

## Особенности строительства резервуаров на укрепленных склонах

УДК 624.13

**Ещенко Олег Юрьевич**

кандидат технических наук, Заслуженный строитель Кубани, доцент, кафедра «Основания и фундаменты» Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар

**Болгов Игорь Васильевич**

старший преподаватель кафедры «Основания и фундаменты» Кубанского государственного аграрного университета (КубГАУ), e-mail: Bolig318@mail.ru

Статья получена: 03.02.2016. Рассмотрена: 10.02.2016. Одобрена: 18.02.2016. Опубликовано онлайн: 28.03.2016. ©РИОР

**Аннотация.** В статье на примере Туапсинского НПЗ рассматривается взаимосвязь деформаций фундамента резервуара и свайного удерживающего сооружения при различных вариантах возведения обоих объектов. Методом конечных элементов выявлено влияние технологии строительства на величину крена резервуара. Даны рекомендации по выбору наилучшего варианта возведения парных сооружений.

**Ключевые слова:** резервуары, фундамент, деформации

В большинстве исследований рассматривают взаимное влияние однотипных сооружений, например, дваздания. Однако, в практике строительства возникает необходимость оценки взаимного влияния существенно разных объектов. Задача усложняется, если это рассмотрение делается с учетом этапности строительства обоих сооружений.

Примером такой ситуации является фундамент резервуара (РВС) емкостью 10000м<sup>3</sup> на оползневом

склоне в г.Туапсе (ОАО «Роснефть-Туапсенефтепродукт») [1]. Специфической особенностью площадки являлось наличие подпорного сооружения высотой около 9 м ниже по склону.

Цель данной работы – оценить влияние последовательности этапов возведения стального резервуара и свайного удерживающего сооружения на деформацию основания РВС. Исследование проводилось с помощью численного моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) основания в нелинейной постановке. Для расчета принимались средние грунтовые условия, типичные для рассматриваемой площадки.

Для моделирования использовались топографическая съемка территории Туапсинского нефтезавода с учетом проектных решений по возведению удерживающего сооружения и фундамента резервуара [2]. Конструкция фундамента выполнена в виде круглой плиты диаметром 27м и толщиной 1 м. Удерживающее сооружение представляет собой свайную подпорную стенку, длина свай  $L$  15 м, и диаметр  $D$  630 мм. Плоская конечно-

### ABOUT THE MODE INFLUENCE OF APPLYING SHOCK LOADS ON THE INDICATORS OF COMPACTIBILITY OF CLAY LOAM

**Echenko Oleg Yrievich**

Ph.D. in Engineering, Associate Professor Kuban State Agrarian University, e-mail: Bolig318@mail.ru;

**Bolgov Igor Vasilevich**

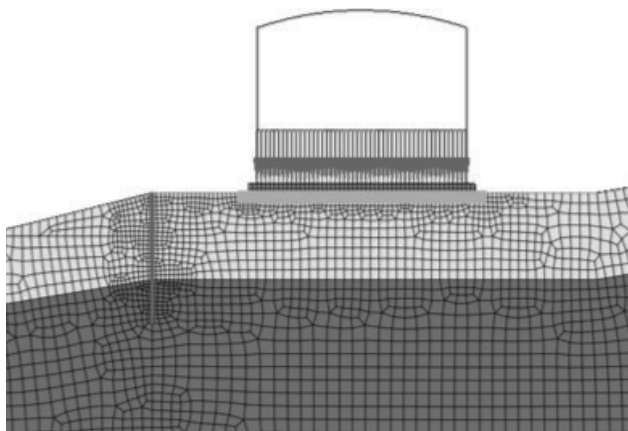
Senior lecturer of department Bases and foundations Kuban State Agrarian University, e-mail: Bolig318@mail.ru

Manuscript received: 03.02.2016. Revised: 10.02.2016. Accepted: 18.02.2016. Published online: 28.03.2016. ©RIOR

**Abstract.** In this article an example of Tuapse refinery examines the relationship deformations tank foundation and pile retaining structures at various embodiments, the construction of both objects. The finite element method determined the effect of technology building by the amount of heel tank. Advice on selecting the best option erection paired structures.

