

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЪЁМНЫХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ НДС ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

Цель данной работы состоит в создании расчётной схемы основания и сооружения с использованием ПВК SCAD и в чтении результатов расчёта.

Сначала необходимо дать понятие расчётной модели грунта – некоторого абстрактного объекта, отражающего наиболее существенные свойства грунта. Существуют следующие модели по определению напряжённо-деформированного состояния в грунтовых массивах.

1. Модель сплошной среды, основное допущение которой состоит в том, что грунт рассматривается сплошным с непрерывно распределёнными по объёму характеристиками. В её рамках в расчётах грунтовых оснований сейчас реализованы модели, перечисленные ниже.

1.1. Модель линейно-деформируемой среды (ЛДС), которая основана на предположении, что для определения НДС грунта можно использовать решения линейной теории упругости (ЛТУ).

1.2. Модель теории предельного равновесия, основанная предположении, что в грунтовом массиве имеет место предельное состояние.

1.3. Модель упруго-пластической среды применяется при расчёте грунтовых массивов, в которых имеются как области предельного, так и допредельного состояния грунта, и они таковы, что исключается применение отдельно модели ЛДС или ТПР.

2. Модель дискретной среды. Она заключается в представлении грунта упорядоченным набором одинаковых зёрен или блоков. Применима для грунтов, состоящих из крупных частиц. В расчётах оснований зданий НДС распространения пока не получила из-за невозможности определения в рамках этой модели деформации среды [1].

3. «Модель Винклера» – это такая модель, в которой характеристикой основания служит коэффициент постели. Специфична тем, что пригодна для решения контактной задачи, то есть для определения напряжений по подошве сооружения и осадок поверхности основания в пределах контакта его с сооружением. При этом напряжения и деформации в основании не определяются. С применением модели ЛДС, напротив, возможно определить осадки поверхности основания и за пределами площади загрузки [1].

В настоящее время в связи с разработкой компьютерных программных комплексов, реализующих численные расчёты методом конечных элементов, возможно определение НДС системы «сооружение-основание».

Продemonстрируем это на примере. Пусть задан бетонная плита (класс бетона В25) размерами в плане 6×3 м толщиной 1 м, лежащая на основании, сложенном супесью мощностью 1 м и песком бесконечной толщины. Решим пространственную задачу с использованием ПВК SCAD. Для этого применим модель ЛДС как наиболее простую. Создадим расчётную схему в SCAD.

1. Назначаем границы области влияния сооружения на грунт. Внешние границы этой области грунта выбираются так, чтобы краевые эффекты на этих границах практически не сказывались на напряжениях под сооружением. Согласно эмпирическому правилу, для этого следует удалить границу области влияния на 3-4 максимальных размера фундамента, но не более чем на $1-1,5H$ с каждой стороны от края конструкции, где H – высота сжимаемой толщи под сооружением. Для назначения толщины сжимаемого слоя грунта можно использовать рекомендации СНиП 2.02.01-83, хотя эти данные относятся не к комплексным расчётам моделей «здание-основание», а к определению осадок. Такое назначение границ упругой зоны является вполне удовлетворительным при выполнении статических расчётов, но для динамических расчётов может оказаться неверным, так как упругие волны, которые, например, при сейсмическом воздействии беспрепятственно уходят в полубесконечное основание, будут отражаться от границ области («эффект коробки»). В этом случае необходимо поставить специальные граничные условия: поглощающие границы, которые гасят волны, приходящие извне или пропускающие границы, гасящие волны от возмущений, вызванных сооружением [2]. В нашем случае $H = 5$ м (согласно СНиП 2.02.01-83), размеры области влияния в плане примем равными 20×20 м.

