



11. Tamrazyan A. G., Manaenkov I. K. Ispytanie trubobetonykh obraztsov malogo diametra s vysokim koeffitsientom armirovaniya [Testing of tube-concrete specimens of small diameter with a high coefficient of reinforcement] // Stroitelstvo I rekonstruktsiya [Construction and reconstruction]. – 2017. – № 4 (72). – P. 57–62.

12. Trushin S. I., Parlashkevich V. S., Zhuravlyova T. A. Issledovanie ustoychivosti prostranstvennoy stalnoy konstruksii pokrytiya v geometricheski nelineynoy postanovke [Investigation of the stability of the spatial steel structure of the coating in a geometrically nonlinear formulation] // Vestnik MGSU. – 2010. – № 4-2. – P. 244–249.

13. Khazov P. A., Erofeev V. I., Lobov D. M., Sitnikova A. K. Eksperimentalnoe issledovanie prochnosti kompozitnykh trubobetonykh obraztsov malogabaritnykh secheniy [The experimental research of the strength of composite steel tube confined concrete samples of small-sized sections] // Privolzhsky nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod. – 2022. – № 3. – P. 36–43.

14. SP 16.13330.2017. Stalnye konstruksii [Steel structures]: aktualizirovannaya redaktsiya SNiP II-23-81* (s Izmeneniyami № 1, 2, 3, s Popravkoy): data vved. 28.08.2017. – Moscow: Standartinform, – 2022. – 148 p.

© П. А. Хазов, Е. А. Чибаква, Г. А. Калинина, А. П. Помазов, 2023

Получено: 02.12.2022 г.

УДК: 624.154+624.159.1(470.341-25)

**Ю. С. ГРИГОРЬЕВ, канд. техн. наук, проф. кафедры архитектуры;
В. В. ФАТЕЕВ, ст. преп. кафедры архитектуры**

ОПЫТ ЗАМЕНЫ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА ФУНДАМЕНТ КОРОБЧАТОГО ТИПА НА ИСКУССТВЕННОМ ОСНОВАНИИ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57;
эл. почта: yus-gri@rambler.ru, valeriy-fateev@rambler.ru

Ключевые слова: трехэтажный двухсекционный дом, свайный фундамент, коробчатый фундамент, искусственное основание.

Описан опыт замены свайных фундаментов на фундамент коробчатого типа на искусственном основании трехэтажного двухсекционного жилого дома.

Объект исследований, выполненных авторами, расположен в одном из пригородных поселков Нижнего Новгорода, территория которого застраивается однотипными 3-этажными 2-секционными жилыми домами, конструктивными особенностями которых являются: монолитный железобетонный каркас, монолитные железобетонные перекрытия, стены из газосиликатных блоков, парапеты из силикатного кирпича, однорядные свайные фундаменты под стенами и компактные группы свай под колоннами каркаса с монолитными железобетонными ростверками и фундаментными стенами (рис. 1–4, рис. 1 цв. вклейки).

Необходимость замены фундаментов и несущего слоя грунтового основания была выявлена в результате комплекса работ по освидетельствованию котлована, подготовленного для строительства одного из домов, по следующим причинам:

1. Котлован, отрытый в декабре 2014 года, не защищенный от промерзания, от заполнения дождевой и талой водой, простоял открытым в течение 3 лет, вплоть до февраля 2018 года (рис. 1, 2 цв. вклейки).

2. Грунтовое основание дома, замороженное и насыщенное водой, сложено лессовыми просадочными грунтами, мощность которых достигает 15,3 м (рис. 5).

3. Несущая способность 9-метровых свай, использовавшихся в проекте фундаментов дома, была определена для грунтового основания природной влажности (не насыщенного водой).

4. В фундаментных стенах и в стенах надземной части нескольких домов, построенных по тому же проекту и эксплуатирующихся к моменту обследований в течение нескольких лет, были обнаружены трещины, образовавшиеся в результате неравномерной осадки зданий.

Поверочными расчетами несущей способности свай, выполненными в 8 сечениях (рис. 3) для случая насыщения лессовых просадочных грунтов водой, было установлено, что несущей способности и соответственно количества свай, принятых в проекте, недостаточно для обеспечения нормативных условий эксплуатации дома (табл. 1).



