

УДК 725.41:624.15

М. Е. САМОЙЛЕНКО

Донецкий ПромстройНИИпроект

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ФУНДАМЕНТОВ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ В СЛОЖНЫХ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ**

Аннотация. Рассмотрен вопрос выбора оптимального варианта фундаментов под каркас корпуса II стадии дробления горно-обогатительного комбината на базе Еристовского месторождения. При выборе типа фундамента необходим детальный анализ инженерно- и горно-геологических, гидрогеологических, планировочных, сейсмических условий площадки строительства, стоимости, сроков и трудоёмкости возведения фундаментов. Нельзя делать выводы об экономической эффективности по результатам сравнения вариантов только для одного «характерного» фундамента. Важным критерием при выборе типа фундаментов является не только стоимость, но и технологичность и надёжность конструктивных решений, трудоёмкость изготовления, возможности подрядных организаций.

Ключевые слова: фундамент, свая, просадочный грунт, оптимизация, экономическая эффективность.

В настоящее время Донецкий ПромстройНИИпроект выполняет проектирование объектов горно-обогатительного комбината на базе Еристовского месторождения (г. Комсомольск Полтавской области). В процессе разработки фундаментов корпуса II стадии дробления возникла необходимость выбора оптимального варианта фундаментов под каркас здания. На первый взгляд задача представляется тривиальной и сводится к вариантному проектированию фундаментов. Однако детальный анализ инженерно- и горно-геологических, гидрогеологических, планировочных, сейсмических условий площадки строительства, стоимости, сроков и трудоёмкости возведения фундаментов под каркас с учётом взаимного расположения с фундаментами под оборудование показал, что формальный подход даёт неверное решение.

Корпус II стадии дробления представляет собой двухпролётное здание со стальным каркасом с размерами в плане в осях 36×116 м (рис. 1). Пролёт в осях А-Б (величина пролёта 18 м, отметка низа балок покрытия – +22,300) оборудован двумя мостовыми электрическими кранами грузоподъёмностью 50/10 т и 16/3,2 т. Режим работы кранов 5К. Отметка уровня головки рельса +20,000. Пролет в осях Б-В (величина пролёта 18 м, отметка низа балок покрытия в осях 1-6 – +52,300, в осях 6-16 – +48,500). Пролёт оборудован мостовыми электрическими кранами грузоподъёмностью 12 и 16 т. Отметки уровней головок рельсов в осях 1-6 – +49,500, в осях 6-16 – +46,000.

Следует отметить, что геотехнические условия площадки строительства весьма сложные. В пределах площадки наблюдаются негативные физико-геологические процессы: подтопление территории, заболоченные участки, существенная неоднородность грунтового массива, динамические нагрузки на грунты вследствие взрывов при добыче ископаемых в близлежащих карьерах. В соответствии с данными инженерно-геологических изысканий (рис. 1) в основании под зданием присутствуют слабые грунты текучие в замоченном состоянии (супеси и пески пылеватые пластичные, в замоченном состоянии – текучие, местами с примесями органических веществ), а также грунты, которые имеют просадочные свойства (высокопористые суглинки мягкопластичные в замоченном состоянии, пылеватые супеси текучие в замоченном состоянии). Поэтому при выборе конструктивных решений фундаментов под каркас здания были рассмотрены варианты фундаментов, прорезающих толщу слабых и неоднородных грунтов и передающих нагрузки на более плотные и прочные слои грунта