**Keywords:** ltanks, foundation, deformation.

элементная модель была выполнена в MidasGTS2012 (рис. 1).



**Рис. 1.** Конечно-элементная модель

1 – ИГЭ-1 – Суглинок полутвердый, водонасыщенный-тугопластичный, щебенитый, с прослоями щебенитого грунта; 2 – ИГЭ-2 – Суглинки твердые (глины аргиллитоподобные, известковые аргиллиты); 3 – Подушка, выполненная из ГПС; 4 – Фундаментная плита резервуара; 5 – Свайное удерживающее сооружение

Для моделирования НДС грунтов и щебеночной подушки была использована модель идеально упру-

гопластического материала с критерием прочности Мора – Кулона.

Для моделирования свайного удерживающего сооружения использовалась упругая модель Гука. Фундаментной плите резервуара были присвоены изотропные упругие свойства бетона. Характеристики используемых материалов сведены в табл. 1.

Стадиями строительных работ являлись устройство фундамента резервуара, свайного удерживающего сооружения и срезка яруса грунта. Для выявления наилучшей последовательности были рассмотрены 3 варианта этапов возведения строительных конструкций. Для каждого варианта определяющим было место этапа устройства фундамента РВС (табл. 2).

Контрольные замеры осадок фундаментной плиты были выполнены в двух диаметрально противоположных точках (А и Б) по результатам 4-го этапа для каждого из вариантов. Причем расчеты на гидравлические испытания проводились со стадийным нагружением резервуара в тривзлива – на 5 метров, 10 метров и 16 метров (рис. 2). Все полученные результаты были представлены в табличной форме (табл. 3).

Таблица 1.

### Физико-механические свойства материалов модели

| № ИГЭ, наименование материала | Модель материала | Удельный вес грунта $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup> | Удельное сцепление $c$ , кПа | Угол внутреннего трения $\varphi$ , ° | Модуль деформации (упругости), $E$ , МПа | Коэффициент Пуассона, $\nu$ |
|-------------------------------|------------------|--|------------------------------|---------------------------------------|--|-----------------------------|
| 1                             | Mohr Coulomb     | 18,9   | 16                           | 23                                    | 17,3                                     | 0,37                        |
| 2                             | Mohr Coulomb     | 19,0   | 21                           | 16                                    | 22,4                                     | 0,35                        |
| 3                             | Mohr Coulomb     | 13,2   | 25                           | 25                                    | 40                                       | 0,3                         |
| Бетон                         | Elastic          | 25   | -                            | -                                     | $2,7 \cdot 10^4$                         | 0,2                         |

Таблица 2.

### Этапы возведения строительных конструкций

| Номер этапа | 1 Вариант                                    | 2 Вариант                                    | 3 Вариант                                    |
|-------------|--|--|--|
| 1           | Устройство РВС                               | Устройство свайного удерживающего сооружения | Устройство свайного удерживающего сооружения |
| 2           | Устройство свайного удерживающего сооружения | Устройство РВС                               | Срезка яруса грунта                          |
| 3           | Срезка яруса грунта                          | Срезка яруса грунта                          | Устройство РВС                               |
| 4           | Гидравлические испытания РВС                 |  |  |

