

ОПЫТ ВОЗВЕДЕНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ, ОБЪЕДИНЕННЫХ ПОЛОГИМИ ОБОЛОЧКАМИ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ г.ТЮМЕНИ

Ким Б.Г.¹, Прозозин Я.А.², Цыганкова М.А.², Волосюк Д.В.¹

¹ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, Россия (600000, Владимир, ул. Горького, 87), e-mail: kim_bg@mail.ru

²ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», Тюмень, Россия (625001, Тюмень, ул. Луначарского, 2), e-mail: volosyuk_dv@tgasu.ru

Тюмень - стремительно развивающийся город с большими объемами многоэтажного строительства. Исторически этот город расположен на территории со слабыми водонасыщенными грунтами. В таких условиях сложной инженерной задачей является устройство экономически выгодных фундаментов высотных зданий, отвечающих требованиям строительных норм. Одним из вариантов решения данной задачи является применение фундаментов – оболочек. В статье рассматриваются технологические особенности устройства ленточных фундаментов, объединенных пологими железобетонными оболочками с однослойным армированием, на примере строительства 17-ти этажного дома в г.Тюмени. Авторы приводят конструктивное описание фундамента, технологическую последовательность его возведения, включающую земляные, подготовительные, арматурные, опалубочные, бетонные работы. В заключение статьи приводятся расходы основных материалов и данные по геотехническому мониторингу.

Ключевые слова: ленточный фундамент, оболочка, арматурные работы, бетонные работы, опалубочные работы, технология строительства.

BUILDING EXPERIENCE OF THE STRIP FOUNDATIONS COMBINED BY SHALLOW SHELL IN HEAVY GEOTECHNICAL CONDITIONS OF TYUMEN

Kim B.G.¹, Pronozin Y.A.², Tsygankova M.A.², Volosyuk D.V.¹

¹Vladimir State University named after Alexandr and Nikolay Stoletovs, Vladimir, Russia (600000, street Gorky, 87), e-mail: kim_bg@mail.ru

²Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering, Tyumen, Russia (625001, Tyumen, street Lunacharskogo, 2), e-mail: volosyuk_dv@tgasu.ru

Tyumen is a fast developing city with large volumes of high-rise building. Historically, the city is located on the lands comprised of soft water-bearing soil. Under these conditions, installation of economically efficient high-rise building foundation, which corresponds to requirements of building norms, is a complex engineering problem. Shell foundation using is one of the solutions. The article discusses the technological features of construction of the strip foundations combined by shallow shell with single-layer reinforcement. Technological features are considered on example of the 17-th storied building construction. Authors describe the foundation construction and building manufacturing sequence including ground works, preliminary works, rebar placement, formwork and concrete work. In conclusion, paper presents material consumption and geotechnical monitoring statistics.

Keywords: strip foundation, shell, rebar placement, formwork, concrete work, building method.

В процессе проектирования первой очереди строительства 17-ти этажного жилого комплекса (ГПЗ...ГП-8) в г.Тюмени инженеры столкнулись с проблемой выбора типа фундамента под один из домов ввиду сложных инженерно-геологических условий площадки. Согласно инженерно-геологических изысканий на глубину до 9,5 м залегают достаточно плотные грунты, а ниже на глубину более 30 м идет напластования слабых водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов (табл. 1).

Описание грунта	Глубина H , м	γ_I , кН/м ³	φ_{II} , град	c_{II} , кПа	E , МПа
-----------------	-----------------	--------------------------------	-----------------------	----------------	-----------

Суглинок тяжелый твердый	0-4,0	20,5	19,38	26,3	20,56
Песок мелкий средней степени водонасыщения	4,0-4,5	19,0	34,68	0,0	27,03
Супесь пластичная	4,5-6,7	19,3	23,6	12,8	15,2
Песок мелкий насыщенный водой	6,7-9,5	19,3	33,99	0,0	33,32
Суглинок ожелезненный текучепластичный	9,5-15,0	17,8	15,0	23,0	5,0
Суглинок опесчаненный тугопластичный	15,0-30,0	17,7	14,67	34,0	7,58

Таблица 1. Физико-механические характеристики грунтового основания.

