

МАНГУШЕВ Р.А., ВЕСЕЛОВ А.А., КОНЮШКОВ В.В., САПИН Д.А.
(СПБГАСУ, Санкт-Петербург)

УДК 624.131

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ СПЕЦИАЛИСТАМИ СПБГАСУ

Ключевые слова: свайный фундамент, плита, усиление, динамические нагрузки.

Рассмотрены вопросы научно-технического сопровождения геотехнических работ в сложных инженерно-геологических условиях г. Санкт-Петербурга (Россия). Приведены примеры изменения проектных решений в процессе производства работ, направленных на повышение надежности строительства и снижения стоимости фондирования объектов.

Розглянуто питання науково-технічного супроводу геотехнічних робіт у складних інженерно-геологічних умовах м. Санкт-Петербурга (Росія). Наведені приклади зміни проектного рішення в процесі виконання робіт, спрямованих на підвищення надійності будівництва та зниження вартості фундаментування об'єктів.

The problems of scientific and technical support in difficult geotechnical engineering and geological conditions of St. Petersburg (Russia). Examples of changes in the design solutions in the production process aimed at improving the reliability and reduce the cost of construction of foundation object.

ВВЕДЕНИЕ.

За последние пять лет в Санкт-Петербурге и Ленинградской области, несмотря на экономический кризис 2008 г., объемы и темпы строительства-реконструкции зданий и сооружений сохранились на достаточны высоком уровне. Многие архитектурно-планировочные, конструктивные и технологические решения объектов являются весьма сложными в практической реализации, как по инженерно-геологическим условиям площадок, так и в части проектирования и строительства. Инженерам и руководителям при строительстве, приходится заниматься не только непосредственно своей специализацией, но и овладевать смежными профессиями. Например, инженеру-строителю, выполняющему устройство фундаментов необходимо обладать знаниями по инженерной геологии, гидрогеологии, механике грунтов, строительным материалам и конструкциям,

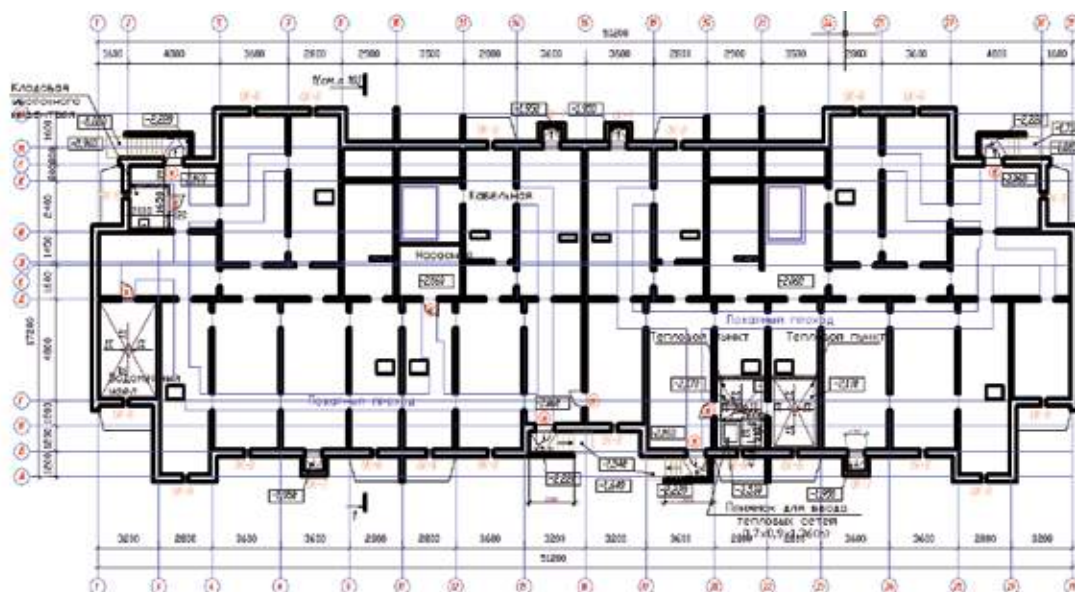


Рис. 1 План здания на отметке пола первого этажа

сопротивлению материалов, инженерным сетям, новым геотехнологиям, гидроизоляции, уметь читать проектно-конструкторскую документацию, анализировать и обосновывать расчетно-пояснительные записки, знать и выполнять требования нормативно-технической и исполнительной документации по строительству и т.д.

При этом, необходимо отметить, что процесс взаимодействия застройщика, изыскателя, генпроектировщика, генподрядчика и экспертизы хотя и закреплен в Градостроительном кодексе и других правоустанавливающих документах, но по факту эти стороны не всегда эффективно взаимодействуют друг с другом.

В связи с этим на объектах нередко происходят существенные изменения проектных решений, задержки сроков сдачи объекта в эксплуатацию, значительные удорожания сметной стоимости строительства, низкое качество проектных и строительно-монтажных работ, а также возникновение предаварийных и аварийных ситуаций. В результате и без того непростой процесс строительства становится все более сложным, дорогостоящим, менее надежным и управляемым.

Согласно рекомендациям актуализированной версии СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений СП 22.13330.2011 п.4.14: «При проектировании оснований и фундаментов уникальных зданий и сооружений или их реконструкции, а также сооружений первого уровня ответственности, в том числе реконструируемых, в условиях окружающей застройки необходимо предусматривать научно-техническое сопровождение строительства». Целью научно-технического сопровождения строительства является обеспечение надежности сооружений путем применения нестандартных расчетных методов, конструктивных и технологических решений силами специализированных организаций. Состав работ по научно-техническому сопровождению инженерных изысканий, проектирования и строительства оснований, фундаментов и подземных сооружений регламентируется п. 4.15 СП 22.13330.2011.

В настоящей статье приведены примеры объектов, на которых авторы участвовали в качестве специалистов и экспертов по научно-техническому сопровождению проектирования и строительства. Следует отметить, что специалистов СПбГАСУ приглашали и приглашают на многие объекты только в случае существенных изменений проектного решения, при возникновении аварийных ситуаций, а иногда приходится работать в условиях сложных напряженных отношений между участниками строительства.

