

УДК 624.042.11

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КОНСТРУКЦИИ ИХ ДНИЩА

**И.Я. Лучковский, профессор, д.т.н., С.А. Плащев, ассистент,
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры**

Аннотация. Проведен численный (с помощью ЭВМ) анализ напряженно-деформированного состояния конструкций емкостного сооружения, взаимодействующего с грунтовым массивом, представленным различными моделями. Проанализировано влияние на напряженное состояние сооружения конструктивных особенностей днища.

Ключевые слова: очистные сооружения, аэротенки, дискретная модель, модель конечного слоя, коэффициент постели.

АНАЛІЗ ЗМІНИ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ОЧИСНИХ СПОРУД ЗА ЗМІНИ КОНСТРУКЦІЇ ЇХ ДНИЩА

**І.Я. Лучковський, професор, д.т.н., С.А. Плащев, асистент,
Харківський національний університет будівництва та архітектури**

Анотація. Проведено чисельний (за допомогою ЕОМ) аналіз напружено-деформованого стану конструкцій ємнісної споруди, яка взаємодіє з ґрунтовим масивом, представленим різними моделями. Проаналізовано вплив на напружений стан споруди конструктивних особливостей днища.

Ключові слова: очисні споруди, аеротенки, дискретна модель, модель кінцевого шару, коефіцієнт постелі.

ANALYSIS OF STRESS-STRAIN STATE TREATMENT FACILITIES WHEN MODIFYING THEIR BOTTOMS

**I. Luchkovskiy, Professor, Doctor of Technical Science, S. Plaschev, assistant,
Kharkov National University of Construction and Architecture**

Abstract. The numerical analysis of the stress-deformed state of capacitive structures interacting with the soil mass is presented by different models. The effect on the stress state of the structure of bottom design features are analyzed.

Key words: sewage treatment, aeration, discrete model, final layer model, coefficient of bed.

Введение

Ввиду высокой плотности промышленной застройки под очистные сооружения выделяются ранее считавшиеся непригодными для промышленного строительства площадки, грунты которых зачастую сложены слабыми породами и обладают высокой деформативностью.

В настоящее время такие конструкции рассматриваются как пространственные коробчатые системы на упругом Винклеровом основании с переменным коэффициентом основания. При этом учет работы незагруженных областей приводит к седлообразной эпюре коэффициентов жесткости. Жесткость основания на краях емкостного сооружения выше, чем в центре, что приводит, при сравнительно равномерной нагрузке с небольшими

концентрациями по краям от веса ограждающих стен, к моменту общего изгиба системы, вызывающему растяжение нижних волокон конструкций.

В то же время опыт возведения и эксплуатации показывает, что встречаются случаи образования сквозных нормальных трещин в верхней зоне ограждающих стен, что противоречит результатам расчета.

Представление основания моделью Винклера не позволяет учесть влияния вертикальных усилий, передаваемых обваловкой на основание, на напряженно-деформированное состояние системы «сооружение–основание».

Анализ публикаций

Расчет очистных сооружений с применением Винклеровой модели основания рассматривался в [4].

Цель и постановка задачи

Цель работы – оценить влияние модели основания на усилия в сооружении, а также проанализировать влияние вылета консоли днища на напряженно-деформированное состояние конструкций аэротенков.

Методика исследования и результаты

Для анализа напряженно-деформированного состояния системы «емкостное сооружение–основание» выполнены численные исследования работы резервуаров различной длины на основании, которое моделировалось слоем конечной толщины и дискретной моделью ограниченной распределительной способности. Также произведено численное исследование влияния размера консольной части плиты емкостных сооружений на усилия в конструкциях сооружения.

В качестве объекта для исследования принят резервуар для воды шириной 36 м и длиной 30 м. Шаг колонн в направлении ширины – 6 м, длины – 3 м. Толщина днища равна 140 мм, толщина стен – 200 мм, приведенная толщина плит перекрытия – 150 мм, колонны имеют сечение 250×250. Резервуар опирается на песчаное основание с модулем деформаций 1600 тс/м².

