

Литература

1. Дмитриев Г.Г., Горобец В.И., Новиков В.В., Zubov A. N. Организация спортивно-массовой работы военнослужащих ВС РФ в полевых условиях с применением мобильных спортивных комплексов./Материалы VII Международного Научного Конгресса «Спорт, Человек, Здоровье». – СПб. : Издательство «Олимп-СПб», 2015. – С. 345-347
2. Опалев С., Гонка Героев // РБК. – 2015. - №7-8. – С. 34-38.
3. Рюрикова З. А. Тенденции развития временных сооружений общественного назначения в среде большого города : диссертация ... кандидата архитектуры : 18.00.02 / - Москва, 2009.- 149 с.
4. Whitmore W. The face behind the race. Ray Armstrong – Event director – Beach Bash// Obstacle racing magazine. – 2013. -№3. – С. 80-81.

References

1. Dmitriev G.G., Gorobec V.I., Novikov V.V., Zubov A. N.(2015) Organizacija sportivno-massovoj raboty voennosluzhashhih VS RF v polevyh usloviyah s primeneniem mobil'nyh sportivnyh kompleksov [The organization of sports and mass work of the military personnel of Russian armed forces in field conditions with application of mobile sports complexes]. Materialy VII Mezhdunarodnogo Nauchnogo Kongressa «Sport, Chelovek, Zdorov'e». [Proceedings of the VII International Congress «Sport, People and Health»]. – St. Petersburg. : Publishing House «Olimp-SPb», 2015. – P. 345-347.
2. Opalev S., Gonka Geroev // RBK. – 2015. - №7-8. – P. 34-38.
3. Rjurikova Z. A. Tendencii razvitiya vremennyh sooruzhenij obshhestvennogo naznachenija v srede bol'shogo goroda : dissertacija ... kandidata arhitektury : 18.00.02 [Trends in the development of temporary facilities for public use in the environment of the big city: Ph.D. thesis:18.00.02] / - Moscow, 2009.- 149 P.
4. Whitmore W. The face behind the race. Ray Armstrong – Event director – Beach Bash// Obstacle racing magazine. – 2013. -№3. – P. 80-81.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.51.178

Попов А.О.

ORCID: 0000-0002-1825-0023, Кандидат технических наук,

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ОСНОВАНИЙ АРМИРОВАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ И СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ*Аннотация*

Армированное вертикальными элементами грунтовое основание представляет собой композитный массив, формируемый путем устройства в грунтовой среде вертикальных элементов. Отличительной особенностью армированного основания от свайного в том, что нагрузка на армированное основание передается через грунт. Использование армированных оснований имеет многотысячелетнюю историю. Археологические раскопки на берегах Цюрихского озера показали, что поселение эпохи неолита располагались на подобных основаниях, а первые письменные упоминания встречаются на страницах «Ветхого завета». Появление и массовое использование монолитного железобетона при устройстве фундаментов (ростверков) считается моментом «забвения» этой достаточно эффективной технологии.

В настоящей работе приведены опытные данные и сопоставительный анализ результатов испытаний оснований армированных вертикальными элементами и свайных фундаментов, которые имели одинаковые геометрические параметры. Испытания опытных образцов выполнены в идентичных инженерно-геологических условиях Приказанского района на опытном полигоне КазГАСУ.

Ключевые слова: армированное основание, свайный фундамент, осадка.

Popov A.O.

ORCID: 0000-0002-1825-0023, PhD in Engineering,

Kazan State University of Architecture and Engineering

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF TESTS OF THE FOUNDATIONS OF REINFORCED VERTICAL ELEMENTS AND PILE FOUNDATIONS*Abstract*

Reinforced vertical elements soil Foundation represents a composite array generated by the device in a soil medium vertical elements. A distinctive feature of the reinforced base of the pile is that load on the reinforced base is transmitted through the soil. The use of reinforced bases has a millennial history. Archaeological excavations on the banks of lake Zurich showed that the Neolithic settlement was located on similar grounds, but the first written references are found in the pages of the old Testament. The emergence and widespread use of reinforced concrete in the foundations (raft foundations) is considered a time of "forgetfulness" of this very efficient technology.

