

DOI:10.12737/article_5af5a729373b78.58355664

Лapidус А.А., д-р техн. наук, проф.,
Евстигнеев В.Д., магистрант,
Русаков И.Ю., магистрант

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНДАМЕНТНЫХ СИСТЕМ МАЛОЭТАЖНЫХ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ

victor88112@gmail.com

Основой этой работы послужило исследование по поиску наиболее подходящих типов фундамента для малоэтажных многоквартирных домов. В итоге по данным статистического анализа были выбраны пять фундаментных систем. В статье рассматриваются два типа фундаментов, которые были признаны группами экспертов лучшими для использования в малоэтажных многоквартирных домах. Для обоих вариантов разрабатывались технологические карты с привязкой к конкретному объекту с целью проведения более детального анализа и получения точных цифр по технико-экономическим показателям. Расчетные схемы фундаментных систем были рассчитаны в программном комплексе ЛИРА – САПР по предельным состояниям, подобраны сечения, были получены изополя вертикальных перемещений. Подведены итоги по основным показателям, влияющих на производительность, трудоемкость и сроки возведения фундаментов. Эти результаты помогают остановить выбор на одной из фундаментных систем.

Ключевые слова: малоэтажное домостроение, ортотропная фундаментная плита, монолитная фундаментная плита, комбинированный тип фундамента, трудоемкость СМР, технико-экономические показатели, выбор оптимальной фундаментной системы.

Введение. По результатам экспертного заключения из наиболее подходящих фундаментных систем для малоэтажного многоквартирного домостроительства были выявлены три типа фундаментов, которые оказались лидирующими. Среди них ортотропная плита (комбинированный тип фундамента), фундамент в виде монолитной железобетонной плиты и свайный фундамент. В данной работе будет произведено сравнение первых двух типов фундаментов.

Ортотропная плита или плита с ребрами жесткости, представляет собой монолитную железобетонную конструкцию, с продольными и поперечными ребрами (балками) [1]. Название ортотропная присвоено из-за того, что жесткость такой плиты не однородна, она отличается в продольных и поперечных направлениях из-за вводимых в конструкцию балок. Положение ребер жесткости обуславливается особенностями проекта. Балки целесообразно располагать под несущими конструкциями (стенами, колоннами, пилонами). Таким образом, получается комбинированный тип фундамента (ленточный + база в виде плиты) [2]. Как плита, так и балки имеют общее армирование, чтобы обеспечить монолитность и жесткость конструкции [3].

Касательно фундамента в виде монолитной железобетонной плиты, это один из распространенных типов основания, который используется как в многоэтажном, так и малоэтажном строительстве, разница лишь в размерах сечений.

Методы анализа. Чтобы прийти к заключению по поводу выбора той или иной фундаментной системы, был выбран объект в виде 4-х этажного жилого многоквартирного дома из монолитного железобетона, с несущими конструкциями в виде железобетонных стен и колонн, с размерами плана в осях 36×14.7 м. Сравнение происходит в равных условиях: средства механизации, способ организации строительного производства, вспомогательные средства и инструменты остаются неизменными при возведении обоих типов фундамента [4]. Геологические условия также остаются неизменными – фундамент возводится на глинах и суглинках с модулями упругости от 4–15 МПа. В конструкциях фундамента используется бетон класса В25, в надфундаментных конструкциях – В20.

Рассматриваемый проект уже осуществлялся с фундаментной системой в виде железобетонной плиты, толщина которой составила 400 мм. Чтобы подобрать необходимые сечения балок и базовой плиты, рассчитаем нагрузки, которые будут действовать на основание [5].

Основная часть. После сбора нагрузок производится расчет расчетной схемы в программном комплексе ЛИРА – САПР по предельным состояниям 1 и 2 группы [6]. Также рассчитаны максимальные перемещения (рис. 1, 2). Получен результат по армированию.

