УДК 622.02

С.В.СТЕПАНЕНКО, *начальник ПТО*
ООО «Струйные Технологии и Строительство», Санкт-Петербург

S.V.STEPANENKO, *head of department*
Jet Technology and Construction ltd, Saint Petersburg

ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕЩЕНИЙ СТЕНЫ ИЗ БУРОСЕКУЩИХ СВАЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КОТЛОВАНА

Проведено математическое моделирование процесса сооружения котлована под защитой стены из буросекущих свай. Представлено сравнение результатов математического моделирования и натурных наблюдений по горизонтальным смещениям стены котлована.

Ключевые слова: моделирование, грунтовый массив, котлован, метод конечных элементов.

BUILDING OF CONSTRUCTION PIT AND INVESTIGATION OF DISPLACEMENT WALL OF THE SECANT PILE

Performed mathematical modeling the process of construction of the pit under the enclosing wall of secant piles. The results of mathematical modeling on the horizontal displacements of the pit wall.

Key words: modeling, soil, pit, finite elements method.

Численное моделирование сооружения насосной камеры под защитой ограждающей стены рассматривалось в пространственной постановке. Несмотря на то, что длина камеры больше ее ширины, справедливо говорить о плоско-деформационной постановке лишь с некоторым допущением. Другим фактором, который вводил бы дополнительные допущения при решении задачи в плоско-деформационной постановке, является устройство железобетонной рубашки по периметру насосной камеры. Опирание рубашки осуществляется только в краевых зонах, что в явном виде учесть при моделировании в плоско-деформационной постановке невозможно, а косвенные методы трудоемки и предполагают множество допущений.

В сечении насосная камера представляет собой прямоугольник со скругленными гранями. Такая форма поперечного сечения насосной камеры не позволяет говорить о ее работе как круглого сечения или даже вытянутого эллипса. Скругленные углы позволят снизить концентрации напряжений в этих зонах, но не оказывают значительного влияния на характер работы всей конструкции в целом. В процессе численного моделирования сечение котлована заменялось пря-

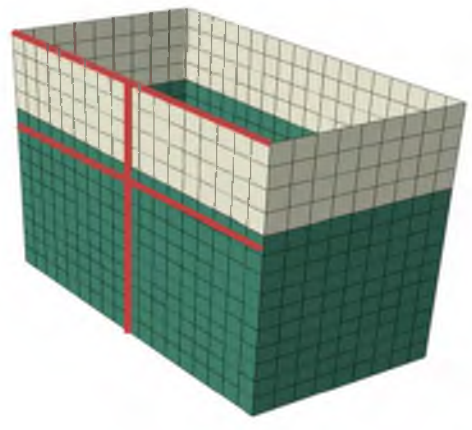


Рис.1. Участки замеров горизонтальных смещений (красными цветом указаны линии, вдоль которых осуществлялись замеры горизонтальных смещений)

