

УДК 624.153

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ДЕФОРМИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ
СТРОЯЩЕГОСЯ 12-ЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА
В МИКРОРАЙОНЕ ЮРЬЕВЕЦ г. ВЛАДИМИРА**

А.И. Гандельсман, И.А. Гандельсман

Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых,
Российская Федерация
e-mail: igvlsu@mail.ru

Рассмотрены геологические и гидрогеологические условия площадки строительства, климатические факторы, проектное решение фундаментов, технология производства работ. Проанализированы условия твердения бетона фундаментной плиты с учетом внешних воздействий на конструкцию. Проведен геомониторинг конструкции. Определены полости в грунтовом основании, места и параметры повреждения фундаментной плиты. Намечены пути решения указанной проблемы в условиях конкретной строительной площадки.

Ключевые слова: фундаментная плита, грунт, промерзание, геомониторинг

**RESEARCHES OF THE REASONS FOR DEFORMATION OF THE FOUNDATION PLATE
OF THE CONSTRUCTION 12-STOREY RESIDENTIAL HOUSE
IN THE MICRODISTRICT YURYEVETS, VLADIMIR**

A. Gandelsman, I. Gandelsman

Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov,
Russian Federation
e-mail: igvlsu@mail.ru

Discussed geological and hydrogeological conditions of the construction site, climatic factors, design solution of foundations, technology are considered. The conditions of concrete hardening of the Foundation plate are analyzed taking into account external influences on the structure. Geomonitoring of the structure was carried out. The cavities in the ground base, places and parameters of the Foundation damage by the helmet were determined. The ways of solving this problem in the conditions of a specific construction site are outlined.

Keywords: foundation plate, soil, frost penetration, geomonitoring

Введение. В соответствии с рабочим проектом зимой 2019 г. произведены земляные работы и выполнена монолитная железобетонная фундаментная плита под строящийся многоэтажный жилой дом. Толщина плиты составляет 400 мм, в местах сопряжения с пилонами- 600 мм. Основное армирование выполнено верхней и нижней сетками из стержней $\phi 12$ класса А500С (шаг- 200мм). Под пилонами выполнено дополнительное нижнее армирование сетками из стержней $\phi 12-20$ класса А500С. В пролетах

выполнено дополнительное верхнее армирование арматурой $\phi 12$ - 20 класса А500С. Арматура верхних сеток не заведена под пилоны. Толщина защитного слоя бетона составляет 40- 50 мм. Фундаментная плита выполнена из бетона класса В25 (W6,F75) по бетонной подготовке толщиной 100 мм из бетона класса В7,5.

Отметка подошвы фундаментной плиты в осях 1-10/А-Р составляет-3.470 м. что соответствует абсолютной отметке 154,400 м. В осях 20-21/Б-У выполнено понижение до отметки 153,600 мм. Отметки в осях 24-25/В-П- 154,400 мм, в осях 26/Б-У и далее - 155,600 мм.

Основная часть. В соответствии с данными ОАО «ВладимирТИСИЗ»: в геоморфологическом отношении площадка приурочена к правобережному склону долины р. Содышка. Рельеф площадки относительно ровный, с общим уклоном в северо-западном направлении. Абсолютные отметки поверхности на момент изысканий составили 154,33– 160,21 м. Сток поверхностных вод местами затруднен.

В геологическом строении площадки на глубину бурения скважин до 14 м принимают участие современные четвертичные (Q_{IV}), среднечетвертичные (Q_{III}) и нижнемеловые отложения (K_1). С поверхности залегают современные четвертичные отложения представленные почвенно-растительным слоем (pdQ_{IV}) мощностью 0,2-0,6 м. Под современными четвертичными отложениями местами залегают среднечетвертичные отложения представленные песком мелким (fQ_{III}). Его мощность изменяется от 0,6 до 3,0 м. Ниже по разрезу с абсолютных отметок 153,81 - 155,76 м. на участке дома №14 на площадках трансформаторных подстанций залегают нижнемеловые отложения (K_1), представленные песком мелким, средней крупности, глиной.