In this paper we present the experimental data and comparative analysis of the results of tests of the foundations of reinforced vertical elements and pile foundations, which have the same geometrical parameters. Tests of prototypes made in identical geological conditions Prkazana district at the pilot test site construction University.

Keywords: reinforced foundation, pile foundation, settlement.

Результаты испытаний и сопоставительный анализ проведен на материалах, полученных в ранних работах автора [1-4] и данных приведенных в работе Мирсяяпова И.Т. и Артемьева Д.А. [5].

Выбор экспериментальной площадки принимался исходя из инженерно-геологических условий Приказанского района и грунтов получивших наибольшее распространение. Приказанский район расположен по обоим берегам

р. Казанка у впадения её в р. Волгу. Рельеф Приказанского района имеет террасовидное строение и состоит из 4 надпойменных террас (рис. 1.). Исходя из чего, были выбраны грунтовые условия площадки исследований, которые были представлены песками со следующими осредненными физико-механическими характеристиками: $\rho = 1,95 \text{ г/см}^3$; $E = 19,0 \text{ МПа}$, $\varphi = 29^\circ$; $c = 2 \text{ кПа}$.

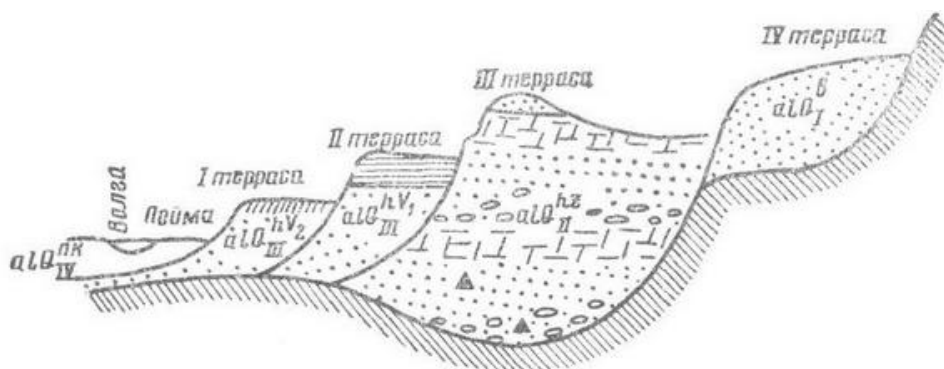


Рис. 1 – Схематичное изображение геолого-литологического строения Приказанского района

Физико-механические характеристики грунтов определены непосредственно на площадке испытаний с использованием стандартных методик ГОСТ 30-416-96, в полевой лаборатории ПЛЛ-10.

Устройство армированного основания и свайного фундамента при проведении полевых испытаний осуществлялось с глубины опытного котлована 0,3 м. Формирование армоэлементов и свай в грунтовом массиве осуществлялось буровым способом. Бурение скважин производилось шнековым способом, геологическим буром заводского изготовления ОАО «ГЕОТЕСТ», имеющим диаметр шнека 50 мм.

Армоэлементы и сваи изготавливались из бетона класса В 10, армированного стержневой арматурой класса А-III $\varnothing 12 \text{ мм}$. Бетонный раствор изготавливался на площадке полигона.

Поверх армированного массива устраивается песчаная подготовка – буферный слой из песка средней крупности, заданной плотности сложения, толщиной 300 мм. Для свайного фундамента, где сваи имели непосредственный контакт с ростверком устраивалась бетонная подготовка из бетона класса В 7,5 (рис.2.).