1. КОРРЕКТИРОВКА ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

При строительстве иногда возникает ситуация когда затруднительно выполнить производство работ по устройству фундаментов в соответствии с конструктивными решениями проекта и требуется его коррек-

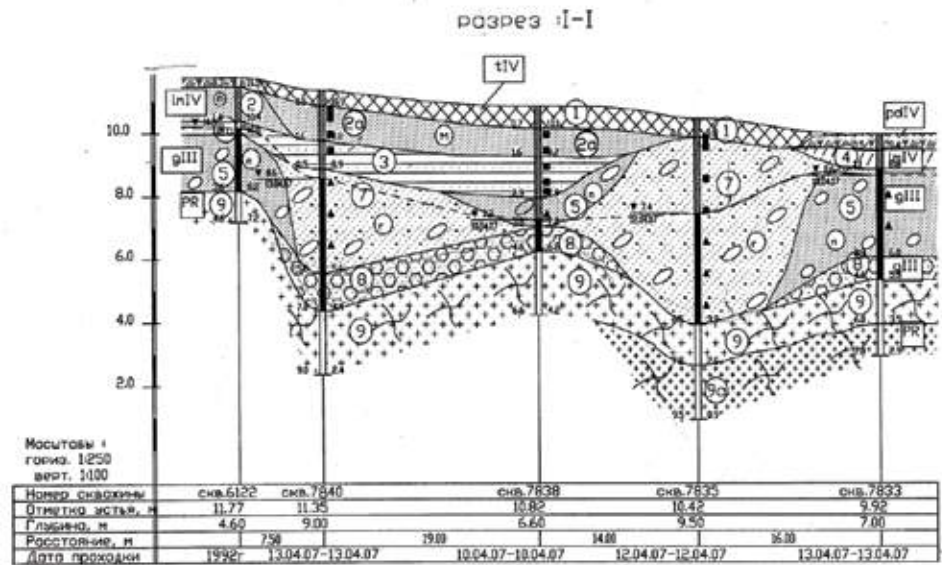


Рис. 2 Продольный инженерно-геологический разрез площадки

тировка. Примером может служить проект свайного фундамента под двенадцатизэтажное жилое бескаркасное здание в г. Выборге. Первоначальный проект предполагал ленточный свайный фундамент высотой 0,6 м, шириной 0,8 м. Ленточные ростверки объединяли сборные железобетонные сваи сечением 0,35x0,35 м, длиной 6,7,8 м. Острие свай по проекту доводилось до скальных и

Таблица 1. Наименования и физико-механические свойства грунтов площадки

№ инд	Геол инд.	Наименование грунта	Пок. тек./ Коеф. пор.	Сцепление, кПа			Угол внутреннего трения, град.			Модуль дефор., МПа	Коеф. фильт., м/сут
				C _н	C ₁	C _{II}	φ _n	φ ₁	φ _{II}		
1	tgIV	Насынный грунт из песков гравелистых, пылеватых, кирпичей	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	2a	Песок пылеватый, средней плотности, водонасыщенный	-0,695	2	1	2	26	23	26	12	0,5...1,0
2a		Песок мелкий средней плотности водонасыщенный	-0,653	2	1	2	32	29	32	24	1...5
3		Глина ленточная, мягкопластичная	0,867/-	35	23	35	12	10	12	9	0,001
3a	ImIV	Глина ленточная, текучепластичная	0,900/-	31	21	31	9	8	9	8	0,001
4		Супесь пластичная (текучепластичная)	0,900/-	2	1	2	18	15	18	5	0,1...1
5	6	Песок пылеватый средней плотности, влажный	-0,626	3	2	3	28	24	28	15	0,5...5
6		Песок средней крупности, плотный, водонасыщенный с гравием, галькой, валунами	-0,638	1	0,7	1	35	32	35	33	20...50
7		Песок гравелистый, средней плотности, водонасыщенный с гравием, галькой, валунами	-0,583	1	0,7	1	39	35	39	35	50...70
8	gIII	Валуны грунт	-/-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	PR	Гранит трещиноватый	-/-	-	-	-	-	-	-	-	20...60
9a		Гранит слаботрещиноватый	-/-	-	-	-	-	-	-	-	5...20

Таблица 2. Физико-механические свойства грунтов площадки

Геологический индекс	Наименование грунтов	№ ИГЭ	Хар-ка	Число пластичности		Плотн. грунта, ρ, г/см ³	Коефф. пористости	Показатель консолидации	Коефф. фильтрации	Показатели прочности		Модуль деформации, E, МПа	Расчетное сопротивление, R _c , кПа	
				Ip	Il					φ, град.	c, кПа			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Ig III	Пески крупные	1	Xн	0.15 0.19	2.04 2.11	0.500			20-75	38±	42**	2**	47± 45**	600**
			X							36 39	1			
			X _с							28 42	2			
Ig III	Пески пылеватые	2	Xн	0.21	2.08	0.550			0.5-1	32±	34**	6**	25± 28**	150**
			X							20 31	4			
			X _с							22 34	6			
Ig III	Пески средней крупности	3	Xн	0.19	2.11	0.500			5-20	36±	39**	3**	37± 45**	500**
			X							22 35	2			
			X _с							26 39	3			
Ig III	Супеси пылеватые пластичные	4	Xн	0.04	0.20	2.06	0.57	0.10	0.10-0.70	29**	17**	26**	275**	
			X							25	11			
			X _с							29	17			
g III	Супеси пылеватые твердые	5	Xн	0.04	0.13	2.22	0.36	-0.14	0.01-0.1	30**	21**	75**	300**	
			X							26	14			
			X _с							30	21			

полускальных грунтов (слои ИГЭ 8,9,9а по таблице 3). На рис. 1 представлен план здания на отметке пола первого этажа. На рис. 2 представлен продольный инженерно-геологический разрез площадки. В таблице 1 представлены наименования грунтов и физико-механические свойства грунтов площадки.