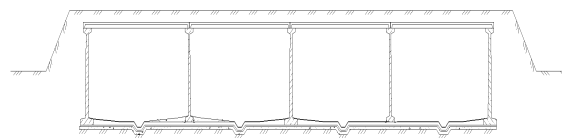


Рис. 1. Схема резервуара

Стены, днище и плиты перекрытия резервуара представлены прямоугольными элементами оболочки.

При этом размеры элементов плит днища – 0,75×0,75; размеры элементов стен – 0,75×0,4. Колонны представлены пространственными стержнями.

К элементам сооружения прикладывались следующие нагрузки: давление обваловки на стенку резервуара и на консольный участок днища; давление жидкости; собственный вес конструкций; давление грунта и временной нагрузки на покрытие; давление обваловки на массив грунта за пределами консольного участка днища.

Был произведен расчет сооружения при различных вылетах консольной части днища (вылеты консоли – 0 м, 75 см, 150 см, 225 см, 300 см).

В качестве расчетной модели основания использовались модели конечного слоя и дискретная модель.

В случае конечного слоя массив грунта моделируется шести- и восьмиузловыми изопараметрическими пространственными конечными элементами с механическими свойствами: $E_{ср}=1600$ тс/м², $\mu=0,3$.

Фрагмент схемы основания в виде упругого слоя конечной ширины представлен на рис. 2.

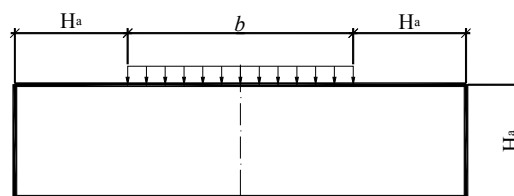


Рис. 2. Схема основания в виде упругого слоя конечной ширины

Следует отметить, что, в соответствии с [2], размеры модели грунтового основания в

плане были приняты из условий: $L=l+2H_a$, $B=b+2H_a$, чтобы влияние жестких связевых ограничений массива было минимальным. Толща грунтовых напластований принята 15 м.

Массив грунта моделировался при помощи распределительных стержневых горизонтальных элементов и вертикальных элементов сжатия [1–3]. Мощность активной сжимаемой толщи грунта $H_a=15$ м разбивается на 5 ярусов. Фрагмент схемы основания представлен на рис. 3.

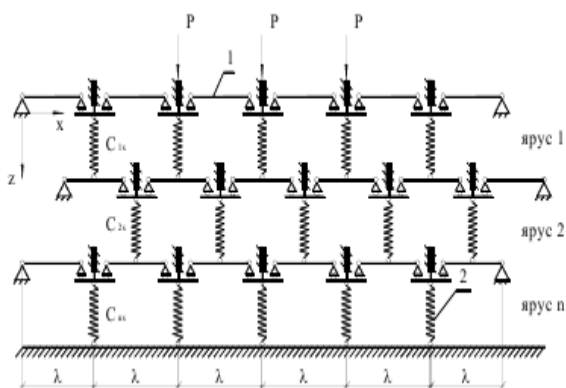


Рис. 3. Фрагмент дискретной модели основания

При увеличении вылета консоли от 0 до 3 м по направлению к оси X наблюдается общее увеличение сжимающих напряжений и уменьшение растянутой зоны в плитах перекрытия. Продольные напряжения по оси X в общем изменяются на 15 %, а в некоторых элементах (в угловой зоне) – на 40 %.

Продольные усилия в плитах перекрытия по оси Y принимают отрицательные значения преимущественно в центральной и угловой зонах, при вылете консольной части дна 0 см большая часть перекрытия растянута. При увеличении консоли до 3 м сжимающие напряжения в угловой зоне увеличиваются в среднем на 10–15 %, а в центральной зоне – в 2,5 раза. Общая площадь сжатой зоны значительно увеличивается. Растягивающие усилия по оси Y уменьшаются на 20–50 %.

