



АВТОРЫ



ЗОЦЕНКО Н.Л.
Доктор технических наук, профессор Полтавского национального технического университета



ШОКАРЕВ В.С.
Директор Запорожского отделения НИИСК, доктор технических наук



ГРИЦЕНКО В.В.
ГИП ПАО «ДИОС»



ШАПОВАЛ А.В.
ГИП Запорожского отделения НИИСК, кандидат технических наук



СВЯТУН Р.Я.
Начальник строительного отдела «ПАО ДИОС»

УСИЛЕНИЕ ОСНОВАНИЯ СКЛАДА МАСЛА ЕМКОСТЬЮ 26000 ТОНН В Г. МАРИУПОЛЕ

УДК 624.1

АННОТАЦИЯ

На основании анализа грунтовых участков, приведены результаты технико-экономического сравнения вариантов подготовки основания и фундирования склада масла. Применение буромесительной технологии при подготовке основания позволило снизить стоимость строительства и выполнения фундамента неглубокого заложения в условиях высокого залегания грунтовых вод.

Based on the analysis of ground stations, the results of technical and economic comparison of options and preparation of foundation base oil stock. Application burosmesitelnoy technology in the preparation of the base will reduce the cost of construction and implementation of a shallow foundation incorporated in the conditions of high groundwater.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

сложные геологические условия, варианты фундирования, сваи, буромесительная технология, грунтоцементные элементы

Постановка проблемы. Проект «Склад подсолнечного масла емкостью 26000 тонн и наливной причал в Мариупольском торговом порту» характерен прежде всего тем, что реализовать его необходимо в условиях прибрежной зоны Азовского моря, всего в 200 м от берега Азовского моря. Площадка строительства располагается на неоднородных грунтах, в толще которых залегают пески, насыщенные водой, под которыми залегают суглинистые илы, текучие в водонасыщенном состоянии. Естественным основанием такие грунты служить не могут, поэтому возник вопрос выбора искусственного основания.

Анализ последних исследований. Инженерно-геологические условия площадки строительства представлены на разрезе (рис.1).

В геоморфологическом отношении территория приурочена к морской террасе Азовского моря. Рельеф площадки спокойный, носит ярко выраженный техногенный характер. Абсолютные отметки поверхности земли изменяются в пределах 2,50 – 3,00 м.

В геологическом строении территории принимают участие морские отложения, перекрытые техногенными (насыпными) грунтами.

В толще основания выделены 5 инженерно-геологических элементов, характеристики которых приведены в табл.1.

Площадка строительства располагается в г. Мариуполь с интенсивностью сейсмического воздействия 6 баллов (ДБН В. 1.1-12:2006, карта А). В связи с залеганием в основании водонасыщенных песков и суглинистых илов интенсивность расчетного сейсми-

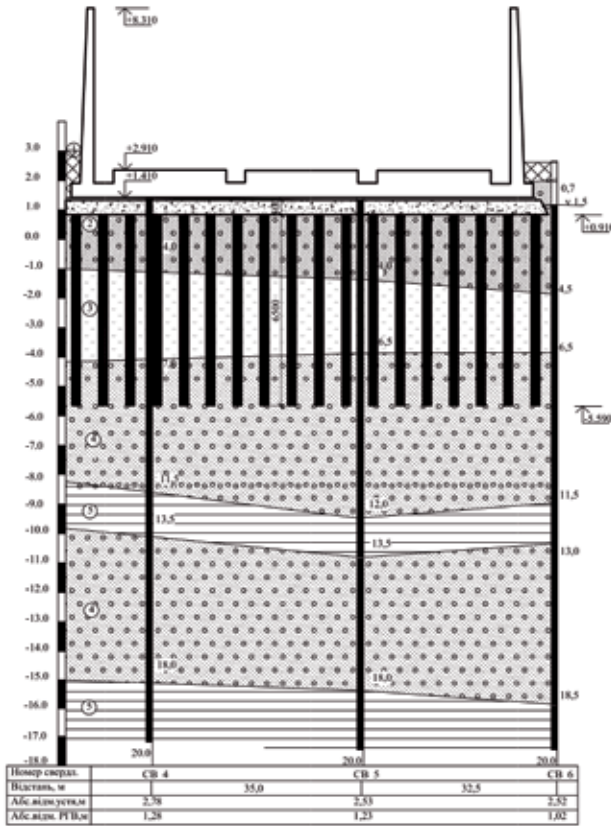


Рис.1. Инженерно-геологический разрез.