При составлении экспертного заключения было установлено, что выполнить устройство забивных свай в данных инженерно-геологических условиях сложно из-за пестрого напластования грунтов площадки: переслаивания песков различной крупности и плотности с глинами и супесями текучепластичными и текучими, наличия в грунтах включений в виде гравия, гальки, валунов, наличие больших напорных горизонтов подземных вод и неравномерной водопроницаемости грунтов от очень сильноводопроницаемых до водонепроницаемых.

В связи с этими обстоятельствами было принято совместное решение о замене свайного фундамента на фундаментную плиту застройщиком, генпроектировщиком и техническим заказчиком. Решение было обосновано тем фактом, что без проведения специальных дорогостоящих мероприятий довести забивные сваи до проектных отметок было практически невозможно. В итоге в проекте свайный фундамент изменили на фундаментную плиту на искусственном основании. Искусственное основание было предложено сделать в виде подушки их песков средней крупности, которые заменяют слабые текучепластичные глины и супеси (слои ИГЭ 3,3а,4 в таблице 3). Толщина песчаной подушки составила от 1 до 3,2 м. Измененное проектное решение позволило выполнить безопасное строительство здания в данных инженерно-геологических условиях и уменьшить сметную стоимость строительства.

2. ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Как отмечено ранее в процессе строительства проектное решение фундаментов может существенно изменяться. Дополнительным примером может служить строительство жилого высотного двадцатипятиэтажного бескаркасного здания. Первоначально по проекту

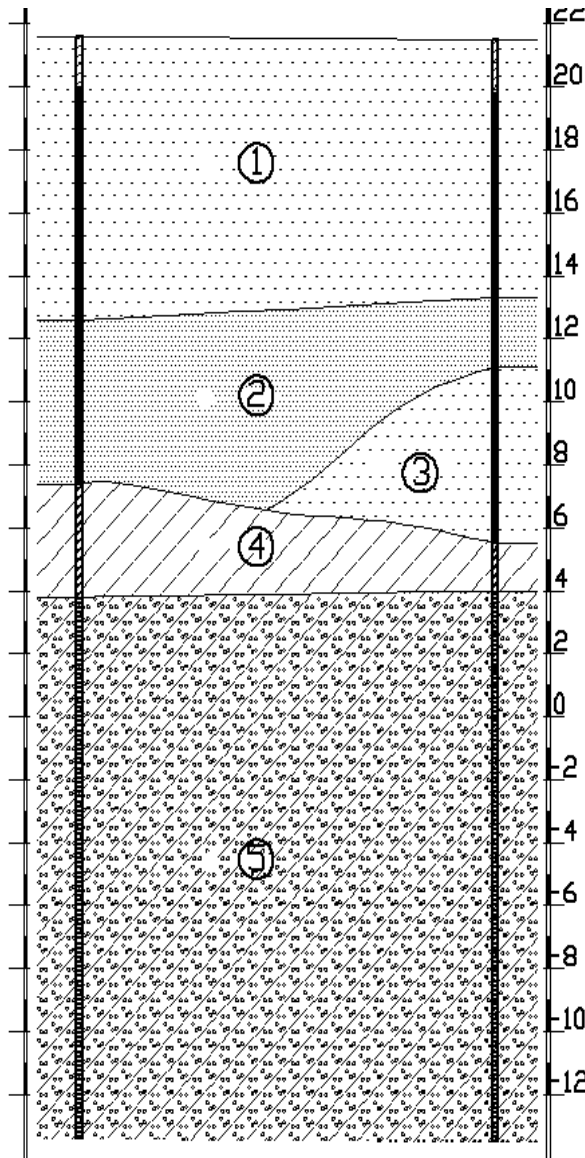


Рис. 3 Характерный инженерно-геологический разрез площадки

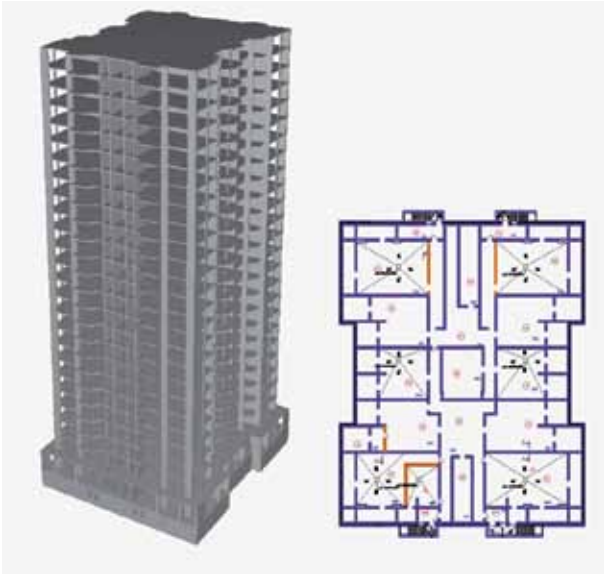


Рис. 4 Аксонометрия здания и план здания на отметке минус 2.800 м.

предполагалось здание высотой 75 м возвести на свайном фундаменте. Конструктивное решение представляло собой свайное поле из свай диаметром 0,45, длиной 16 м в количестве 308 штук. Сваи выполнялись по технологии Fundex. Свайное поле объединялось ростверковой плитой толщиной 0,9 м. В таблице. 2 представлены физико-механические свойства грунтов площадки, а на рис. 3 приведен характерный инженерно-геологический разрез площадки. На рис. 4 приведены аксонометрия здания и план здания на условной отметке минус 2.800 м.

Проект получил положительное заключение экспертизы, однако в процессе устройства свай было установлено, что в данных инженерно-геологических условиях выполнить набивные сваи по данной технологии невозможно. Острые набивных свай Fundex было очень затруднительно довести до проектной отметки, а при доведении до проектной отметки было невозможно выполнить бетонирование свай. Была сделана попытка выполнить забивные сваи, однако эти сваи тоже не удалось довести до проектной отметки. Причиной невозможности доведения набивных и забивных свай до проектной отметки являлись особенности инженерно-геологических условий площадки: мощная толща (до 28м) водонасыщенных плотных песков различной крупности с модулями деформации 25...41 МПа, содержащая напорный водоносный горизонт.