Рис. 1. Общий вид строящегося 3-этажного, 2-секционного жилого дома

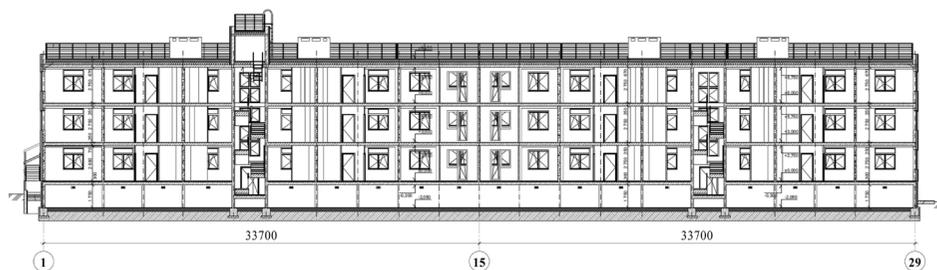


Рис. 2. Продольный разрез дома

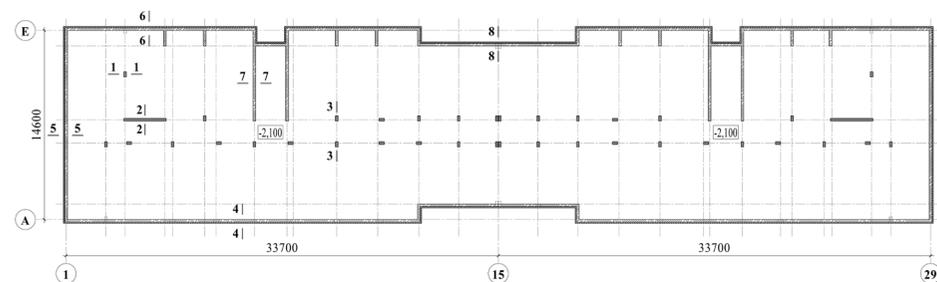


Рис. 3. План технического подполья

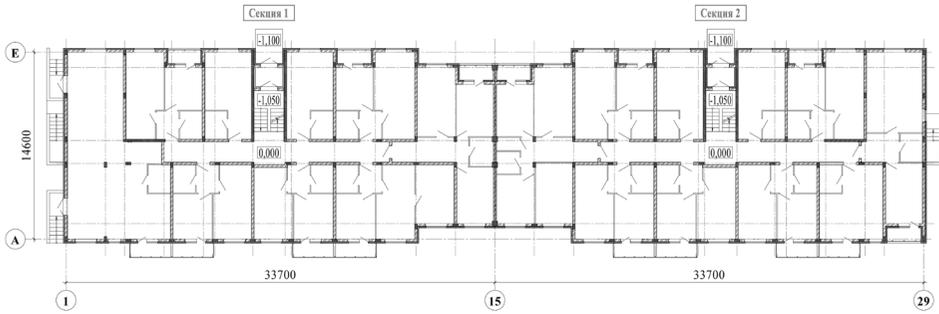


Рис. 4. План типового этажа

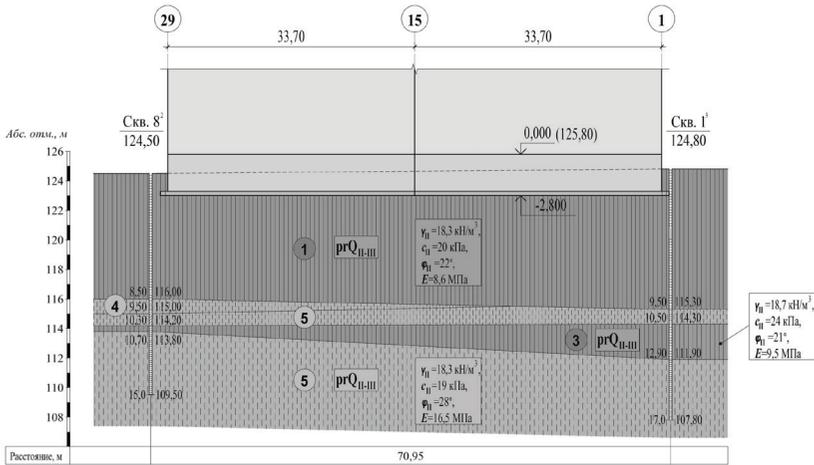


Рис. 5. Инженерно-геологический разрез: 1 – суглинок лессовый макропористый просадочный; 3 – суглинок лессовый непросадочный; 4 – супесь лессовая просадочная; 5 – супесь лессовая непросадочная. Инженерно-геологический элемент 2 в представленном на рисунке разрезе при бурении не был обнаружен