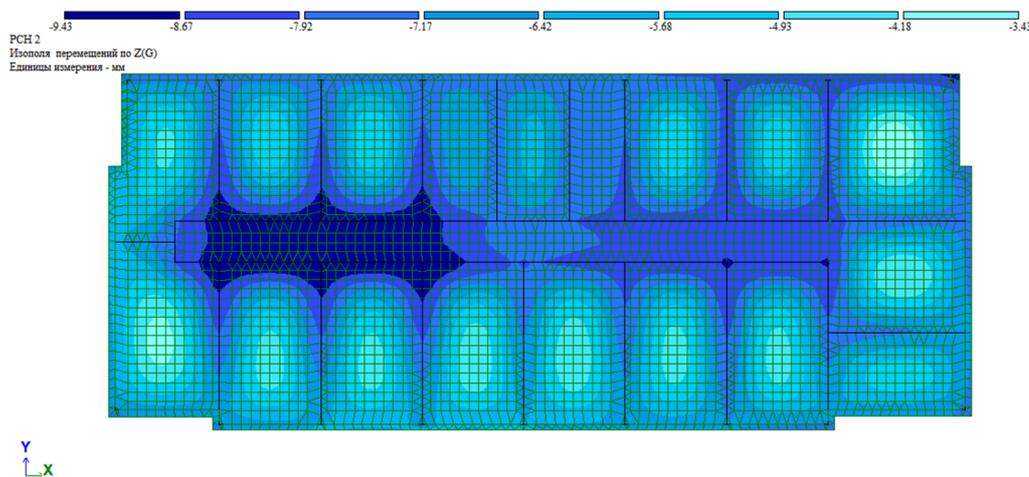


Рис. 1. Изополя вертикальных перемещений от РСН2 ортотропной фундаментной плиты с ребрами жесткости (200×200мм) и толщиной плитной части 250 мм

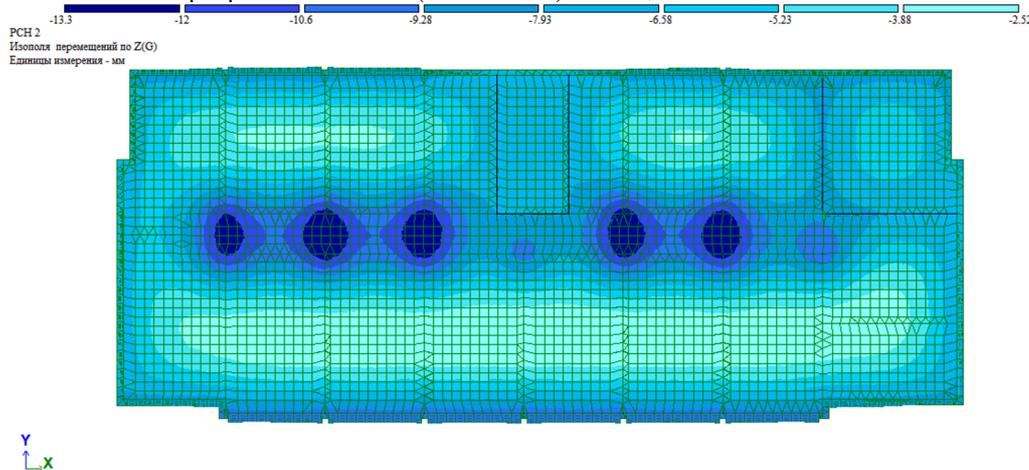


Рис. 2. Изополя вертикальных перемещений от РСН2 монолитной фундаментной плиты толщиной 400 мм без ребер жесткости

PCY жестко привязаны к принципу суперпозиции, а это значит, что расчет может быть проведен только в линейно-упругой постановке. Поэтому для физически нелинейных задач возможно использование технологии на основе реализации нескольких (историй) последовательностей загрузений. Аналогом составления историй загрузения для расчета в линейно-упругой постановке, можно назвать составление расчетных сочетаний нагрузок (PCN), что и используется в данной работе. В состав истории загрузений может входить одно и более загрузение, которые при расчете будут последовательно приложены к расчетной схеме [7].