На площадке дома верхняя часть разреза сложена песком мелким, ниже - средней крупности. Мощность песка мелкого колеблется от 1,7 м до 5,8 м, мощность песка средней крупности составляет 1,1-2,2 м. Пески подстилаются нижнемеловой глиной с прослоем песка мелкого в середине. Мощность глины изменяется от 1,8 м до 2,2 м, мощность прослоя песка мелкого составляет 0,2-1,4 м. Ниже по разрезу залегает песок мелкий, его мощность составляет 1,3-2,4 м. Песок мелкий подстилает нижнемеловая глина, вскрытая мощность которой изменяется от 0,8 м до 3,2 м.

По результатам выполненных полевых и лабораторных работ на исследуемой площадке выделено 5 инженерно-геологических элементов (ИГЭ):

ИГЭ-1. Почвенно-растительный слой с корнями растений. Насыпной грунт: песок мелкий, желтый, влажный, средней плотности; суглинок коричневый, тугопластичный, с прослоями песка. По степени уплотнения от собственного веса относится к неслежавшемуся.

ИГЭ-2, 2а. Песок мелкий, светло-коричневый, жёлтый, коричневый, кварцевый, маловлажный и водонасыщенный, плотный и средней плотности, с тонкими прослойками суглинка, глины и ожелезнения, водно-ледниковый.

ИГЭ-3. Песок средней крупности, коричневый, зеленовато-серый, кварцевый, средней плотности, водонасыщенный, с тонкими прослойками глины, нижнемеловой.

ИГЭ-4. Глина серая до черной, полутвердая до твёрдой, песчанистая, с прослойками и линзами песка мелкого, с прослоями ожелезнения, слюдистая, нижнемеловая.

Гидрогеологические условия площадки характеризуются наличием водоносного горизонта, приуроченного к водно-ледниковым и нижнемеловым отложениям. Уровень воды во время изысканий встречен на глубине 1,58-2,60 м (абсолютные отметки 153,41-155,18 м).

Водовмещающими грунтами являются водно-ледниковый и нижнемеловой песок мелкий, средней крупности, прослойки мелкого песка в нижнемеловой глине. Коэффициенты фильтрации песка мелкого равен 0,04-0,8 м/сут, песка средней крупности- 0,1-2,0 м/сут. Питание водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Поток подземных вод направлен на северо-запад.

В качестве основания в проектом решении приняты грунты ИГЭ-2 (модуль деформации $E_0=35\text{МПа}$) пески мелкие плотного сложения и ИГЭ-2а (модуль деформации $E_0=25\text{МПа}$) – пески мелкие средней плотности. Различие в сжимаемости грунтов основания фундаментной плиты составляет 1,4 раза. Указанное значение находится в рамках действующих нормативных документов, но следует обратить особое внимание при расчетах относительных осадок здания.