Таблица 1

Результаты расчетов несущей способности свай в 8 расчетных сечениях

Сечение	Расчетная нагрузка на фундаменты (I группа предельных состояний) N_p , кН	Расчетная нагрузка, допускаемая на сваю N_p , кН	Количество свай, принятое в проекте	Количество свай, в лессовых грунтах, насыщенных водой
1-1	646,97	159,29	3	5
2-2	1239,51	138,54	3	9
3-3	1371,79	159,29	5	9
4-4	5078,04	138,54	18	37
5-5	1695,61	138,54	8	13
6-6	1306,82	138,54	9	10
7-7	1601,40	138,54	4	12
8-8	2210,68	138,54	8	16

В качестве основы для выбора альтернативы первоначальному проектному решению было рассмотрено несколько вариантов устройства фундаментов (табл. 2).

Таблица 2

**Технико-экономические показатели вариантов устройства оснований
и фундаментов жилого дома**

Номер варианта	Характеристика	Стоимость устройства фундаментов, тыс. руб.
1	<i>Вариант 1.</i> Свайный фундамент из 9-метровых забивных свай, разработанный в 2017 году без учета требований СП 24.13330.2011 по определению несущей способности свай для случая полного насыщения околосвайного грунта водой. Расчетная нагрузка, допускаемая на сваю, принятая в проекте $N_p = 450,0$ кН. Количество свай марки С90.30-8N = 222 шт.	4 891,90
2	<i>Вариант 2.</i> Свайный фундамент из 9-метровых забивных свай, разработанный ННГАСУ в соответствии с требованиями СП 24.13330.2011 по определению несущей способности свай для случая полного насыщения околосвайного грунта водой. Расчетная нагрузка, допускаемая на сваю, изменяется в пределах $N_s = 127,69-138,54$ кН при однорядном расположении свай и $N_p = 146,81-159,29$ кН в группах свай под колоннами каркаса. Требуемое количество свай марки С90.30-8N = 450 шт.	8 825,92
3	<i>Вариант 3.</i> Сплошная плоская монолитная железобетонная плита на естественном грунтовом основании. Толщина плиты – 500 мм. Среднее давление под подошвой фундаментной плиты $P_{II} = 50-55$ кПа, не превышает начальное просадочное давление.	8 317,50
4	<i>Вариант 4.</i> Монолитные железобетонные фундаменты коробчатого типа на естественном грунтовом основании с плитной частью из перекрестных монолитных железобетонных ленточных элементов толщиной 400 мм, с монолитными железобетонными наружными и внутренними стенами и перекрытием толщиной 200 мм. Среднее давление под подошвой фундамента $P_{II} = 75-85$ кПа, не превышает начальное просадочное давление.	5 650,20

По результатам технико-экономического сравнения вариантов устройства фундаментов для разработки проектной документации был принят вариант № 4, основой для которой послужили результаты компьютерного моделирования совместной работы здания, фундамента и грунтового основания, выполненного с использованием программного комплекса «SCAD Office» (рис. 4 цв. вклейки).

В феврале 2018 года работы по устройству фундаментов начались с устройства в котловане подсыпки из песка, с уплотнением втрамбованным щебнем, толщиной от 150 до 300 мм (рис. 3 цв. вклейки). Однако проектом фундаментов, разработанным ННГАСУ, предусматривалось устройство бетонной подготовки, но не подсыпки из песка со щебнем.