Максимально допустимая относительная разность осадок для фундаментной плиты рассчитывается по формуле (1).

$$\frac{\Delta S}{L} = \frac{9,43 - 3,43}{28000} = \frac{6\text{мм}}{28000\text{мм}} = 0,00021 \quad (1)$$

$$\frac{\Delta S}{L} \leq \frac{\Delta S_u}{L_u}, \quad 0,00021 \leq 0,002, \text{ условие выполняется}$$

(согласно СП 22.13330.2011), где $\frac{\Delta S_u}{L_u}$ –

предельно допустимая относительная разность осадок; L – расстояние между точками осадок.

В случае с плитным фундаментом, относительная разность осадок составит:

$$\frac{\Delta S}{L} = \frac{13,3 - 2,52}{26700} = \frac{10,78\text{мм}}{26700\text{мм}} = 0,0004$$

, что тоже меньше допустимого предела.

По изополям наблюдается снижение величин напряжений в случае использования ортотропной фундаментной плиты (рис. 3, 4). Это объясняется эффективной работой балок в конструкции фундамента [8, 9].

В случае с ортотропным фундаментом напряжения имеют максимальные по модулю значения в 12,3 кН/м (согласно рис. 3), а напряжения в монолитной железобетонной плите составляют 53,5 кН/м, что более чем в два раза больше по сравнению с предыдущим вариантом.

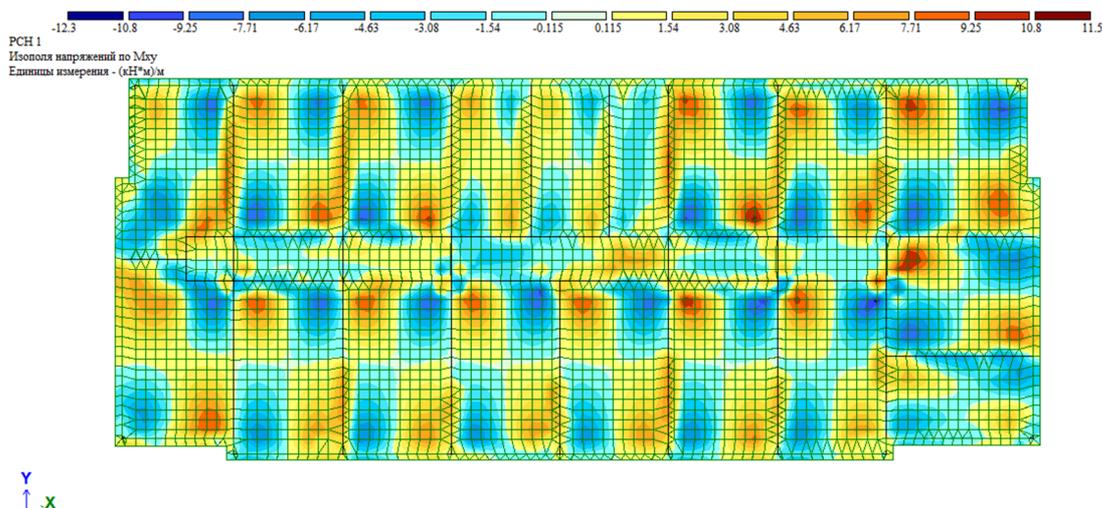


Рис. 3. Изополя напряжений M_{xy} от РСН1 ортотропной монолитной фундаментной плиты с ребрами жесткости (200×200 мм) и толщиной плитной части 250 мм

