

БИОПОДОБНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И 3D-ПЕЧАТЬ КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Поляков А.Э., К.Т.Н Волкова О.Ю.

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва

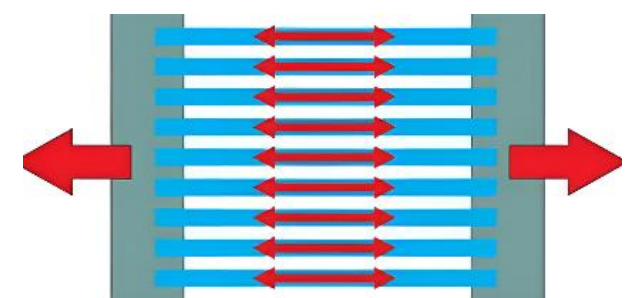
Аннотация

Представлены некоторые методы уточнения компьютерного алгоритма управления 3D-печатью композитных конструкций, армированных непрерывными криволинейными волокнами. Методы направлены на создание равнонапряженных (биоподобных) структур путём итерационного построения траекторий укладки волокон, согласованных с полем главных напряжений, и адаптивного управления скоростью экструзии в зависимости от радиуса кривизны траектории. Приведены расчетные модели для определения локального расстояния между траекториями, оценки погрешности аппроксимации и управления подачей материала. Использование предложенных методов позволяет минимизировать дефекты печати и повысить несущую способность композитных конструкций космического базирования. Также проиллюстрирован сам метод итерационного моделирования равнонапряженной структуры волокнистых композитов.

Полный алгоритм изготовления конструктивного элемента с равнонапряженной структурой



1. Создание КЭ-модели



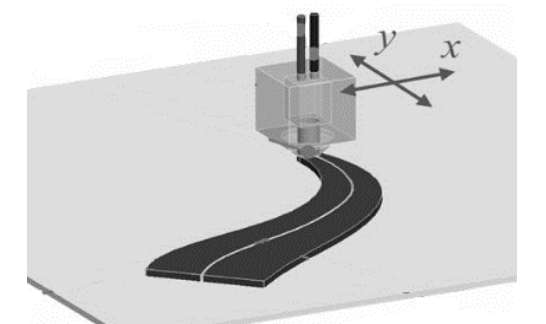
2. Определение траекторий волокон по направлениям главных напряжений