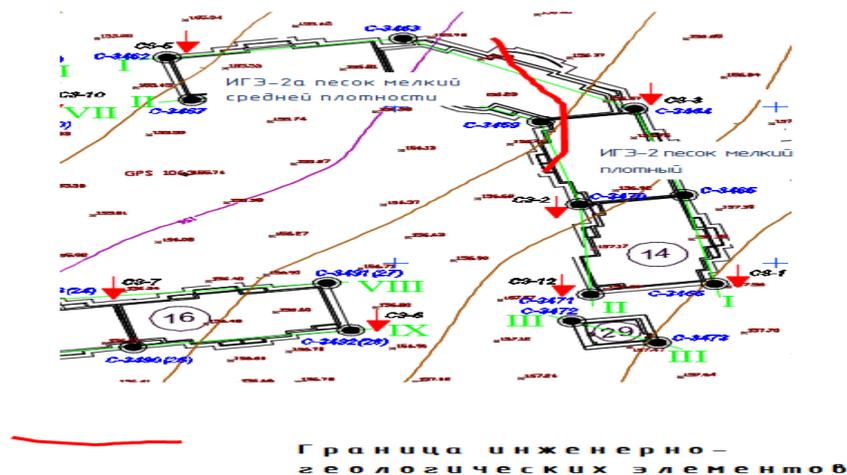


Рисунок 1. – Границы различных грунтов под подошвой фундаментной плиты

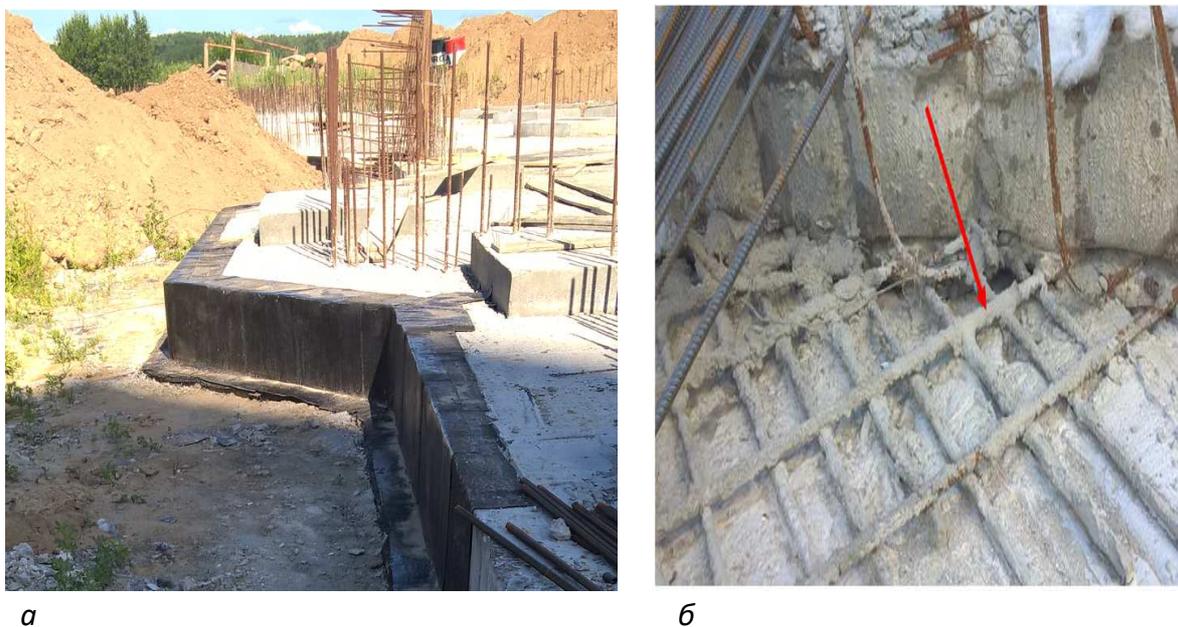
Под подошвой фундаментной плитой одновременно залегают водонасыщенные и маловлажные мелкие пески. Относительная деформация пучения которых отличается в 3 раза $\varepsilon_{fn}= 0,03$ и $0,01$, соответственно. Это приводит к возникновению неравномерной осадки.

Земляные работы на объекте производились в зимнее время (март 2019 г.) при отрицательных температурах наружного воздуха. Мероприятия по защите грунтов от промерзания не производились. Котлован остается вскрытым до настоящего времени. Силы морозного пучения в водонасыщенных грунтах весьма высоки и достигают $10-15 \text{ тс/м}^2$.

Бетонные работы также производились в зимнее время. Уход за бетоном не соответствовал нормативным требованиям зимнего бетонирования. Имеются места перегрева бетонной смеси, деструкции лицевого слоя бетона фундаментной плиты, усадочные трещины, недостаточная толщина защитного слоя арматуры. Указанные

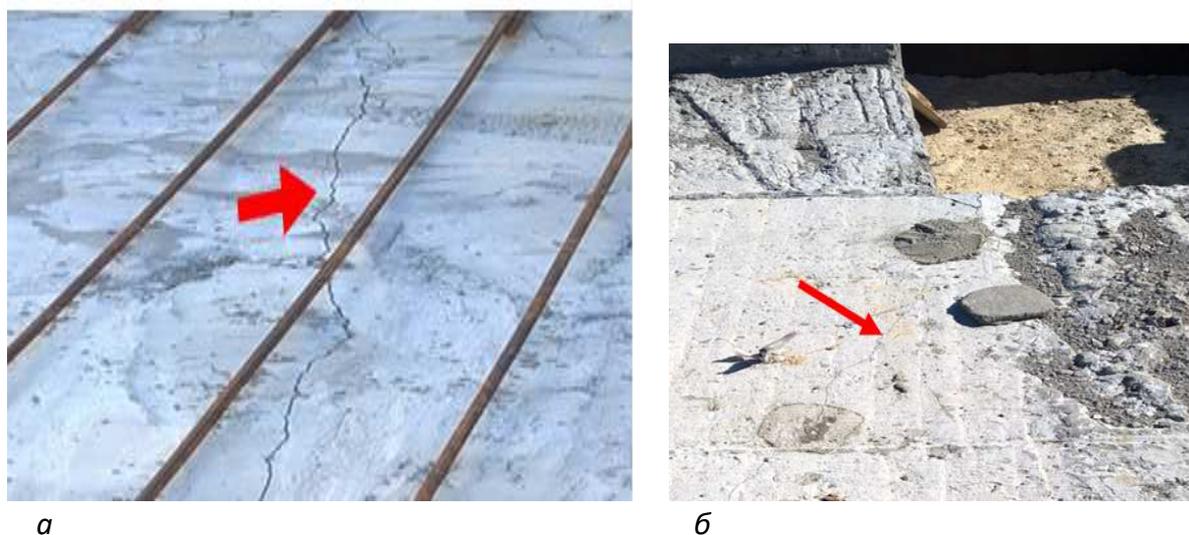
дефекты имеют локальное распространение и не оказывают существенного влияния на работу конструкции(рис. 3).