Таблица 1. Данные к инженерно-геологическому разрезу

Инженерно-геологические элементы	Толщина слоя, м	Физико-механические свойства грунтов			
		плотность, ρ , т/м ³	модуль, E, МПа	угол, ϕ , град.	сцепление, c, кПа
ИГЕ-1. Насыпные грунты (строймусор, песок)	0,5-1,5	1,72	-	-	-
ИГЕ-2. - пески желто-серые, разнозернистые, с ракушкой, средней плотности, однородные, насыщенные водой	2,0-3,8	1,92	19,0	31	1,0
ИГЕ-3. Илы суглинистые, с прослоями песка и ракушки, текучие в водонасыщенном состоянии	3-4	1,82	3	4	5
ИГЕ-4. пески, разнозернистые, с ракушкой, глинистые, средней плотности, водонасыщенные, неоднородные.	5,5-6	1,94	26	33	1
ИГЕ-5. Глины серые, опесчаненные тугопластичные	1,5	1,95	21	16	17

ческого воздействия составляет 7 баллов (ДБН В. 1.1-12:2006 табл.1.1).

Глубина заложения грунтовых вод составляет 1,3-1,5 м от поверхности Земли. Грунтовые воды обладают сильной сульфатной агрессивностью по отношению к бетону марки W4 на портландцементе. При воздействии на железобетонные конструкции по содержанию в воде хлоридов, при постоянном погружении вода-среда неагрессивна, при периодическом смачивании — средне-агрессивная. При воздействии на металлические конструкции вода — средне-агрессивная. По степени потенциальной подтопленности площадка проектируемого строительства относится к подтопленным территориям.

Грунты ИГЭ-3, представленные суглинистыми илами, имеют очень низкие значения деформационно-

прочностных характеристик, вследствие чего не могут быть рекомендованы в качестве основания фундаментов.

На основании ДБН В.2.1-10-2009 «Основания и фундаменты сооружений» пункт 15.1, 15.4, 15.7 рекомендуется в сложных инженерно-геологических условиях, которые представлены слабыми грунтами, рассматривать вариант фундаментов неглубокого заложения на основании, усиленном грунтоцементными элементами.

В состав комплекса сооружений склада масла входят резервуары для хранения масла емкостью по 6500 т в количестве 5 штук, которые представляют собой металлические тонкостенные емкости в виде вертикальных цилиндров. Диаметр резервуаров по внутренней грани стенки составляет 17100 мм, высота — 32060 мм.

Резервуары ограждены защитной стеной высотой 6,4 м и полом из монолитного железобетона от аварийного разлива масла. Фундамент под резервуары выполнен из сплошной плиты — свайного ростверка толщиной 1500 мм под резервуарами, 500 мм на остальной площади. В нишах ограждающих стен расположены: насосная станция для слива - налива масла в ж/д и автотранспорт, насосная станция для слива - налива масла в автотранспорт, насосная станция для слива-налива масла в танкер, бытовые помещения, операторская автомобильных весов. По верхней грани ограждающей стены проложены инженерные коммуникации и электрические сети.

Общий вид монолитной железобетонной чаши представлен на рис 2.

По верху резервуары имеют переходные и подъемные стационарные лестницы. На площадке расположены другие здания и сооружения, выполненные в металлическом варианте по каркасной схеме. Однако железобетонная чаша с резервуарами масла в них является основным комплексом со значительными нагрузками.