Плитные, свайные и свайно-плитные фундаменты, на которых были возведены пять соседних ГП, при данных инженерно-геологических условиях либо имели сверхнормативные расчетные осадки 35-40 см [3, 4], либо включали составные забивные или буровые сваи большой длины и соответственно высокой стоимости.

Генеральный проектировщик, имеющий многолетний опыт проектирования и строительства в Тюменском регионе не смог разработать какой-либо вариант фундамента под ГП-8. Монолитно-каркасный дом состоит из двух секций, разделенных деформационным швом, с габаритными размерами в осях фундаментов 45,11x14,51 м. В результате вариантного проектирования специалистами ТюмГАСУ был разработан проект, предусматривающий устройство плитно-оболочечного фундамента мелкого заложения [1, 2]. Жесткая плитная часть фундамента устраивается на участках расположения несущих стен, колонн и воспринимает нагрузку от здания. Оболочечная часть фундамента сформирована в пролетной части между участками нагружения и представлена пологими цилиндрическими ж/б оболочками, обращенными выпуклостью вверх (рис.1).

Толщина плитной части фундамента принята 1200 мм, толщина оболочек 200 мм. Армирование оболочек однослойное из арматуры А500С диаметром 22 мм. Для плитной части основная рабочая арматура - А500С диаметрами 25 и 22 мм, поперечная арматура - А500С диаметром 12 мм. Для бетонирования принят тяжелый бетон В25, F200, W6.

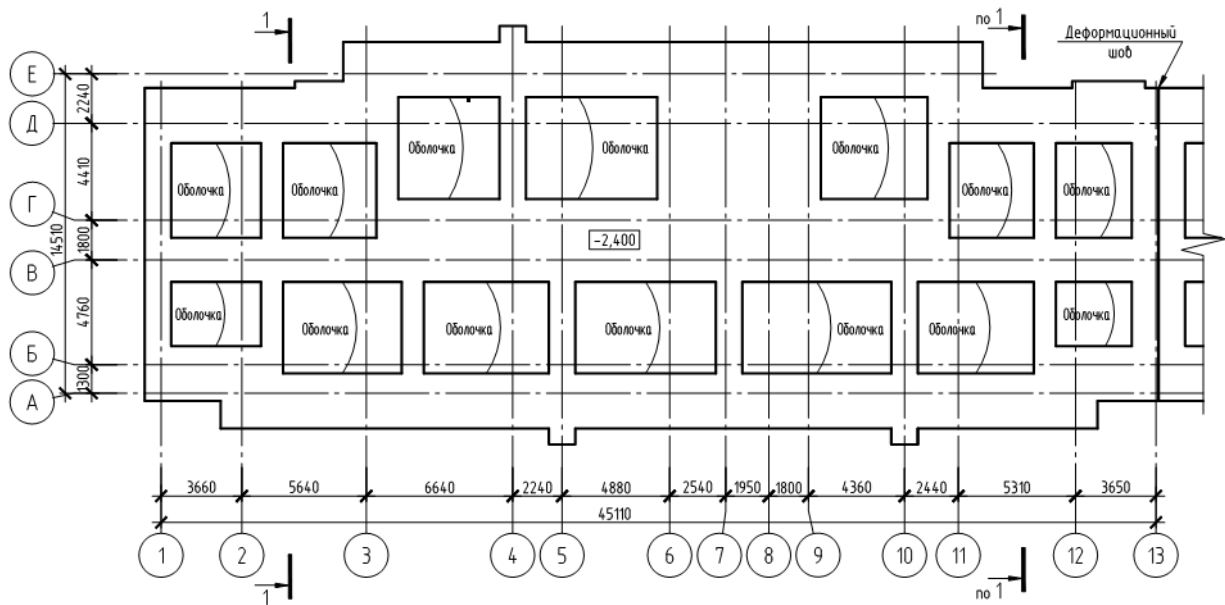


Рис. 1. План плитно-оболочечного фундамента под первую секцию ГП-8.