Для доведения свай до проектной отметки требовались специальные дорогостоящие мероприятия: бурение лидерных скважин, предварительное рыхление грунтов, алмазное выбуривание гравия, гальки и валунов в песках и моренных грунтах и т.д. Бетонирование набивных свай в условиях водонасыщенных песков мощностью до 28 м тоже было практически невозможно выполнить из-за всплытия бетонной смеси при подъеме инвентарной обсадной трубы.

В связи с этими обстоятельствами было принято экстренное решение о замене свайного фундамента на фундаментную плиту на естественном основании. Следует отметить, что для высотных зданий устройство фундаментной плиты на естественном основании является

достаточно рискованным решением. Фундаменты высотных зданий испытывают значительные горизонтальные и моментные воздействия от ветровых нагрузок, смещения равнодействующей суммы сил относительно центра тяжести подошвы фундамента и т.д. В данном случае здание в плане являлось симметричным и поэтому основные моментные усилия приходились от ветровых нагрузок. На кафедре Геотехники СПбГАСУ был выполнен дипломный проект по этому зданию. В дипломном проекте были выполнены расчеты пространственной модели здания с учетом различных сочетаний нагрузок и воздействий методом конечных элементов с помощью программы Scad. По расчетам было установлено, что среднее давление по подошве плиты составило 351 кПа, абсолютная осадка по различным методам расчета осадок 5...15 см, крен 0,0014. Таким образом, расчетные деформации не превысили предельно допустимые по требованиям СП 22.133330.2011: абсолютная осадка не более 18 см, крен не более 0,0024 и измененный проект получил положительное заключение экспертизы.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ СВАЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

При строительстве применяются различные технологии устройства свайных фундаментов. При этом особенности инженерно-геологических условий площадки и технологии устройства свай не всегда учитываются должным образом. Примером может служить устройство свайных фундаментов под комплекс жилых зданий по технологии набивных свай Fundex. На рис. 5 приведен схематичный план комплекса зданий с указанием мест предпроектных и контрольных испытаний свай. На рис. 6 приведена технологическая последовательность устройства свай Fundex. При проведении предпроектных испытаний на статическую вдавливающую нагрузку 150 тонн было установлено, что четыре сваи диаметром 0,52 м, длиной 17,5...19,3 м получили вертикальные осадки равные 6...11 мм. При проведении предпроектных испытаний на статическую вдавливающую нагрузку 270 тонн три сваи диаметром 0,52 м, длиной 18,2...18,4 м получили вертикальные осадки равные 40...42 мм. Испытания на нагрузки 150 и 270 тонн проводились в связи с различными нагрузками на сваи от зданий высотой 9...22 этажей. По результатам испытаний было установлено, что в данных инженерно-геологических условиях нет возможности выполнить набивные сваи Fundex длиной более 20 м, так как технология вдавливания подразумевает уплотнение грунта под острием свай, поэтому при устройстве этих свай не хватало вдавливающего усилия установки, особенно при прохождении моренных грунтов с гравием, галькой и валунами. Следовало выполнить специальные мероприятия по бурению лидерных скважин либо рыхлению грунта, однако Заказчик предпочел поменять технологию свай на непрерывный полый шнек. Технология устройства свай с помощью непрерывного полого шнека была применена только для зданий высотой 22 этажа с нагрузкой на одиночную сваю 270 тонн (секции 2-1, 2-5, 2-10). Под остальными секциями зданий были выполнены свайные поля по технологии Fundex. При проведении контрольных испытаний свай в свайных полях было установлено, что при нагрузках 90...126 тонн некоторые сваи длиной 17,5...19,95 м получили вертикальные осадки свыше 40 мм. При исследовании причин развития таких деформаций, было установлено, что в свайных полях средними расстояниями между диаметрами свай 3...4 d устройство

большого количества свай с вытеснением грунта приводит к подъему массива грунта и соответственно расположенных в нем свай. При испытаниях поднятые сваи фактически работают только боковой поверхностью, лобовое сопротивление сваи реализуется только при достижении остриями свай грунта. Это явление можно назвать эффектом подъема свай, который происходит при вдавливании свай в насыщенных свайных полях. Разумеется, при этом происходит изменение прочностных и деформационных характеристик грунта, но до сих пор, нет детальных исследований, в какую сторону происходят эти изменения: упрочнения или наоборот снижения свойств, и как они развиваются по глубине и по периметру свай. Авторами были собраны нагрузки от всех зданий и установлено, что расчетной нагрузкой на одиночную сваю является не 150 тонн, а 100 тонн. В итоге было обосновано положительное заключение на выполненные свайные поля, так как сваи при расчетных нагрузках 100 тонн получили деформации в пределах 40 мм.

Следует отметить, что, как правило, у подрядчиков в технологических регламентах, в стандартах организации и в проектах производства работ по изготовлению набивных свай нет никаких указаний по этому явлению, поэтому вопрос о пригодности таких свай к эксплуатации лежит полностью на проектировщике и подрядчике. Необходимо исправлять эту ситуацию, так как при формальном подходе такие свайные поля следует не вводить в эксплуатацию до проведения специальных исследований и испытаний.

Еще одним из нерешенных вопросов по технологии изготовления набивных свай является образование дефектов в сваях в виде уменьшения диаметра по длине, снижения прочности бетона и фильтрации воды через тело сваи (эффект «плачущих» свай). На рис. 7, 8 приведены фото дефектов набивных свай с различных объектов в Санкт-Петербурге.

Согласно предварительным исследованиям специалистов СПбГАСУ возникновение этих дефектов связано в основном со следующими причинами:

- сложными инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями площадки, наличием больших напоров подземных вод и чередованием водопроницаемых и водонепроницаемых слоев грунта;
- особенностями технологии устройства набивных свай, которая заключается во вдавливании с вкручиванием инвентарной обсадной трубы с тераемым наконечником;
- бетонированием сваи путем сбрасывания бетонной смеси с большой высоты (10...30 м), что приводит к расслаиванию бетонной смеси;
- периодическими нарушениями технологии производства работ по устройству набивных свай: неравномерной и большой скоростью подъема и выкручивания инвентарной обсадной трубы;
- низким качеством поставляемой бетонной смеси на площадку.