Таяние снега в апреле 2018 года на территориях, прилегающих к котловану, и на его откосах привело: 1) к затоплению котлована поверхностной водой (рис. 8, 9 цв. вклейки); 2) вымыванию песка и щебня из-под изготовленной к тому времени плитной части фундамента с образованием под ней многочисленных полостей и сквозных промоин (рис. 10–13 цв. вклейки); 3) к деформациям и образованию в плитной части фундамента многочисленных поперечных трещин (рис. 14 цв. вклейки); 4) к размоканию несущего слоя грунтового основания, сложенного просадочным суглинком, перешедшего при оттаивании и замачивании в текуче-пластичное состояние, что в совокупности привело к недопустимому состоянию грунтового основания и выполненных фундаментных конструкций. Предложение подрядчика «зачеканить» грунтом

**К СТАТЬЕ Ю. С. ГРИГОРЬЕВА, В. В. ФАТЕЕВА «ОПЫТ
ЗАМЕНЫ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА ФУНДАМЕНТ
КОРОБЧАТОГО ТИПА НА ИСКУССТВЕННОМ ОСНОВАНИИ
В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ»**



Рис. 1. Фасад здания. Проектное решение



Рис. 2. Котлован, открытый с 12.2014 г. по 02.2018 г. Грунтовое основание в течение 3 лет подвергалось интенсивному замачиванию и промерзанию



Рис. 3. 09 февраля 2018 г. Выполнены работы: 1) по зачистке дна котлована; 2) по устройству песчаной подсыпки. Ведутся работы по уплотнению подсыпки щебнем

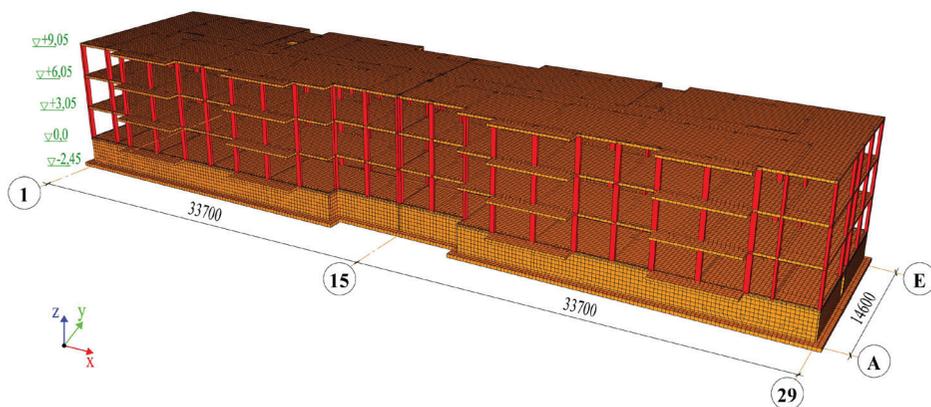
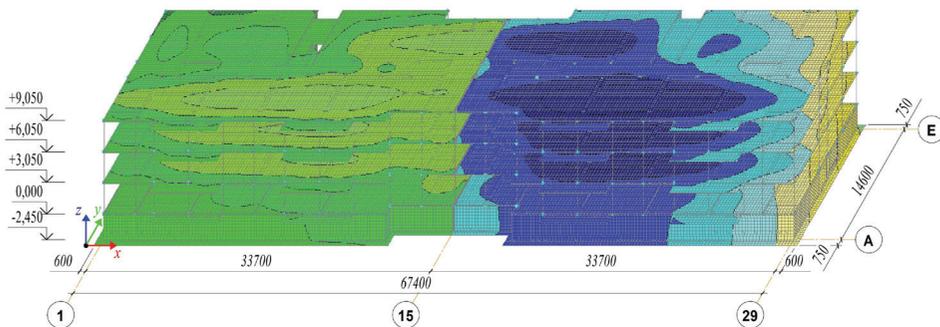


Рис. 4. 3-мерная конечно-элементная модель 3-этажного 2-секционнного дома



Перемещения по оси «Z»

■	-37,27	-35,8	■	-26,96	-25,49
■	-35,8	-34,32	■	-25,49	-24,01
■	-34,32	-32,85	■	-24,01	-22,54
■	-32,85	-31,38	■	-22,54	-21,07
■	-31,38	-29,91	■	-21,07	-19,59
■	-29,91	-28,43	■	-19,59	-18,12
■	-28,43	-26,96	■	-18,12	-16,65

