

### *Литература*

1. Современённые проблемы механики. Механические свойства ковалентных кристаллов. / под ред. А.М.Кривцова, О.С. Лободы СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. — 2014. —160с.
2. Саркисян С.О. Стержневая и континуально-моментные модели для деформаций двумерных наноматериалов // Физическая мезомеханика. — 2022. — Т. 25. — № 2. — С. 109 — 121.
3. Саркисян С.О. Вариационные принципы моментно-мембранной теории оболочек//Вестник Московского университета.// Серия 1. Математика. Механика. —2022. —№1. —С. 38-47.
4. Баимова Ю.А., Мулюков Р.Р. Графен, нанотрубки и другие углеродные наноструктуры. М.: Изд-во РАН. —2018. —212с.

## **РАСЧЕТ БЕСКОНЕЧНЫХ РЕГУЛЯРНЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ ПОД ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НАГРУЗКОЙ**

*Сирош К.А.*

(Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь)

Расчет регулярной системы под воздействием пространственной сосредоточенной нагрузки осуществляется итерационным алгоритмом вариационно-разностного метода (ВРМ). Объект исследования – железобетонные балки и плиты как расчетные элементы в регулярных системах на упругом основании. Система разбивается в силу регулярности и симметрии на соединенные базовые расчетные фрагменты, свободно опертые на упругое основание. На каждый базовый фрагмент действует внешняя нагрузка, перпендикулярная плоскости осей системы [1, 2]. Из упругого основания вычленяется расчетная область, на которую непосредственно опирается базовый фрагмент системы. Расчетная область представляет собой совокупность ячеек и узловых точек, полученных путем аппроксимации основания симметричной разбивочной сеткой. [1]. Принято, что осадки основания равны прогибам конструкций в регулярной системе.

В соответствии с вариационным принципом Лагранжа [3] при нагружении конструкции, лежащей на упругом слое, статической нагрузкой полная потенциальная энергия конструкции в состоянии равновесия имеет минимальное значение. Полная потенциальная энергия конструкции  $\mathcal{E}$  состоит из: энергии деформации конструкции  $W$ , энергии деформации основания  $U$ , работы внешней нагрузки  $P$ . Энергия деформации конструкции есть энергия изгиба, при условии, что сдвиговые деформации  $S_z$ ,  $t_{yz}$  и  $t_{xz}$  не учитываются [4].

Регулярная бесконечная система балок. Энергия деформации – это энергия изгиба двух перекрестных балок

$$W = W_x + W_y = \frac{EJ_x}{2} \int_{-l_x}^{l_x} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} dx + \frac{EJ_y}{2} \int_{-l_y}^{l_y} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} dy, \quad (1)$$

где  $EJ_x, EJ_y$  - изгибные жесткости перекрестных балок.

Полная энергия деформации упругого основания, на котором лежит конструкция

$$U = \iiint_V U_f dx dy dz = \int_V U_f dv, \quad (2)$$

где  $dv$  - элемент объема упругого основания.

Работа внешней нагрузки, приложенной к базовому фрагменту перекрестных балок

$$\Pi = - \left( \int_{-l_x}^{l_x} q(x) w(x) dx + \int_{-l_y}^{l_y} q(y) w(y) dy \right). \quad (3)$$

Расчет регулярной системы прямоугольных плит. Энергия деформации прямоугольной плиты по формуле из монографии Лехницкого [5] учитывает кручение ортотропной плиты в плоскости XOY

$$W = \frac{1}{2} \iiint_V \left( D_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 2D_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + D_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + D_k \frac{\partial^2 w}{\partial x^2 \partial y^2} \right) dx dy, \quad (4)$$

где  $D_x, D_y$  - цилиндрические жесткости изгиба ортотропной плиты вдоль осей  $Y$  и  $X$  соответственно;

$D_k (D_{xy})$  - жесткость кручения прямоугольной плиты.

Энергия деформации упругого основания

$$U = \frac{1}{2} \iint_S p(x, y) w(x, y) dx dy; \quad (5)$$

где  $p(x, y)$  - реактивные давления в контактной зоне конструкции.

Работа внешней нагрузки для прямоугольной плиты

$$\Pi = - \iint_S q(x, y) w(x, y) dx dy. \quad (6)$$

Замена интегриродифференциальных выражений функционалов энергий конечно-разностными аппроксимациями позволяет преобразовать систему дифференциальных уравнений в систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Решение системы

позволяет найти неизвестные компоненты вектора перемещений. По вычисленным перемещениям определяются внутренние усилия в конструкциях.

В работе рассмотрен алгоритм расчета регулярных систем перекрестных балок и железобетонных плит. Дальнейшее решение численно реализуется в программе компьютерной алгебры МАТЕМАТИКА.

### **Литература**

1. Козунова, О. В. Нелинейный расчет регулярной системы железобетонных балок на упругом основании на симметричную нагрузку / О. В. Козунова, К. А. Сирош // *Механика. Исследования и инновации: международный сборник научных трудов* / БелГУТ. – Гомель, 2021. – Вып. 14. – С. 97-104.

2. Сирош, К.А. Расчет ортотропных плит в регулярной системе на упругом основании / К.А. Сирош // *Проблемы безопасности на транспорте : Материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 24–25 нояб. 2022 г.* / Белорус. гос. ун-т трансп.; под общ. ред. Ю.И. Кулаженко. – Гомель, 2022. – С. 59-61.

3. 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.

4. Босаков, С. В. Метод Ритца в контактных задачах теории упругости: монография / С. В. Босаков. – Брест : БрГТУ, 2006. – 107 с.

5. Лехницкий, С.Г. Анизотропные пластинки / С.Г. Лехницкий. - М., Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1957. - 387 с.

## **ОЦЕНКА ДВИГАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ТРАВМЫ СПИННОГО МОЗГА**

Смирнова В.В.<sup>1</sup>, Балтин М.Э.<sup>1</sup>, Хаматнурова Р.А.<sup>2</sup>, Балтина Т.В.<sup>1</sup>, Саченков О.А.<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>Казанский федеральный университет, <sup>2</sup>Франкфуртский университет)

Хирургическое лечение травмы спинного мозга должно проводиться как можно раньше, поскольку на первые 6-8 часов приходится 70% всех необратимых ишемических изменений, возникающих в результате сдавления спинного мозга и его сосудов. Было показано несколько многообещающих методов лечения для предотвращения вторичного повреждения и восстановления спинного мозга в месте травмы, улучшения регенерации и/или восстановления функции в моделях травмы спинного мозга у животных, но ни один из этих терапевтических подходов или их комбинаций не был признан надежным [1]. Введение высоких доз метилпреднизолона, которое было рекомендовано на основании Национальных исследований острой травмы спинного мозга, является единственным эффективным средством нейропротекции в течение 8 часов после травмы спинного мозга. Однако по протоколам Национальных исследований острой травмы спинного мозга было проведено множество исследований, кото-