

УДК 624.072

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

О. В. КОЗУНОВА, А. Г. ПУСЕНКОВ

Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь

Расчет упругого основания и балочной плиты с учетом касательных напряжений в общем виде является чрезвычайно сложной биконтактной 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: допущения и гипотезы теории упругости справедливы для рассматриваемой области упругого основания; допущения и гипотезы плоского изгиба балки (плиты) справедливы для плиты; 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 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 P :

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

Хотелось бы отметить, что при составлении соотношения полной энергии деформации упругого основания A в формуле (1) был выполнен учет касательных напряжений в контактной зоне в дополнительном слагаемом: 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 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 ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию плитных фундаментов каркасных зданий и сооружений башенного типа. Разработано к СНиП II-15-74. – Москва: Стройиздат, 1984. – 265 с.

2. **Александров, А. В.** Основы теории упругости и пластичности: учебник для строительных специальностей вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – 2-е изд., испр. – Москва: Высшая школа, 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.