

**Г. Ж. Муканов**

Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

usuals@bk.ru

Научный руководитель — доц., канд. техн. наук С. И. Степанов

## **ОЦЕНКА МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ЯЧЕИСТЫХ ТИТАНОВЫХ ИМПЛАНТАТОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Поры, или так называемая «ячеистая структура», с регулярным массивом призматических гексагональных ячеек, олицетворяют бесклеточные твердые тела в двух измерениях. Иначе говоря, «ячеистая структура» в более широком смысле описывает любой массив идентичных призматических ячеек, расположенных рядом друг с другом, заполняющих плоскость. Ячейки имеют гексагональную форму, поскольку они находятся в «ячеистых структурах», но они также могут быть треугольными, квадратными или даже ромбическими.

*Ключевые слова:* титан, программа ANSYS, ячеистые структуры, имплант, ВТ6.

**G. J. Mukanov**

## **EVALUATION OF MODULUS OF ELASTICITY OF WIRE MESH OF TITANIUM IMPLANTS BY FINITE ELEMENT MODELING**

Pores, or the so-called “cellular structure”, with a regular array of prismatic hexagonal cells, embody cell-free solids in two dimensions. In other words, a “cell structure” in a broader sense describes any array of identical prismatic cells that are adjacent to each other, filling the plane. Cells have a hexagonal shape because they are in “cellular structures”, but they can also be triangular, square, or even rhombic.

*Key words:* titanium, ansys solution, cellular structures, implant, modeling, VT6.

**Н**агружение при сжатии моделировали методом конечных элементов в модуле Mechanical Structure комплекса программ ANSYS. Свойства титанового сплава ВТ6 (Ti–6Al–4V) для численного моделирования были заданы константами. Построение схем распределения параметров напряженно-деформированного состояния позволяет оценить опасные сечения с позиции разрушения конструкции. Такими местами в данном случае являются области с повышенным значением

степени деформации — это горизонтальные перемычки между ячейками. Кроме того, вблизи вертикальных перемычек возникают области с действием растягивающих напряжений, что может также привести к появлению трещин и дальнейшего разрушения. Общей рекомендацией с позиции повышения прочности конструкции в целом является увеличение толщины перемычек.

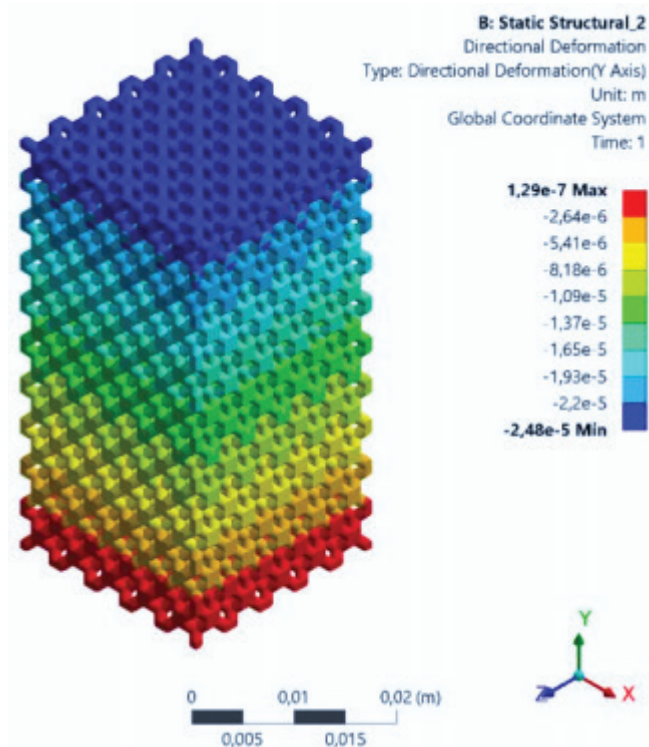


Рис. 1. Эпюра перемещений в направлении оси  $Y$  (доля пор 50 %)

Таблица 1

### Результаты расчетов

Но- мер об- раз- ца	Доля пор в об- раз- це, %	Перемещение в направлении оси $Y$		Деформация образца	Модуль упру- гости ячеи- стой структу- ры, ГПа
		Результаты расчета, мм	Сходимость, %		
1	50	0,024796	0,14	0,000510521	19,59
2	60	0,034118	0,05	0,000890577	11,23
3	70	0,059911	0,26	0,00189412	5,28
4	80	0,14386	3,7	0,005394076	1,85

Модуль упругости ячеистой структуры будет определяться не только пористостью (плотностью материала), но и пространственной геометрией ячеистой структуры (рис. 1). Таким образом, метод конечных элементов позволяет более точно оценивать упругие характеристики пористых материалов (табл. 1). Были выполнены механические испытания на сжатие высокопористых образцов из титанового сплава Ti-6—4 в соответствии с ISO 13314. Выявлено, что изменение ячеистой структуры имплантата при нагружении происходит ступенчато. Вначале в процесс деформации и последующего разрушения вовлекаются периферийные приконтактные области металла. В последующем деформация распространяется вглубь материала. Изменение профиля ячейки по ходу испытания является немонотонным процессом, связанным с локализацией напряжений и деформаций в вертикальных перемычках ячеистой структуры имплантата.

*Работа выполнена при финансовой поддержке постановления Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 года № 218, номер соглашения 03.G25.31.0234 от 03.03.2017 г.*