

УДК 625.72:55

А. П. Лашенко, доцент, канд. тех. наук
(БГТУ, г. Минск)**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СЛОИСТЫХ СИСТЕМ
С УЧЕТОМ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ**

В опубликованных работах В. Ф. Бабкова, А. К. Бирули, Н. Н. Иванова, Б. И. Когана, М. Б. Корсунского и других даны различные решения вопросов расчета слоистых дорожных одежд. Однако расчету дорожных одежд с учетом ползучести материалов уделено недостаточное внимание. Так, в 1961 году М. Б. Корсунский указал пути учета ползучести материалов при расчете дорожных одежд. Исходя из предположений, что известна функциональная зависимость изменений величины модуля упругости от скорости нагружения и продолжительности действия нагрузки, он сумел свести задачу теории ползучести к известным задачам теории упругости.

Поэтому задача исследования изменения напряжений и перемещений в слоистой системе с учетом реологических свойств материалов, применяемых в дорожном строительстве, является актуальной.

На основании экспериментально полученных кривых ползучести (нагрузка-деформация) и сравнения решений дифференциальных уравнений, полученных на АВМ нами был выбран и обоснован закон деформирования с учетом временной координаты для наиболее распространенных дорожно-строительных материалов. Установлено, что для материалов, используемых в дорожном строительстве, с достаточной точностью для практических целей, может быть принята реологическая модель Кельвина (типичное тело).

Расчетной математической моделью дорожной одежды и земляного полотна может служить многослойное квазистатическое упруго-вязкое полупространство, на поверхность которого действует нагрузка, равномерно распределенная, по площади круга. Каждый i -слой характеризуется пятью реологическими параметрами, коэффициентом Пуассона и толщиной слоя.

Решение задачи сводится к отысканию системы бигармонических функций $\varphi_i(r, z)$, с которой горизонтальные и вертикальные деформации тензора перемещения связаны интегральными зависимостями.

Как известно, искомая функция $\varphi_i(r, z)$ приемлема, если она удовлетворяет уравнению:

$$\nabla^2 \nabla^2 \varphi_i(r, z) = 0, \quad (1)$$

где ∇^2 – символ, аналогичный оператору Лапласа и граничным условиям.

В пределах каждого слоя искомая функция $\varphi_i(r, z)$ непрерывна и для любого i -го слоя может быть представлена аналитической зависимостью. Неизвестные коэффициенты, входящие в систему уравнений представляют собой неопределенные функции, зависящие от нагрузки, и времени действия нагрузки. Полученная система функциональных уравнений удовлетворяет бигармоническому уравнению в цилиндрических координатах, а поэтому составляющие компоненты тензора перемещений могут быть определены с учетом граничных условий.

Число таких уравнений равно $2 \cdot (2n-1)$, но при принятой в приводимом решении форме записи функции напряжений $\varphi_i(r, z)$ граничные условия на бесконечности и условия неразрывности напряжений σ_z на поверхности контакта выполняются тождественно.

В результате интегральных преобразований получены аналитические выражения для определения значений компонент тензоров перемещений и напряжений в любой точке упруго-вязкого слоистого полупространства с учетом ползучести используемых материалов. Доказана единственность решения системы при фиксированных входящих параметрах.

Данные решения обобщены для однородного, двухслойного и трехслойного упруго-вязких полупространств, для которых разработаны алгоритмы и составлены программы по определению численных значений компонент тензоров перемещений и напряжений.

Разработанные алгоритмы и комплекс программ приняты Госфондом алгоритмов и программ (РГ П0015) для использования в проектных организациях, где исследуется напряженно-деформированное состояния слоистых упруго-вязких систем с учетом фактора времени.

Предложенные способы, определения компонент тензоров перемещений и напряжений дорожных одежд и земляного полотна, могут быть использованы проектными дорожными организациями для расчета дорожных одежд по двум предельным состояниям, что позволят в комплексе с существующими расчетными методами более полно учитывать реальные свойства используемых материалов и исключить развитие недопустимых деформаций ползучести в течение всего срока службы дорожной одежды.