2. Создадим массив объёмных конечных элементов (рис 1): плиту и основание представим в виде набора 8-узловых параллелепипедов – конечных элементов типа 31. Для этого сперва создадим сетку из пластинчатых КЭ и с помощью опции «Копировать расчётную схему», получим массив из объёмных КЭ. Размеры элементов примем 1х1х1м, но под сооружением необходимо сгустить сетку КЭ, назначив их, например, по 0,5×0,5×0,5 м.

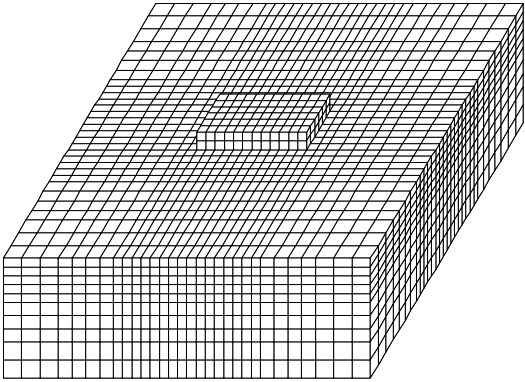
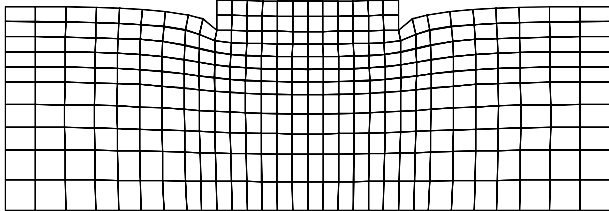
3. Далее наложим связи на основание: снизу примем шарнирное опирание с запретом поворотов относительно осей X , Y и Z . По бокам предусмотрим заделки со свободой перемещения относительно оси Z . Связи введём во все узлы объёмных элементов основания по границам области влияния.

4. Зададим жесткостные характеристики сооружения и грунтов основания.

5. Приложим нагрузки: от собственного веса грунта и плиты, например, равномерно распределённую ($q = 40$ тс/м²) на площадь 2 м² в центральной части плиты.

1. Произведём расчет и перейдём к анализу полученных результатов. В результате расчёта получены значения напряжений NX , NY , NZ , TXZ , TXU и деформаций по трём направлениям. Значения напряжений NZ в центре сооружения, полученные при расчёте в SCAD без учёта совместной работы основания и сооружения и по методике СНиП 2.02.01-83 близки. Значения NZ в грунтовом массиве, полученные с учётом совместной работы основания и плиты, отличаются от обоих вышеупомянутых. Это связано с тем, что учёт жесткости сооружения влияет на распределение усилий в основании. Характер деформирования основания представлен на рис. 2. Величина осадки в центре сооружения, полученной при расчёте в SCAD, составила 5,79 мм, а осадка по методике СНиП получилась равной 5,67 мм. Величина осадки в центре плиты при

расчёте по модели Винклера имеет диапазон 5,56-6,06 мм. Как видно, все полученные значения осадок близки друг к другу.

 A 3D perspective view of a finite element mesh. The mesh is composed of small rectangular elements forming a rectangular block. A smaller, stepped rectangular structure is positioned on top of the larger block, representing a foundation and a structure above it.	 A 2D top-down view of a grid. The grid is mostly rectangular but shows significant deformation in the center. The lines are curved and distorted, indicating the settlement or deformation of the foundation under a load.
<p>Рис 1. Массив объёмных элементов основания и сооружения</p>	<p>Рис 2. Характер деформирования основания</p>

Таким образом, реализуя модель ЛДС с применением объёмных конечных элементов, возможно определить НДС не только отдельно взятого основания, но и системы сооружение-основание. При этом также можно найти осадки поверхности основания и за пределами площади загрузки, что очень важно при оценке влияния друг на друга сооружений, расположенных, например, в стеснённой городской застройке.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бугров А. К. Механика грунтов: учебное пособие. СПб: Изд-во СПбГПУ, 2004. 256с.
2. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчётные модели сооружений и возможность их анализа. Киев: ВВП «Компас», 2001.