Рис. 5. Изолинии вертикальных перемещений (по оси Z) здания жилого дома

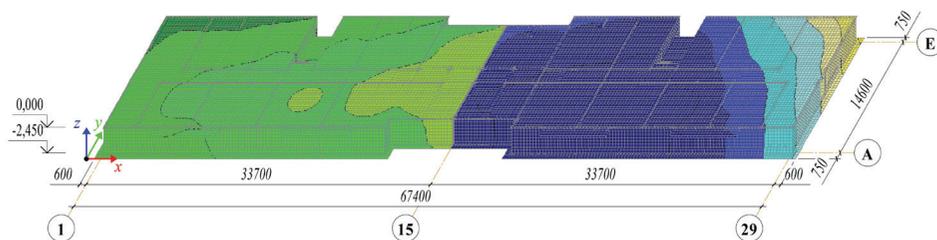


Рис. 6. Изолинии вертикальных перемещений (по оси Z) фундаментно-подвальной части здания (таблицу расшифровки величины перемещений см. рис. 5)

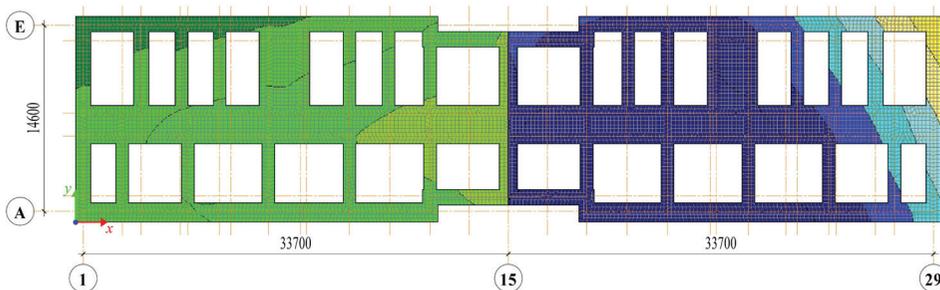


Рис. 7. Изолинии вертикальных перемещений (по оси Z) плитной части фундамента (таблицу расшифровки величины перемещений см. рис. 5)



Рис. 8. 22 апреля 2018 г. Открытый котлован с плитной частью фундаментов, заполненный талой и дождевой водой



Рис. 9. Участок котлована в осях «15-29» с дождевой и талой водой



Рис. 10. Вымывание песка, щебня и насыщенного водой лессового суглинка из-под фундаментной плиты на участке в осях «1/Е-А»



Рис. 11. Отрыв грунтового основания на 20 см от подошвы плитной части фундамента с втопленным в нее щебнем (см. рис. 9)



Рис. 12. Плитная часть фундамента Вымывание песка и щебня. Просадка лессового суглинка под фундаментной плитой на участке в осях «29/А-Е»



Рис. 13. Зазор величиной до 20 см между подошвой фундаментной плиты и грунтовым основанием (см. рис. 11)