Совокупность негативных факторов привела к образованию трещин в фундаментной плите строящегося здания с шириной раскрытия от 0,5 до 1,5 мм по направлению к верху фундаментной плиты (рис.3).



а –общий вид фундаментной плиты; **б** – нижнее армирование фундаментной плиты

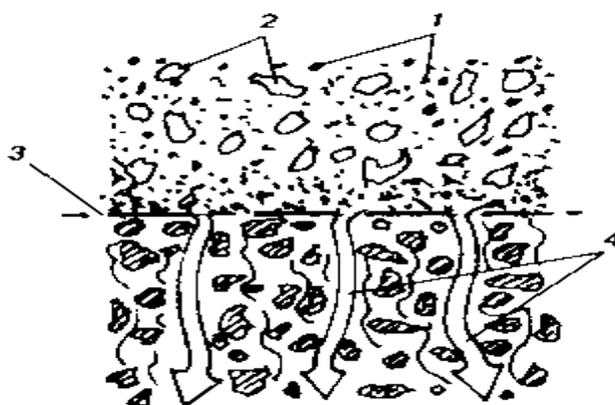
Рисунок 2. – Фундаментная плита жилого дома:



а – осадочная трещина фундаментной плиты в секции 1;
б – осадочная трещина фундаментной плиты в секции 2

Рисунок 3. – Трещины в фундаментной плите от неравномерных осадок

Процесс промерзания грунта происходит сверху вниз, при этом граница между влажным и мерзлым грунтом опускается с некоторой скоростью, определяемой, в основном, погодными условиями (рис.4). Влага, превращаясь в лед, увеличивается в объеме, вытесняя сама себя в нижние слои грунта, сквозь его структуру. Пучинистость грунта определяется также тем, успеет ли выдавливаемая сверху влага просочиться через структуру грунта или нет, хватит ли степени фильтрации грунта, чтобы этот процесс прошел с пучением или без него. Крупнозернистый песок не создает влаге никакого сопротивления, иная ситуация с мелким песком. В этом случае выровнять степень влажности по всему периметру здания, сгладить неравномерность пучинистых явлений не получается.



1 – песок; 2 – лед; 3 – граница промерзания; 4 – вода

Рисунок 4. – Грунт на границе промерзания

Наличие давления от веса строения также сказывается на проявлении пучинистых явлений. Если слой грунта под подошвой фундамента сильно уплотнить (создать нагрузку на основание не менее, чем от трех этажей), то и степень пучинистости его уменьшится. Причем, чем больше будет само давление на единицу площади основания, тем больше будет объем уплотненного грунта под подошвой фундамента и меньше величина пучения. В нашем случае возведена лишь фундаментная плита, т.е. нагрузка незначительна.

Бетонирование фундаментной плиты производилось в марте 2019 г. при отрицательных температурах наружного воздуха. Основание под фундаментную плиту не утеплялось, что привело к укладке бетонной смеси на замороженное основание.

Установленные для контроля динамики развития деформаций растворные маяки на поверхности фундаментной плиты на момент исследования треснули (рис 5).

Для контроля состояния фундаментной плиты произведен геодезический мониторинг фундаментной плиты, установлены растворные маяки, выполнены зондажи фундаментной плиты в секциях 1 и 2 и грунтов основаниями под ними.