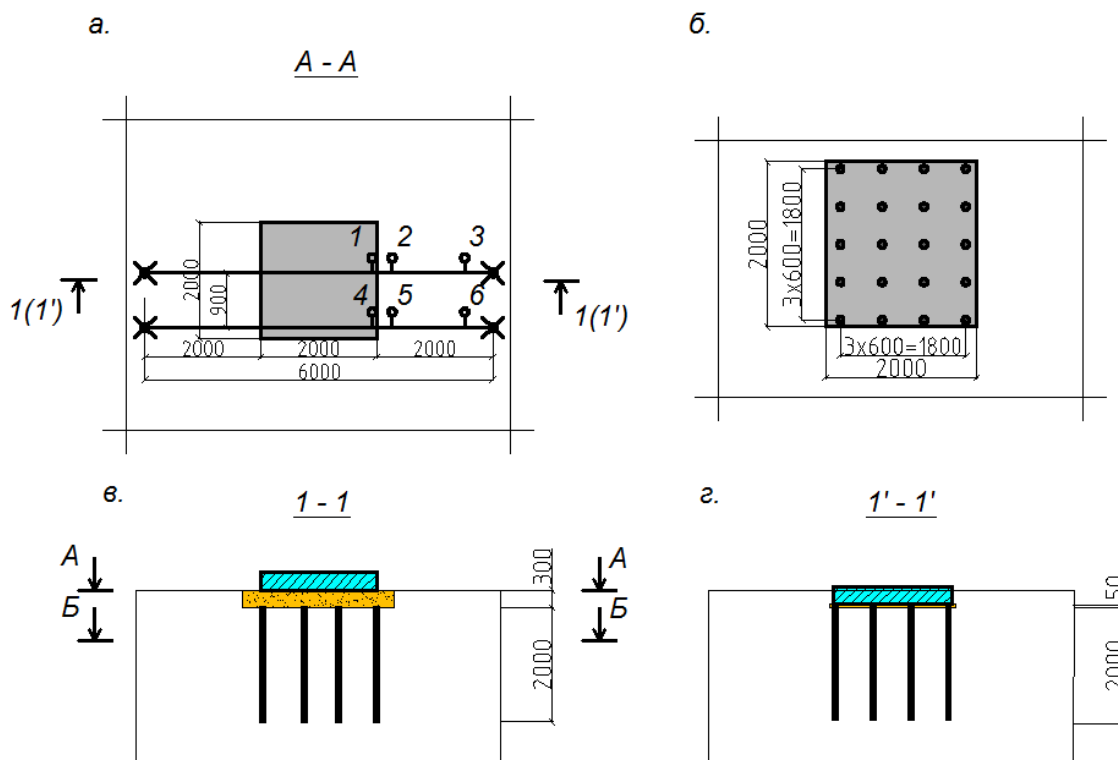


Рис. 2 – Схема проведения испытаний

а – схема расположения прогибомеров 6 ПАО [1, 2, 3]; б – схема расположения армирующих элементов [1, 2] / свай [3]; в – разрез по армированному основанию [1, 2, 3]; г – разрез по свайному фундаменту [4]

Для армированного основания выровненной поверхности песчаной подготовки устраивалась монолитная железобетонная плита площадью $4,0 \text{ м}^2$, в случае же свайного фундамента по бетонной подготовке устраивалась идентичная бетонная плита. Для моделирования процесса реальной работы сооружения нагрузка, как в первом, так и втором случае передавалась через четыре опоры.

Выбор данных опытных моделей армированных массивов и свайных фундаментов связан с их прочностными и деформационными характеристиками, которые назначались согласно теории расширенного подобия, с нелинейным масштабным модулем α .

При вышеприведенных прочностных и деформационных характеристиках были смоделированы все следующие стадии напряженно-деформированного состояния армирующих элементов и свай: сжатие близкое, к осевому, на этапе линейных деформаций армированного и свайного основания и изгиб на этапе нелинейных деформаций армированного основания и свайного фундамента. Для исследования работы армированного грунтового массива и свайного фундамента, была использована методика моделирования работы грунтового основания в соответствии с рекомендациями [6].