Устройство фундамента под обе секции ГП-8 осуществлялось поточным методом без простоев бригад по фронтам работ. Процесс возведения каждой секции был условно разделен на 5 этапов: земляные, подготовительные, арматурные, опалубочные и бетонные работы. Ниже приведено описание выполненных технологических процессов.

Земляные работы. Технологический процесс производства земляных работ включал планировку поверхности земли в пределах габарита строительной площадки, разработку грунта с погрузкой в транспортные средства, транспортировку грунта, планировку дна и откосов. Профиль грунтового основания для разреза 1-1 представлен на рис.2.

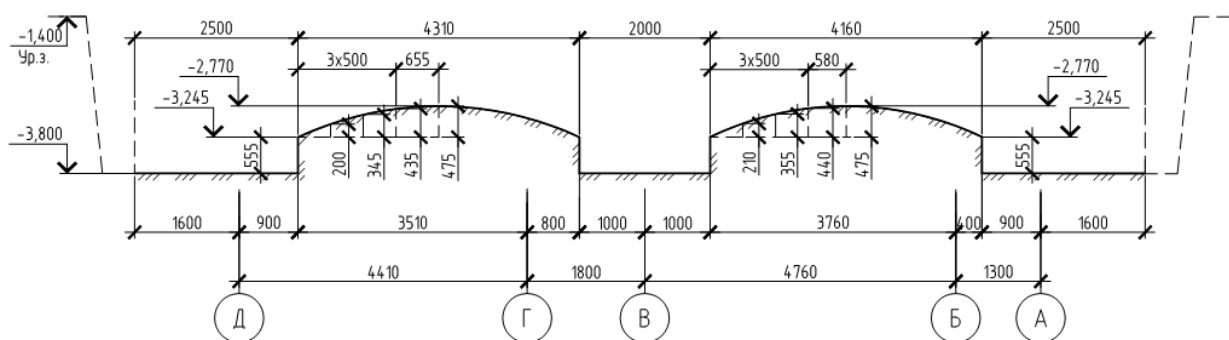


Рис. 2. Профиль грунтового основания (для разреза 1-1)

Проектом предусматривалась подготовка основания в два этапа. На первом этапе, используя гидравлический экскаватор ЕТ-25, производилась отрывка котлована до отметки -2,770 и траншей до отметки -3,800 для устройства плитного фундамента (рис. 3б).

На втором этапе вручную формировались криволинейные цилиндрические поверхности выпуклые вверх для устройства оболочечной части фундамента (рис.3а). Производилась доработка грунта и зачистка основания траншей, криволинейных поверхностей вручную. До начала подготовительных работ производилось уплотнение грунтового основания траншей и оболочек.



Рис. 3. Земляные работы: а - формирование криволинейных поверхностей вручную; б – отрывка траншей;

Подготовительные работы. Под плитную часть фундамента по грунтовому основанию траншей устраивалась послойно уплотненная щебеночная подготовка толщиной 15 см из щебня фракции 20-40 (рис.4а).



Рис. 4. Подготовительные работы: а – устройство щебеночной подготовки; б – устройство подготовки из тощего бетона;

После устройства щебеночной подготовки выполнялась подготовка из «тощего» бетона класса В7,5 для обеспечения стабильного состояния поверхности грунтового основания и блокирования фильтрации цементного молока из бетона при его укладке.

Подготовку из «тощего» бетона в траншеях по уплотненному щебеночному основанию. выполняли толщиной 5 см, по криволинейному грунтовому основанию ненарушенной структуры, толщиной 7 см (рис. 4б).