По имеющейся у авторов информации до настоящего времени нет детальных исследований причин возникновения дефектов в набивных сваях и мероприятиям по их предотвращению. Технология набивных свай нуждается в серьезных дополнительных исследованиях и эти вопросы в нормативных документах практически никак не отражены.

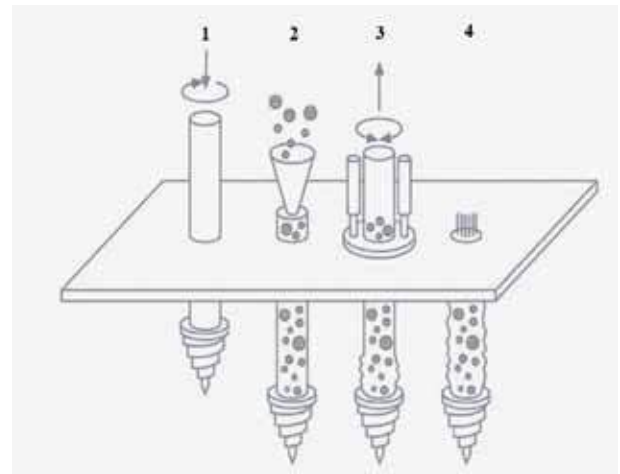


Рис. 6 Технологическая последовательность устройства свай Fundex
1 – вдавливание с вкручиванием пустотелой стальной трубы с тераемым башмаком; 2 – монтаж пространственного арматурного каркаса в трубу и сбрасывание бетонной смеси; 4 – выкручивание трубы из массива грунта (тело железобетонной сваи и башмак остаются в грунте)

4. УСИЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТА ПОД ОБОРУДОВАНИЕ С ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ

Иногда в процессе строительства или эксплуатации фундамент получает дефекты и повреждения, которые ставят под вопрос его надежность и пригодность. В этом случае необходимо проведение специальных исследований. Примером может служить фундамент под оборудование с динамическими нагрузками в г. Выборге. Фундамент предполагалось выполнить под турбину и компрессор с динамическими нагрузками. На рис. 9 приведен план фундамента с привязкой к абсолютным высотным отметкам, отклонениями от проектного положения, расположением трещины и планом свайного поля. На рис. 10 приведен вид фундамента с отображением трещины. На рис. 11 приведен характерный инженерно-геологический разрез площадки. В таблице 3 приведены физико-механические свойства грунтов площадки. Конструктивное решение фундамента представляло собой свайное поле со сваями диаметром 0,62 м, длиной 14,5 м, общим количеством 36 штук. Свайное поле объединялось ростверком толщиной 1,25 м. Устройство свайного фундамента предполагалось в два этапа: бетонирование ростверка высотой 1,05 м, затем монтаж анкерной плиты, высотная настройка анкерных болтов и добетонирование оставшейся части фундамента высотой 0,2 м. Однако после бетонирования фундамента на первом этапе произошло образование сквозной трещины поперек фундамента с шириной раскрытия до 1 мм. Причиной раскрытия трещины послужили следующие факторы:

1. Рыхлая подготовка из песка в основании ростверковой плиты;
2. Отсутствие продольной горизонтальной рабочей арматуры в верхней части фундамента, что привело к раскрытию трещины из-за образования растягивающих напряжений в верхней части фундамента;
3. Усадочные деформации бетона ростверковой плиты.

Специалисты СПбГАСУ провели расчеты фундамен-

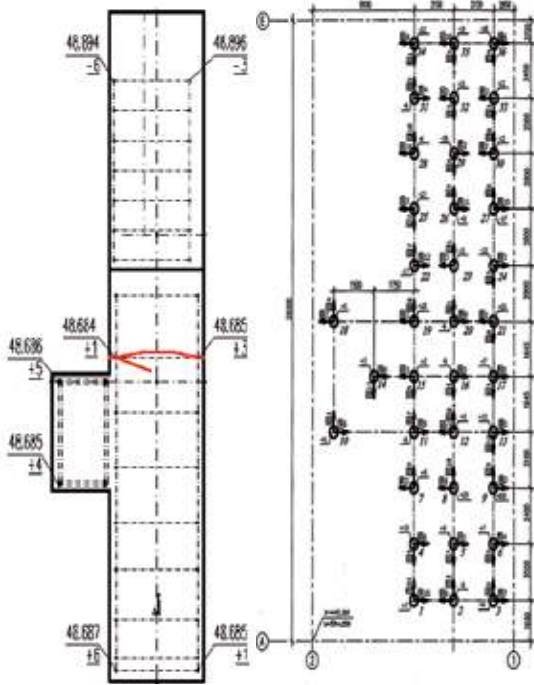


Рис. 9 План фундамента с привязкой к абсолютным высотным отметкам, отклонениями от проектного положения, расположением трещины и планом свайного поля

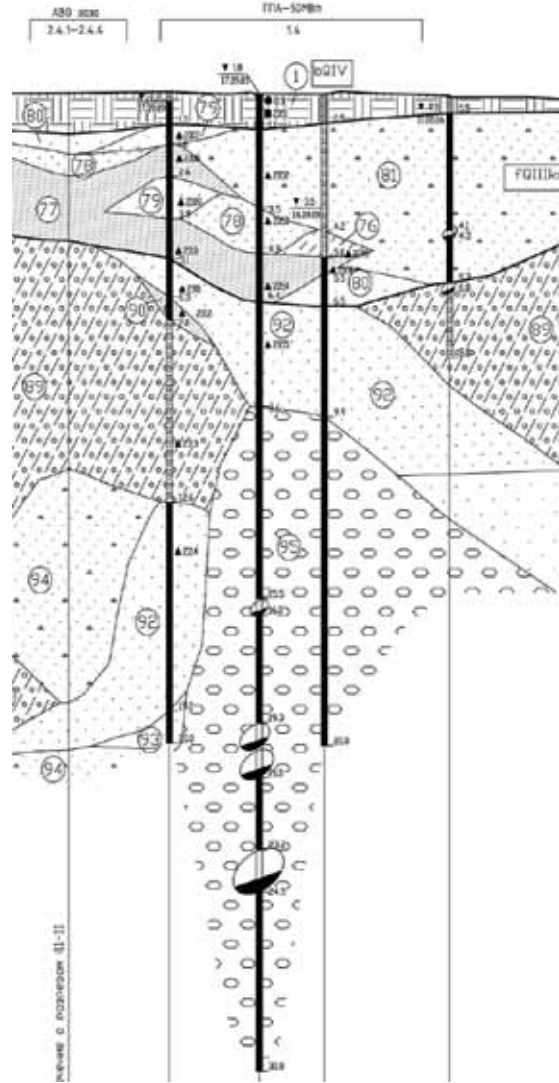


Рис. 11 Характерный инженерно-геологический разрез площадки

та на динамические нагрузки по требованиям СНиП 2.02.05-87 Фундаменты машин с динамическими нагрузками. Расчеты выполнялись по двум расчетным схемам:

