ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Артамонова Елена Николаевна
д-р техн. наук, профессор
ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.»
г. Саратов, Саратовская область

О РАСЧЕТЕ ЭЛЕМЕНТОВ НА ВЯЗКОУПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Аннотация: *рассматривается задача о деформировании оболочки, взаимодействующей с вязкоупругим основанием.*

Ключевые слова: *вязкоупругое основание, метод последовательных возмущений параметров, ядро ползучести.*

В данной работе изучаются вопросы деформирования и долговечности цилиндрической оболочки, взаимодействующей с подстилающим основанием с учетом его вязкоупругости. В качестве исходного основания используется модель Власова–Леонтьева. Для учета деформирования реологического основания использована интегральная форма закона вязкоупругости. Полученные разрешающие уравнения представлены в приращениях по методу последовательных возмущений параметров В.В. Петрова [1, с. 179].

Уравнения состояния в приращениях имеют вид [1, с. 183]:

$$\Delta\sigma_{ij} = E_{ijkl}\,\Delta e_{kl} + \Gamma_{ijkl}\,e_{kl}, \qquad (i, j = 1,2,3) \quad (1)$$

Приращения перемещений точек представлены в виде:

$$\Delta u(x,z) = \sum_{i=1}^{m} \Delta U_i(x)\cdot\varphi_i(z)$$

$$\Delta w(x,z) = \sum_{k=1}^{n} \Delta W_k(x)\cdot\psi_k(z)$$

Здесь функции ΔU_i и ΔW_k – неизвестны, а $\varphi_i(z)$ и $\psi_k(z)$ – безразмерные функции, подлежащие выбору в соответствии с граничными условиями задачи.

Перемещения точек среды основания определяются как накопленная сумма всех приращений в виде:

$$u(x,z)=\sum \Delta u(x,z);$$
$$w(x,z)=\sum \Delta w(x,z).$$

Разрешающие уравнения относительно приращений перемещений:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left(D*\frac{\partial^2 \Delta W_1}{\partial x^2}\right)+\frac{E*h}{1-\nu_{об}^2}\frac{\Delta W_1}{R^2}-\sum_{k=1}^{2}[E*]\Delta W_k''-\sum_{k=1}^{2}\left[\int_0^H \psi dz\right]\Delta W_k'=\Delta p$$

$\nu_c = 0{,}5 - E_c / E_0 \cdot (0{,}5-\nu)$, $E_0 = E/(1-\nu^2)$, $\nu_0 = \nu/(1-\nu)$, E – модуль деформации основания, ν – коэффициент Пуассона. D*, E*- интегральные операторы Вольтера, содержащие ядра затухающей ползучести $K(t\text{-}t_0)$ [2, с. 4]. Экспериментально доказано, что деформации грунта основания могут быть описаны законом наследственной ползучести Больцмана–Вольтерра. Ядра ползучести характеризуют собой реологические свойства рассматриваемой среды, являются положительными монотонно убывающими функциями своих аргументов, и, как показывают опыты, хорошо описываются выражением:

$$K(t\text{-}t_0)=\delta e^{-\delta_1(t\text{-}t_0)},$$

где δ, δ1 – параметры ползучести; определяются по результатам длительных испытаний монолитов грунта на компрессию, разделяя кривую изменения деформаций во времени на преимущественно фильтрационную часть и часть, обусловленную ползучестью.

Теория наследственной ползучести включает в себя все теории, базирующиеся на реологических моделях. В силу указанной общности теории наследственной ползучести Больцмана–Вольтерра представляется возможным повысить точность исследования деформаций грунтовых оснований математическими методами. Заметим, что физический смысл полученных линеаризированных соотношений метода последовательного возмущения параметров следует из [1, с. 24–32], и при записи формализма (1) в качестве возмущаемого параметра использовалось приращение функционала истории переменной, как следствие приращения времени. При использовании частной формы соотношения вязко-упругости в виде интегралов Вольтера 2-го рода переход из невозмущенного в возмущенное состояние осуществляется путем возмущения параметра времени t и параметров мгновенного напряженно-деформированного состояния. Благодаря использованию записи определяющих уравнений в форме интегралов Вольтерра после применения к ним формальной линеаризации получили линеаризованные соотношения как бы по схеме последовательного «возмущения нагрузки». Они позволяют строить решения задач расчета элементов при движении или по параметрам времени, или по параметру нагрузки.

Рассматривается цилиндрическая оболочка кругового очертания, взаимодействующая с основанием. Условие долговечности плиты по предельным деформациям сводится к удовлетворению условия

$$\varepsilon_{oc} \leq \varepsilon_{пр} ,, (2)$$

где ε_{oc} – характеристика деформируемости основания, в которой можно учесть общее инженерно-геологическое строение площадки, особенности напластования и свойств грунтов, входящих в естественное основание, ожидаемые изменения геологических условий; $\varepsilon_{пр}$ – предельная (допустимая) величина осадки сооружения. Чем ближе будет совпадать левая и правая части неравенства (2), тем экономичнее будет запроектировано основание. Для решения задачи применяется вариационный метод Бубнова–Галеркина, расчет проводится на малых интервалах времени для достижения оптимальных условий долговечности согласно (2) [2, с. 4].

Список литературы

1. Петров В.В. Теория наведенной неоднородности и ее приложения к расчету конструкций на неоднородном основании / Петров В.В., Иноземцев В.К., Синева Н.Ф.// – Саратов: Изд-во СГТУ, 2002. – 260 с.

2. Артамонова Е.Н. О проектировании плит на неоднородном основании / Артамонова Е.Н.// В трудах III Междун. науч. конф. М.: Изд-во ИНГН. – 2012. – С. 4.