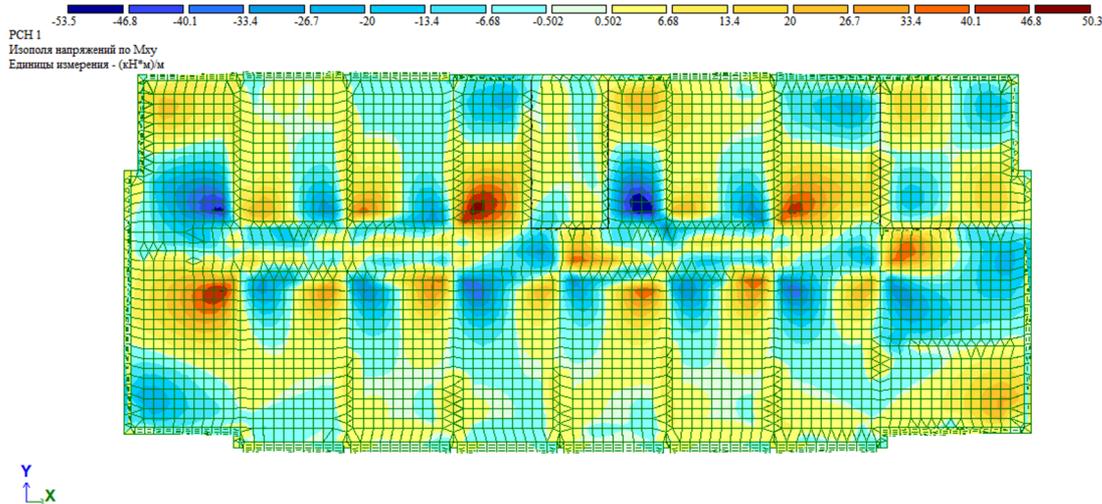


Рис. 4. Изополя напряжений M_{xy} от РСН1 монолитной фундаментной плиты толщиной 400 мм без ребер жесткости

Технология производства ортотропной фундаментной плиты состоит из следующих пунктов:

- Разработка грунта котлована до отметки – 2,3 м, доработка грунта бульдозером, разработка траншей.

- Установка несъемной опалубки в траншеях, ставятся распорки между щитами, чтобы грунт не осыпался внутрь траншей. При этом опалубка устанавливается таким образом, чтобы листы фанеры были одинаковой высоты и выступали над уровнем грунта на 400 мм, с учетом дальнейшего устройства щебеночной и бетонной подготовки и финальных слоев в виде стяжки по гидроизоляции.

- После монтажа опалубочных листов и их надежной фиксации производят работы по устройству щебеночной подготовки (используется ручная вибротрамбовка). Толщина щебеночной подготовки – 200 мм [10, 11].

- Затем устраивается бетонная подготовка, армируемая сетками, толщиной 100 мм.

- Следующим этапом после набора бетоном необходимой прочности, проводятся работы по наплавлению гидроизоляционного ковра на подготовленное основание. Гидроизоляция должна быть частично заведена на фанерные опалубочные листы.

- Далее подготавливают арматурный каркас для ребер жесткости. Балки армируются арматурой класса А500, \varnothing 18 мм, монтажная арматура \varnothing 10 мм (рис. 5).

- После армирования балок, ведутся работы по армированию базовой плиты (А500, \varnothing 18 и 20 мм). Арматура балок и плиты перевязывается, выводятся арматурные выпуски.

- На финальном этапе осуществляют бетонирование всего фундамента полосами на всю высоту, с помощью автобетононасоса [12, 13].

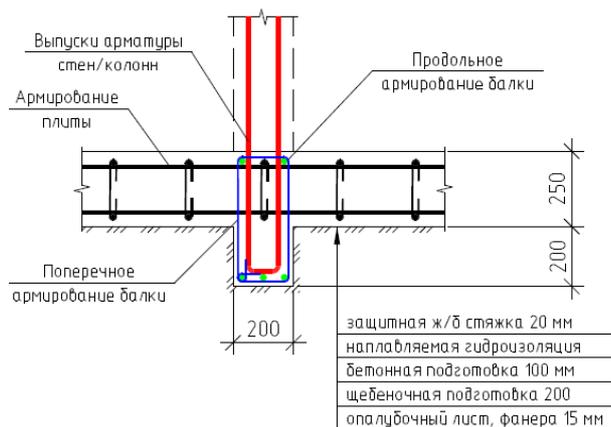


Рис. 5. Конструкция ортотропной фундаментной плиты в разрезе

Для получения конкретных цифр по продолжительности и трудоемкости были

разработаны технологические карты на производство строительно монтажных работ по возведению фундаментных систем двух типов. Основные технико-экономические показатели приведены в табл. 1. Сравнение трудоемкостей ведущих работ привелено на гистограмме 1.