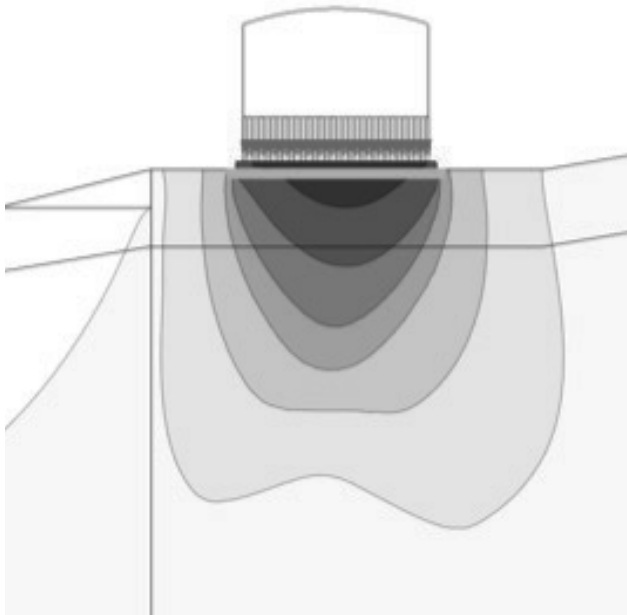


Рис. 2. Общее распределение вертикальных осадок грунта основания (Этап 4)

Из табл. 3 видно, что относительные осадки при 2-м и 3-м вариантах превышают результаты осадок при 1-м варианте на 2÷6%, однако наименьший крен резервуар получает в третьем варианте.

Таблица 3.

**Результаты расчета осадок фундаментной плиты (показания 3-го взлива)**

| Номер варианта | Конечные деформации, мм |                      |              |         |
|----------------|-------------------------|----------------------|--------------|---------|
|                | Контр-ольная точка А    | Контр-ольная точка Б | Прогиб днища | Крен    |
| Вариант 1      | 195                     | 213                  | 246          | 0,00075 |
| Вариант 2      | 197                     | 214                  | 247          | 0,00071 |
| Вариант 3      | 207                     | 213                  | 251          | 0,00025 |

Графики осадок контрольных точек при гидравлических испытаниях (рис. 3, рис. 4) показывают, что с каждым взливом резервуар садится и дает крен в сторону, противоположную срезке яруса грунта. Это говорит о формировании поверхности скольжения, которая возникает при нагружении склона (рис. 5).

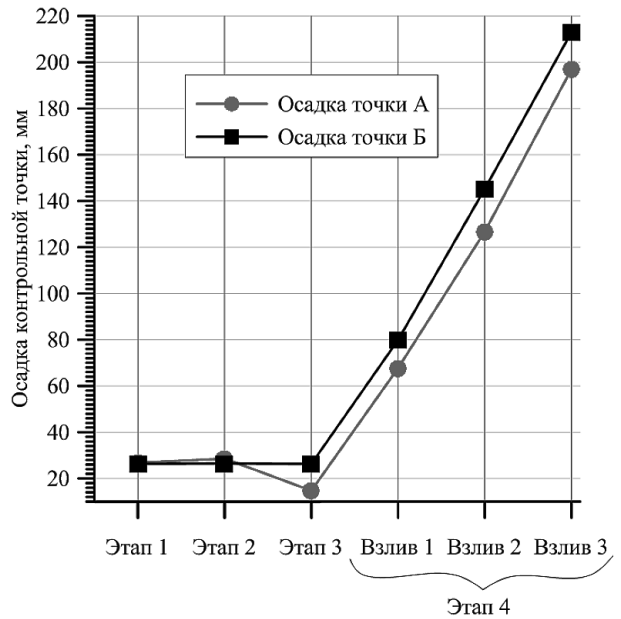


Рис. 3. График осадок контрольных точек А и Б при гидравлических испытаниях (Вариант 1)