Геодезический мониторинг, проведенный с 14.05.2019 г. по 23.06.2019 г., показал, что осадка, несмотря на незначительные нагрузки на основание (только от собственно-

го веса фундаментной плиты), за указанный период не стабилизировалась, развитие деформаций (от 1 до 3 мм) основания фундаментной плиты происходит без роста внешних нагрузок (табл.1н). Даже в пределах каждой секции осадки имеют различные значения, что указывает на неравномерность осадок основания, что является причиной прогиба фундаментной плиты с последующим образованием трещин.

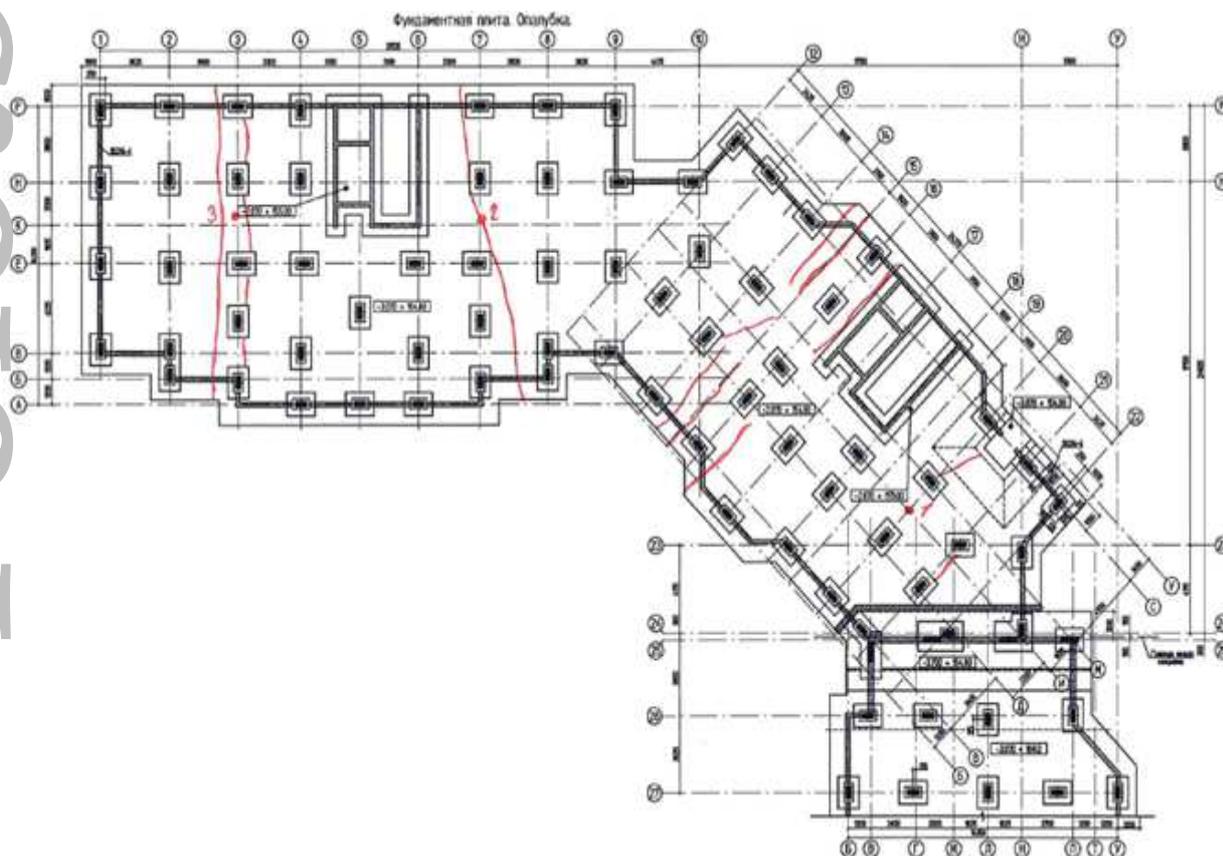


Рисунок 5. – Схема расположения трещин в фундаментной плите

Таблица 1. – Результаты геодезического контроля за осадками фундаментной плиты

Номера точек геодезического контроля	Величины абсолютных отметок поверхности фундаментной плиты по даты проведения контроля, м						
	14.05.19	17.05.19	24.05.19	31.05.19	07.06.19	14.06.19	23.06.19
1	154.780	154.779	154.778	154.777	154.776	154.776	154.776
2	154.776	154.775	154.775	154.775	154.774	154.773	154.773
3	154.789	154.788	154.788	154.787	154.787	154.786	154.785
4	154.741	154.741	154.740	154.740	154.740	154.740	154.740
5	154.774	154.773	154.772	154.770	154.767	154.766	154.765
6	154.759	154.759	154.758	154.757	154.756	154.756	154.755
7	154.800	154.801	154.800	154.800	154.799	154.798	154.797