В первую очередь «тощий» бетон укладывался по криволинейной поверхности оболочки, оставляя плитную часть для прохода бетонщиков и для выставления опалубочных досок. Бетонную смесь подвижностью 0-2 см укладывали по поверхности оболочки, разравнивали и уплотняли виброрейкой. Устанавливаемая на данном этапе фанерная опалубка не демонтировалась, а оставалась для последующего бетонирования фундамента.

Арматурные работы. Оболочечная часть армировалась криволинейными сварными арматурными сетками, изготовленными в построечных условиях (рис.5, ба). Сетки укладывались с соблюдением защитного слоя бетона по верху и низу оболочки.

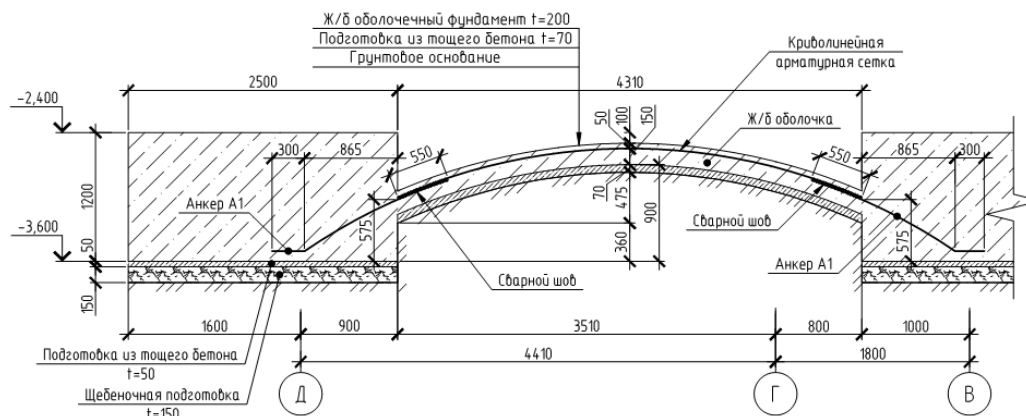


Рис. 5. Схема армирования оболочки (для разреза 1-1)

Плитная часть фундамента армировалась отдельными стержнями и пространственными каркасами в следующей последовательности:

- С учетом защитного слоя бетона укладывались стержни нижней рабочей арматуры. Стержни соединялись с помощью вязальной проволоки.
- Устанавливались анкера А1, необходимые для соединения арматурных сеток оболочечных частей между собой и для увязки данных сеток с арматурным пространственным каркасом плитного фундамента (рис. 6б). Анкер А1 приваривался к криволинейным стержням арматурной сетки оболочки и к рабочим стержням нижней сетки плитного фундамента. Параллельно на нижнюю рабочую арматуру плитного фундамента устанавливались пространственные каркасы, выполняющие две основные функции: формирование поперечного армирования и обеспечение необходимого расстояния между верхней и нижней рабочей арматурой.
- На каркасы устанавливались стержни верхней рабочей арматуры плитной части фундамента. Стержни соединялись с помощью вязальной проволоки.



Рис. 6. Арматурные работы: а – криволинейные сетки оболочечной части; б – сопряжение плитной и оболочечной частей при помощи анкеров А1.

В процессе производства работ по установке в проектное положение армирования оболочечной части выяснилась нерациональность использования анкеров А1. В данном случае конструктивно правильным решением будет прямая анкеровка единого криволинейного стержня в теле бетона плитной части. При таком подходе отпадает необходимость в сварных швах для устройства стыка сетки и анкера, снижается трудоемкость и повышается качество выполняемых работ (рис.5, ба).

Опалубочные работы. По периметру фундамента использовалась сборная дощатая опалубка, собираемая на строительной площадке (рис.7а). По внутренним граням плитной части вдоль оболочек устанавливалась опалубка из ламинированной влагостойкой фанеры, раскрепляемая дополнительными арматурными стержнями (рис.7б). Важной особенностью установки такой опалубки является недопущение ее опирания на анкера А1 и криволинейные стержни сеток оболочек (рис.7в).

