

То, что сегодня могут позволить себе всемогущие короли бизнеса или эстрады, завтра может стать нормой. Всемогущие – это значит – могущие все. Все, что другие пока только желают. Хотели бы, но еще не могут. Однако то, что сегодня является желанием, назавтра научно-технический прогресс превращает в действительность.

Строя свое будущее, мы не можем бесконтрольно равняться на «западные стандарты», мы не должны торопиться «догнать и перегнать» капиталистический Запад по всем показателям.

Массовое распространение превратило автомобиль из полезнейшего изобретения в первого врага человечества. То же самое может произойти с самолетом. Личный автомобиль, личный самолет, личная яхта – что дальше? Собственный батискаф, ракета, луноход?

Границ для такого рода потребностей нет, и научно-технический прогресс их бесконечно расширяет наше сознание должно поставить разумные границы нашим материальным запросам, точнее скорости из роста.

ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ ИЗГИБ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ НА МНОГОСЛОЙНОМ ОСНОВАНИИ С ПЕРЕМЕННЫМ МОДУЛЕМ ДЕФОРМАЦИИ

Козунова О. В., Сигаи Е. А.

(научный руководитель Босаков С. В.)

Белорусский государственный университет транспорта,
Гомель, Беларусь

Аннотация

В работе исследуется цилиндрический изгиб фундаментной плиты на многослойном основании. В ходе расчета используется вариационно-разностный подход (ВРП) к решению контактных задач нелинейной теории упругости и механике грунтов (плоская деформация). В нелинейном расчете многослойное упругое основание моделируется совокупностью упругих слоев (УС) конечной толщины с переменным модулем деформации. Закон нелинейно-упругого деформирования основания описывается зависимостью в виде степенной функции Бюльфингера. Модуль деформации упругого основания – секущий, в сравнении с касательным. Коэффициент

Пуассона каждого слоя в силу его незначительного изменения в пределах этого слоя принимается постоянным.

Рассматривается фундаментная плита в виде линейно-упругой балочной плиты шириной $2l$ на упругом физически нелинейном многослойном основании под действием произвольной нагрузки [1]. На контакте плиты с упругим основанием возникают только нормальные реактивные давления, силами трения пренебрегаем. Для плиты справедливы гипотезы теории изгиба. При расчете слоистая упругая среда заменяется прямоугольной расчетной областью (рис. 1). Основание аппроксимируется симметричной разбивочной сеткой с постоянным шагом по осям: Δx , Δy . В результате получено 203 i -х узловых и 168 j -х сеточных ячеек.

За неизвестные принимаются: $u_i(x), v_j(y)$ – компоненты вектора перемещения i -й узловой точки основания; $p_y^{(i)}(x, y)$ – реактивные давления в зоне контакта балочной плиты с основанием. Граничные условия задачи: на границах принятой расчетной области перемещения $u = 0, v = 0$; в контактной зоне справедливо равенство осадок основания прогибам плиты.

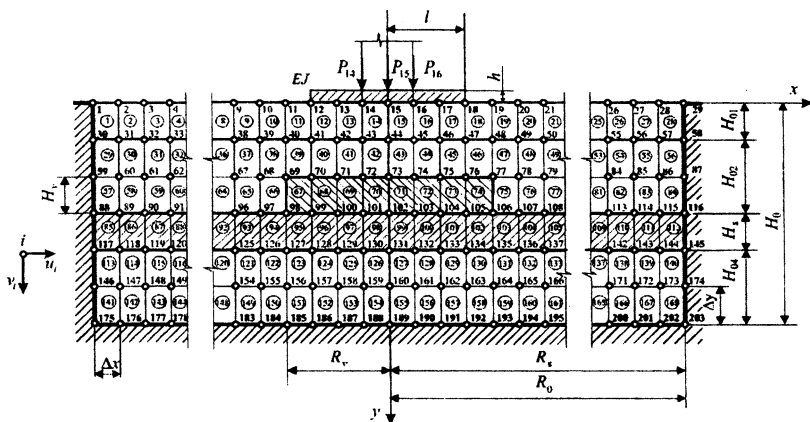


Рис. 1. Разбивочная сетка расчетной области

Закон нелинейно-упругого деформирования основания $\sigma_i(\epsilon_i)$ для каждого слоя основания описывается математически в виде степенной функции [2]

$$\sigma_i^{(k)} = E_{0k}^m (\sigma_{i,\text{lim}}^{(k)})^{1-m} \varepsilon_i^m, \quad (1)$$

где $\sigma_{i,\text{lim}}^{(k)}$; E_{0k} – предельное (критическое) напряжение, близкое к пределу упругости, и начальный модуль деформации k -го слоя основания; m – экспериментальный параметр, зависящий от упругих характеристик неоднородной среды.

