\max} - нормативный коэффициент перехода, равный 5.

Видно, что формула (5) включает в себя коэффициент перехода от деформации одиночной сваи при потере ее устойчивости по грунту к максимальной расчетной осадке крупноразмерного свайно-плитного фундамента, равный - 0,25. Это, действительно, дает возможность оценивать максимальные деформации свайного поля S при относительно близких расстояниях между сваями ($3 \dots 5 d$) с принятой расчетной нагрузкой $N = F_u$ и проверять нормативное условие (2). Однако, например, при прочих равных условиях и предельно допустимой осадке здания $S_u = 20$ см, диаметр свай должен быть равен $d = 0,8$ м, то есть при меньших диаметрах свай, определяемая по формуле (5) реальная максимальная осадка здания, будет меньше нормируемой:

$$S_{\max}^{\text{норм}} < S_u,$$

и более того, при реальном проектировании и диаметре свай $d = 0,8$ м, осадка все равно будет меньше за счет введения коэффициентов надежности (формула 1) и уменьшения нагрузки на сваи по сравнению с предельной как минимум в 1,2 раза: $N < F_u$.

По аналогии с методикой определения осадок (5) осуществляется нормативный переход от предельного сопротивления одиночной сваи F_u к величине несущей способности свайного фундамента, зависящей от количества свай n с условным коэффициентом перехода равным единице:

$$F_{\max}^{\text{норм}} = 1 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{F_u}{\gamma_g \cdot \gamma_k}, \quad (6)$$

при ограничении минимального расстояния в осях между сваями – $3d$. Здесь стоит отметить, что минимальная величина $2 \div 3d$ была введена в первые советские нормы по проектированию именно забивных деревянных и железобетонных свай еще в 1961 году [8], и основывалась на производственном опыте, т.к. при меньших расстояниях из-за переуплот-

нения околосвайного массива грунта рядом расположенные сваи при забивке имели выход вверх, что сегодня учитывается актуализированной редакцией российских норм [2]. Однако, для других видов висячих свай постоянного поперечного сечения нормативная величина $3d$ до сих пор остается неизменной, более того - не зависит ни от длины свай, ни от механических свойств грунтов, что не обосновано.

Поэтому, при нормативном подходе проектирования свайных фундаментов для выполнения условия (1) по недопущению превышения расчетной нагрузки N на сваи увеличивают их количество, что ведет, как правило, только к «перенасыщению» сваями условного фундамента при неизменной осадке здания и, как следствие, к завышению капитальных вложений в стоимость работ нулевого цикла. Последнее утверждение о неизменной осадке при увеличении количества свай и прочих равных условиях подтверждают многочисленные экспериментальные исследования, начатые еще с 60-х годов прошлого столетия [9, 10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Парадоксы нормативных методик возникают из-за того, что существует полувековой принципиально неверный подход к оценке деформаций и прочности основания свайно-плитного фундамента: при испытании одиночной сваи определяются местные деформация и устойчивость грунтового основания, а свайно-плитно-грунтовой массив имеет общие деформации относительно первоначальной поверхности планировки, а также несущую способность, которая значительно больше суммарного предельного сопротивления одиночных свай (6). Схематично на рис. 1 можно показать неверные подходы к проектированию как сплошных плитных, так и свайных фундаментов, исходя из испытаний их элементов.

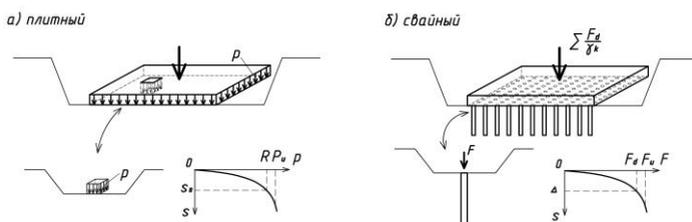


Рис. 1. Неверные подходы к проектированию крупноразмерных плитных и свайных фундаментов

Как видно из схемы на рис. 1 для плитных фундаментов не применяется такой подход к проектированию, тогда как для свайных – является

нормативным, что приводит к неэффективным конструктивным решениям фундаментов при выполнении основных нормативных ограничений (1) и (2).