1. Трещина не влияет на работоспособность фундамента, он работает как единая сплошная монолитная железобетонная плита;
2. Фундамент разделен трещиной на две части, и эти части при динамических нагрузках работают отдельно друг от друга.

Нагрузки на фундамент от турбины и компрессора были предоставлены генпродрайчиком, а также были

Таблица 3. Физико-механические свойства грунтов площадки

Лито-логический индекс	№ ИГЭ	Наименование грунта	Природная влажность грунта, ω , д. ед.	Плотность грунта, ρ , т/м ³	Коэффициент пористости, e , д. ед.	Показатель текучести, I_L , д. ед.	Угол внутреннего трения, φ , град.	Сцепление, c , кН/м ²	Модуль деформации, E , МПа
bQ _v	1	Торф слабо разложившийся (болото I типа)	4,86	1,05	7,727	-	-	-	-
fQ _{пк}	76	Супеси пластичные	0,17	1,91	0,628	0,67	24	14	17,2
	77	Пески пылеватые	0,27/0,10	1,94/1,68	0,730	-	26	2	12*
	78	Пески мелкие	0,26/0,10	1,97/1,72	0,700	-	30	1	23*
	79	Пески средней крупности	0,24/0,10	2,00/1,77	0,650	-	35	1	30*
	80	Пески крупные	0,25/0,10	2,00/1,76	0,650	-	38	0	30*
gQ _{пк}	81	Пески гравелистые	0,25/0,10	1,99/1,77	0,650	-	38	0	30*
	89	Супеси твердые	0,09	2,23	0,298	-1,00	40	50	70
	90	Песок пылеватый	0,23	2,04	0,590*	-	34	6	28*
	92	Пески средней крупности	0,21	1,97	0,550*	-	38	2	40*
	93	Пески крупные	0,20	2,07	0,530*	-	40	1	43*
	94	Пески гравелистые	0,20	2,08	0,540*	-	40	1	44*
	95**	Гравийный грунт с песчаным и супесчаным заполнителем	0,09	2,23	0,304	-1,1	28,3	4,9	57,6

Таблиця 4. Сводные результаты расчетов форм колебаний фундамента от динамических нагрузок (по проекту и по СНиП 2.02.05-87) по двум расчетным схемам

Формы колебаний:	Амплитуды в мкр							
	Целый фундамент	Фундамент с трещиной						Сумма колебаний отдельных "частей" (турбина + компрессор)
		Турбина		Компрессор				
	Вариант определения нагрузок							
	п.2.7. СНиП 2.02.05-87	Проект 0-26-9310-434	п.2.7. СНиП 2.02.05-87	Проект 0-26-9310-434	п.2.7. СНиП 2.02.05-87	Проект 0-26-9310-434	п.2.7. СНиП 2.02.05-87	Проект 0-26-9310-434
1) Горизонтально-вращательные	0,20	2,21	0,11	1,49	0,26	2,52	0,37	4,01
2) Горизонтальные	0,19	2,04	0,11	1,45	0,26	2,50	0,36	3,95
3) Вращательные	0,07	0,71	0,01	0,10	0,11	1,08	0,12	1,18
4) Вертикальные	0,34	1,89	0,06	0,27	0,41	2,87	0,47	3,13

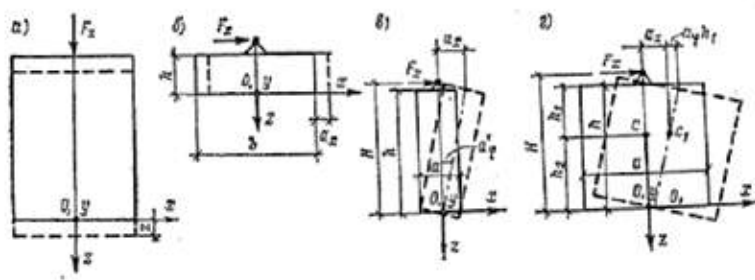


Рис. 12 Формы амплитуд колебаний фундаментов с динамическими нагрузками
а) вертикальные; б) горизонтальные; в) вращательные; г) горизонтально-вращательные

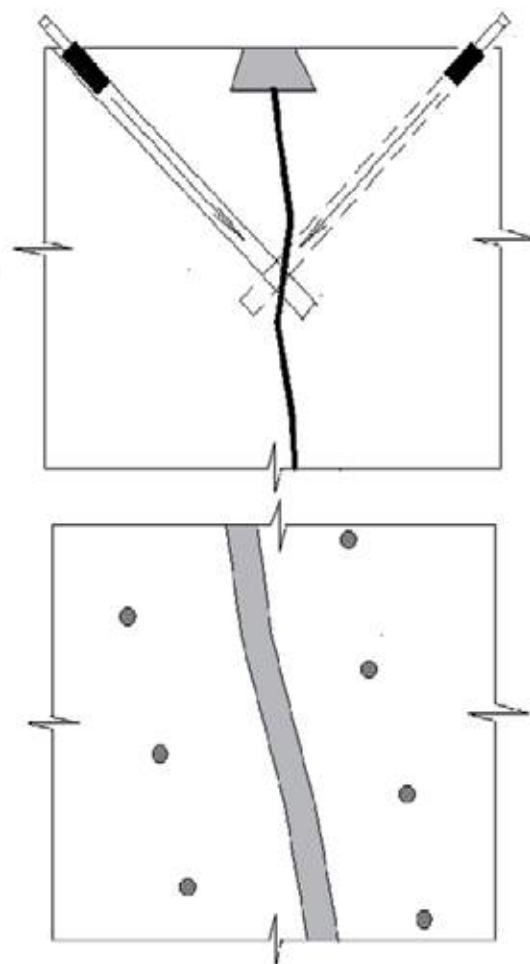


Рис. 13 Схема инъектирования участка фундамента с трещиной (разрез и план участка фундамента)