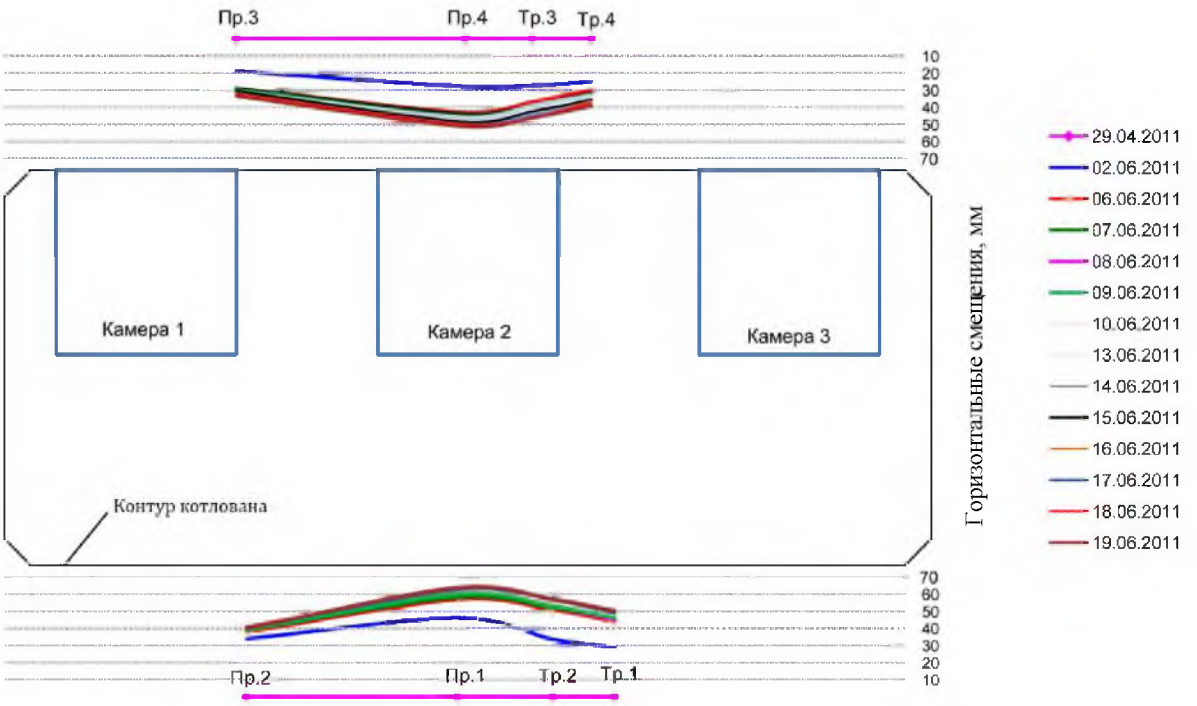


Рис.2. Развитие горизонтальных смещений на ростверке котлована

моугольным без скругления углов, что позволило понизить размерность задачи и не снижало достоверности получаемых результатов, так как угловые участки не являлись зонами интересов.

Численное моделирование сооружения насосной станции осуществлялось в следующей последовательности:

• формирование начального равновесного состояния в грунтовом массиве;

• установка стены из буросекущих свай;

• разработка грунта в котловане под защитой стены из буросекущих свай и устройство железобетонной рубашки котлована.

Для рассматриваемых инженерно-геологических условий напряжения, действующие в грунтовом массиве, можно разделить на эффективные σ' и поровое давление u, при этом полное значение действующих напряжений σ определяется согласно следующему принципу

$$\sigma = \sigma' + u. \qquad (1)$$

Коэффициент бокового давления для несвязных и слабосвязных грунтовых массивов, не подвергнутых переуплотнению, можно приближенно оценить по следующей зависимости

$$\lambda = 1 - \sin(\varphi). \qquad (2)$$

Грунтовый массив рассматривается как упруго-пластическая среда, прочность которой задается критерием прочности Кулона – Мора.

Необходимо отметить, что упруго-идеально пластическая среда не позволяет описать сложный характер поведения слабых грунтов. Более полно поведение мягких грунтов можно описать с применением упруго-пластических или упруго-вязко-пластических моделей с введением упрочнения*.

Диаметр составляющих элементов ограждающей стены по проекту принят равным 1,5 м. При этом эффективная толщина такой стены составляет 0,9 м. При расчете жесткости стены из буросекущих свай к расчету принималась эффективная толщина стены. Расчет веса стены из буросекущих свай выполнялся с учетом полного ее сечения.

---

* *Улицкий В.М.* Геотехническое сопровождение развития городов / В.М.Улицкий, А.Г.Шашкин, К.Г.Шашкин. СПб, 2010.

Ulitsky V.M. Geotechnical support for urban development / V.M.Ulitsky, A.G.Shashkin, K.G.Shashkin. Saint Petersburg, 2010.

Разработка грунта в котловане осуществляется заходками и разделена на пять стадий (этапов).

• этап 1 – глубина заходки 1,6 м;

• этапы 2-5 – глубина заходки 1,5 м.

Конечно-элементная модель котлована представлена на рис.1. Результаты численного моделирования оценивались по величинам горизонтальных смещений стены из буросекущих свай, по ее длине в среднем сечении по длинной стороне котлована.

Сравнивая результаты численного моделирования с результатами геотехнического мониторинга (рис.2), можно отметить хорошую сходимость результатов по величине максимальных смещений.

По длине насосной станции горизонтальные смещения, полученные в результате расчетов (рис.3), качественно совпадают с результатами геотехнического мониторинга.

Максимальные горизонтальные смещения реализуются в середине пролета стены на уровне поверхности земли и достигают значения 65 мм, у конца свай они минимальны и

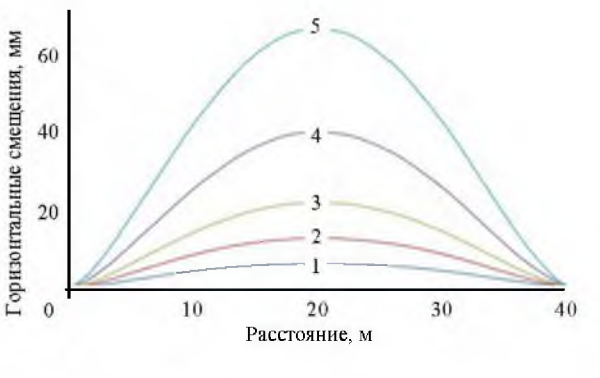


Рис.3. Горизонтальные смещения стены из буросекущих свай по длине стены (на уровне поверхности земли)
1-5 – этапы

составляют 15-25 мм. По результатам геотехнического мониторинга можно наблюдать такую же картину, что свидетельствует о правильности выбранной методики расчета.

При решении подобных задач для получения достоверной и полной картины работы несущих конструкций и основания желательно использовать характеристики грунта, полученные на основе трехосных, компрессионных и длительных (реологических) испытаний.