В этой связи, для оптимизации проектных решений фундаментов появляются новые методики расчета комбинированных свайно-плитных фундаментов [2, 11-21], где, в основном, учитывается работа плиты для уменьшения количества свай, что достаточно условно в связи с общими деформациями плитно-свайно-грунтового массива.

Для оценки эффективности комбинированного фундамента проф. Р. Катценбахом [22] предложена область эффективных значений, представленная на графике рис. 2.

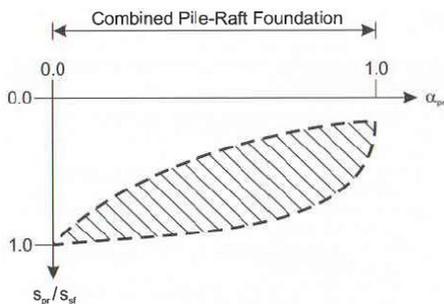


Рис. 2. Область эффективного применения комбинированного свайно-плитного фундамента

где
$$\alpha_{pr} = \frac{\sum R_{pile}}{R_{tot}};$$

$\sum R_{pile}$ - суммарная реакция всех свай, кН;

R_{tot} - общая нагрузка на плиту, кН;

S_{pr} - осадка комбинированного свайно-плитного фундамента, см;

S_{sf} - осадка плитного фундамента, см.

Однако, получить величины $\sum R_{pile}$ и S_{pr} для оценки эффективности решения фундамента согласно рис. 2 можно только на основании численных методов расчета с использованием мощных расчетных комплексов или сложных инженерных вычислений, и только итерационно добиваться «попадания» в область эффективности.

В наших последних публикациях [23-26] предложены инженерные методики расчета и проектирования эффективных конструкций как свайно-плитных, так и плитно-свайных фундаментов по предельно допу-

стимым деформациям S_u , где параметры фундаментов определяются по простым формулам без итераций, при этом для расчетных схем в табл. 1 приняты следующие обоснования и допущения:

- давление p принимается усредненным равномерно распределенным по всей площади фундаментной плиты и остается такой же интенсивностью на уровне подошвы свай, а также до нижней границы сжимаемой толщи H_c , т.к. для крупноразмерных фундаментов сжимаемая толщина H_c обычно не превышает $0,5 \dots 1,0B$;

- нижняя граница сжимаемой толщи H_c назначается из нормативного условия [1]: $k \cdot \sigma_{zg, H_c} = \sigma_{zp, H_c}$ (где k – коэффициент, принимаемый в зависимости от ширины подошвы фундамента B);

- для определения осадки применяем формулу для равномерно нагруженного слоя грунта: $S = \beta \frac{p \cdot H_c}{E}$ (где β – коэффициент,

учитывающий невозможность бокового расширения грунта, обычно принимаемый равным $\beta=0,8$);

- для плитно-свайного фундамента принимается отсутствие контакта головы свай с плитой на величину зазора величиной S_{nl} , что обеспечивает в процессе возведения здания сначала включение в работу плитной части фундамента, которая воспринимает допустимое давление p_{nl} , а после включаются в работу свай, интенсивность реакций N которых представляется в виде равномерно распределенного давления p_N на уровне отметки заложения их подошв. Поэтому, поочередно образуются две сжимаемые толщи $H_{c, p_{nl}}$ и H_{c, p_N} соответственно под плитой и под нижними концами свай;

- для упрощения выводов принимаются физико-механические характеристики грунтовой толщи усредненными: γ , φ и E .

Ниже в табл. 1 приведены основные формулы определения укрупненных параметров комбинированных свайных и плитных фундаментов шириной $B \geq 20$ м исходя из предельно допустимых осадок S_u зданий и сооружений.

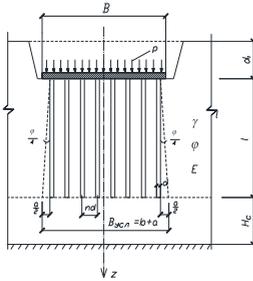
Для частного случая расчета свайно-плитного фундамента (табл. 1) при длине свай $l \leq 0$ принимается конструкция плитного фундамента, поэтому критерии проф. Р. Катценбаха α_{pr} и $\frac{S_{pr}}{S_{st}}$ (рис. 2) становятся не

актуальными, а метод не позволяет оценивать эффективность новых конструкций комбинированных фундаментов и поэтому не является универсальным.