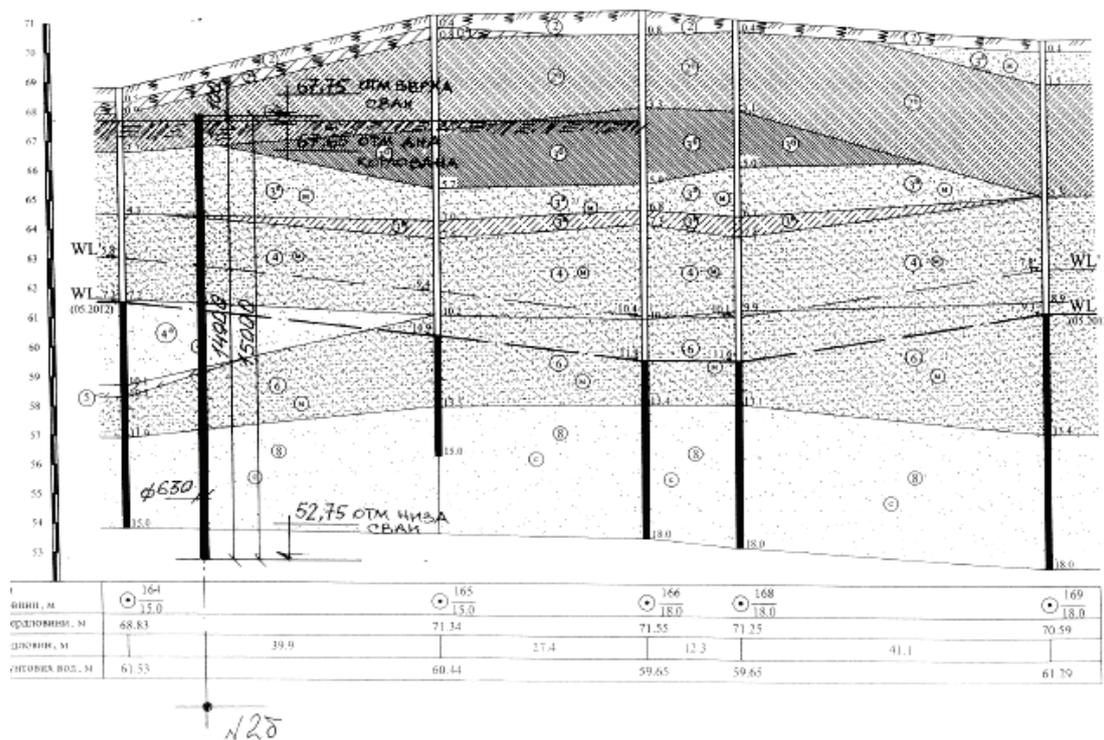


Рисунок 1 – Инженерно-геологический разрез по площадке строительства.

(песок серый, светло-серый, мелкий, однородный, средней плотности, насыщенный водой с многочисленными прослойками песка средней крупности).

В 2014 г. НИИСК (г. Киев) выполнил сравнение четырех вариантов фундаментов для фундамента по оси Б/5-8 (как наиболее характерного) корпуса грохочения № 1, расположенного рядом с корпусом II стадии дробления. Вариант 1 – фундамент на основании усиленном грунтоцементными сваями длиной 6,0 м, диаметром Ø500 мм (всего 54 шт.) с размером подошвы 8,4×6,0 м.

Вариант 2 – забивные призматические сваи 350×350 мм, длиной 11,0 м с погружением в плотный песок. Общее число свай – 24 шт. Ростверк имеет размеры в плане 7,55×4,75 м.

Вариант 3 – буроинъекционные сваи длиной 15,0 м Ø430 мм (всего 15 шт.) с ростверком 8,64×3,5 м.

Вариант 4 – буроинъекционные сваи длиной 15,0 м Ø630 мм (всего 12 шт.) с ростверком 8,84×4,10.

Фундаменты законструированы из условия недопущения на сваю выдергивающих нагрузок на сваю. Ограничение обусловлено наличием в здании мостовых кранов. Результаты расчета договорной цены различных вариантов фундаментов приведены в табл. 1. В соответствии с расчетами наиболее экономичным является фундамент с забивными призматическими сваями.