Продольные усилия в плите дна с увеличением консоли (0–3 м) в среднем увеличиваются на 50–70 %, при этом сглаживается неравномерность значений усилий в краевых и внутренних зонах плиты.

Значения изгибающих моментов в крайних пролетах уменьшаются на 20 %, при этом увеличиваются изгибающие моменты в плите в зоне опирания стен.

Для стенки, ориентированной вдоль сооружения, при развитии консольной части плиты от 0 до 3 м значения продольных усилий N_x снижаются на 15 %. Для стенки, ориентированной поперек сооружения, при развитии консольной части плиты от 0 до 3 м значения продольных усилий N_x в центральной части сооружения снижаются на 50 %, а в угловой зоне – в 3–4 раза.

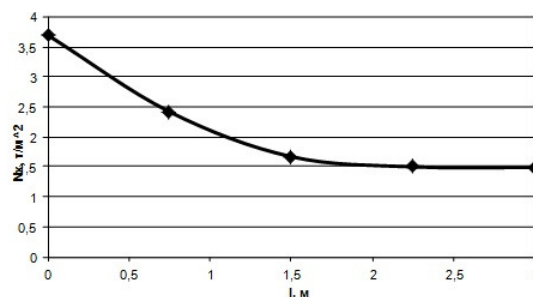


Рис. 4. Изменение продольных усилий в плитах перекрытия в зависимости от вылета консоли дна

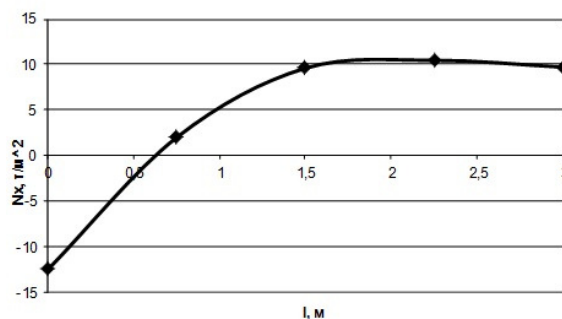


Рис. 5. Изменение продольных усилий в плите дна в зависимости от вылета консоли

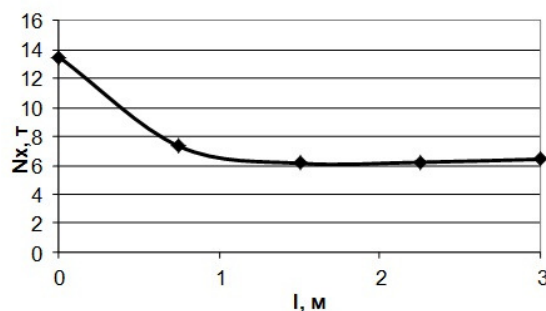


Рис. 6. Изменение продольных усилий в стенах в зависимости от вылета консоли дна

Выводы

Выполнение днища резервуара с консольной частью позволяет регулировать уровень растягивающих напряжений в конструкциях емкостных сооружений.

Наиболее экономичное конструктивное решение здания как системы «сооружение–фундамент–основание» было получено при использовании дискретной пространственной модели основания.

Литература

1. Лучковский И.Я. Взаимодействие конструкций с основанием / И.Я. Лучковский. – Х.: ХГПУ, 2000. – 264 с.
2. А.с. 1270611 СССР. МКИ G 01 M 19/00. Пространственная модель грунтового основания / И.Я. Лучковский (СССР). – №3900805/29-33. заявлено 14.04.85. опубл. 15.11.86, Бюл. №42. – 4 с.
3. Лучковский И.Я. Физические особенности дискретной модели основания И.Я. Лучковского / И.Я. Лучковский, С.А. Плащев // Луганський національний аграрний університет: зб. наук. пр. Сер. «Технічні науки». – 2004. – №49/52. – С. 136–145.
4. Косоверов О.С. Расчет и конструирование сооружений водопроводно-канализационного хозяйства / О.С. Косоверов. – К.: Будівельник, 1990. – 184 с.

Рецензент: В.П. Кожушко, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 1 августа 2012 г.