3. Моделирование траекторий равнонапряженных волокон

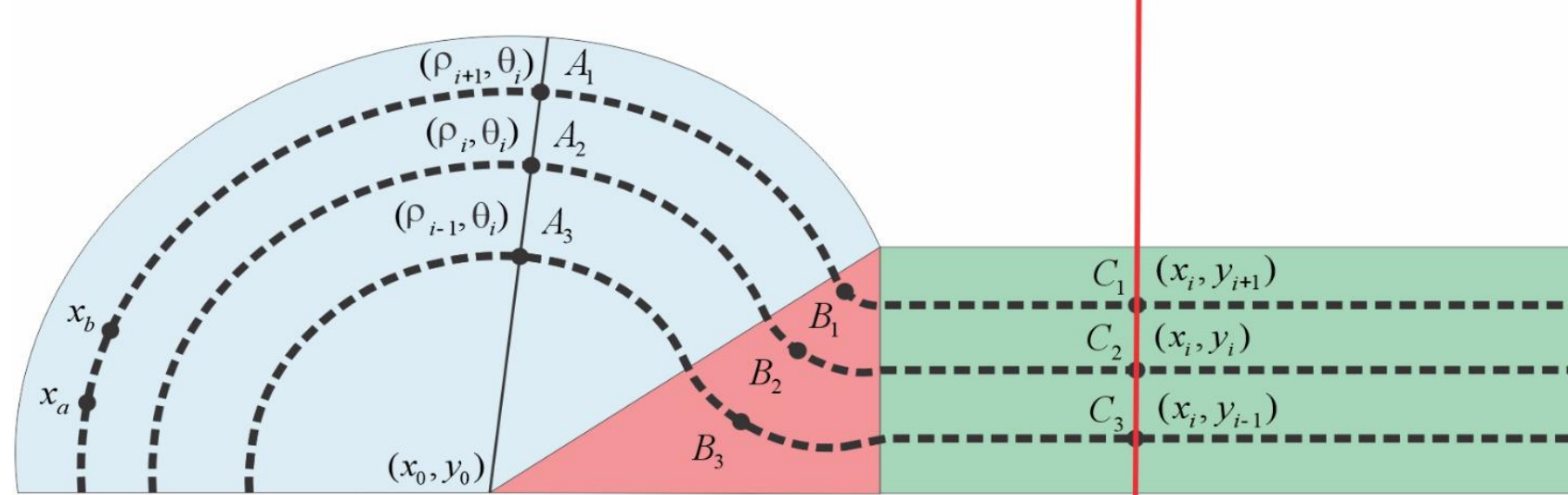
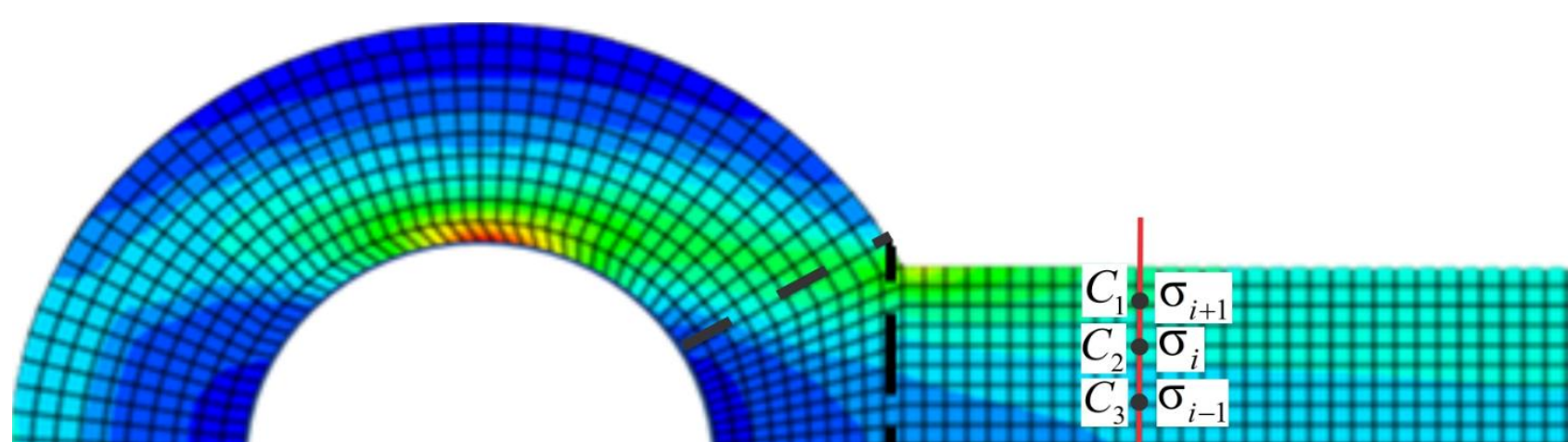
G-CODE