Определение не решенных ранее частей общей проблемы. Конструктивные особенности проектируемого склада и сложные инженерно-геологические условия площадки строительства предупре-

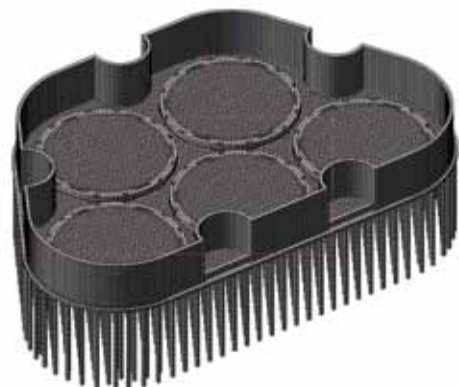


Рис.2. Общий вид монолитной железобетонной чаши и фундамента



деляют детальные исследования вариантов оснований и фундаментов сооружения.

Целью настоящей работы является выбор варианта основания и фундамента склада масла для конкретных конструктивных и инженерно-геологических условий строительства на основе детальной оценки конкурентно способных решений возведения нулевого цикла.

С учетом исходных данных для проектирования оснований и фундаментов, рассматривались свайные фундаменты для прорезки слабых слоев основания с заделкой их в ИГЭ-4 из условия восприятия ними нагрузки не более 600-800 кН на одну сваю. Это условие обосновано тем, что применение свай с более высокой несущей способностью будет вызывать значительное увеличение поперечных сил в плитном ростверке и, следовательно, увеличение его толщины и, соответственно, веса.

Плитный фундамент опирается на основание, усиленное свайным полем, через шов скольжения для снижения влияния горизонтальных сил сейсмического воздействия на надземные конструкции.

Сравнение вариантов устройства оснований выполнялось для устройства свайного основания под железобетонный ростверк фундаментов резервуаров масла и основания чаши для сбора аварийного разлива масла.

Длина свай принята из условий залегания грунтовых слоев геологического разреза под днищем железобетонного ростверка склада масла и несущей способности свай. Сваи проходят насыпные грунты, обводненные пески, текучие илы, обводненные пески разнородные, глины серые опесчаненные, тугопластичные и заглубляются нижними концами в пески слоя ИГЭ 4. Количество свай принималось по результатам расчета основания и несущей способности свай.

Учитывая все перечисленные неблагоприятные факторы, принято устройство свайного основания из свай на сульфатостойком цементе, посадка ростверка по глубине – выше уровня грунтовых вод.

Размер подошвы ростверка во всех вариантах принят из конструктивных соображений одинаковым (65,2x42,5 м). Высота ограждающих стен принята из условия аварийного разлива масла одного резервуара.

Расчет железобетонной чаши на свайном основании выполнялся в программном комплексе «Ли́ра» (из условия соблюдения несущей способности одиночной сваи по грунту и материалу свай) с учетом сил сейсмического воздействия.

Всего рассматривались четыре варианта оснований и фундаментов для железобетонной чаши.

Вариант 1. Бутонабивные железобетонные монолитные сваи, сооружаемые под защитой стальной обсадки диаметром 600 мм, длиной 14 м. Такой метод устройства свай обеспечивает их надежное качество, процесс проходит без динамических воздействий на окружающие объекты. Недостатком следует считать высокую трудоемкость устройства и извлечения обсадки, что существенно сказывается на их стоимости.

Вариант 2. Забивные призматические железобетонные сваи сечением 400x400 мм, длиной 14,0 м. Обычно погружаются молотами, при этом возникают значительные динамические нагрузки на существующие объекты. В данном случае строящееся здание расположено на расстоянии 20 м от существующего, допустимое расстояние для конкретных условий составляет 25 м по таблице 1 ВСН 490-87 «Проектирование и устройство свайных фундаментов и шпунтовых ограждений при реконструкции промышленных предприятий и городской застройки». При необходимости можно использовать гидравлические молоты, что значительно снизит динамическую нагрузку.