Расчет комбинированных плитных и свайных фундаментов

Параметры фундаментов

Свайно-плитный [24-25]
основную часть нагрузки p
воспринимают сваи



Расчетная схема
взаимодействия с грунтовым
массивом

Длина свай

$$l = \frac{P}{0,5 \cdot \gamma} - d_1 - H_c ;$$

расстояние между сваями в
осях

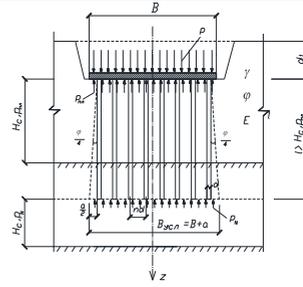
$$a = nd \leq 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4} + d ;$$

сжимаемая толщина

$$H_c = \frac{S_u \cdot E}{0,8 \cdot p} .$$

Условие при проектировании
 $S \leq S_u$ будет выполнено
автоматически.

Плитно-свайный [23, 26]
более 50% нагрузки p воспринимает плита



Расчетная схема взаимодействия
с грунтовым массивом

Давление под плитой ростверка назначается в зависимости от допускаемого давления $p_{nl} \leq R$ или допускаемой осадки плиты S_{nl}

$$p_{nl} = 0,25\gamma \cdot \left(d_1 + \sqrt{d_1^2 + \frac{10 \cdot S_{nl} \cdot E}{\gamma}} \right) ;$$

сжимаемая толщина под плитой ростверка

$$H_{c,p_{nl}} = \frac{P_{nl}}{k \cdot \gamma} - d_1 ;$$

расстояние между сваями в осях

$$a = nd \leq 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4} + d, \quad n = \sqrt{\frac{I}{d^2} \cdot \frac{N}{p - p_{nl}}},$$

где N – расчетная нагрузка на сваю, кН;
сжимаемая толщина под нижними концами свай

$$H_{c,p_N} = \frac{P_N}{k \cdot \gamma} - d_1 - l,$$

дополнительная осадка фундамента при
включении в работу свай

$$S_N = 0,8 \frac{P_N \cdot H_{c,p_N}}{E} .$$

Условие при проектировании: $S_{nl} + S_N \leq S_u$.

Для построения нового универсального метода оценки эффективности комбинированных плитных и свайных фундаментов введем 4-е понятия и условия их удовлетворения:

коэффициент использования прочности (расчетного сопротивления) основания:

$$\alpha_p = \frac{p}{R_u} \leq 1, \quad (7)$$

где p – среднее давление под подошвой фундамента, кПа;

R_u – предельно допустимое расчетное сопротивление основания условного фундамента, кПа,

коэффициент использования деформативности основания:

$$\alpha_S = \frac{S}{S_u} \leq 1, \quad (8)$$

где S – средняя осадка фундамента сооружения, м;

S_u – предельно допустимая осадка фундамента сооружения, м.

коэффициент использования прочности сечения сваи:

$$\alpha_R = \frac{R_{pile}}{R_A} \leq 1, \quad (9)$$

коэффициент повышения устойчивости грунта одиночной сваи:

$$\alpha_F = \frac{R_{pile}}{F_u} \geq 1, \quad (10)$$

где R_{pile} – средняя реакция на сваи в составе фундамента, кН;

R_A – предельное сопротивление сечения сваи по материалу, кН;

F_u – предельное сопротивление одиночной сваи по грунту, кН.

Критерии эффективности комбинированного фундамента α_{pSR} и α_F

представлены в виде

$$\begin{cases} \alpha_{pSR} = \alpha_p + \alpha_S + \alpha_R \rightarrow 3; \\ \alpha_F \rightarrow \max, \end{cases} \quad (11)$$

а область эффективных значений находится в пределах

$$2,5 \leq \alpha_{pSR} \leq 3,0. \quad (12)$$

ВЫВОДЫ

Рассмотрены нормативные положения и условия по расчету и проектированию крупноразмерных комбинированных плитных и свайных фундаментов [1 - 3], которые, как правило, приводят к неэффективным решениям последних.

Предложена линейная зависимость (5) максимальной осадки S_{max} свайного фундамента с относительно частым (3...5 d) расположением свай от диаметра d одиночной сваи на основании нормативных методик расчета.

