

УДК 624.072
 ВАРИАЦИОННО-РАЗНОСТНЫЙ МЕТОД В НЕЛИНЕЙНОЙ
 ПОСТАНОВКЕ ПРИ РАСЧЕТЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛАСТИНКИ
 ОПОРНОГО УЗЛА

О. В. КОЗУНОВА, К. А. СИРОШ
 УО «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
 ТРАНСПОРТА»
 Гомель, Беларусь

Одним из приближенных способов расчета строительных конструкций является вариационно-разностный метод (ВРМ). Сущность ВРМ заключается в сведении задачи минимизации функционала полной потенциальной энергии, являющейся квадратичной функцией относительно деформаций и перемещений, к задаче минимизации функции многих переменных, отнесенных к узлам конечно-разностной сетки [1]. Рассматривается закладная деталь опорного узла и исследуется ее НДС в нелинейной постановке.

Закладная деталь опорного узла моделируется металлической пластиной размерами $l \times h$ с упругими параметрами E_0, μ_0 под действием сосредоточенных сил R в условии плоского напряженного состояния (рис. 1).

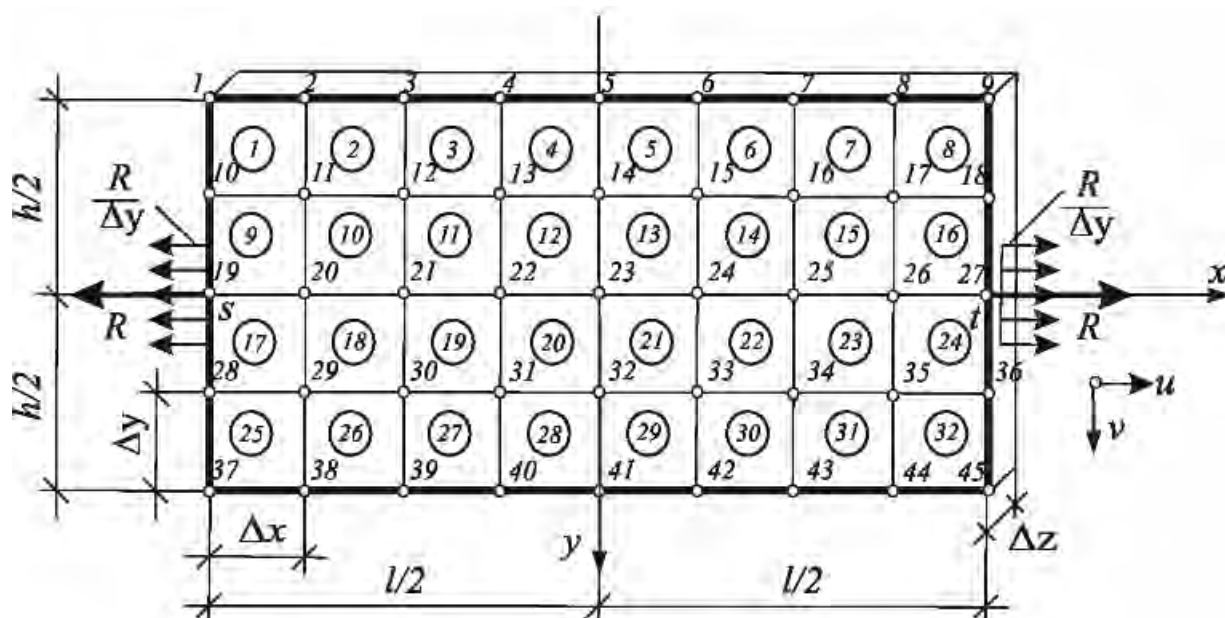


Рис. 1. Разбивочная сетка расчетной модели

Разобьем пластинку прямоугольной сеткой (см. рис. 1) на отдельные ячейки и найдем энергию деформаций [2] для отдельной ячейки с номером "j" в виде



$$\Delta \mathcal{E}_j = \left[\frac{E_j^{(m)}}{1 - \mu_0^2} \left((\varepsilon_x^j)^2 + (\varepsilon_y^j)^2 + 2\mu_0 \cdot \varepsilon_x^j \cdot \varepsilon_y^j \right) + \frac{E_j^{(m)}}{4(1 + \mu)} (\gamma_{xy}^j)^2 \right] \Delta x \Delta y =$$

$$= \left[\frac{E_j^{(m)}}{1 - \mu_0^2} \left[\left(\frac{1}{2\Delta x} (u_k + u_m - u_i - u_l) \right)^2 + \left(\frac{1}{2\Delta y} (v_k + v_i - v_l - v_m) \right)^2 \right] + \right.$$

$$\left. + 2\mu_0 \cdot \frac{1}{2\Delta x} (u_k + u_m - u_i - u_l) \cdot \frac{1}{2\Delta y} (v_k + v_i - v_l - v_m) \right] \Delta x \Delta y +$$

$$+ \frac{E_j^{(m)}}{4(1 + \mu_0)} \left(\frac{1}{2\Delta y} (u_i + u_k - u_l - u_m) + \frac{1}{2\Delta x} (v_k + v_m - v_l - v_i) \right)^2 \Delta x \Delta y. \quad (1)$$