Вариант 3. Буриинъекционные железобетонные монолитные сваи диаметром 600 мм, длиной 14 м. Такие сваи выполняются путем замещения выбуренного грунта бетонной смесью, подаваемой на забой скважины через полый шнек под давлением. В водонасыщенных грунтах устройство буриинъекционных свай проводится без использования обсадных труб или глинистого раствора, что позволяет ускорить и удешевить процесс устройства свай по сравнению с бутонабивным методом при использовании обсадных труб. Однако, наличие слабых прослоек в грунте может привести к повышенному расходу бетона, что отразится на себестоимости строительства. Известны определенные трудности при погружении арматурного каркаса в свежий бетон свай.

Вариант 4. Одним из эффективных направлений снижения стоимости свайного фундаментостроения является использование в качестве материала грунтов, залегающих в основании зданий. Это достигается при использовании буросмесительной технологии. С помощью специального оборудования выполняют рыхление грунта непосредственно в массиве без его извлечения. Одновременно в разрыхленный грунт нагнетается цементная суспензия и выполняется перемешивание и уплотнение грунтоцементной смеси. После схватывания смеси по всей толщине слабого слоя образуется прочный грунтоцементный материал, который не размокает в водной среде. Такие грунтоцементные (ГЦЭ) элементы возможно устраивать и в водонасыщенном грунте, то есть ниже уровня грунтовых вод. Опыты, которые были проведены

Таблица 2. Сравнение вариантов фундаментов под железобетонную чашу склада масла

Сравнительные параметры	Варианты устройства оснований			
	Бутонабивные сваи в обсадных трубах	Забивные сваи	Буриинъекционные сваи	Основание, армированное ГЦЭ
Количество свай (элементов)	685	685	685	1027
Подушка из щебня, м ³	-	-	-	1385
Монолитный бетон, м ³	1579	-	1579	-
Расход арматуры, т	185	-	185	-
Обсадные трубы, т	824	-	-	-
Сборный железобетон, м ³	-	1534	-	-
Грунтоцемент, м ³	-	-	-	1335
Сметная стоимость в ценах 2012г, грн.	22 381 311	5 845 690	4 689 456	2269670



во времени по определению прочности грунтоцемента, показали его рост даже спустя годы после изготовления [6].

Пронизывание слабого грунта ГЦЭ существенно снижает его сжимаемость. Чем меньше расстояние между ГЦЭ, тем меньше сжимаемость основания слабого грунта за счет сил трения по поверхности ГЦЭ. Устройство таких оснований называется «армированием грунтов». Элементами армирования могут служить любые виды свай. При этом эффект закрепления примерно одинаков для железобетонных и грунтоцементных элементов.

На инженерно-геологическом разрезе (рис.1) показан вариант армирования слабых грунтов основания склада ГЦЭ диаметром 400 мм и длиной 7 м. В этом варианте расстояние между ГЦЭ в плане принято 1500 мм. При этом модуль деформации илов суглинистых с прослоями песка и ракушки, текущих в водонасыщенном состоянии повысится от 3 МПа до 14 МПа.

ВЫВОДЫ

Учитывая преимущества и недостатки перечисленных вариантов устройства оснований, расположение фундаментов и характер воспринимаемых ими нагрузок, а также стоимость материалов и выполнения работ заслуживает внимания вариант использования грунто-цементных элементов. Сметная стоимость устройства данного основания в ценах 2013г. составила 2269670грн, что намного ниже стоимости других типов оснований.

Применение буросмесительной технологии в неблагоприятных инженерно-геологических условиях позволило избежать дорогостоящих вариантов устройства свайных фундаментов и выполнить фундаменты неглубокого заложения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мангушев Р.А. Современные свайные технологии/ Р.А. Мангушев, А.В. Ершов, И.И. Осокин. – СПб-М.:СПбГАСУ, 2007. – 160 с.
2. Еремин В.Я. Некоторые проблемы качества буронабивных свай. /В.Я. Еремин, А.В. Еремин, Н.В. Сарафанов//Труды международной научно-технической конференции "Проблемы механики грунтов и фундаментостроения в сложных грунтовых условиях", т.1. Уфа: БашНИИстрой, 2006.- С. 85-96.
3. Кунц Ш. Новый путь оптимизации и испытания оснований из буронабивных свай: технология Lift Cell./Ш. Кунц, Л. Хюмеллер, А. Лемман// Труды международной конференции по геотехнике «Геотехнические проблемы мегаполисов» т. 4: - М.: ПИ «Геореконструкция», 2010. - С. 1275-1280.
4. Слюсаренко Ю. С. Проблеми будівництва в ущільненій міській забудові/ Ю.С. Слюсаренко, О.М. Галинський, В. І. Садовський// Будівельні конструкції. – Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 71, К.1 – К: НДІБК, 2008.– С. 15-22.
5. Токин А.Н. Фундаменты из цементогрунта / А.Н. Токин. – М.: Стройиздат, 1984, 184 с.
6. Characteristics of manmade stiff grounds improved