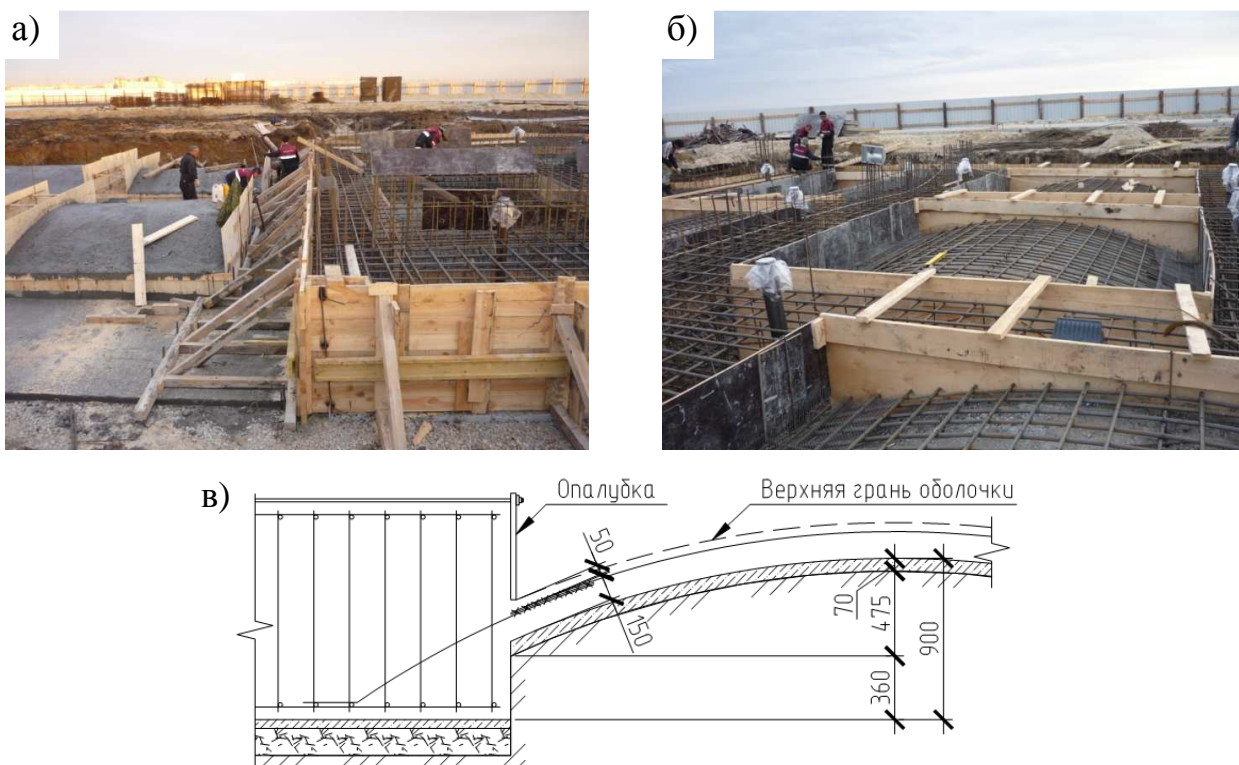


Рис 7. Опалубочные работы: а – дощатая опалубка по периметру плиты; б, в – опалубка по периметру оболочечной части.

Бетонные работы. Бетонирование фундамента производилось при помощи автобетононасоса. В первую очередь бетонировались оболочки, аналогично устройству бетонной подготовки, а затем плитная часть. Бетонная смесь в оболочечную часть укладывалась на всю толщину оболочки равную 20 см. Для выдерживания данной толщины предусматривались маяки в виде арматурных деталей, установленных на криволинейные стержни оболочек и служащих направляющими для движения виброрейки при заглаживании бетонной поверхности (рис.8а). Бетонная смесь в плитную часть укладывалась слоями толщиной 30-40 см (рис.8б, г). Уплотнение бетона производилось глубинными вибраторами.