Для дополнительной оценки состояния грунтов основания под подошвой фундамента выполнены зондажи в трех местах в фундаментной плите.

Точка №1 расположена в осях «И/20». Толщина бетона и подбетонки соответствуют проекту. Полости под подошвой фундаментной плиты не обнаружено.

Точка №2 расположена в осях «Н-К/7». Толщина бетона и подбетонки составляет 460 мм (отклонение от проектного решения 500 мм). Обнаружена полость под подошвой фундаментной плиты около 100 мм.

Точка №3 расположена в осях «Н-К/3». Толщина бетона и подбетонки составляет 550 мм (отклонение от проектного решения 500 мм). Обнаружена полость под подошвой фундаментной плиты около 30 мм.

Дополнительно на площадке проведено инженерно-геофизическое обследование железобетонной плиты (рис. 6).

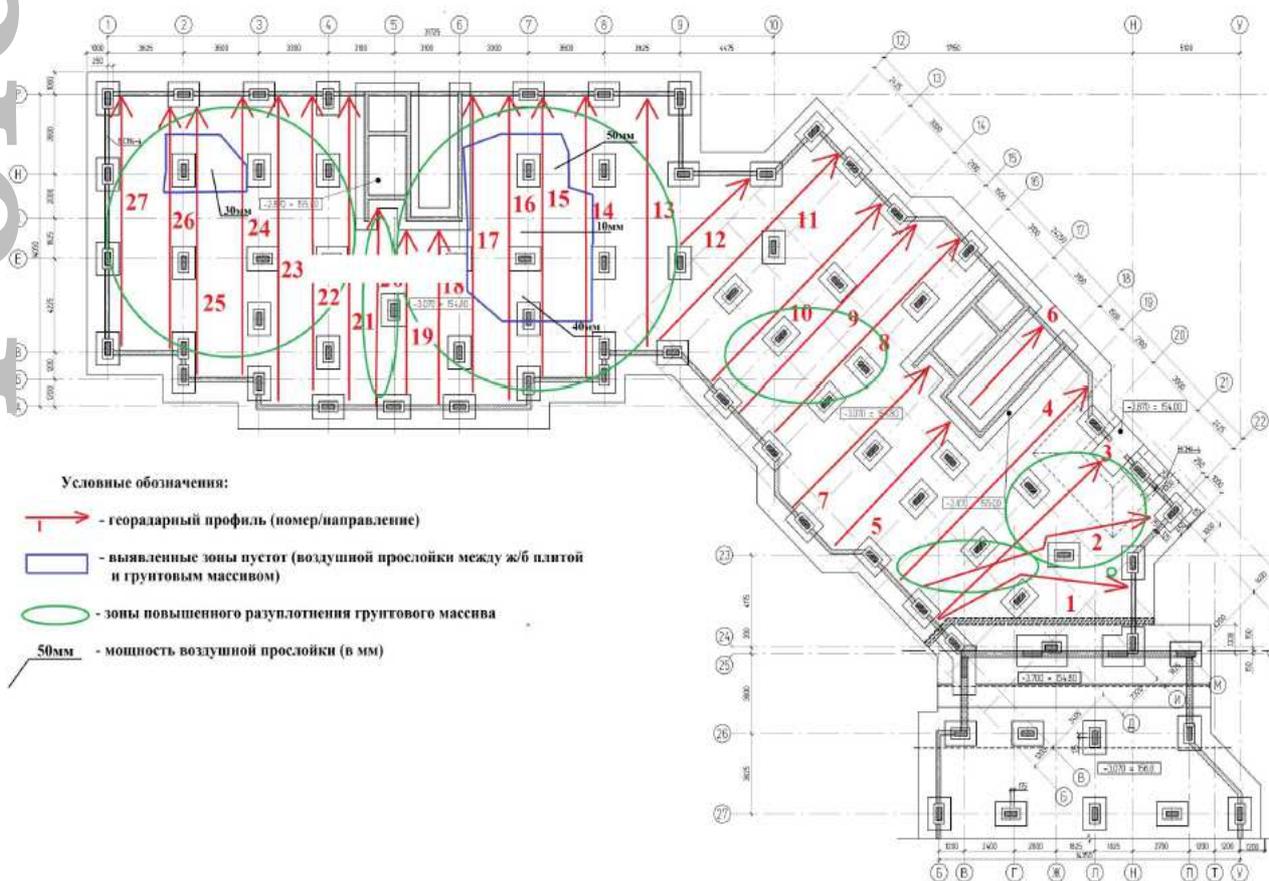


Рисунок 6. – Схема георадиолокационного исследования с зонами пустот и разуплотнений