Статические испытания (рис. 3) штампами выполнялись по требованиям ГОСТ 20276-99 [8]. Загружение армированного и свайного основания проводилось ступенями по 5,0 т. На каждой ступени загрузки фиксировались осадка основания, по показаниям измерительного оборудования - индикаторов часового типа ИЧ и прогибомеров 6 ПАО. Для уменьшения возможного влияния осадки фундаментов на точность показаний измерительных приборов, последние устанавливались на стальную ферму, опоры которой располагались на расстоянии $> 3,0$ м от грани штампа. Нагружение армированного вертикальными элементами грунтового основания осуществлялось с помощью гидравлического домкрата ступенями до условной стабилизации осадок. За условную стабилизацию осадок принято 0,01мм за последний час наблюдений. По завершению испытаний фиксировались показания индикаторов, и осуществлялась разгрузка армированного основания ступенями соответствующими ступеням нагружения.



Рис. 3 – Общий вид испытания [1-4]

При величине нагрузки 200,0 кН, соответствующей *первой фазе* напряжено-деформированного состояния. Армирующие элементы, расположенные в центральной зоне массива испытывают усилия сжатия. В верхней части армирующего элемента усилие достигает 0,5 кН и увеличивается в нижней зоне, где составляют 5,9кН. Армирующие элементы, находящиеся по грани штампа и в угловой зоне испытывают одинаковый характер распределения сжимающих усилий. В верхней части армирующего элемента усилие достигает 0,6 кН, и увеличиваются к нижней зоне, где составляет 6,0кН.

При величине нагрузки 500 кН, соответствующей *второй фазе* напряжено-деформированного состояния характер напряженного состояния армирующего элемента в центральной зоне изменяется. У оголовка усилие составляет 10,6кН и снижается в средней части до 7,85 кН, в нижней зоне армированного основания увеличивается до 14,8кН. Напряженное состояние армирующих элементов, находящихся по грани и в угловой зоне армированного основания качественно не изменяется. В уровне оголовка усилие составляет 11,2 кН, в нижней зоне армированного основания увеличивается до 13,6 кН.

При величине нагрузки 950,0 кН, соответствующей *третьей фазе* напряжено-деформированного состояния характер напряженного состояния армирующего элемента в центральной зоне не изменяется. У оголовка усилие составляет 19,7 кН, в нижней зоне усилие составляет 20,7 кН. Напряженное состояние армирующих элементов, находящихся по грани и в угловой зоне следующее: в уровне оголовка усилие составляет 13,5 кН, и увеличивается к нижней зоне, где составляет 21,6кН.

Исследование напряженного состояния армирующих элементов на последовательных стадиях работы армированного грунтового массива показывает, что до формирования уплотненного ядра распределение усилий по длине, центрального армирующего элемента, носит неравномерный характер – усилия в средней части несколько меньше, чем верхней и нижней. В момент формирования уплотненного ядра интенсивность усилий по глубине изменяются, при этом верхняя часть армирующего элемента испытывает снижение прироста сжимающих усилий, а в средней и нижней части армирующих элементов прирост усилий продолжается с той же интенсивностью.

По фазовое исследование напряженного состояния армирующих элементов расположенных по грани и в угловой зоне показывает, что на всех стадиях напряженного состояния имеет место прирост сжимающих усилий при этом очертания эпюры усилий остается без изменения. Эпюры усилий в армирующих элементах, расположенных по грани и в угловой зоне армированного основания, имеют следующий характер распределения: наименьшее значение в верхней зоне, небольшое увеличение в средней, а наибольшая величина определена в нижней зоне армированного основания.

На начальном этапе загрузки осадки (рис. 4) армированного основания и свайного фундамента схожи, близки не только значения, но еще и углы наклона кривой к оси ординат. Предельное состояние свайного фундамента наступило гораздо раньше (рис. 4б), и с точки II величины осадок в значительной степени отличаются. При этом несущая способность армированного массива 1,6 раз оказалась выше, несущей способности свайного основания.