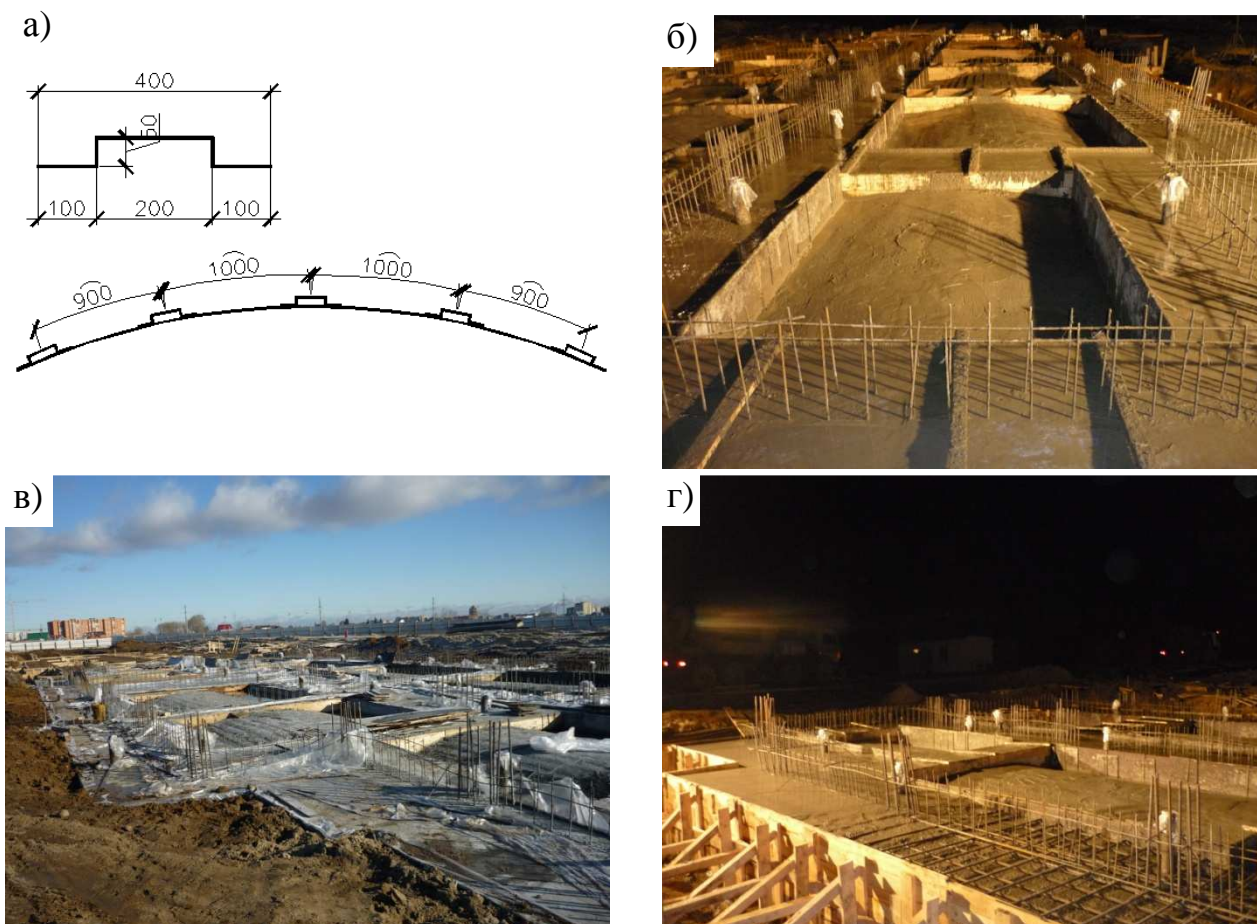


Рис 8. Бетонные работы: а – маяки для бетонирования оболочек; б, г – бетонирование оболочечной и плитной частей; в – защита бетона полиэтиленовой пленкой.