В данной работе использована эмпирическая формула для определения $\sigma_{i,\text{lim}}^{(k)}$, предложенная в монографии проф. Быховцева В. Е. [2] и имеющая следующий вид:

$$\sigma_{i,\text{lim}}^{(k)} = c_k + 0,03 \text{tg} \varphi_k (0,5 - \nu_k) E_{0k}, \quad (2)$$

где c_k , φ_k , ν_k – коэффициент сцепления, угол внутреннего трения и коэффициент Пуассона соответственно k -го слоя упругого основания.

При каждой итерации модуль деформации центра j -й сеточной ячейки изменяется, и при вычислениях используется переменный модуль деформации в сравнении, представленный в табл. 1.

Таблица 1

Переменный модуль деформации

| Вид функции | Касательный модуль | Секущий модуль |
|-------------------------------|---|---|
| Степенная функция Бюльфингера | $E_i^{(n)} = m \sigma_{i,\text{lim}}^{(k)} \left(\frac{E_{0k}}{\sigma_{i,\text{lim}}^{(k)}} \right)^m (\varepsilon_i^{(k)})^{m-1}$ | $E_i^{(n)} = \sigma_{i,\text{lim}}^{(k)} \left(\frac{E_{0k}}{\sigma_{i,\text{lim}}^{(k)}} \right)^m (\varepsilon_i^{(k)})^{m-1}$ |

Согласно вариационному принципу Лагранжа [3], при нагружении плиты на упругом основании статической нагрузкой, ее полная потенциальная энергия в состоянии равновесия принимает минимальное значение.

Решение контактной задачи строится в перемещениях и реализуется численно методом конечных разностей (МКР), то есть заменой дифференциальных уравнений линейными конечно–разностными соотношениями. Энергия деформаций упругого основания получается суммированием по объему основания энергий деформаций прямоугольных участков для каждой ячейки МКР. Энергия изгиба балочной плиты в контактной зоне с основанием и потенциал работы внешних

сил записывается также в конечно-разностном виде. В результате система дифференциальных уравнений заменяется системой линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) порядком $2N$. Теория нелинейного расчета для двухслойного основания приведена в работе [1].

Для указанного подхода составлена программа на языке Mathematica 8.0, проведена ее числовая апробация для двухслойных оснований, ослабленных местными полостями. В численный счет использовались следующие упругие параметры многослойного основания и фундаментной плиты: 1-й слой (песок мелкий прочный) – $\sigma_{lim1} = 0,20$ МПа; $\nu_1 = 0,30$; $E_{01} = 25$ МПа; $\varphi = 33$ град; $c = 0,07$ МПа; $m = 0,57$; 2-й слой (супесь моренная прочная) – $\sigma_{lim2} = 0,25$ МПа; $\nu_2 = 0,33$; $E_{02} = 30$ МПа; $\varphi = 10$ град; $c = 0,1$ МПа; $m = 0,51$; слабые полости (торфяные линзы) – $\sigma_{limv} = 0,05$ МПа; $\nu_v = 0,35$; $E_{0v} = 6$ МПа; $m = 0,46$; железобетонная плита (тяжелый бетон марки $C^{35}/_{20}$) – $P = 90\,000$ Н; $l = 1,2$ м, $h = 0,5$ м; $E_6 = 2,35 \cdot 10^{10}$.

В табл. 2, 3 приведены результаты линейного и нелинейных расчетов многослойного основания с использованием переменного модуля деформации.

Таблица 2

**Результаты расчета многослойного основания
(степенная функция, секущий модуль)**

| № итерации | v_{max} , М | $\sigma_{y\,max}$, Па | $\epsilon_{i\,max}$ | $p_{y\,max}$, Па | Вертикальный срез $j = 15-155$ | |
|------------|---------------|------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------|
| | | | | | $E_{1\,max}$, МПа | $E_{2\,max}$, МПа |
| 0 | 0,0139170 | 165115 | 0,00317369 | 333905 | 57,4544 | 100,2110 |
| 1 | 0,0076806 | 150152 | 0,00186128 | 314701 | 75,8141 | 199,9530 |
| 2 | 0,00588287 | 148039 | 0,00146418 | 301916 | 84,5550 | 316,124 |