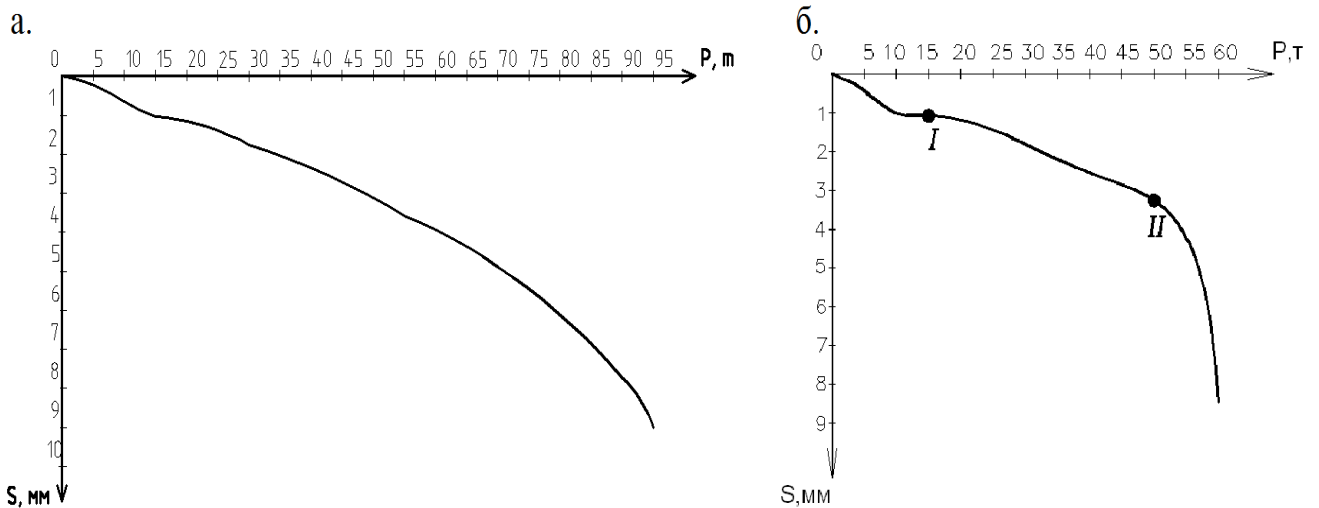


Рис. 4 – График развития осадки S , мм, квадратного штампа $A_{шт} = 4,0 \text{ м}^2$
 а – армированное вертикальными элементами грунтовое основание [1 – 4];
 б – свайное основание [5]