Тогда полная энергия пластинки и действующей на нее нагрузки представится в виде суммы

$$\mathcal{E} = \sum_{n=1} \Delta \mathcal{E}_j - R(u_s + u_t), \quad (2)$$

где n – количество ячеек разбивочной области, $n = 32$. Дифференцируя (2) по каждому узловому перемещению, получаем систему нелинейных алгебраических уравнений, которые в ходе решения задачи заменяются на конечно-разностные соотношения [3].

Для численного нахождения решения организуем итерационный цикл при постоянном коэффициенте Пуассона [3] для следующих исходных данных нагруженной пластинки: $E_0 = 2 \cdot 10^5$ МПа; $\sigma_u = 240$ МПа; $l = 0,4$ м; $h = 0,2$ м; $\Delta z = 0,01$ м; $\mu_0 = 0,3$; $R = 150$ кН.

Знакопеременные эпюры напряжений σ_x (рис. 2) у края пластинки с большими значениями напряжений в точке приложения сосредоточенной силы полностью соответствуют принципу Сен-Венана в части наличия для второй системы сил нулевой равнодействующей этих сил.

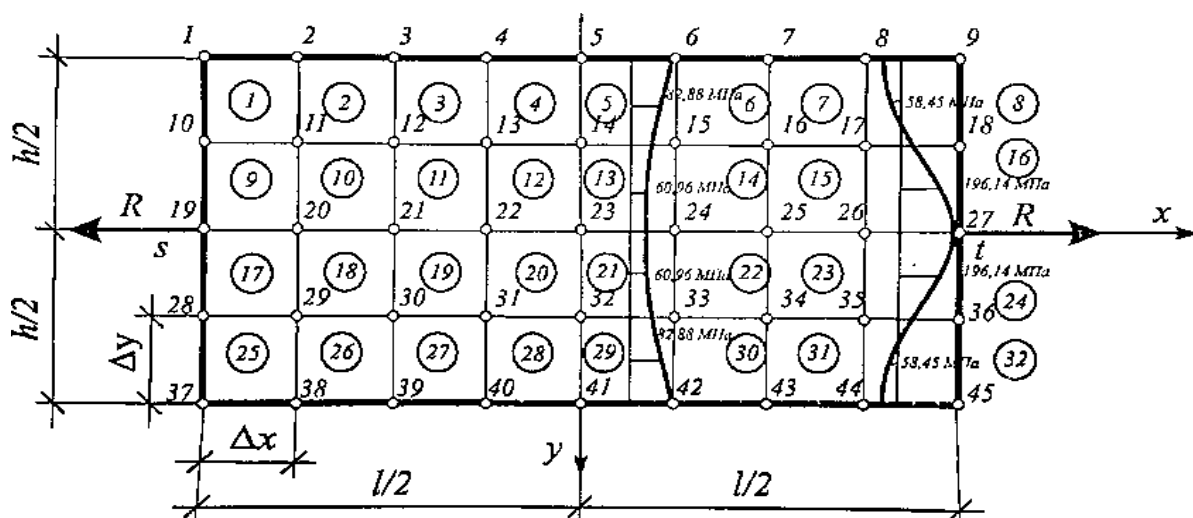


Рис. 2. Распределение σ_x по двум сечениям пластинки (нелинейный расчет, 3-я итерация)

В результате нелинейного расчета было замечено следующее, что, несмотря на некоторые расхождения в значениях очертание эпюр напряжений в основном соответствует принципу Сен-Венана [4], т. е. к центру пластинки НДС закладной детали в опорном узле становится из квазиоднородного однородным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Барашков, В. Н.** Алгоритм реализации задач теории упругости и пластичности вариационно-разностным методом. Ч. 1 / В. Н. Барашков // Изв. Томск. политех. ун-та. – 2003. – № 3. – Т. 306 – С. 23–28.
2. **Козунова, О. В.** Нелинейный расчет фундаментных плит на слоистых основаниях, ослабленных биогенными включениями / О. В. Козунова // Вестн. гражданских инж. – 2009. – 2(19) – С. 100–104.
3. **Александров, А. В.** Основы теории упругости и пластичности / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – Москва : Высш. шк., 1990. – 398 с. : ил.
4. **Сен-Венан, Б.** Мемуар о кручении призм. Мемуар об изгибе призм / Сен-Венан Б. – Москва : ФМ, 1961. – 519 с. : ил.