Таблица 1 – Стоимость характерного фундамента для различных типов конструктивных решений

№ п/п	Тип свай	Характеристики фундаментов			
		Данные НИИСК		Данные Донецкого ПромстройНИИпроекта»	
		Размер, м; число свай	Цена, тыс. грн.	Размер, м; число свай	Цена, грн
1	Фундамент с буроинъекционными сваями Ø630 мм, длиной L = 15 м	6,84×4,1 м 12 шт.	345,566	6,0×4,2 м 8 шт.	205 353 (вариант 1)
2	Фундамент с забивными призматическими сваями сечением 350×350 мм, длиной L = 11 м	7,55×4,75 м 24 шт.	283,059	6,0×4,8 м 24 шт.	231 905 (вариант 2)
3	Фундамент с буроинъекционными сваями Ø430 мм, длиной L = 15 м	8,64×3,5 м 15 шт.	327,839	–	–
4	Фундамент на основании, усиленном грунтоцементными элементами Ø500 мм, длиной L = 6,0 м.	8,4×6,0 м 54 шт.	344,058	–	–

На первый взгляд эти результаты можно автоматически распространить на все здания на площадке, в том числе и на решения для корпуса II стадии дробления. Однако анализ решений, предложенных НИИСК, показал, что в фундаменте с буроинъекционными сваями можно существенно уменьшить количество свай (при диаметре сваи 630 мм – до 8 шт.) при обеспечении заданной несущей способности за счет удаления свай из центральной зоны фундамента (в которой сваи практически не работают). Данные о стоимости вариантов фундаментов, предложенных Донецким ПромстройНИИПроектом (рис. 2), также показаны в табл. 1. Стоимость фундаментов получена на основании рабочей документации на фундаменты, выполненной в полном объеме согласно действующим нормам. За счет этого достигается высокая достоверность полученных результатов. Таким образом, можно говорить о том, что для рассматриваемого фундамента в действительности несколько более экономично решение с буроинъекционными сваями.

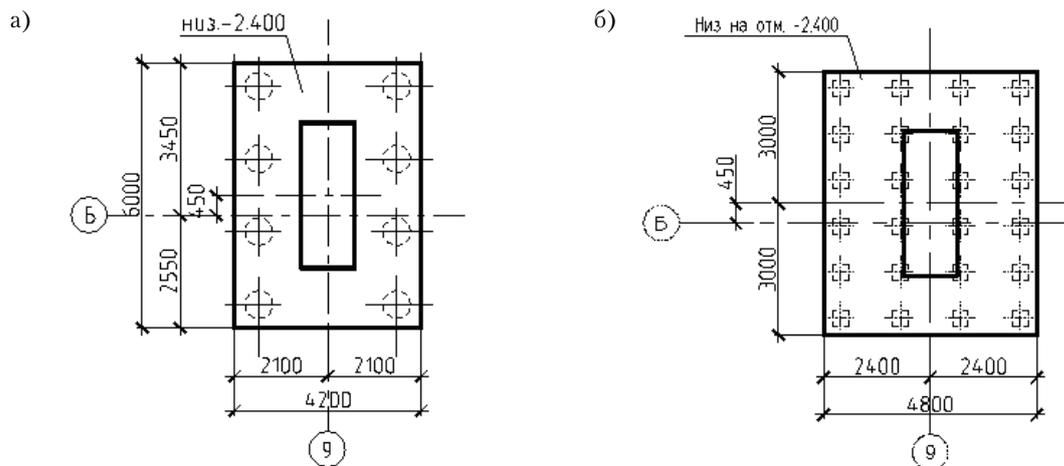


Рисунок 2 – Варианты фундаментов, предложенных Донецким ПромстройНИИПроектом: а) вариант 1 – с буроинъекционными сваями $\varnothing 630$ мм, длиной 15 м; б) вариант 2 – с забивными призматическими сваями сечением 350×350 мм, длиной 11 м с лидирующими скважинами $\varnothing 200$ мм на глубину 9 м.