4. Создание алгоритма управляющей программы

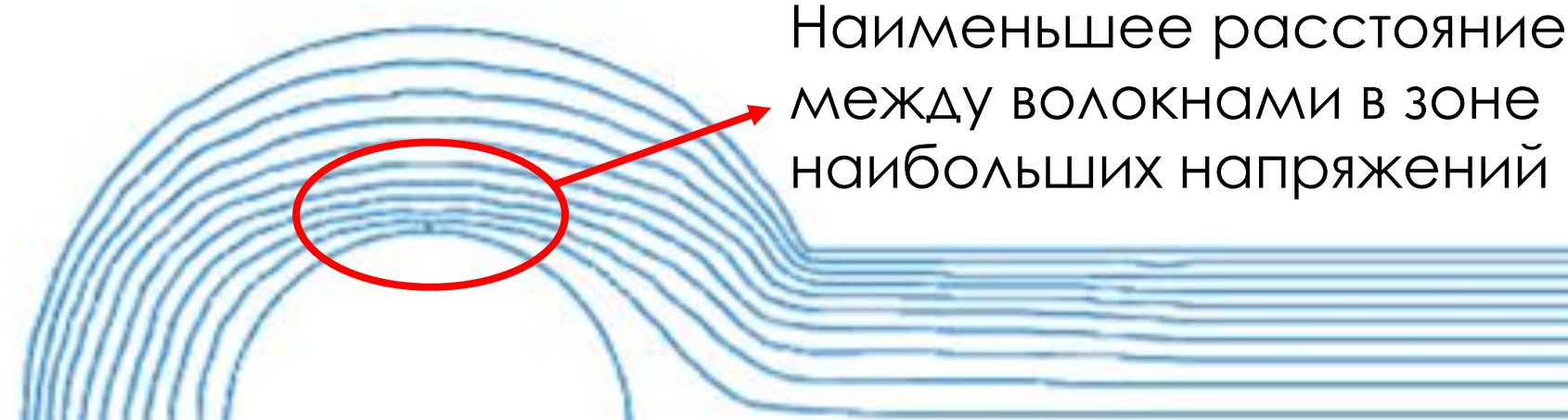


5. Изготовление равнонапряженного конструктивного элемента

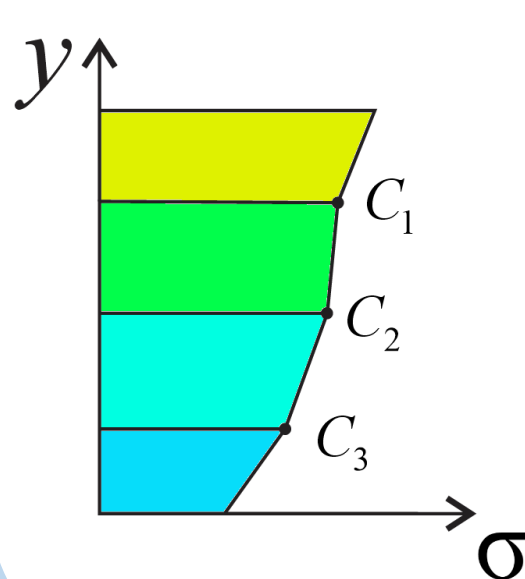
Моделирование траекторий равнонапряженных волокон огибающих отверстие



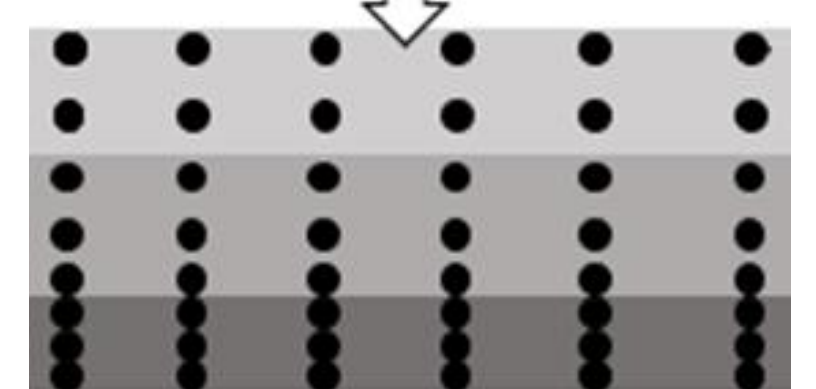
Наименьшее расстояние между волокнами в зоне наибольших напряжений



$$S = \bar{S} \cdot n = \int_{y_{\min}}^{y_{\max}} \sigma(y) dy \Rightarrow \bar{S} = S / n$$



Площадь графика, полученного при известных значениях величин главных напряжений волокон вдоль ширины модели образца



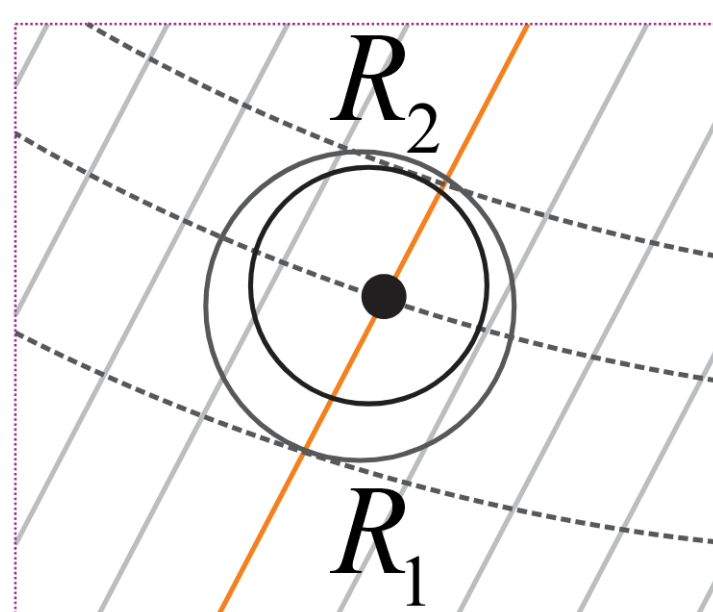
$$\sigma_i \cdot H_i = const$$

Условие равнонапряженности

$$y'_i - y'_{i-1} = \bar{S} / \sigma_i, i \geq 1$$

Обновленная координата положения волокна

Некоторые элементы алгоритма управления 3D-печатью



Расчет объема подаваемого термопластика:

$$E = \alpha \frac{4CH_i - \pi d^2}{\pi D^2} L, \alpha = 1,18$$

226	G1	X49.449	Y69.738	E0.0260
227	G1	X50.299	Y69.610	E0.0799
228	G1	X51.837	Y68.151	E0.2128
229	G1	X57.614	Y68.151	E0.5750
230	G1	X59.188	Y69.155	E0.6921