По результатам исследования (рис. 7, 8), выявлены под фундаментной плитой пустоты 9воздушные прослойки) от 10 до 30 мм, зоны разуплотнения на глубину до 1,5 м.

Полученный данные указывают на неполный контакт подошвы фундаментной плиты с основанием.

По данным определения гранулометрического состава грунта[3] основания объем пылеватых частиц составляет 4,2% от общего объема грунта, что определяет объем потенциальных полостей. Исследуемый грунт– песок мелкий

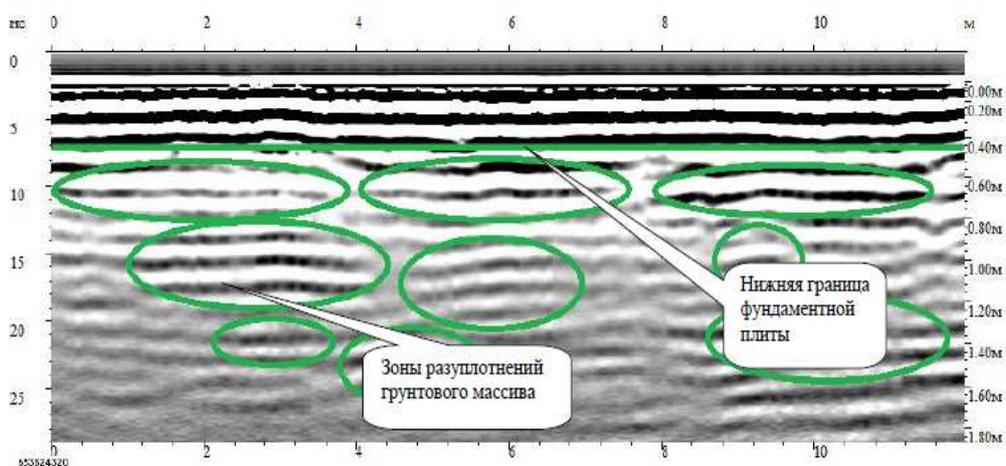


Рисунок 7. – Глубинный разрез по георадиолокационному профилю в секции 1

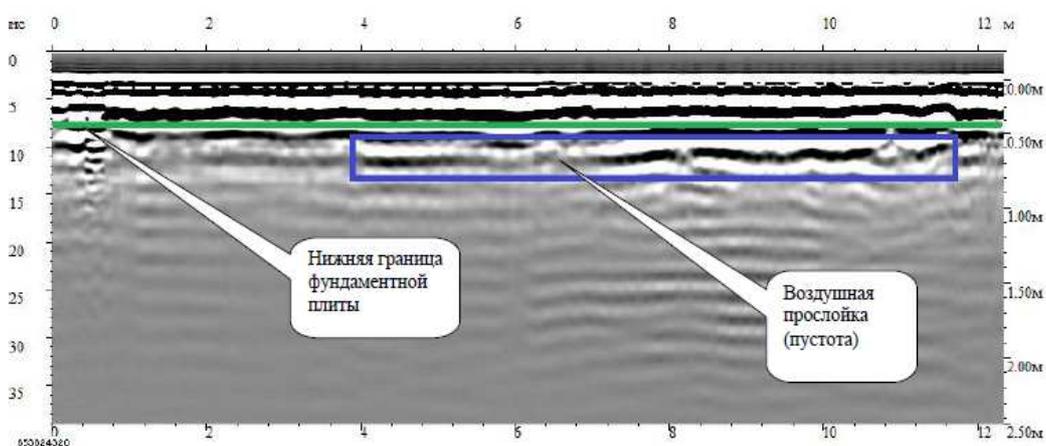


Рисунок 8. – Глубинный разрез по георадиолокационному профилю в секции 2

Таблица 2. – Результаты определения деформации морозного пучения

Наименование показателя	Единичные значения, %	Средние значения, %
Относительная деформация морозного пучения образца грунта	4,9	4,4
	4,1	
	4.2	

Примечание. Степень пучинистости по ГОСТ 25100-2011 – среднепучинистый.