Таблица 3

**Результаты расчета многослойного основания
(степенная функция, касательный модуль)**

| № итерации | v_{max} , М | $\sigma_{y\,max}$, Па | $\epsilon_{i\,max}$ | $p_{y\,max}$, Па | Вертикальный срез $j = 15-155$ | |
|------------|---------------|------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------|
| | | | | | $E_{1\,max}$, МПа | $E_{2\,max}$, МПа |
| 0 | 0,0139170 | 165115 | 0,00317369 | 333905 | 23,8854 | 30,8103 |
| 1 | 0,0187132 | 151422 | 0,00447228 | 335916 | 21,8841 | 33,7594 |
| 2 | 0,0214440 | 151518 | 0,00518340 | 332679 | 20,5659 | 35,6899 |

Результаты нелинейных расчетов слоистых оснований оцениваются по показателям изменения параметров НДС системы «плита–основание» Δ_f , расчет которых предложен в работе [4]. Результаты расчета сводятся в табл. 4.

Таблица 4

Сравнение результатов
нелинейных расчетов слоистого основания

| Вид упругого основания | | v_{\max} , м | $\sigma_{y \max}$, Па | $\varepsilon_{i \max}$ | $p_{y \max}$, Па | Вертикальный срез $j = 15-155$ | | Q_y , Н | M_x , Нм |
|------------------------|-----------------------|----------------|------------------------|------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------|-----------|------------|
| | | | | | | $E_{1 \max}$, МПа | $E_{2 \max}$, МПа | | |
| Степенная функция | Касательный модуль | 0,0214440 | 151518 | 0,00518340 | 332679 | 20,5659 | 35,6899 | 144 603 | 105 091 |
| | Секущий модуль | 0,0058828 | 148039 | 0,00146418 | 301916 | 84,5550 | 316,124 | 140 314 | 100 404 |
| | Показатель Δ_f | 264,52 % | 2,35 % | 254,01 % | 10,19 % | 311,14 % | 785,75 % | 3,06 % | 4,67 % |

Заключение

Сравнение результатов нелинейных расчетов при исследовании цилиндрического изгиба фундаментной плиты на многослойном основании показывает, что описание напряженно-деформированного состояния упругого основания с использованием степенной функции неоднозначно: от одной и той же нагрузки в упругом основании возникают резко отличительные друг от друга параметры деформированного состояния при использовании разного вида (секущий или касательный) модуля деформации. Что не соответствует реальным физическим процессам, протекающим в упругом основании.

Таким образом, при моделировании упругого основания совокупностью упругих слоев с переменным модулем деформации, необходимо использовать диаграммы нелинейно-упругого деформирования максимально приближенные к экспериментальным кривым реального грунта.

Литература

1. Босаков, С. В. Вариационно-разностный подход к решению контактной задачи для нелинейно упругого неоднородного основания. Плоская деформация. Теория расчета / С. В. Босаков, О. В. Козунова // Вестник БНТУ. – 2009. – С. 5–13.
2. Быховцев, В. Е. Компьютерное объектно-ориентированное моделирование нелинейных систем деформируемых твердых тел / В. Е. Быховцев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скарныны, 2007. – 219 с.
3. Александров, А. В. Основы теории упругости и пластичности / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М. : Высшая школа, 1990. – 400 с.
4. Козунова, О. В. Нелинейный расчет балочных плит на слоистых основаниях с биогенными включениями / О. В. Козунова // Геотехника Беларуси: теория и практика. – Минск : БНТУ, 2008. – С. 37–65.

СПЯЩИЕ ВУЛКАНЫ

Косович С. В., Варакса А. С.

(научный руководитель Уласик Т. М.)
БНТУ, Минск, Беларусь

Вулканы – геологические образования на поверхности земной коры, извергающие на поверхность лаву, вулканические газы, камни (вулканические бомбы), пирокластические потоки.

Классификация вулканов

Те вулканы, что извергаются регулярно – называются действующими, те, что извергались в историческое время, а сейчас нет – спящими, и те, что не извергались с начала исторического времени – потухшими.

Строение вулкана

Корни вулкана, т. е его первичный магматический очаг располагается на глубине 60- астеносферном слое. В земной коре на глубине 20-30 км находится вторичный магматический очаг, который непосредственно и питает вулкан через жерло. Конус вулкана сложен продуктами его извержения. На вершине располагается кра-