Но и в этом случае остается открытым вопрос о том, возможно ли распространять результаты, полученные для одного фундамента, на здание в целом. Причем если имеется несколько десятков различных типоразмеров фундаментов под различные колонны, а расчеты стоимости одного фундамента показывают, что цена конструкции для различных решений отличается мало (различие около 10 %).

Для принятия окончательного решения в настоящей работе была определена сметная стоимость всего нулевого цикла корпуса II стадии дробления для двух вариантов фундаментирования сооружения. Расчеты выполнены по данным рабочей документации, разработанной для двух вариантов. Документация разработана с учетом увязки с фундаментами под оборудование, особенностей планировки и т.п. Результаты расчетов показаны в табл. 2.

Таблица 2 – Сметная стоимость нулевого цикла корпуса II стадии дробления

№ п/п	Вариант конструктивного решения фундамента	Сметная стоимость, тыс. грн.	Сметная трудоемкость, тыс. чел.-ч	Сметная заработная плата, тыс. грн.	Средний разряд работ
1	Фундаменты с буроинъекционными сваями $\varnothing 630$ мм, длиной $L = 10$ м и $L = 15$ м	7 573,630	43,39	881,170	3,1
2	Фундамент с забивными призматическими сваями сечением 350×350 мм, длиной $L = 11$ м	7 223,918	49,04	1 019,847	3,8

В соответствии с данными табл. 2 сметная стоимость рассмотренных вариантов практически одинакова (что отличается от результатов, полученных для одного фундамента). Различие в цене составляет менее 5 % и не превышает колебания рыночной цены на материалы и услуги. Существенным является различие в трудоемкости устройства фундаментов и заработной плате. По указанным показателям фундаменты с буроинъекционными сваями выгоднее на 13 и 16 % соответственно. Поскольку подрядчик, как правило, обладает значительным ресурсом в области экономии расходов на материалы, именно трудоемкость изготовления и сумма заработной платы является существенным критерием при выборе оптимального варианта. Снижение разряда работ позволяет использовать менее квалифицированный персонал, который проще найти на рынке труда.

Важным критерием при выборе типа фундаментов является технологичность и надежность конструктивных решений. В этом плане фундаменты на забивных призматических сваях в песчаных грунтах являются весьма проблематичными, так как при достаточно высоком уровне грунтовых вод (УГВ расположен на глубине 5...6 м от поверхности земли) часто отсутствует возможность выполнить лидирующие скважины на проектную глубину. В таком случае отдельные сваи невозможно будет погрузить на проектные отметки. Это приведет к необходимости проведения дополнительных динамических и статических испытаний свай, выполнения дублей и т. п.

Учитывая вышесказанное в рассматриваемых условиях строительства наиболее рациональным, технологичным и надежным вариантом фундаментов следует считать фундаменты на буроинъекционных сваях Ø630 мм, длиной 15 м. При фактически одинаковой стоимости по сравнению с забивными призматическими сваями сечением 350×350 мм, длиной 11 м достигается большая технологичность и надежность решения, существенно сокращаются трудозатраты, заработная плата рабочих и время выполнения работ.