Бетонирование фундаментов и набор прочности бетона происходили в осенний период при среднесуточных температурах воздуха $+8...+22^{\circ}\text{C}$, поэтому не требовался дополнительный тепловой уход и обильное увлажнение бетонной смеси. Конструкции оболочек с целью сохранения в них влаги необходимо было покрыть пленкообразующими составами или закрыть полиэтиленовой пленкой (рис.8в). Помимо увлажнения свежееуложенный бетон защищался от размыва дождем, выветривания, сотрясений и деформаций.

В ходе производства работ по устройству плитно-оболочечного фундамента для ГП-8 осуществлялся авторский надзор, все работы выполнялись в соответствии с проектом. При одинаковой трудоемкости фундаменты секций ГП-5...ГП-8 имели различную продолжительность возведения. Фундамент секции ГП-8 был возведен за 26 дней, из них 5 дней было затрачено на устройство стыков арматурных сеток оболочек с анкерами А1. Свайные фундаменты секций ГП5...ГП-7 были возведены за 30 дней с учетом забивки свай. Расходы материалов на фундаменты двух секций для ГП-3...ГП-8 приведены в таблице 2.

Таблица 2. Расходы материалов на устройство фундаментов ГП-3...ГП-8.

Тип фундамента		ГП-3	ГП-4	ГП-5, ГП-6	ГП-7	ГП-8
		свайно-плитный	свайно-плитный	свайный	свайный	плитно-оболочечный
Расход бетона, м ³	В25	1295	1283	-	-	1275
	В20	-	-	595	631	-
	В7,5	146	145	-	-	89
Расход стали, кг		56986	55673	24754	23314	108893
Количество свай, шт	С90.30-8	301	-	-	-	-
	С80.30-8	-	307	-	-	-
	С60.30-5	-	-	982	1003	-
	С40.30-3	50	52	52	53	-

В период середины сентября 2013 года на основание передается около 90% нормативной нагрузки - полностью возведен каркас здания и самонесущие стены, перегородки, производятся отделочные работы. Сотрудниками ТюмГАСУ регулярно ведется геотехнический мониторинг. Максимальные осадки фундамента не превышают 40 мм, относительная разность осадок $\Delta s / L = 0,00035$. Окончание строительства запланировано на ноябрь 2013 года. В течение двух лет после сдачи объекта будет проводиться геотехнический мониторинг.

Список литературы

1. Прозин Я.А., Степанов М.А. Комбинированные фундаменты как синтез плитного и свайного фундаментов. Эволюция развития // Сборник материалов XVI научно-образовательной конференции ТюмГАСУ. – Тюмень, 2012. – С. 122-125.
2. Прозин Я.А., Степанов М.А. Экспериментальные исследования взаимодействия свайно-оболочечных фундаментов с предварительно уплотняемым грунтовым основанием // Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции «Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении» - Новочеркасск, 2012. – С.243-250.
3. СНиП 2.02.01-83*. «Основания зданий и сооружений» / Госстрой России.- М.: ФГУП ЦПП, 2004.
4. СП 50-101-2004. «Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений» / Госстрой России. – М.: ФГУП «НИЦ «Строительство», 2004.
5. Тер-Мартиросян З.Г., Прозин Я.А., Степанов М.А. Обоснование использования свайно-оболочечных фундаментов с предварительно напряженным грунтовым основанием //

Журнал «Основания, фундаменты, механика грунтов». Сер.: Механика грунтов. - №4, 2012. - С. 2 – 6.

Рецензенты:

Чикишев В.М., д.т.н., профессор, ректор ФГБОУ ВПО ТюмГАСУ, г. Тюмень.

Миронов В.В., д.т.н., профессор кафедры Водоснабжения и водоотведения ФГБОУ ВПО ТюмГАСУ, г. Тюмень.