

**СЕКЦИЯ «КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МЕХАНИКА
И КОМПЬЮТЕРНЫЙ ИНЖИНИРИНГ»**

УДК 539.3

Д.Алеман-Меза (асп., каф. МПУ), А.А.Михайлов, асс., А.И.Боровков, к.т.н., проф.

**КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ УПРУГИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ОДНОНАПРАВЛЕННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИТОВ.**

**1. ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ И
ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЖЁСТКОСТИ ВОЛОКОН**

Проблема определения эффективных свойств перфорированных структур и однонаправленных волокнистых композитов достаточно широко представлена в научной литературе [1-5], в которой предложены и обоснованы различные подходы к вычислению эффективных характеристик.

Настоящая работа посвящена многовариантному исследованию эффективных упругих характеристик волокнистых композитов, выполненному на основе конечно-элементного варианта метода прямой гомогенизации [6].

Рассматривается однонаправленный волокнистый упругий композит с двоякопериодической структурой, компоненты которого идеально связаны между собой. Представительный элемент объема (ячейка периодичности) рассматриваемой гетерогенной среды приведен на рис. 1. В работе изучено влияние на эффективные характеристики волокнистых композитов объемной концентрации волокон и соотношений модулей упругости матрицы и волокна (относительной жёсткости волокон).

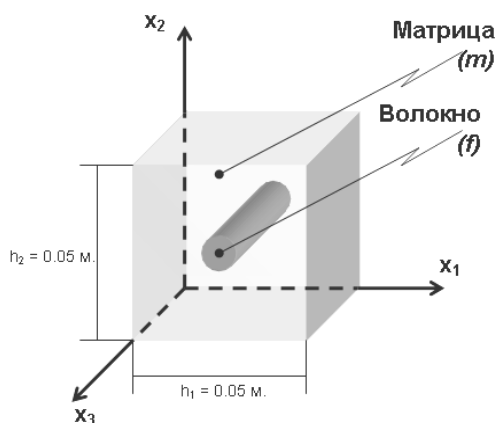


Рис. 1.

Гетерогенная среда состоит из двух фаз (компонентов) матрицы m и включений f . На рис. 2 представлено поперечное сечение ячейки периодичности. Объемная концентрация волокон v^f варьируется:

$$v^f = \left\{ (0.1), (0.2), (0.3), (0.4), (0.5), (0.6), \left(0.95 \frac{\pi}{4}\right) \right\}.$$

Упругие свойства матрицы фиксированы. Соотношение модулей Юнга материалов волокон E_f и матрицы E_m принимает следующие значения:

$$\frac{E_f}{E_m} = \left\{ 10^{-3}, 10^{-2}, 10^{-1}, 1, 10^1, 10^2, 10^3, 10^4 \right\}.$$

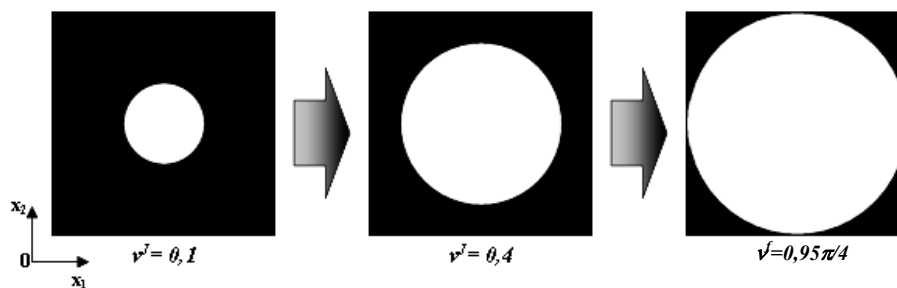


Рис. 2. Поперечное сечение ячейки периодичности для разных объёмных концентраций волокна.

