

УДК 624.072.2.044/.046(043.3)
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЗАГЛУБЛЕННОЙ В УПРУГОЕ ВЕСОМОЕ
ОСНОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНО-УПРУГОЙ СТЕНКИ

К. В. ДМИТРИЕВА
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Минск, Беларусь

Ранее автором проводились исследования напряженно-деформированного состояния нелинейно-упругой стенки в линейно-упругом основании, где в качестве модели основания была принята модель упругой полуплоскости со сложным, ломаным очертанием наружного контура. В настоящей работе предлагается учесть влияние на НДС стенки собственного веса материала упругой полуплоскости, что позволит более полно отразить работу стенки заглубленной в упругое основание и уточнит получаемые результаты расчета.

Постановка задачи, посвященной разработке методики расчета горизонтально нагруженной стенки в упругом весоомом основании, включает в себя следующие положения:

– решаемая задача по условиям работы находится в условиях плоской деформации;

– в качестве модели основания принимается упругая весомая полуплоскость со сложным, ломаным очертанием внешнего контура, в качестве модели грунта – однородная, изотропная и физически линейная сплошная среда;

– касательные напряжения на контакте стенки и упругого основания не учитываются;

– на расчетной схеме стенка представляется в виде балочной плиты, учитывающей физическую нелинейность материала, в качестве закона деформирования которого выбрана нелинейно-упругая зависимость "момент-кривизна" для нормального сечения плиты.

Для решения поставленной задачи предлагается численно-аналитическая методика, заключающаяся в следующем:

1) поставленная задача решается в линейной постановке, при помощи двух наиболее подходящих по сути поставленной задачи методов – метода Б. Н. Жемочкина и метода конечных разностей;

2) по принятому для данного материала закону деформирования уточняются значения жесткостных характеристик нормальных сечений стенки. Например, в качестве закона деформирования для железобетонной стенки предлагается диаграмма "момент-кривизна", имеющая нелинейный характер, исходными данными для построения которой являются геометрические характеристики сечения, марки бетона и класс арматуры. С помощью программы "ВЕТА 3.2" зависимость изгибающего момента от кривизны определяется как функция, заданная рядом узловых точек. Аналитическое выра-

жение зависимости “ $M - 1/\rho$ ” находим с помощью программного пакета “Mathematica 8.0”, заменяя истинную функцию $M(1/\rho)$ – аппроксимирующей функцией

$$M(1/\rho) = B_0 \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + e^{-\kappa \frac{\rho_0}{\rho}} \cdot \left(B_1 \frac{\rho_0}{\rho} - B_3 \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)^3 + B_5 \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)^5 \right),$$

где $\rho_0 = 1$ м, а B_0 – начальная жесткость сечения;

3) по новым величинам жесткостных характеристик повторяется расчет, аналогичный расчету на линейном этапе, но уже с учетом переменности жесткостей конструкции. Расчет по второму и третьему пункту повторяется до достижения результатов заданной точности.

Помимо учета физической нелинейности материала стенки, на каждом этапе расчета принимается во внимание конструктивная нелинейность, возникающая в виде разрыва сплошности грунтовой среды на контакте стенки и упругого основания.

Для определения перемещений границ щели в упругой полуплоскости, в которую как бы вставлена стенка, сплошной контакт между плоскими клиновидными основаниями заменяется контактом в отдельных точках, путем введения связей по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Для определения усилий в удаляемых связях составляется система канонических уравнений метода сил, коэффициенты при неизвестных которой могут быть найдены при помощи полученных ранее автором выражений для перемещений границ упругого плоского клина от распределенных нагрузок. Особенностью данного расчета является учет собственного веса материала основания в виде дополнительного слагаемого при определении свободных членов канонических уравнений.

Для определения перемещений границ плоского упругого клина от собственного веса материала клина задаются координатные функции, при которых выполняются геометрические граничные условия для клина с заданным углом раствора α . С использованием соотношений Коши для плоской задачи теории упругости строится функционал полной потенциальной энергии системы \mathcal{E} , а затем по методу Ритца определяются неизвестные коэффициенты при координатных функциях.

Результаты численной реализации рассматриваемой задачи позволяют сделать следующие выводы:

- 1) на контакте стенки с полуплоскостью образуется раздел граничных условий в двух точках, причем в случае весомой полуплоскости положение этих точек смещено на величину порядка 0,05l к вершине стенки по сравнению с их положением для невесомой полуплоскости, где l – длина стенки;
- 2) учет собственного веса материала упругой полуплоскости незначительно (расхождение не более 1,5 %) влияет на распределение внутренних сил в сечениях стенки, заглубленной в упругое основание с ломаным очертанием контура.