

20.4.2. Выбор параметров упругого основания

Вычислительный комплекс SCAD предоставляет пользователям процедуры для расчета зданий и сооружений в контакте с основаниями. Эти процедуры состоят в вычислении обобщенных характеристик естественных или искусственных оснований. Обычно проектировщики испытывают определенные затруднения при назначении этих характеристик, особенно, для неоднородных слоистых оснований, т.к. получение соответствующих экспериментальных данных требует проведения специальных натурных испытаний, а накопленные табличные данные далеко не всегда адекватны реальным условиям проектирования. Отметим, что СНиП 2.02.01-83* "Основания зданий и сооружений" дает определенный набор нормативных значений прочностных и деформационных характеристик грунтов, в том числе модули деформации (Приложение 1). Пункт 2.10 этого СНиП допускает применять другие параметры, характеризующие взаимодействие фундаментов с грунтом основания и устанавливаемых опытным путем, в том числе коэффициенты жесткости основания. Именно эти обобщенные характеристики, которые обычно закладывают в процедуры МКЭ для расчета зданий и сооружений в контакте с основаниями, включены в SCAD.

Использование расчетных схем типа упругого слоя конечной толщины или упругого полупространства резко увеличивает размерность задачи. Поэтому получила широкое распространение модель П.Л.Пастернака [16] или В.З.Власова-Н.Н.Леонтьева [2] с двумя коэффициентами постели, в которой сохраняется размерность задачи при одновременной возможности учесть распределительные свойства грунта.

Для вычисления характеристик в состав комплекса введен специальный блок, в котором выделяется два состояния основания, соответствующих двум периодам.

1. Состояние в период возведения сооружения и непосредственно после возведения, когда происходит активная осадка сооружения вследствие необратимых деформаций основания.

2. Состояние после завершения осадочных явлений и стабилизации основания, т.е. в период нормальной эксплуатации сооружения.

Эти состояния требуют назначения различных расчетных схем основания. Первое предполагает возможным рассматривать его как линейно деформируемое полупространство, характеризуемое модулем деформации. Второе — как упругое полупространство, характеризуемое модулем упругости. Эти характеристики должны быть дополнены коэффициентами Пуассона. Они являются исходными параметрами для определения обобщенных характеристик основания, однородного или слоистого. В отличие от некоторых используемых методик, процедуры SCAD не требуют введения в исходные данные таких параметров, как глубина сжимаемой толщи основания, определение которой согласно Приложению 2 СНиП 2.02.01-83* связано с расчетом напряженного состояния в слоях основания. Программа оперирует с таким параметром, как коэффициент затухания осадок по глубине слоев, который вычисляется в процессе расчета и не требует задания в явном виде, что представляется существенным преимуществом предложенных процедур.

Предполагается также, что и другие исходные данные (модули деформации или упругости, коэффициенты Пуассона) для слоев основания могут быть заданы не в явном виде, а путем выбора из описания тех грунтов и искусственных фаз оснований, которые соответствуют естественным проектируемым слоям и заложены в программу. В явном виде должны быть заданы только толщины промежуточных слоев, однако, не требуется задание глубины сжимаемой толщи нижнего подстилающего слоя.

В основу процедур вычисления обобщенных характеристик основания, однородного или слоистого, положены два функциональных решения для полупространства:

- решение Ж.Буссинеска для осадки полупространства жестким штампом под равномерно распределенной нагрузкой (равномерным удельным давлением);

- решение для осадок полупространства под нагрузкой согласно упомянутой выше двухпараметровой модели основания, обобщенное в [19] для слоистого полупространства.

Соответственно второму решению, обобщенными характеристиками основания, вычисляемыми SCAD, являются два параметра, характеризующие работу основания на сжатие и на сдвиг. Для двух рассматриваемых состояний основания они будут различны. Для первого состояния (периода необратимых осадок) исходными данными являются модули деформации и коэффициенты Пуассона слоев, их толщины, а также, дополнительно, площадь опорной конструкции здания или сооружения, непосредственно контактирующую с основанием. Предполагается, что сооружение с опорной конструкцией значительно превосходит жесткость основания, т.е. создается эффект “жесткого фундамента”. Поэтому, если сооружение состоит из нескольких отдельных блоков, то площадь опорной конструкции (фундамента) относят к каждому отдельному блоку. Полученные в результате расчета характеристики K_1 и K_2 являются коэффициентами деформативности основания при сжатии и сдвиге, соответственно.

Первый из этих коэффициентов - K_1 ($\text{МН/М}^3=10^2\text{Т/М}^3$) позволяет определить прогнозируемую вертикальную осадку сооружения

$$W = P/K_1, \quad (20.13)$$

где P - среднее действительное удельное давление по подошве конструкции (фундамента) сооружения. Это давление может быть сопоставлено со средним расчетным давлением (отпором) основания. Функция давления будет найдена по функции осадок (вертикальных перемещений) подошвы фундамента и является результатом расчета, отвечающего следующему выражению:

$$P(x,y) = K_1 W(x,y) - K_2 \nabla^2 W(x,y), \quad (20.14)$$

где $P(x,y)$, $W(x,y)$ - функции давления (отпора) и осадок в узлах, совместных для подошвы фундамента и поверхности основания. Сопоставимость заданных и расчетных значений P и W будет служить обоснованием достоверности результатов определения коэффициентов деформативности K_1 и K_2 , а также прогнозируемой осадки проектируемого сооружения.

Для второго состояния основания (период нормальной эксплуатации сооружения) исходными данными являются модули упругости и коэффициенты Пуассона слоев, их толщины. Как и ранее, глубина нижнего подстилающего слоя не задается. Какие-либо данные о размерах опорной конструкции (фундамента) не вводятся. Получаемые характеристики C_1 и C_2 являются коэффициентами постели (жесткости) упругого основания при сжатии и сдвиге, соответственно. Они характеризуют работу основания, в котором возникают только упругие (обратимые) деформации под действием временных эксплуатационных нагрузок, а также нагрузок от природных явлений (ветер, снег и т.д.).

Формулы (20.13), (20.14), в которых необходима замена $K_1 \rightarrow C_1$ и $K_2 \rightarrow C_2$, позволяют найти упругое вертикальное перемещение сооружения как жесткого целого, а результаты расчета сооружения - функции упругих перемещений и давления (отпора) по подошве фундамента сооружения.

Модуль деформации (E) – принимается для грунтов вместо модуля упругости потому что даже при малом диапазоне напряжений деформации грунта не являются полностью обратимыми (как в законе Гука – идеально упруго линейно-деформируемое тело), а всегда содержат в себе остаточную часть. Поэтому этот закон называют законом линейного деформирования. Следовательно, параметры E , G , k называют модулями линейного деформирования. И следовательно значения модуля линейной деформации принимают меньшими чем модуль упругости, полученный в результате испытания штампом с разгрузкой

Физический смысл модуля деформации. В диапазоне небольшого изменения напряжений зависимость между нагрузкой и деформацией грунта можно принять линейной и в этих

пределах к грунтам как было предложено Герсевановым, применим закон Гука. Однако даже при малом диапазоне напряжений деформации грунта не являются полностью обратимыми, а всегда содержат в себе остаточную часть. Поэтому закон Гука справедлив лишь для процесса нагружения, и его, в отличие от закона упругости называют законом линейного деформирования. Соответственно E – модуль линейной деформации. Модуль линейной деформации показывает линейную зависимость деформаций от нагрузки.