Впервые предложен универсальный метод оценки эффективности применения любых конструкций крупноразмерных комбинированных плитных и свайных фундаментов с диапазоном эффективных значений, который учитывает использование прочностных и деформационных свойств основания условного фундамента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основи та фундаменти споруд. Зміна №1: ДБН В.2.1-10-2009. – [Чинний від 2011-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 55 с. – (Будівельні норми України).
2. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03.85. – М.: Минрегионразвития РФ, 2011. – 74 с.
3. Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань: ДСТУ Б В.2.1-27:2010. – [Чинний від 2011-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 11 с. – (Державний стандарт України).
4. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. – М.: Госстрой СССР, 1986. – 45 с.
5. Мониторинг и анализ осадок многоэтажных зданий на свайно-плитных фундаментах в г. Харькове / [А.В. Самородов, Т.А. Наливайко, А.В. Конюхов, В.Б. Никулин и др.] // Тези за матеріалами VII міжнародної наукової конференції "Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд". – Харків: ХНУБА, 20-21 жовтня 2015 р. – С. 101-102.
6. El-Mossallamy, Y. Pile group action under vertical compression load // Proceedings of the International geotechnical conference "Soil-Structure Interaction. Underground Structures and Retaining Walls", St. Petersburg, Russia, "Georeconstruction" Institute. 2014. - P. 66-77.
7. СНиП II-Б.5-67* Свайные фундаменты. Нормы проектирования. – М.: Госстрой СССР, 1968. – 21 с.
8. СНиП II-Б.5-62 Свайные фундаменты из забивных свай. Нормы проектирования. – М.: Госстройиздат, 1961. – 13 с.
9. Голубков В.Н. Вопросы исследования свайных фундаментов и проектирования по деформациям / Голубков В.Н. - Одесса: ОГАСА, 2009. – 43 с.
10. Фиораванте В. Физическое моделирование плитно-свайных фундаментов / Фиораванте В., Ямиолковский М.Б. // Реконструкция городов и геотехническое строительство. - 2006. - №10. - С. 200-206.
11. Александрович В.Ф. К вопросу о взаимном влиянии свай и плиты в основании свайно-плитного фундамента / Александрович В.Ф.,

- Курилло С.В., Федоровский В.Г. // Реконструкция исторических городов и геотехническое строительство: тр. конф. - 2003. - С. 125-143.
12. Цимбал С.Й. Методика розрахунку пальових фундаментів з урахуванням роботи ростверку / Цимбал С.Й., Карцева С.Л. // Основи і фундаменти. – К.: КНУБА, 2004. – Вип. 28. - С. 121-130.
 13. Катценбах Р. Основные принципы проектирования и мониторинга высотных зданий Франкфурта-на-Майне. Случай из практики / Катценбах Р., Шмитт А., Рамм Х. // Реконструкция городов и геотехническое строительство. - 2005. - №9. - С. 80-99.
 14. Никитенко М.И. Рекомендации по расчету свайных фундаментов с несущими ростверками / М.И. Никитенко, В.А. Сернов // Рекомендации Р5.01.015.05. Стройтехнорм, Минархстрой РБ. – Минск, 2005. – 24 с.
 15. Мирсаяпов И.Т. Экспериментально-теоретические исследования моделей свайно-плитных фундаментов / Мирсаяпов И.Т., Артемьев Д.А. // Известия КазГАСУ. - 2008. - №2(10). - С. 68-74
 16. Бахолдин Б.В. Принципы оценки сопротивления грунтов оснований в случае совместного применения буронабивных свай и плитных фундаментов / Бахолдин Б.В., Ястребова П.И., Парфенов Е.А. // Труды международной конференции по геотехнике “Геотехнические проблемы мегаполисов”. – Т. 5. – Москва: ПИ «Геореконструкция», 2010. – С. 1661-1666.
 17. Улицкий В.М. Геотехническое сопровождение развития городов / Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. - СПб.: Геореконструкция, 2010. – 551 с.
 18. Рузаев А.М. Оптимизация проектных решений свайных фундаментов с учетом взаимного влияния свай и работы низкого ростверка на их несущую способность: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.23.02. – Москва: ГОУ ВПО МГСУ, 2010. – 21 с.
 19. Бабанов В.В. Расчетный анализ работы свайных фундаментов с низким и высоким ростверками и с учетом нелинейной работы основания / Бабанов В.В., Шашкин В.А. // ОФМГ. – Москва: 2012. - №2. – С. 2-7.
 20. Плитно-свайные фундаменты как способ решения сложных геотехнических проблем / [Ю.Р. Оржеховский, В.В. Лушников, Р.Ю. Оржеховская, Я.С. Ярдяков] // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – Вып.4. – Екатеринбург: УралНИИпроект РААСН, 2013. – С. 83-86.
 21. Бойко, І.П. Дослідження перерозподілу зусиль у фундаменті при різних варіантах розташування паль / І.П. Бойко, В.Л. Підлуцький // Основи та фундаменти: міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 37 / за загальною редакцією І.П. Бойка. – К.: КНУБА, 2015. – С. 64-73.
 22. Combined Pile-Raft Foundation Guideline / R. Katzenbach, D. Choudhury // Darmstadt: ISSMGE - Technical University Darmstadt, 2013. – 23 p.
 23. Заявка на патент № а 2013 14814. Плитно-пальовий фундамент (Самородов О.В., Лучковський І.Я., Муляр Д.Л.) Харківський національний університет будівництва та архітектури. – Заявл. 17.12.2013.