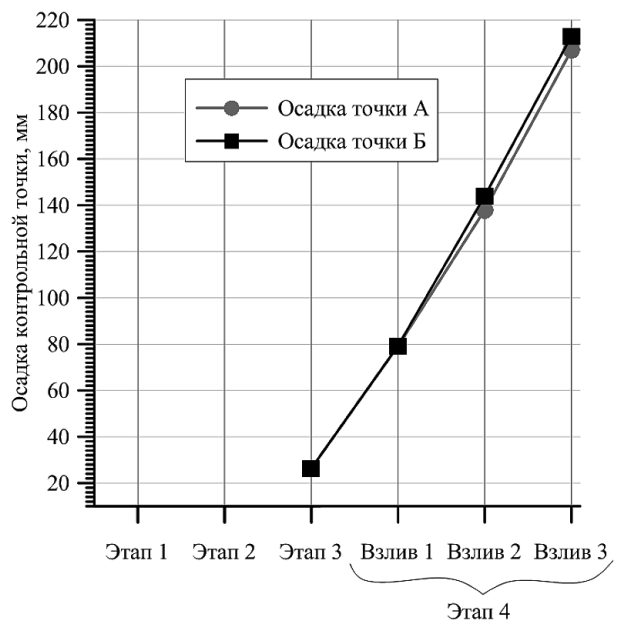


Рис. 4. График осадок контрольных точек А и Б при гидравлических испытаниях (Вариант 3)

Из анализа полученных данных видно, что в случае опережающего строительства удерживающего сооружения (Вариант 3) можно минимизировать крен РВС. Это связано с тем, что к моменту начала строительства фундамента сооружения осадки основания из-за срезки грунта ниже стенки – уже завершены и не влияют на резервуара.

В случае первоочередного строительства фундамента РВС (Вариант 1) на последующих этапах уже возникают осадки основания и крен РВС, а к моменту гидравлических испытаний – с затуханием осадков наблюдается лишь увеличение крена.

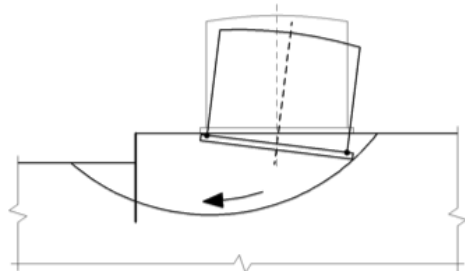


Рис. 5. Формирование поверхности скольжения

По результатам работы можно сделать следующие основные выводы:

1. Наибольшие осадки фундаментной плиты происходят при строительстве по второму варианту (после устройства свайного удерживающего сооружения и перед срезкой яруса грунта).

2. Наименьшие осадки фундаментная плита получает при возведении по первому варианту.

3. Наилучшим считается вариант с наименьшим креном – Вариант 3

4. Выполненные расчеты показывают, что при строительстве резервуаров рядом с удерживающими сооружениями необходимо учитывать взаимное влияние этапности возведения обоих объектов.

### Литература

1. Ещенко О.Ю., Волик Д.В. «Опыт проектирования крупных резервуаров на оползневом склоне». Материалы V Международной конференции по геотехнике. Волгоград, 2010. С. 371-377.
2. Восстановление проектного положения дна резервуаров РВС-10, РВС-11 на базе ОАО НК «Роснефть-Тупсенефтепродукт». НТЦ «ГеоПроект». Краснодар, 2003.
3. Иванов Ю.К., Коновалов П.А., Мангушев Р.А., Сотников С.Н. Основания и фундаменты резервуаров. М., Стройиздат, 1989. С. 55-59.

### References

1. Eshenko O.Yu., Volik D.V. Opit proektirovaniya krupnih rezervuarov na opolznevom sklone [Experience in the design of large reservoirs on the landslide slopes]. Materials V International conference on geotechnical. Volgograd, 2010, pp.371-377 (In Russian)
2. The restoration of the design position of the bottom of the RVS-10, RVS-11 on the basis of ОАО НК "Rosneft-Topmenuprodukt". STC "geoproekt. Krasnodar, 2003
3. Ivanov Yu.K., Kononov P.A., Mangushev R.A., Sotnikov S.N. Osnovaniya i fundamenty rezervuarov [Bases and foundations of tanks]. Moscow, Stroizdat, 1989, pp.55-59