

Упруго-пластическое моделирование гироидных структур безматричным методом спектральных элементов

Научный руководитель – Яковлев Максим Яковлевич

Жмуровский Амир Андреевич

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной механики, Москва,
Россия

E-mail: amir.zhmurovskii@math.msu.ru

В докладе приводятся результаты математического моделирования упруго-пластического состояния гироидных структур и прогнозирования их механических свойств с помощью численных методов. Стремительный прогресс в развитии аддитивного производства за последнее десятилетие вызвал широкий интерес к проектированию метаматериалов с уникальными свойствами. Одним из таких материалов является гироид - бесконечно связанная трижды периодическая минимальная поверхность.

Применение гироидных структур в качестве метаматериала позволяет значительно снизить массу изделия за счет добавления упорядоченной пористости и как следствие сократить время и стоимость производства таких деталей. Промышленное производство изделий с такой структурой стало возможным исключительно благодаря аддитивным технологиям, таким как печать на 3D – принтере. Поэтому существует актуальный вопрос, связанный с численной оценкой механических свойств данных структур непосредственно до их изготовления.

В данной работе было проведено математическое моделирование упруго-пластического состояния полноразмерной конструкции с гироидным каркасом. Методом решения серии статических краевых задач получена оценка физически нелинейных эффективных прочностных свойств. Для решения статической краевой задачи с упруго-пластическим течением по Мизесу был использован безматричный метод установления с явной схемой Ньюмарка по времени. Для аппроксимации по пространству применялся изопараметрический метод спектральных элементов. На ячейке периодичности используется гексаэдральная сетка высокого порядка с минимальным количеством элементов и проекцией узлов на точную геометрию гироида. Геометрия была определена с помощью параметризации Эннепера-Вейерштрасса для фундаментального патча ячейки периодичности гироидной поверхности.

В результате проделанной работы была получена оценка эффективных предела текучести и модуля Юнга для образцов с различным соотношением толщины и размером ячейки периодичности, а также построены графики зависимости напряжений от деформаций. Было проведено сравнение затраченных вычислительных ресурсов, которые удалось сократить за счёт использования вышеупомянутых дискретизации и численного метода.