вычислены по СНиП 2.02.05-87. Основным условием работоспособного состояния фундамента по СНиП 2.02.05-87 является обеспечение требований по ограничению амплитуд колебаний. На рис. 12 приведены формы амплитуд колебаний фундаментов с динамическими нагрузками, по которым видно, что формы амплитуд колебаний фундамента, превышающие предельно допустимые величины могут привести к недопустимым повреждениям фундамента и оборудования.

Согласно выполненным расчетам по обеим расчетным схемам амплитуды колебаний не превышали предельно допустимой величины (0,05 мм или 50 микрон). В таблице 4 приведены сводные результаты расчетов форм колебаний фундамента от динамических нагрузок по двум расчетным схемам и по двум типам нагрузок (по проекту и по СНиП 2.02.05-87). Максимальная амплитуда колебаний фундамента по расчетам составила 4,01 микрона или 0,00401 мм.

Тем не менее, хотя по расчетам фундамент проходил на действующие динамические нагрузки, генпроект-

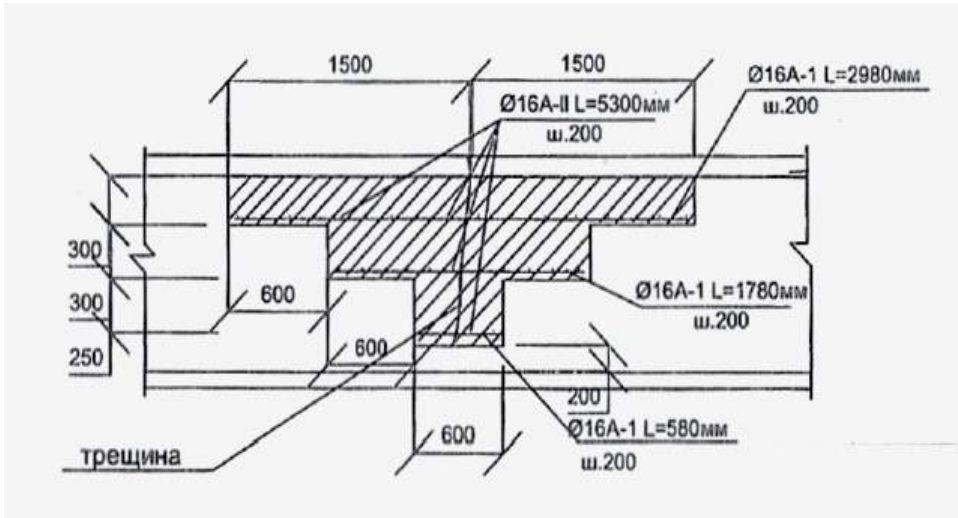


Рис. 14 Схема усиления путем демонтажа и замоноличивания части фундамента

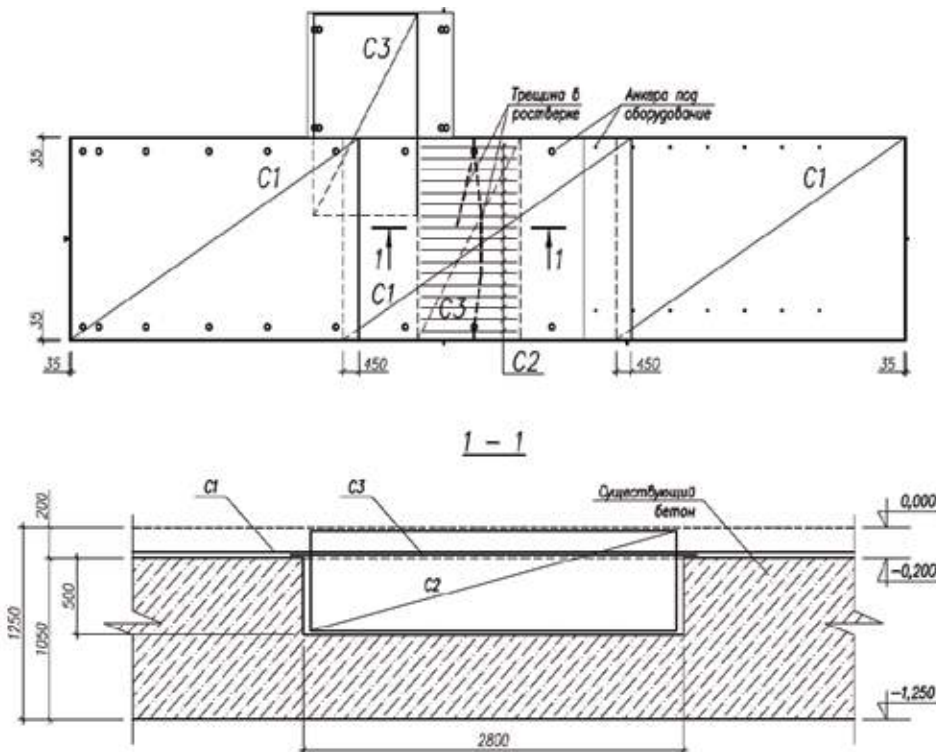


Рис. 15 Схема усиления фундамента путем поперечного штрабления, армирования и замоноличивания трещины по проектному решению специалистов СПбГАСУ

тировщик потребовал демонтировать выполненный фундамент и выполнить новый, или разработать специальные мероприятия по усилению фундамента с трещиной. Следует отметить, что это требование было обосновано, так как фундамент, воспринимающий динамические нагрузки и разделенный трещиной может получить недопустимые амплитуды колебаний и повредить монтируемое дорогостоящее оборудование в случае непредвиденных нагрузок (при запуске, пуско-наладке, испытаниях оборудования, нарушении технологических режимов и т.д.). Однако генподрядчик не мог демонтировать фундамент и выполнить новый, так как эти мероприятия суще-