Основные преимущества ортотропной фундаментной плиты перед обычным плитным фундаментом заключаются в следующем:

- Сокращении объемов земляных работ, которое происходит благодаря уменьшению толщины базовой плиты, остальной массив грунта разрабатывается лишь под балки. Объем земляных работ сократился на 11 %
- Объем бетонных работ сокращается более чем на 30 %
- Конструкция имеет повышенную устойчивость к деформациям
- Растет экономический эффект, соответственно.

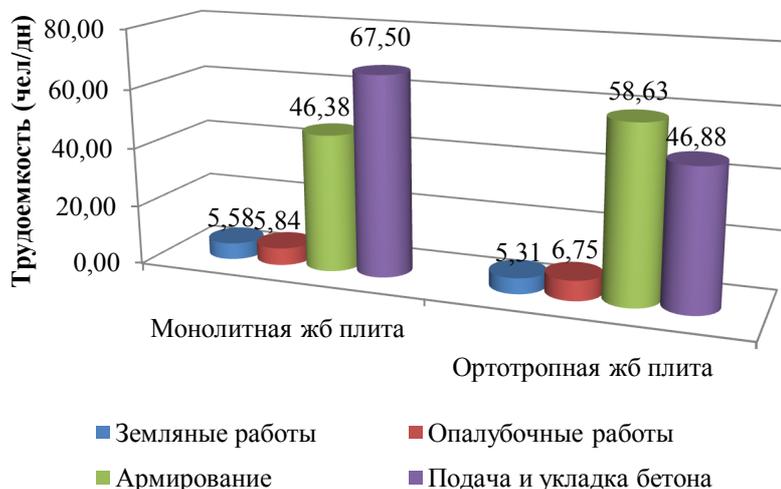
Таблица 1

Технико-экономические показатели

№ п/п	Наименование	Ортотропный фундамент	Плитный фундамент
		Значение	
1	Время производства работ по возведению фундамента	16 дней	16 дней
2	Затраты труда (факт.) с учетом производства	133,55 ч.дн	137,8 ч.дн
3	Объем продукции	143,02 м ³	211,7 м ³
4	Загрты труда на единицу продукции	0,933 ч.дн	0,65 ч.дн
5	Выработка	1,072 м ³	1,53 м ³
6	Стоимость м ²	4328,72 руб.	4532,4 руб.
7	Загрты машинного времени	7,76 маш.см	9,2 маш.см
8	Затраты машинного времени на ед. продукции	0,056 маш.см	0,044 маш.см
9	Максимальное число исполнителей в смену	9 чел.	9 чел.

Гистограмма 1

Сравнение трудоемкостей по возведению ортотропной и монолитной ЖБ плиты



Выводы. Ортотропный фундамент будет идеальным в тех случаях, когда применение обычной плиты не представляется возможным из-за геотехнических условий, а возводить свайный фундамент еще нет необходимости (слишком большой запас прочности для данных условий). Поэтому требуется что-то среднее между плитным и свайным фундаментами.

При выборе между плитным и ортотропным фундаментом, рекомендуется отдавать предпочтение ортотропному, так как мы точно ничего не потеряем, а наоборот только выиграем в экономическом плане, при этом получим ряд преимуществ, которые недоступны обычной плитной конструкции. С точки зрения технологии и организации строительного производства в случае с ортотропной плитой, дела обстоят чуть сложнее – добавляются некоторые необходимые процессы, но это ничуть не означает, что для этого потребуется более квалифицированная рабочая сила.