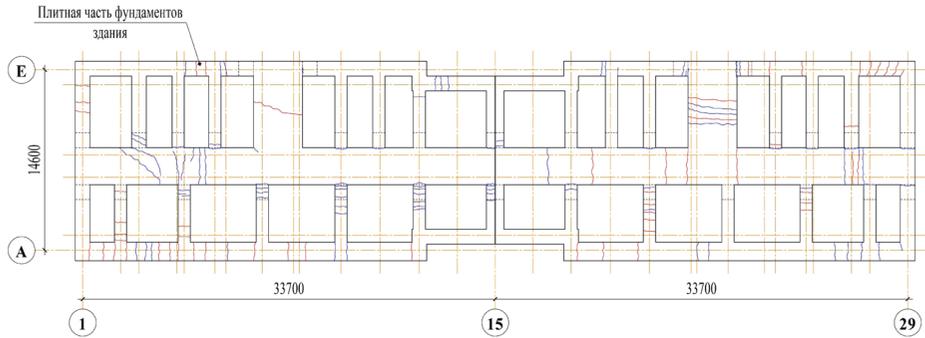


Рис. 14. Схема расположения трещин в деформировавшейся плитной части фундамента

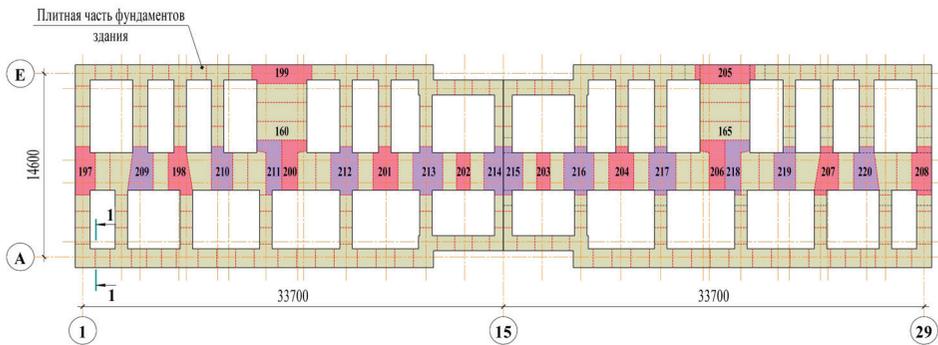


Рис. 15. Схема расположения захваток для производства работ по замене грунтового основания. Захватки № 197–220 – завершающий этап работ



Рис. 16. Выборка слабого грунта из-под фундаментной плиты на захватке № 188



Рис. 17. Массив из цементного раствора, заместивший слабое основание под фундаментной плитой на захватке № 188



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каменные и армокаменные конструкции : Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. /под ред. С. А. Семенцова и В. А. Камейко. – Москва : Стройиздат. – 1968. – 174 с.
2. Иванов, И. Т. Усиление оснований, фундаментов и стен жилых зданий / И. Т. Титов – Москва : Изд-во министерства коммунального хозяйства РСФСР. – 1955. – 73 с
3. Основания и фундаменты : Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. /под ред. М. И. Горбунова-Посадова. –Москва-Ленинград : Стройиздат.– 1964. – 208 с.
4. Швец, В. Б. Усиление и реконструкция фундаментов / В. Б. Швец, В. И. Феклин, Л. К. Гинзбург. – Москва : Стройиздат. – 1985. – 204 с.
5. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений : утв. Приказом М-ва строительства и жилищно-коммунального хозяйства Рос. Федерации от 16.12.2016 : введ в д. 17.06.2017. – Москва. 2021. – 225 с. – (Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*).

GRIGOREV Yury Semyonovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of architecture; FATEEV Valery Valerevich, senior teacher of the chair of architecture

EXPERIENCE OF REPLACING PILE FOUNDATIONS WITH BOX-TYPE FOUNDATION ON AN ARTIFICIAL FOUNDATION IN LOW-RISE CONSTRUCTION

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Ijinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57; e-mail: yus-gri@rambler.ru

Key words: three-storey two-section house, pile foundation, box foundation, artificial foundation.

The article describes the experience of replacing pile foundations with a box-type foundation on an artificial foundation of a three-storey two-section residential building

REFERENCES

1. Kamennye i armokamennye konstruksii : Spravochnik proektirovshika promyshlennykh, zhilykh i obshchestvennykh zdaniy i sooruzheniy [Stone and reinforced stone structures : Designer's Guide to industrial, residential and public buildings and constructions] / pod red. S. A. Sementsova i V. A. Kameyko. – Moscow : Stroyizdat. – 1968. – 174 p.
2. Ivanov I. T. Usilenie osnovaniy, fundamentov i sten zhilykh zdaniy [Reinforcement of foundations, basis and walls of residential buildings]. – Moscow : Izd-vo ministerstva kommunalnogo khozyaystva RSFSR. – 1955. – 73 p.
3. Osnovaniya i fundamente : Spravochnik proektirovshika promyshlennykh, zhilykh i obshchestvennykh zdaniy i sooruzheniy [Basis and foundations: Designer's Guide to industrial, residential and public buildings and constructions] / pod red. M. I. Gorbunova-Posadova. – Moscow-Leningrad : Stroyizdat. – 1964. – 208 p.
4. Shvets V. B., Feklin V. I., Ginzburg L. K. Usilenie i rekonstruktsiya fundamentov [Strengthening and reconstruction of foundations]. – Moscow : Stroyizdat. – 1985. – 204 p.
5. SP 22.13330.2016. Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy [Soil bases of buildings and structures] : utv. Prikazom M-va stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Ros. Federatsii ot 16.12.2016 : vvod v d. 17.06.2017. – Moscow. 2021. – 225 p. – (Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.02.01-83*).

© Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев, 2023

Получено: 28.12.2022 г.