ственно задерживали сроки и увеличивали стоимость строительства. Генподрядчиком было предложено проектное решение по заделке сквозной трещины с помощью технологии высоконапорного инъецирования микроцементом. На рис. 13 представлена схема инъецирования трещины. Генпроектировщик отказался от данного проектного решения, так как на эту технологию не имелось сертификатов соответствия на микроцемент и применяемое оборудование. Тогда генподрядчик предложил демонтировать часть фундамента и выполнить омоноличивание фундамента. На рис. 14 представлена схема данного проектного решения. Однако это решение также не устроило генпроектировщика. Тогда специалисты СПбГАСУ предложили вариант поперечного штрабления, армирования и бетонирования трещины. Проектное решение специалистов СПбГАСУ приведено на рис. 15. Этот вариант устроил и генпроектировщика и генподрядчика. В итоге данное проектное решение было реализовано и фундамент был усилен способом, предложенным специалистами СПбГАСУ, что позволило сдать его в эксплуатацию в назначенные сроки.

ВЫВОДЫ

Вышеописанные примеры показывают, что успешная реализация любого объекта зависит в первую очередь от совместной заинтересованности в качественной работе специалистов по изысканиям, проектированию и строительству.

Научно-техническое сопровождение работ по изысканиям, проектированию и строительству силами специализированных организаций и высших учебных заведений, позволяет скоординировать взаимодействие различных участников строительства между собой, спрогнозировать возможные риски, разработать мероприятия по предотвращению возникновения опасных ситуаций, проконтролировать качество работ по строительному объекту, что в совокупности обеспечит надежность строительных конструкций.

РИСУНКИ К СТАТЬЕ МАНГУШЕВ Р.А., ВЕСЕЛОВ А.А., КОИЮШКОВ В.В., САПИН Д.А. «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ СПЕЦИАЛИСТАМИ СПБГАСУ»



Рис. 5. Схематичный план комплекса зданий с указанием мест предпроектных и контрольных испытаний свай.



Рис. 7. Уменьшение диаметра свай



Рис. 8. Фильтрация воды через тело сваи (эффект «плачущих» свай)



Рис. 10. Вод фундамента с отображением трещины

РИСУНКИ К СТАТЬЕ УЛИЦКОГО В.М., ГОРОДНОВОЙ Е.В., ШАШКИНА М.А., SIKORA Z., WYROŚLAK M. «УСИЛЕНИЕ СЛАБЫХ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ ДОРОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ»

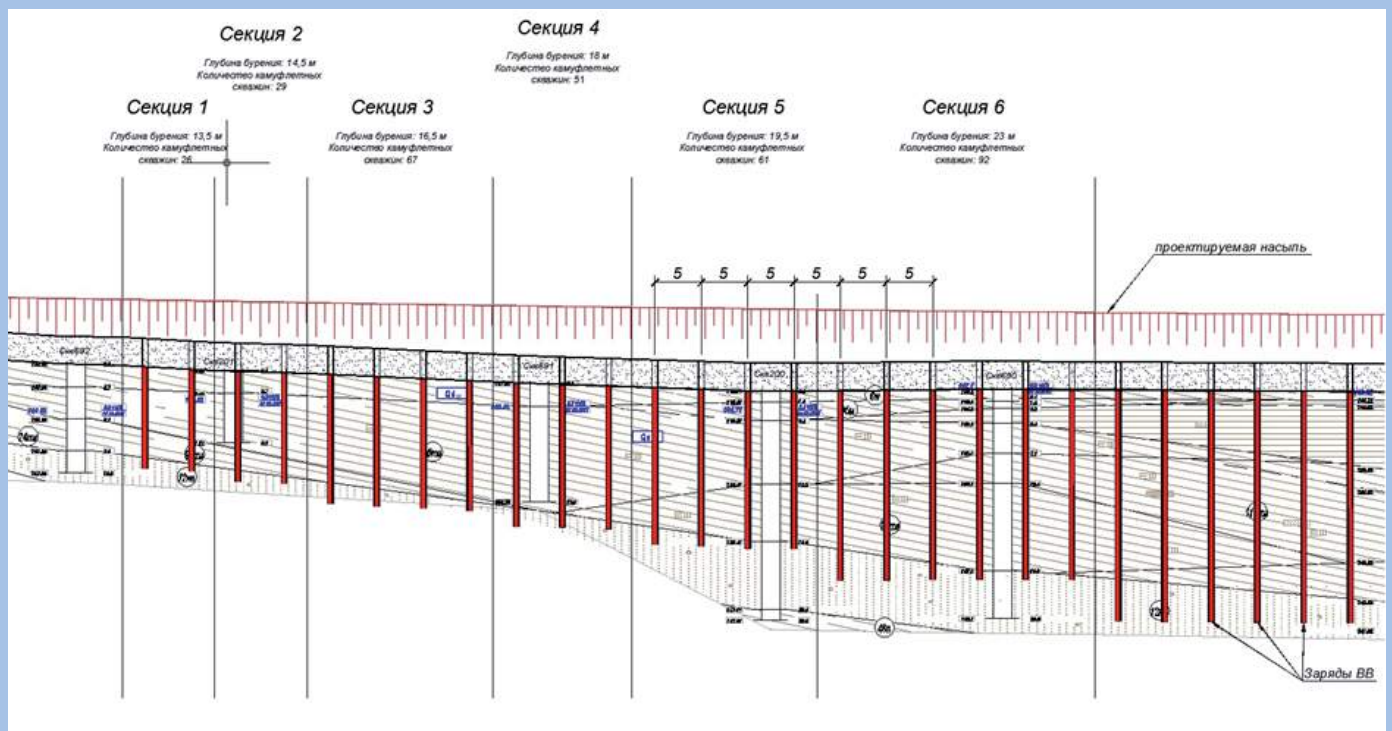


Рис. 2. Продольный разрез зоны уплотнения (фрагмент), г. Одинцово, МО