

## **УЧЕТ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БАЛОЧНОЙ ПЛИТЫ С УПРУГИМ ОСНОВАНИЕМ**

*КОЗУНОВА О. В., ПУСЕНКОВ А. Г.*

Белорусский государственный университет транспорта

Расчет упругого основания и балочной плиты с учетом касательных напряжений в общем виде является чрезвычайно сложной би-контактной задачей (т. е. задачей с двумя контактными поверхностями).

Из-за разнообразия конструктивных решений плит и грунтовых условий в настоящее время нет возможности дать строгое решение пространственной задачи. В связи с этим допускают использование приближенного решения, согласно которому влияние жесткости балочной плиты и реактивных касательных напряжений на расчетные величины плитного фундамента определяют строго в плоской постановке. Затем результаты такого расчета используют для приблизительной оценки влияния указанных факторов на результаты расчетов по действительной пространственной схеме, выполненных по существующим методам без учета этих факторов [1].

Взаимодействие балочной плиты и упругого основания с ленточного фундамента с учетом касательных напряжений в зоне контактного взаимодействия по сути является разновидностью контактных задач теории упругости [2], решение которой возможно в нелинейной постановке при работе упругих сред в зоне небольших упруго-пластических деформаций, т. е. с учетом физической нелинейности.

Учет нелинейности деформирования балочной плиты позволяет увеличить, как правило, допустимую нагрузку на плиту за счет перераспределения и уменьшения максимальных значений усилий, но при этом обнаруживается резкое возрастание неравномерности осадок. Данные нелинейного расчета позволяют выполнить достоверную оценку работы конструкции по предельным состояниям эксплуатационной пригодности.

*Постановка задачи.* Балочная плита ленточных фундаментов неглубокого заложения находится на упругом однородном слое глубиной (толщиной)  $H$  с приложенной внешней нагрузкой  $q(x)$ . Параметры плиты следующие: высота плиты  $h$ , ширина плиты  $2l$ , изгибная жесткость  $EJ$ . Вводим *гипотезы (предположения) и допущения* для расчета балочных плит на упругом основании: а) допущения и гипотезы теории упругости справедливы для рассчитываемой области упругого основания; б) допущения и гипотезы плоского изгиба балки (плиты) справедливы для плиты; в) при моделировании контактной зоны между балочной плитой и основанием могут возникать и растягивающие, и сжимающие напряжения, силы трения при моделировании учитываются, также учитываются касательные напряжения в зоне контактного взаимодействия.

Для решения рассматриваемой задачи авторами применяется вариационно-разностный метод (ВРМ) [3], который реализуется в перемещениях через конечно-разностные соотношения теории упругости (случай плоской деформации) при использовании в решении функционала полной потенциальной энергии деформации системы, состоящей из плиты, упругого основания и зоны контактного взаимодействия.

Величина полной потенциальной энергии балочной плиты на упругом основании  $\mathcal{E}$  состоит из энергии деформации плиты  $U$ , энергии деформации упругого основания  $A$  и работы внешней нагрузки  $\Pi$ :

$$\mathcal{E} = U + A + \Pi. \quad (1)$$

Хотелось бы отметить, что при составлении соотношения полной энергии деформации упругого основания  $A$  в формуле (1) авторами был выполнен учет касательных напряжений в контактной зоне в дополнительном слагаемое: энергия сцепления в контактной зоне плиты с основанием, т. е.

$$A = U_f + U_t, \quad (2)$$

где  $U_f$  – энергия деформации упругого основания (плоская деформация) [3];  $U_t$  – энергия сцепления в контактной зоне плиты с основанием.

Предлагаемая выше методика статического расчета позволяет определить внутренние усилия в балочной плите и осадки упругого основания под плитой с учетом касательных напряжений в контактной зоне, достаточно полно исследовать эту зону взаимодействия балочной плиты с упругим основанием, а также получить полную картину влияния касательных напряжений на напряженно-деформированное состояние упругого основания. Численная реализация ВРМ производится методом конечных разностей (МКР) в вариационной постановке в программном пакете *Mathematica 11.3*.

#### Список использованных источников:

1. Руководство по проектированию плитных фундаментов каркасных зданий и сооружений башенного типа. Разработано к СНиП II-15-74. М.: Стройиздат., 1984. – 265 с.
2. Александров, А. В. Основы теории упругости и пластичности: уч. для строит. спец. вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2002. – 400 с.
3. Козунова, О. В. Особенности проектирования плитных фундаментов на многослойных основаниях со слабыми слоями грунтов / О. В. Козунова // Рекомендации по проектированию и устройству рациональных фундаментов на основаниях, сложенных озерно-ледниковыми и лессовидными грунтами: Р 5.01.056.09: введ. 01.10.09. – Минск: Стройтехнорм, 2009. – Гл. 8. – С. 39 – 47.