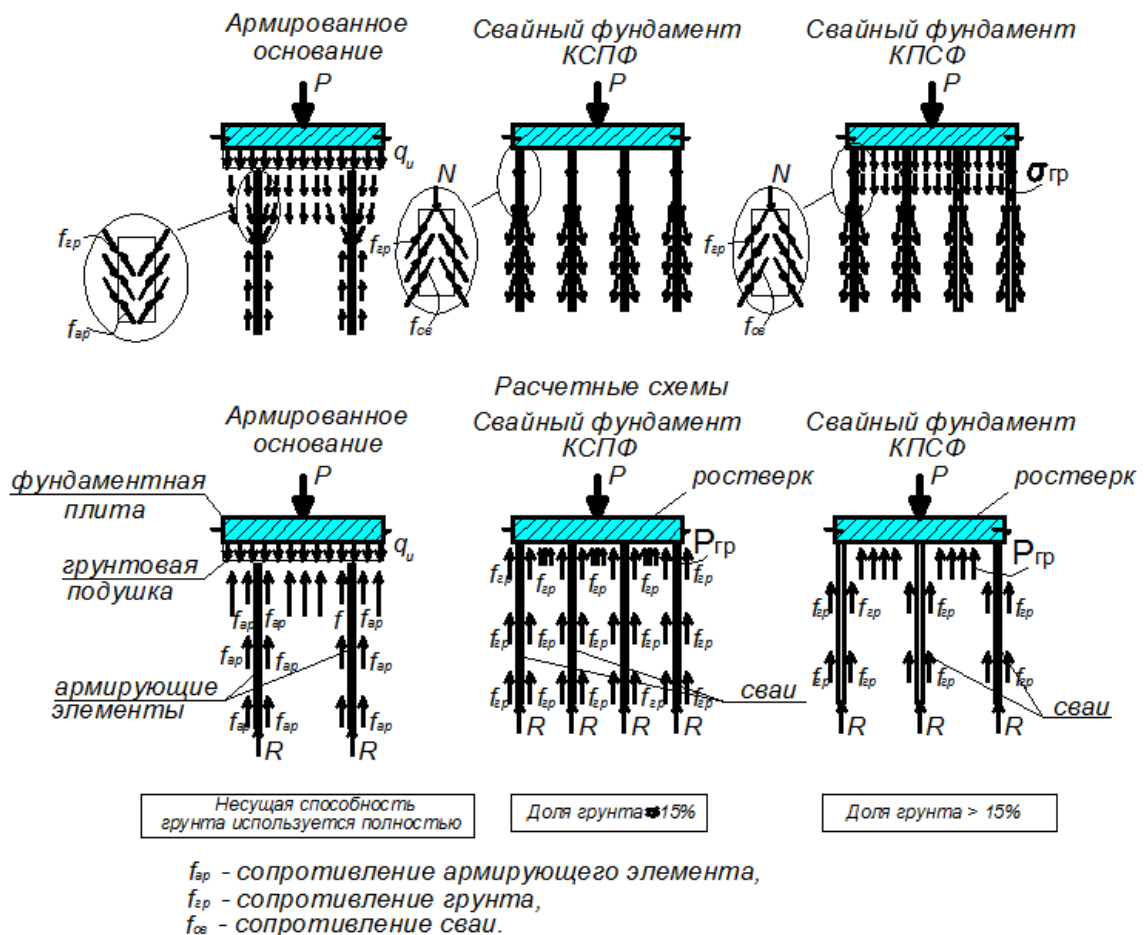


Рис. 5 – Схемы передачи нагрузки на армированное вертикальными элементами грунтовое и свайное основание

Отличительной особенностью армированного массива от основания свайного фундамента заключается в том, что нагрузка на армоэлементы передается через грунт (рис. 5), отсутствует непосредственный контакт с ростверком, именно это отличие от свайных фундаментов приводит к тому, что несущая способность увеличивается в 1,6 раз, а осадка снижается до 2,3 раз.

Отсутствие, какой либо связи армоэлементов с конструкцией ростверка формирует напряженно-деформированное состояние отличное от основания, как свайных фундаментов, так и фундаментов на естественном основании. На начальном этапе загрузки армоэлементы, в отличии от свай, воспринимают в значительной мере меньшую нагрузку. Диаметрально противоположная картина происходит в грунте окружающем сваи и армирующие элементы, так грунтовый массив окружающий армирующие элементы на начальной стадии загрузки воспринимает значительные давления вплоть до исчерпания несущей способности, при этом армоэлементы в момент исчерпания несущей способности грунтового массива включаются в работу и воспринимают значительные сдвиговые усилия. На этапе нелинейной деформаций армированного основания армоэлементы подвержены изгибу, что в полной мере позволяет использовать прочностные характеристики как железобетонных, так и стальных армирующих элементов. В случае же свайных фундаментов прочностные и деформационные характеристики свай используются не полностью, в связи с тем, что работая в основном на осевое сжатие, предельное состояние грунта под острием сваи наступит гораздо раньше, чем исчерпание несущей способности поперечного сечения сваи.