ВЫВОДЫ

1. При выборе типа фундамента необходим детальный анализ инженерно- и горно-геологических, гидрогеологических, планировочных, сейсмических условий площадки строительства, стоимости, сроков и трудоёмкости возведения фундаментов, учёт взаимного расположения с фундаментами под оборудование.
2. В зданиях, расположенных в сложных геотехнических условиях с большим количеством различных типоразмеров фундаментов, нельзя делать выводы об экономической эффективности того или иного типа фундамента по результатам сравнения вариантов только одного «характерного» фундамента.
3. Оптимизация отдельных конструктивов может принципиально изменить результаты расчета в целом.
4. Важным критерием при выборе типа фундаментов является не только стоимость, но и технологичность и надежность конструктивных решений, трудоемкость изготовления, возможности подрядных организаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН А.3.1-5-96. Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва [Текст]. – Замість СНиП 3.01.01-85* ; введ. 01.09.96. – Київ : Укрархбудінформ, 1996. – 66 с.
2. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування [Текст]. – Введено вперше зі скасуванням на території України СНиП 2.02.01-83 ; чинні від 01.07.2009. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 104 с.
3. ДСТУ Б В.2.1-27:2010. Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань [Текст]. – На заміну СНиП 2.02.03-85 у частині розділу 5 ; чинний з 2011-07-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 11 с.
4. СНиП 2.01.09-91. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах [Текст] : утв. 04.09.1991 / Госстрой СССР. – Изд. офиц. – Взамен СНиП II-8-78 ; Введ. с 01.01.1992. – М. : АПП ЦИТП, 1992. – 33 с. – (Строительные нормы и правила).
5. ДСТУ Б Д.1.1-7:2013. Правила визначення вартості проектно-вишукувальних робіт та експертизи проектної документації на будівництво [Текст]. – На заміну ДБН Д.1.1-7-2000 ; введ. 2014-01-01. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 47 с.
6. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення [Текст]. – На заміну СНиП 2.03.01-84* ; чинні від 2011-06-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.

Получено 29.05.2017

М. Є. САМОЙЛЕНКО
ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТА ФУНДАМЕНТІВ ВИРОБНИЧОЇ
БУДІВЛІ В СКЛАДНИХ ГЕОТЕХНІЧНИХ УМОВАХ
Донецький ПромстройНІПроект

Анотація. Розглянуто питання вибору оптимального варіанта фундаментів під каркас корпусу ІІ стадії дроблення гірничо-збагачувального комбінату на базі Єристовського родовища. При виборі типу фундаменту необхідний детальний аналіз інженерно і гірничо-геологічних, гідрогеологічних, планувальних, сейсмічних умов майданчика будівництва, вартості, термінів і трудомісткості зведення фундаментів. Не можна робити висновки про економічну ефективність за результатами порівняння варіантів тільки для одного «характерного» фундаменту. Важливим критерієм при виборі типу фундаментів є не тільки вартість, але і технологічність і надійність конструктивних рішень, трудомісткість виготовлення, можливості підрядних організацій.

Ключові слова: фундамент, паля, просадний ґрунт, оптимізація, економічна ефективність.

MIKHAIL SAMOILENKO
THE CHOICE OF THE OPTIMAL VARIANT OF THE FOUNDATIONS OF A
PRODUCTION BUILDING IN DIFFICULT GEOTECHNICAL CONDITIONS
Donetsk Promstroyniiproekt

Abstract. The issue of choosing the optimal variant of the foundations for the frame of the second stage of crushing of the mining and processing plant on the basis of the Yeristovskoe deposit is considered. When choosing the type of foundation, a detailed analysis of the engineering and mining-and-geological, hydrogeological, planning, seismic conditions of the construction site, cost, time and laborious of erection of the foundations is necessary. One cannot draw conclusions about economic efficiency from the results of a comparison of options for only one «characteristic» foundation. An important criterion in choosing the type of foundations is not only the cost, but also the manufacturability and reliability of constructive solutions, the labor intensity of manufacturing, and the capabilities of contractors.

Key words: foundation, pile, collapsible soil, optimization, economic efficiency.

Самойленко Михаил Евгеньевич – кандидат технических наук, главный архитектор Донецкого ПромстройНИИ-проекта. Научные интересы: надежность зданий и сооружений, методы расчета, архитектура промышленных и гражданских зданий, новые конструктивные системы зданий.

Самойленко Михайло Євгенович – кандидат технічних наук, головний архітектор Донецького ПромбудНДІПроекту. Наукові інтереси: надійність будівель і споруд, методи розрахунку, архітектура промислових і цивільних будівель, нові конструктивні системи будівель.

Samoilenko Mikhail – PhD (Eng.), chief architect of the Donetsk Promstroyniiproekt. Scientific interests: reliability of buildings and structures, methods of calculation, the architecture of industrial and civil buildings, new structural systems of buildings.