Заключение. Деформации фундаментной плиты произошли вследствие действия совокупности негативных факторов:

- промораживания грунтов основания фундаментной плиты перед укладкой бетонной смеси, что привело к неравномерной сжимаемости основания;
- нарушением толщины защитного слоя арматуры;
- неправильным уходом за свежееуложенным бетоном в период гидратации цемента;
- отсутствия мероприятий по исключению замачивания основания поверхностными водами во время производства работ «нулевого цикла».

В соответствии с Классификатором основных видов дефектов в строительстве и промышленности строительных материалов при осмотре на объекте выявлены следующие критические дефекты:

- невыполнение защиты дна котлованов и траншей в грунтах, меняющих свои свойства под влиянием атмосферных воздействий,
- невыполнение мероприятий по уходу за бетоном в зимний и летний периоды,
- нарушение правил зимнего бетонирования,

К значительным дефектам следует отнести:

- отклонения в толщине защитного слоя превышают нормативные,
- бетонные поверхности имеют раковины, поры и обнажения арматуры.

Общее техническое состояние фундаментной плиты на момент исследования, согласно [1], можно оценить как ограниченно-работоспособное.

Дальнейшее производство работ по возведению конструкций жилого дома до устранения причин, вызывающих неравномерные деформации основания фундаментов производить недопустимо. Для приведения основания и фундамента в работоспособное состояние необходимо выполнить ряд мероприятий:

- произвести цементацию грунтов основания [4];
- усиление фундаментной плиты путем устройства сплошного армирования верхней части плиты с последующим бетонированием бетоном кл. В25;
- засыпку пазух производить непучинистым грунтом (крупнозернистым песком, щебнем пеностекла и т.п.).

При этом следует учитывать, что размеры фундаментной плиты превышают требуемую (по расчетам) площадь фундамента для 12-этажного дома, среднее давление под подошвой фундамента значительно ниже расчетного сопротивления грунта на данной отметке, абсолютные осадки ниже предельно допустимых значений, имеется незначительное содержание в основании пылеватых частиц в единичном объеме грунта (4,2%).

При невыполнении указанных мероприятий не представляется возможным обеспечить надежную работу основания и фундаментов, следовательно, требуется полный демонтаж выполненной фундаментной плиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния: ГОСТ 31937-2011.– Введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2012 г. № 1984-ст в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1.01.2014 г.– Москва, 2014.– 89 с.
2. Основания зданий и сооружений: СП 22.13330.2016 Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*.– Утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 16.12.2016 г. №970/пр и введен в действие 17.06.2017 г.– Москва, 2016.– 226 с.
3. Пономарев, А.Б. О современных методах экспресс-контроля характеристик насыпных грунтов/А.Б. Пономарев, С.А. Сазонова, С.Б. Румянцев //Геотехника.–2017.– №3.–С.4-9.
4. Байбурин, А.Х. Усиление методом цементации основания ленточного фундамента здания торгового комплекса в г. Челябинске/А.Х. Байбурин, Е.Н. Серебренникова, Д.В. Куличкин, Д.А. Байбурин// Вестник ЮУрГУ. Серия Строительство и архитектура.–2015.–№1. Том 15.– С.18-24.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2020

Об издании – [1](#), [2](#)

УДК 72:624/628+69(082)

Редакционная коллегия:

Л. М. Парфенова (председатель),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Н. В. Давыденко, Р. М. Платонова

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ
[Электронный ресурс] : электронный сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. Л. М. Парфеновой. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-701-3.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

№ госрегистрации 3671815379.

ISBN 978-985-531-701-3

@Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Технический редактор *Т. А. Дарьянова.*

Компьютерная верстка *Т. А. Дарьяновой.*

Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой.*

Подписано к использованию 09.09.2020.

Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>