- by drill-mixing method / M. Zotsenko, Yu. Vynnykov, I. Lartseva, V. Shokarev, V. Krysan // Proc. of the 15th European Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering "Geotechnics of Hard Soils – Weak Rocks". – Athens. – 2011. – P. 1097 – 1102.
7. Innovative solutions in the field of geotechnical construction and coastal geotechnical engineering under difficult engineering-geological conditions of Ukraine/M. Zotsenko, Y. Vynnykov, M. Doubrovsky, V. Oganessian, V. Shokarev, V. Syedin, A. Shapoval, M. Poizner, V. Krysan, G. Meshcheryakov // Proc. of the 18th International Conf on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Paris. – 2013. – Vol. 3. – P. 2645 – 2648.
8. Основи та фундаменти споруд Основні положення: ДБН В.2.1-10-2009. – [Чинні від 2009-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 102 с. – (Будівельні норми України).

REFERENCES

1. Mangushev R.A., Ershov A.V., Osokin I.I. Sovremennye svajnyu tekhnologii [Modern pile technologies]. – SPb-M.: SPbGASU, 2007. – 160 p.
2. Eremin V.VA, Eremin A.V., Sarafanov N.V. Some problems of quality of printed piles. Trudy mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii "Problemy mekhaniki gruntov i fundamentostroenia v slozhnyh gruntovyh usloviyah [Proc. of International scientific and technical conference "Problems of mechanics of soils and foundation are in the difficult ground terms", t.1. Ufa: BashNIISroj, 2006. – P.85-96.
3. Kunc Sh., Hyumeller L., Lemman A. New way of optimization and test of grounds from printed piles. Trudy mezhdunarodnoj konferencii po geotekhnike "Geotekhnicheskie problemu megalopolisov" [Proc. of International geotekhnich conference "Geotekhnical problems of megalopolis". – Vol.4. – M.: PI "Georekonstrukciya", 2010. –P. 1275-1280.
4. Slusarenko Yu.S., Galins'kij O.M., Sadovs'kij V.I. Building problems in close-settled municipal building. Budivelni kostruktsii [Building structures]: collection of the scient. papers. - Kyiv, SE NIISK, 2008, no 71, V.1. - P. 15-22 (in Ukrainian).
5. Tokin A.N. Fundamenty is cementogrunta [soil cement foundation]. – M.: Stroyizdat, 1984. – 184 p.
6. Characteristics of manmade stiff grounds improved by drill-mixing method / M. Zotsenko, Yu. Vynnykov, I. Lartseva, V. Shokarev, V. Krysan // Proc. of the 15th European Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering "Geotechnics of Hard Soils – Weak Rocks". – Athens. – 2011. – P. 1097 – 1102.
7. Innovative solutions in the field of geotechnical construction and coastal geotechnical engineering under difficult engineering-geological conditions of Ukraine/M. Zotsenko, Y. Vynnykov, M. Doubrovsky, V. Oganessian, V. Shokarev, V. Syedin, A. Shapoval, M. Poizner, V. Krysan, G. Meshcheryakov // Proc. of the 18th International Conf on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Paris. – 2013. – Vol. 3. – P. 2645 – 2648.
8. DBN B.2.1-10-2009. Basis and foundations. Substantive provisions. [Valid from 2009-07-01]. – K.: Minregionbud of Ukraine, 2009. – 104 p.