Фрагмент G-кода (управляющей программы)

Шаг в голубой области:

$$\begin{cases} \rho_{i-1} = \sqrt{(x_{i-1} - x_0)^2 + (y_{i-1} - y_0)^2} \\ \rho_{i+1} = \sqrt{(x_{i+1} - x_0)^2 + (y_{i+1} - y_0)^2} \end{cases}$$

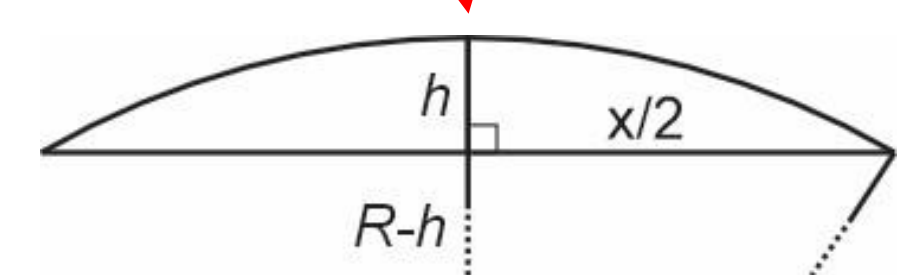
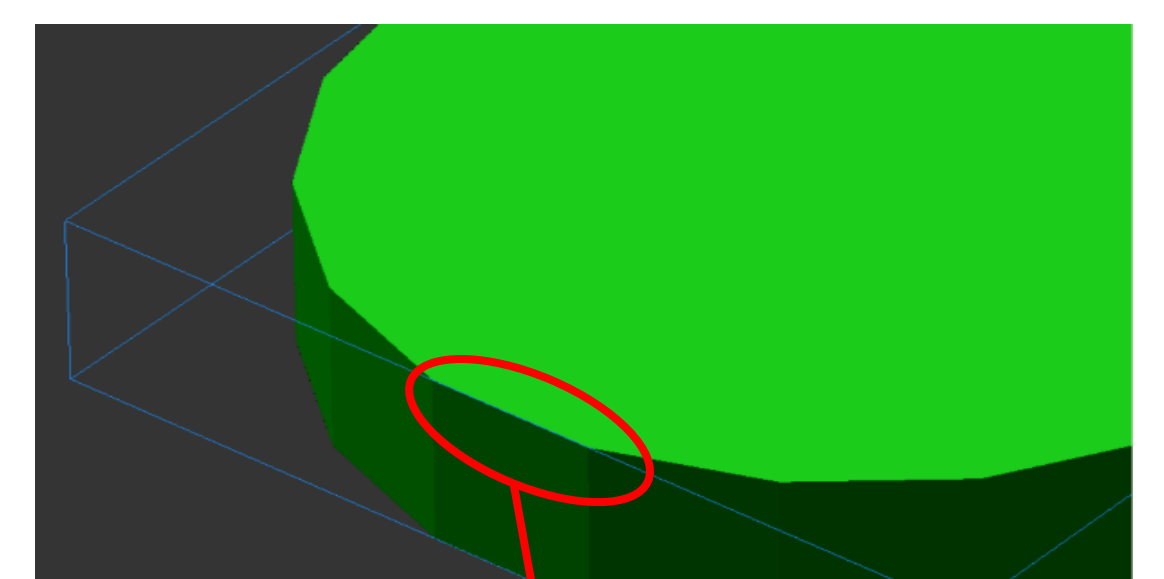
$$H_A = \frac{1}{2}(\rho_{i+1} - \rho_{i-1})$$

Шаг в красной области:

$$H_B = \frac{1}{2}(R_1 + R_2)$$

Шаг в зеленой области:

$$H_C = \frac{1}{2}(y_{j+1} - y_{j-1})$$



Замена дуги отрезком при заданной погрешности

$$\delta = h / R = 1\%$$

$$x = 2R\sqrt{2\delta - \delta^2} = 0,282R$$