24. Заявка на патент № а 2015 03167. Пальово-плитний фундамент (Самородов О.В.). – Заявл. 06.04.2015.
25. Самородов А.В. Метод оптимального проектирования свайно-плитных фундаментов многоэтажных зданий по предельно допустимым осадкам / А.В. Самородов // Науковий вісник будівництва. – Вип. 1(79). – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – С. 96-100.
26. Самородов, А.В. Новая конструкция плитно-свайного фундамента / А.В. Самородов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Вип. 1 (214). – Дніпропетровськ: ПДАБА, 2016. – С. 58-65.

REFERENCES

1. Bases and Foundations for Structures. Zmina No.1: DBN V.2.1-10-2009. – [Valid from 2011–07–01]. – K.: Minregionbud of Ukraine, 2011. – 55 p. – (State building codes).
2. Piles foundations. Actualized revision of SNiP 2.02.03.85: SP 24.13330.2011. – [Valid from 2011–02–20]. – M.: Minregionrazvitiia RF, 2011. – 74 p. – (State Standard of Russia).
3. Piles. Determination of the load-bearing capacity according to the results of field tests: DSTU B V.2.1-27: 2010. – [Valid from 2011–07–01]. – K.: Minregionbud of Ukraine, 2011. – 11 p. – (State Standard of Ukraine).
4. Piles foundations: SNiP 2.02.03-85. – M.: Gosstroy of USSR, 1986. – 45 p. – (State Standard of USSR).
5. Samorodov, A.V., Nalivaiko, T.A., Konuhov, A.V., Nikulin, V.B., Tabachnikov, S.V. Monitoring and Analysis of Settlements of High-rise Buildings on Pile and Raft Foundation in the Kharkov. Proceedings on the materials of the VII international scientific conference “Resources and safety operational of structures, buildings and facilities” Kharkiv, Ukraine, KhNUBA, 2015. – pp. 101-102.
6. El-Mossallamy, Y. Pile Group Action Under Vertical Compression Load Proceedings of the International geotechnical conference “Soil-Structure Interaction. Underground Structures and Retaining Walls”, St. Petersburg, Russia, “Georeconstruction” Institute, 2014. – pp. 66-77.
7. Piles foundations. Design standards: SNiP II-B.5-67*. – M.: Gosstroy of USSR, 1968. – 21 p. – (State Standard of USSR).
8. Piles foundations on driven piles. Design standards: SNiP II-B.5-62*. – M.: Gosstroyizdat, 1961. – 13 p. – (State Standard of USSR).
9. Golubkov, V.N. Research Questions and Design of Pile Foundations for Deformation, Odessa, OGACA, 2009, 43 p.
10. Fioravante, V., Yamiolkovskii, M.B. Physical Modeling of Plate-pile Foundations. Reconstruction of the Cities and Geotechnical Engineering, 2006, No. 10. – pp. 200-206.
11. Aleksandrovich, V.F., Kurillo, S.V., Fedorovsky, V.G. On Mutual Influence of the Piles and Plate in the Base of a Pile and Raft Foundation. Proceedings of the