Трудоемкость работ ниже, и при этом существенно сокращается объем требуемого бетона, как было отмечено выше, более чем на 30%. Конструкция обладает повышенной жесткостью и устойчивостью к деформационным воздействиям. Сокращается срок использования строительной техники, что удешевляет производство. Стоит отметить, что весь комплекс работ по возведению фундамента выполняется за 16 дней в обоих случаях. Максимальное количество рабочих так же не превышает 9 человек в смену. Из всего этого можно сделать вывод, что экономический эффект значительно возрастет, учитывая что в общих затратах доля фундаментов на возведение здания составляет по стоимости 8–10 %, по трудоемкости 10–15 % и по материалоемкости фундамента в объеме малоэтажного жилого дома составляет 10–30 % [14, 15].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берлинов М.В. Основания и фундаменты. 2011, 319 с.
2. Пилягин А.В. Проектирование оснований и фундаментов зданий и сооружений. 2006, С. 98–102.
3. Лapidус А.А., Фельдман А.О. Оценка организационно-технологического потенциала

строительного проекта, формируемого на основе информационных потоков // Вестник МГСУ. 2015. № 11. С. 193–201.

4. Лapidус А.А. Потенциал эффективности организационно-технологических решений строительного объекта // Вестник МГСУ. 2014. № 1. С. 175–180.

5. СП 20.13330.2011 нагрузки и воздействия актуализированная редакция.

6. Городецкий Д.А., Барабаш М.С., Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е. Программный комплекс ЛИРА-САПР. Под редакцией академика РААСН Городецкого А.С. 2013. М., 2013, 376 с.

7. Шулятьев С.О. Влияние несущего каркаса здания на напряженно-деформированное состояние фундаментной плиты, «Научно-исследовательский центр «Строительство» Научно-исследовательский, проектно-изыскательский и конструкторско-технологический институт оснований и подземных сооружений им. Н.М. Герсеванова (ОАО «НИЦ «Строительство-НИИОСП им. Н.М. Герсеванова»), 2013, С. 8–11.

8. Баркан Д.Д. Динамика оснований и фундаментов. М.: Стройвоенмориздат, 2012, 412 с.

9. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. М., ГУП ЦПП, 2004 г.

10. Теличенко В.И., Лapidус А.А., Терентьев О.М. Технология возведения зданий и сооружений: учебник для вузов. М.: Высш. шк., 2006. 446 с.

11. Ширшиков Б.Ф. Организация, планирование и управление строительством. М.: Изд-во АСВ, 2012, 528 с.

12. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты включая специальный курс инженерной геологии. М.: Огни, 2012, 416 с.

13. Олейник П.П., Олейник С.П. Организация и технология строительного производства (подготовительный период). М.: Изд-во АСВ, 2006, 240 с.

14. Малышев М.В. Механика грунтов. Основания и фундаменты (в вопросах и ответах). М.: Изд-во АСВ, 2015, 104 с.

15. Земляные сооружения, основания и фундаменты. СНиП 3.02.01-87. М.: Энергия, 2013. С. 51–54.

Информация об авторах

Лapidус Азарий Абрамович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология и организация строительного производства», заслуженный строитель РФ.

E-mail: lapidus58@mail.ru

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе 26.

Евстигнеев Виктор Дмитриевич, магистрант кафедры технологии и организации строительного производства.
E-mail: victor88112@gmail.com
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе 26.

Русаков Иван Юрьевич, магистрант кафедры технологии и организации строительного производства.
E-mail: irusakov95uzao@gmail.com
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе 26.

Поступила в январе 2018 г.

