

УДК 621.924

НЕЛИНЕЙНЫЙ РАСЧЕТ БАЛОЧНОЙ ПЛИТЫ (ЛЕНТОЧНОГО ФУНДАМЕНТА) НА НЕОДНОРОДНОМ ОСНОВАНИИ С УЧЕТОМ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗОНЕ КОНТАКТА. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

А. Г. ПУСЕНКОВ¹Научный руководитель О. В. КОЗУНОВА², канд. техн. наук, доц.¹Белорусский государственный университет транспорта

Гомель, Беларусь

²Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Все расчеты биконтактного взаимодействия упругого основания и балочной плиты в Республике Беларусь и за рубежом ведутся без учета контактных касательных напряжений. В данных тезисах, а также в [1] представлены аналитическая методика расчета, численное решение, экспериментальное моделирование и верификация результатов.

Результаты расчета в нелинейной постановке, с учетом касательных напряжений, позволяют более полно оценить работу балочной плиты (ленточного фундамента) по предельным состояниям эксплуатационной пригодности и при проектировании.

Для решения рассматриваемой задачи применяется вариационно-разностный метод (ВРМ) [2], который реализуется в перемещениях через конечно-разностные соотношения теории упругости (плоская деформация) при использовании в решении функционала полной потенциальной энергии деформации системы, состоящей из плиты, упругого основания и зоны контактного взаимодействия.

Решение задачи. Для решения задач составлена компьютерная программа в пакете Mathematica 13.0 и проведена ее числовая апробация для двуслойного основания: первый слой (верхний) – супесь: $\sigma_{y1} = 0,2$ МПа, $\nu = 0,3$, $E = 20$ МПа; второй слой (нижний) – песок средней крупности: $\sigma_{y2} = 0,4$ МПа, $\nu = 0,35$, $E = 40$ МПа.

Балочной плитой выступает железобетонная плита ленточного фундамента (ФЛ) с классом бетона С20/25 и типовым армированием. Характеристики плиты: длина $l = 1,6$ м; высота $h = 0,3$ м; модуль упругости бетона $E_b = 2,75 \cdot 10^{10}$ Па. На балочную плиту действует равномерно распределенная нагрузка $q(x)$, которая заменяется сосредоточенными силами $P_1 = P_3 = 100$ кН, $P_2 = 200$ кН (рис. 1).

Результаты расчета осадок. На рис. 2 представлены результаты осадок.

На рис. 2 сходимость подтверждена в третьей итерации и составила 0,8 %. Наблюдается просадка правой стороны плиты за счет увеличения расчетной области слабого верхнего слоя (супесь). Также стоит обратить внимание на увеличение осадок с правой стороны за счет более точного расчета, с учетом касательных напряжений, на 2,1 %. Также данный график осадок показывает

некоторое снижение запаса прочности слабого верхнего грунта при наклонном основании и, в какой-то степени, противоречит работам И. И. Гудушаури, В. А. Флорина и др. в данной постановке задачи.