Для определения эффективных характеристик E_1^* , ν_{12}^* , E_2^* , ν_{23}^* , ν_{31}^* для каждого варианта ячейки периодичности решены две задачи о поперечном растяжении ячейки периодичности, находящейся в плоском деформированном состоянии. Для определения эффективного модуля сдвига G_{12}^* решали задачу о поперечном сдвиге ячейки периодичности однонаправленного волокнистого композита (плоское деформированное состояние). Эффективные модули сдвига G_{23}^* , G_{31}^* определяли на основе решения задач о продольном сдвиге ячейки периодичности (антиплоское деформированное состояние).

Решение задач и обработка результатов проведены в программной системе конечно-элементного анализа *ANSYS*. С помощью препроцессора *ANSYS* были созданы конечно-элементные модели в соответствии с геометрическими характеристиками волокон и свойствами компонентов. В силу симметрии ячейки периодичности и симметрии (антисимметрии) граничных условий, были рассмотрены $1/4$ части ячейки периодичности, приведенной на рис. 1.

Выполнены исследования эффективных упругих характеристик, оформленные в виде “поверхностей чувствительности”, две из которых приведены на рис. 3.

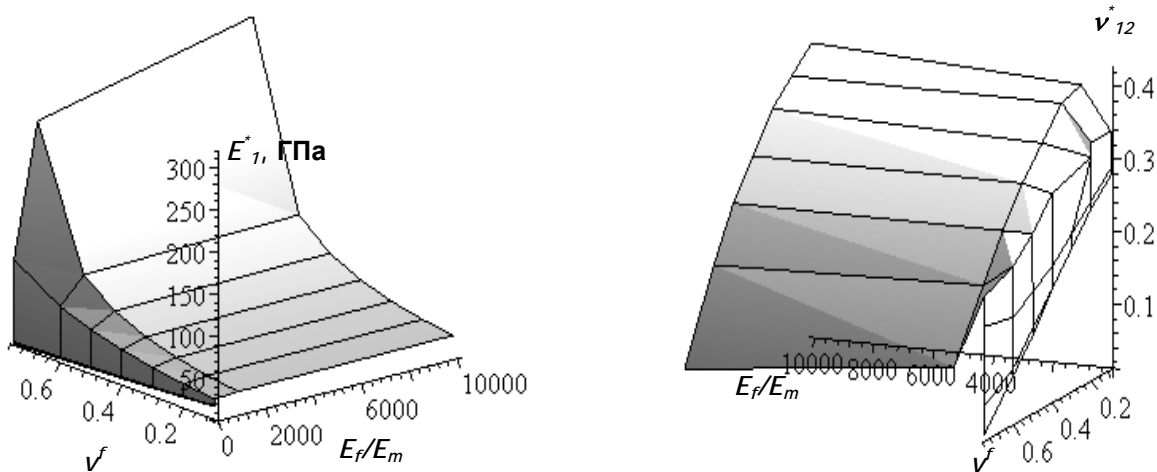


Рис. 3. Зависимости эффективных модулей Юнга $E_1^* = E_2^*$ и эффективных коэффициентов Пуассона $\nu_{12}^* = \nu_{21}^*$ от объёмной концентрации v^j и относительной жёсткости E_f/E_m волокон.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Григолюк Э.И., Фильштинский Л.А. Перфорированные пластины и оболочки. – М.: Наука, 1970.
2. Ванин Г.А. Микромеханика композиционных материалов. – Киев: Наука думка, 1985.
3. Бахвалов Н.С., Панасенко Г.П. Осреднение процессов в периодических средах. Математические задачи механики композиционных материалов. – М.: Наука. 1984.
4. Победря Б.Е. Механика композиционных материалов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984.

5. Григолюк Э.И., Фильштинский Л.А. Периодические кусочно-однородные упругие структуры. – М.: Наука, 1992.
6. Боровков А.И. Эффективные физико-механические свойства волокнистых композитов. – М.: Изд-во ВИНТИ. 1985. 113 с.