- Conference Reconstruction of Historic Towns and Geotechnical Construction, 2003. – pp. 125-143.
12. Czumbal, C.I., Karceva, S.L. Method of Calculation of Pile Foundations Based Raft Foundations Work. Bases and Foundations, Kiev, KNUBA, 2004, vol. 28. – pp. 121-130.
 13. Katzenbach, R., Schmitt, A., Ramm, H. (2005). Basic Principles of Design and Monitoring of High-Rise Buildings in Frankfurt am Main. Case Histories. Reconstruction of Cities and Geotechnical Engineering, No.9, 80-99.
 14. Nikitenko, M.I., Sernov, V.A. Recommendations for the Calculation of Pile Foundation with Bearing Grillage: Recommendations P5.01.015.05. Stroitehnorm, Vinarhstroi RB. – Minsk, 2005. – 24 p.
 15. Mirsaiapov, I.T. Artem'ev, D.A. (2008). Experimental and Theoretical studies of models of Pile and Plate Foundations. News of KazGASU, No.2(10), 68-74
 16. Bakholdin, B.V., Yastrebov, P.I., Parfenov, E.A. Basis for Evaluation of the Strength of Bases Soils in case of Common Use of Auger Piles and Raft Foundations. Proceedings of the International Conference on Geotechnical Engineering “Geotechnical Challenges in Megacities”. Moscow: PI Georekonstruktsiya, 2010, T.5. – pp. 1661-1666.
 17. Ulitsky, V.M., Shashkin, A.G., Shashkin, K.G. Geotechnical Support for Urban Development, St. Petersburg, Georekonstruktsiya, 2010, 551 p.
 18. Ruzayev, A.M. Optimizing the Design Solutions of Pile Foundations in View of the Mutual Influence of Piles and Operation of the Low Pile Cap on Their Load-Bearing Capacity. Abstract of dissertation for the degree of candidate of technical sciences: 05.23.02. Moscow: State Educational Institution of Higher Professional Learning Moscow State University of Civil Engineering, 2010. 21 p.
 19. Babanov, V.V., Shashkin, V.A. (2012). Design Analysis of Operation of Pile Foundations with Low and High Pile Caps including a Nonlinear Operation of the Foundation. Bases, Foundations and Soil Mechanics, Moscow, No. 2. – pp. 2-7.
 20. Orzhekhovskiy, Y.R., Lushnikov, V.V., Orzhekhovskaya, R.Y., Yaryakov, J.S. Plate-pile Foundations as a Way of Solving Complex Geotechnical Problems. Academic Gazette UralNIIproekt RAASN, Yekaterinburg: UralNIIproekt RAASN, 2013, Vol. 4. - pp. 83-86.
 21. Boiko, I.P., Pidlutskiy, V.L. Research Redistribution Efforts in the Foundation at Various Options For the Location of Piles. Bases and foundations, interdepartmental scientific and technical collection. Under the general editorship of I. Boyko, Kiev, KNUBA, 2015, vol. 37. - pp. 64-73.
 22. Katzenbach, K., Choudhury, D. Combined Pile-Raft Foundation Guideline. Darmstadt: ISSMGE - Technical University Darmstadt, 2013. – 23 p.
 23. Application for a patent, No. a 2013 14814. PLATE-PALE FOUNDATION (Samorodov O.V., Luchkovskiy I.YA., Mulyar D.L.). Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture. Appl. 17/12/2013.

24. Application for a patent, No. a 2015 03167. PLATE-PALE FOUNDATION (Samorodov O.V.). Appl. 06/04/2015.
25. Samorodov, A.V. Optimal Design Method of Pile and Plate Foundation of Multi-storey Buildings for the Maximum Permissible Draft. Science News of building. Kharkiv, KhNUBA, HOTV OMB, 2015, vol. 1 (79). - pp. 96-100.
26. Samorodov, A.V. The New Design of Plate-pile Foundation. News of Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipropetrovs'k, Pdaba, 2016, vol. 1 (214). - P. 58-65.

Статья поступила в редакцию 05.07.2016 г.