© Лапидус А.А., Евстигнеев В.Д., Русаков И.Ю., 2018

A.A. Lapidus, V.D. Yevstigneyev, I.Yu. Rusakov
THE ORGANIZATIONAL-TECHNOLOGICAL FEATURES OF FOUNDATION SYSTEMS
OF LOW-STOREYED APARTMENT BUILDINGS

The basis of this work was the research in finding the most suitable types of foundations for low-storied apartment buildings. In the end, according to the statistical analysis five foundation systems were selected. Two types of foundations, which had been acknowledged by expert groups as the best for using in low-storied apartment buildings, are analyzed in the article. For both options process cards were developed with reference to a specific object with a view of conducting more detailed analysis and getting exact figures of the techno-economic indicators. The design schemes of foundation systems were calculated by limit states in the software package LIRA – SAPR, cross-sections were selected, isofields of vertical shifting were obtained. The main indicators which influence the performance, complexity and construction time of the foundations were summarized. These results help to make a choice in favor of one of the foundation systems.

Keywords: low-storied house construction, orthotropic base plate, a monolithic base plate, a combined type of foundation, complexity of construction, technical and economic indicators, the selection of the optimal foundation system.

REFERENCES

1. Berlinov M.V. Bases and bases. 2011, 319 p.
2. Pilyagin A.V. Design of the bases and bases of buildings and constructions. 2006, p. 98-102.
3. Lapidus A.A., Feldman of A.O. Otsenk of the organizational and technological potential of the construction project formed on the basis of information streams. Bulletin of MGSU, 2015, no. 11, pp.193–201.
4. Lapidus A.A. Potential of efficiency of organizational technology solutions of a construction object. Bulletin of MGSU, 2014, no. 1, pp. 175–180.
5. The joint venture 20.13330.2011 loadings and influences the staticized edition.
6. Gorodetsky D.A., Barabash M.S., Vodopyanov R.Yu., Titok V.P., Artamonov A.E. Under edition of the academician of PAACH Gorodetsky A. S/LIRA-SAPR 2013 program complex. Manual. M., 2013, 376 p.
7. Shulyatyev S.O. Influence of the bearing building framework on the intense deformed condition of a base plate, "Stroitelstvo research center Research, design and survey and design-technology institute of the bases and underground constructions of N.M. Gersevanov (joint stock company "Research Center "Stroitelstvo - NIIOSP of N.M. Gersevanov), 2013, p. 8–11.
8. Barkan D.D. Dynamics of the bases and bases. M.: Stroyvovenmorizdat, 2012, 412 p.
9. Construction rules 50-101-2004. Design and device of the bases and bases of buildings and constructions. M, SUE TsPP, 2004.
10. Telichenko V.I., Lapidus A.A., Terentyev of O.M. Tekhnologiya of construction of buildings and constructions: the textbook for higher education institutions. M.: Higher school, 2006, 446 p.
11. Shirshikov B.F. Organization, planning and management of construction. M.: Associations of construction higher education institutions, 2012, 528 p.
12. Dalmatov B.I. Mekhanika of soil, the bases and the bases including a special course of engineering geology. M.: Associations of construction higher education institutions, 2012, 416 p.
13. Oleynik P.P., Oleynik S.P. Organization and technology of construction production (preparatory period). M.: Associations of construction higher education institutions, 2006, 240 p.
14. Malyshev M.V. Mekhanika of soil. The bases and the bases (in questions and answers). M.: Associations of construction higher education institutions, 2015, 104 p.
15. Earth constructions, bases and bases. Construction Norms and Regulations 3.02.01-87. M.: Energy, 2013, pp. 51–54.

Information about the author

Azariy A. Lapidus, PhD, Professor.

E-mail: lapidus58@mail.ru

National Researching Moscow State University of Civil Engineering.
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe sh., 26

Viktor D. Yevstigneyev, Master student.

E-mail: victor88112@gmail.com

National Researching Moscow State University of Civil Engineering.
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe sh., 26

Ivan Y. Rusakov, Master student.

E-mail: irusakov95uzao@gmail.com

National Researching Moscow State University of Civil Engineering.
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe sh., 26

Received in January 2018