Литература

1. И.Т. Мирсаяпов, А.О. Попов. Методика расчета армированных оснований // Вестник гражданских инженеров, 2009, №2(19). – С.124-125.
2. И.Т. Мирсаяпов, А.О. Попов. Оценка прочности и деформативности армированных грунтовых оснований// Геотехника, 2010, №4. – С.58-67.
3. А.О. Попов. Несущая способность и осадки грунтовых оснований, армированных вертикальными элементами// Ж. Промышленное и гражданское строительство, №11. ООО «Издательство ПГС», 2014. – С.27-31.
4. А.О. Попов. Расчет конечной осадки глинистых оснований, армированных вертикальными элементами// Инженерно-строительный журнал, № 4 (56). Изд-во: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2015. – С.19-27.
5. И.Т. Мирсаяпов, Д.А. Артемьев. Полевые испытания плитно-свайных фундаментов // Труды международной конференции, 2011.– Пермь. – С.75-80.
6. Методические рекомендации по моделированию грунтового основания при исследовании напряженно-деформированного состояния сооружения. НИИСК.– Киев, 1981. –45с.
7. ГОСТ 30416-96. Грунты. Лабораторные испытания. Минстрой России. – М.: Стройиздат, 1996.–29с.
8. ГОСТ 20276-99 Грунты. Метод полевого определения характеристик прочности и деформируемости. Минстрой России.–М.: Стройиздат, 1999.–40с.
9. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам / ГосстройСССР.–М.: Стройиздат, 1990.–67с.

References

1. I. T. Mirsajapov, A. O. Popov. Metodika rascheta armirovannyh osnovanij [The method of calculation of reinforced bases] // Vestnik grazhdanskih inzhenerov [Bulletin of civil engineers]. – 2009, No. 2(19). – P.124-125 [In Russian].
2. I. T. Mirsajapov, A. O. Popov. Ocenka prochnosti i deformativnosti armirovannyh gruntovyh osnovanij [Evaluation of strength and deformability of reinforced soil foundations] // Geotehnika [Geotechnical engineering], 2010, №4. – P. 58-67 [In Russian].
3. A. O. Popov. Nesushhaja sposobnost' i osadki gruntovyh osnovanij, armirovannyh vertikal'nymi jelementami [Bearing capacity and precipitation soil foundations reinforced vertical cells] // Zh. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [J. of Industrial and civil construction], No. 11. LLC «Publishing ASG», 2014. – P.27-31 [In Russia].
4. A. O. Popov. Raschet konechnoj osadki glinistyh osnovanij, armirovannyh vertikal'nymi jelementami [The calculation of the final precipitation of clay bases reinforced vertical elements] // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal [magazine of civil Engineering], № 4 (56). Izd-vo: Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovanija "Sankt-Peterburgskij politehnicheskij universitet Petra Velikogo" [Publ: Federal state Autonomous educational institution of higher professional education "Saint-Petersburg Polytechnic University"], 2015. – P. 19-27 [In Russian].
5. I. T. Mirsajapov, D. A. Artemiev. Polevye ispytaniya plitno-svajnyh fundamentov [Field testing of plate-pile foundations] // Trudy mezhdunarodnoj konferencii [Proceedings of the international conference], 2011. – Perm. – P.75-80. [In Russian].
6. Metodicheskie rekomendacii po modelirovaniju gruntovogo osnovanija pri issledovanii naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija sooruzhenija [Guidelines for the modeling of the subgrade in the study of stress-strain state of the structure. Scientific-investigational center].– Kiev, 1981. – 45p. [In Russian].
7. GOST 30416-96. Grunty. Laboratornye ispytaniya. Ministroy Rossii [Soils.Laboratory tests. The Ministry Of Construction Of Russia]. – M.: Stroiizdat, 1996. – 29p. [In Russian].
8. GOST 20276-99 Soils. Grunty. Metod polevogo opredelenija harakteristik prochnosti i deformiruemosti. Ministroy Rossii [Method field determination of strength and deformability. The Ministry Of Construction Of Russia]. – M.: Stroiizdat, 1999.– 40p [In Russian].
9. GOST 10180-90. Betony. Metody opredelenija prochnosti po kontrol'nym obrazcam [The concretes.Methods for determination of strength to control samples] / Gosstroy of the USSR. – M: Stroyizdat.-1990. – 67p. [In Russian].