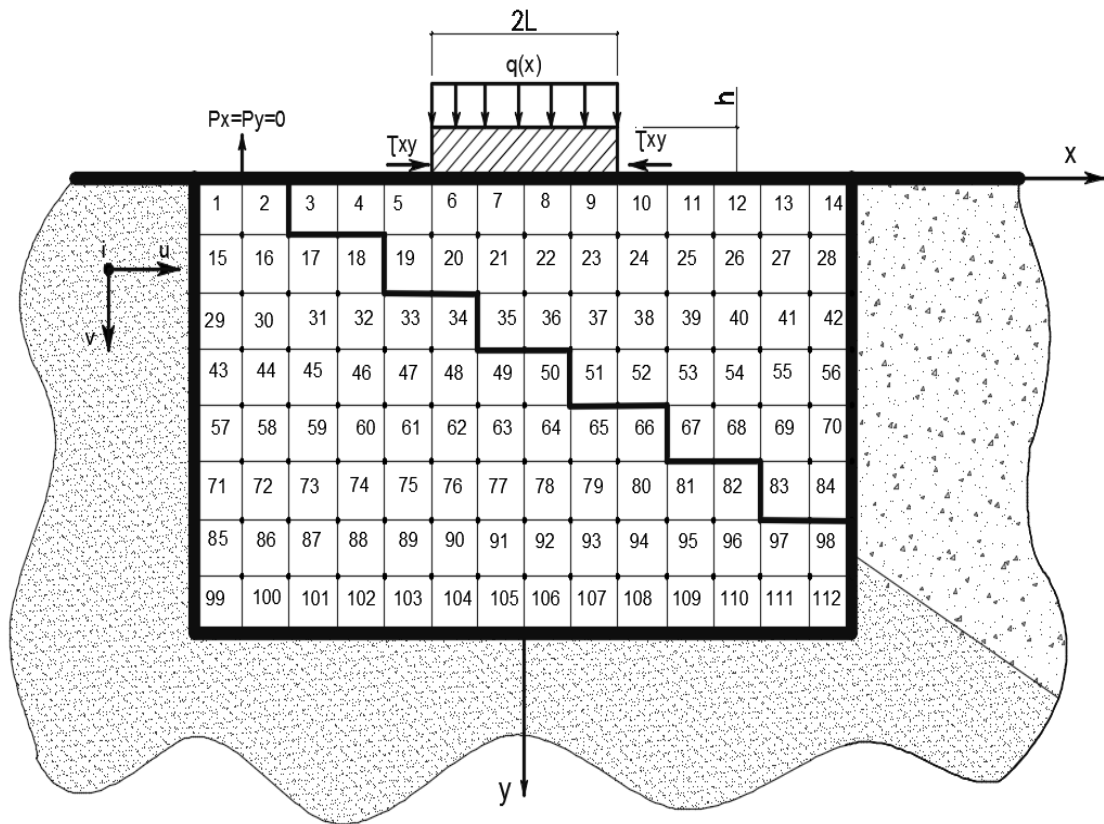


Рис. 1. Разбивочная сетка расчетной области

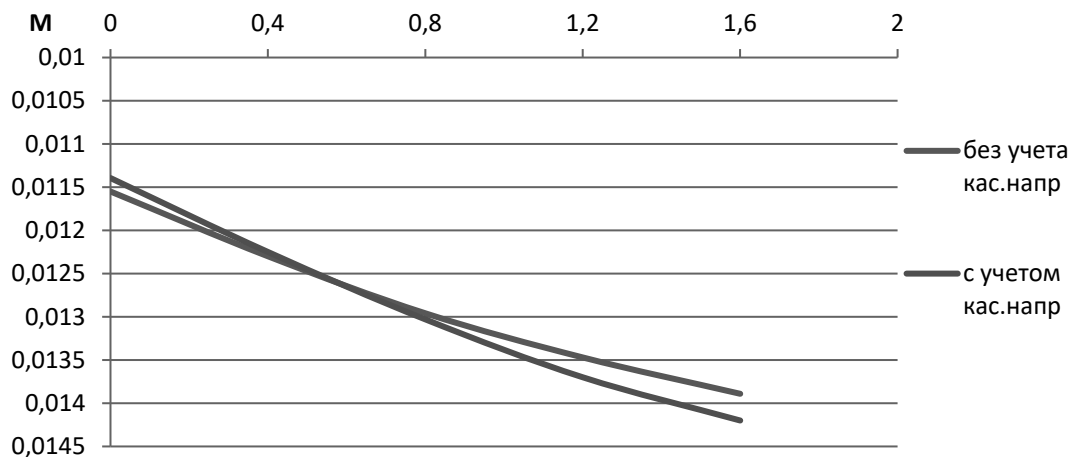


Рис. 2. График сравнения результатов осадок двуслойного основания и плиты с учетом касательных напряжений и без них в контактной зоне

Экспериментальное моделирование. На рис. 3 показаны осадки слоев основания относительно расчетной области.



Рис. 3. Результаты осадок после приложенной расчетной нагрузки

Проведенный лотковый эксперимент отображает деформированное неоднородное основание, полученное теоретически [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Козунова, О. В.** Статические расчеты балочной плиты на однородном упругом основании с учетом касательных напряжений / О. В. Козунова, А. Г. Пусенков // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2024. – № 1 (36). – С. 39–44.
2. **Козунова, О. В.** Статический анализ системы «балочная плита – нелинейно-упругое неоднородное основание» вариационно-разностным методом: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.17 / Козунова Ольга Валерьевна ; БНТУ. – Минск, 2017. – 168 л.
3. **Козунова, О. В.** Сравнение осадок двуслойного основания под подошвой жесткого фундамента с изменяемыми параметрами грунтов и учетом касательных напряжений между ними / О. В. Козунова, А. Г. Пусенков // Эксперт: теория и практика. – 2025. – № 2 (29). – С. 62–66.