



МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ
В КРИСТАЛЛАХ С ГРАНЕЦЕНТРИРОВАННОЙ
КУБИЧЕСКОЙ РЕШЕТКОЙ

Радченко Д.С.

Научный руководитель: к. ф.-м. н., доц. каф.
«Механика и процессы управления»
Н.Ю. Ермакова



Постановка задачи

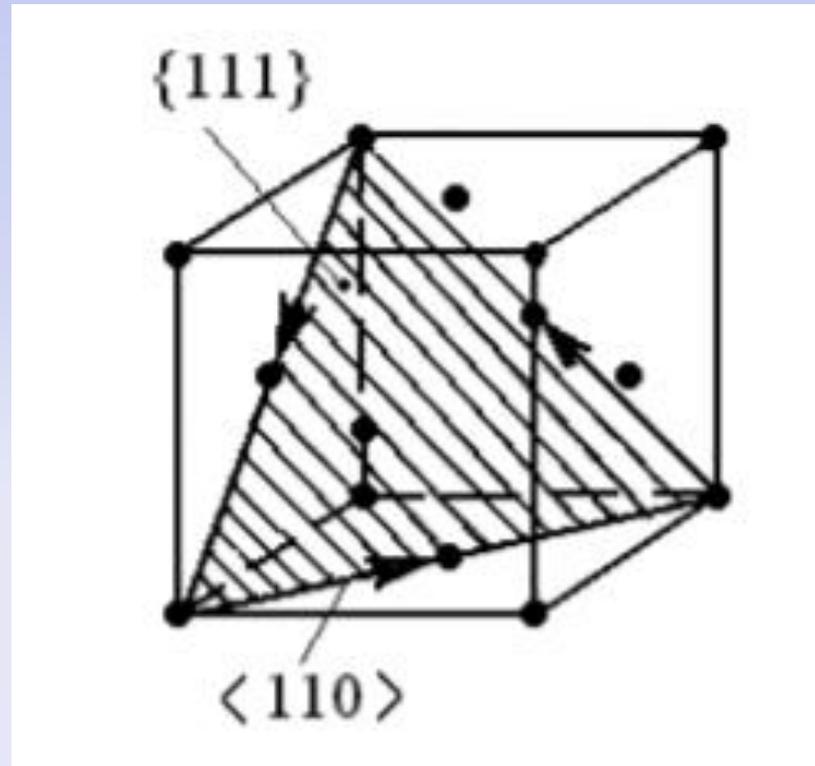
Цель работы: смоделировать разориентацию в пределах отдельного зерна в процессе формирования текстуры деформации поликристаллов.

Тезисы:

1. Деформацию обеспечивают не 5 систем скольжения, а 2-3.
2. При больших пластических деформациях кристалл не сохраняет свою регулярную структуру.



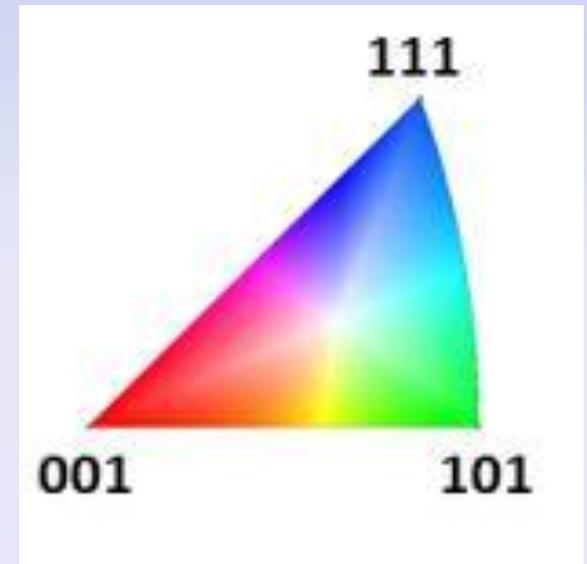
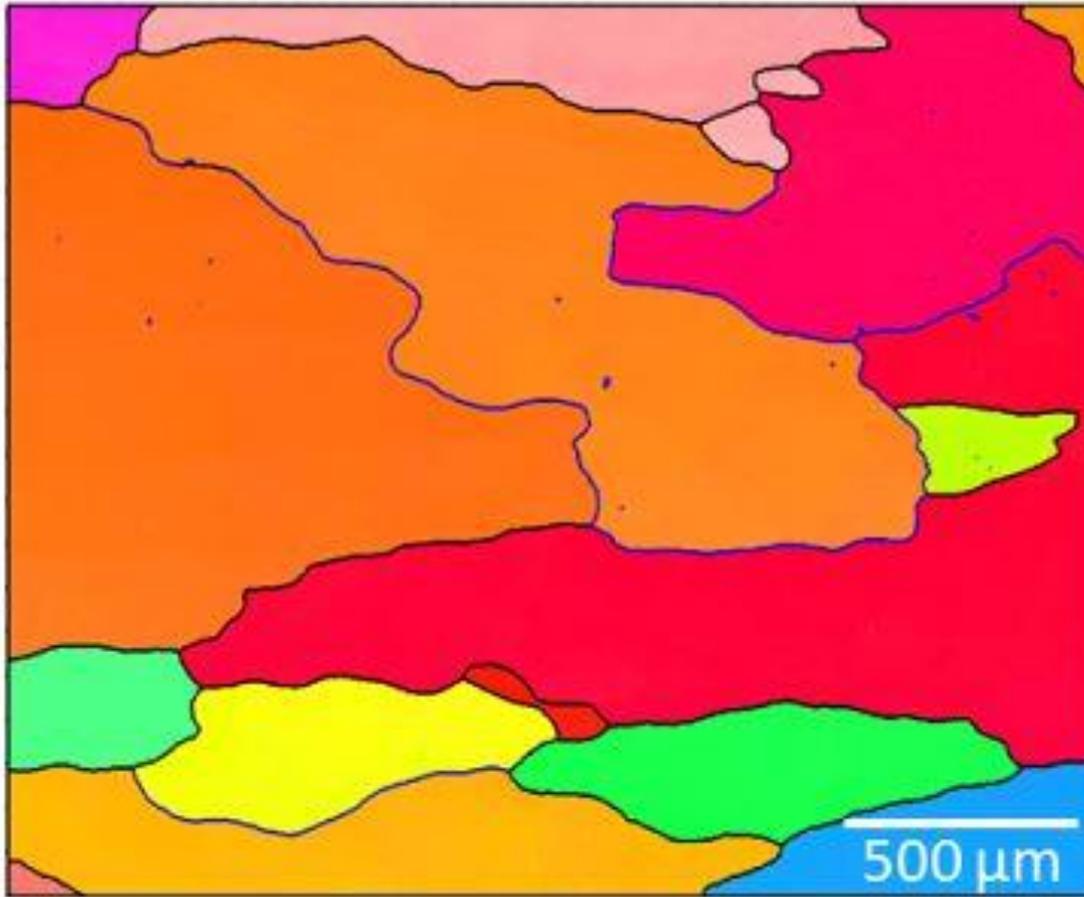
Строение кристаллов



Плотнупакованные плоскости и
направления ГЦК-решетки

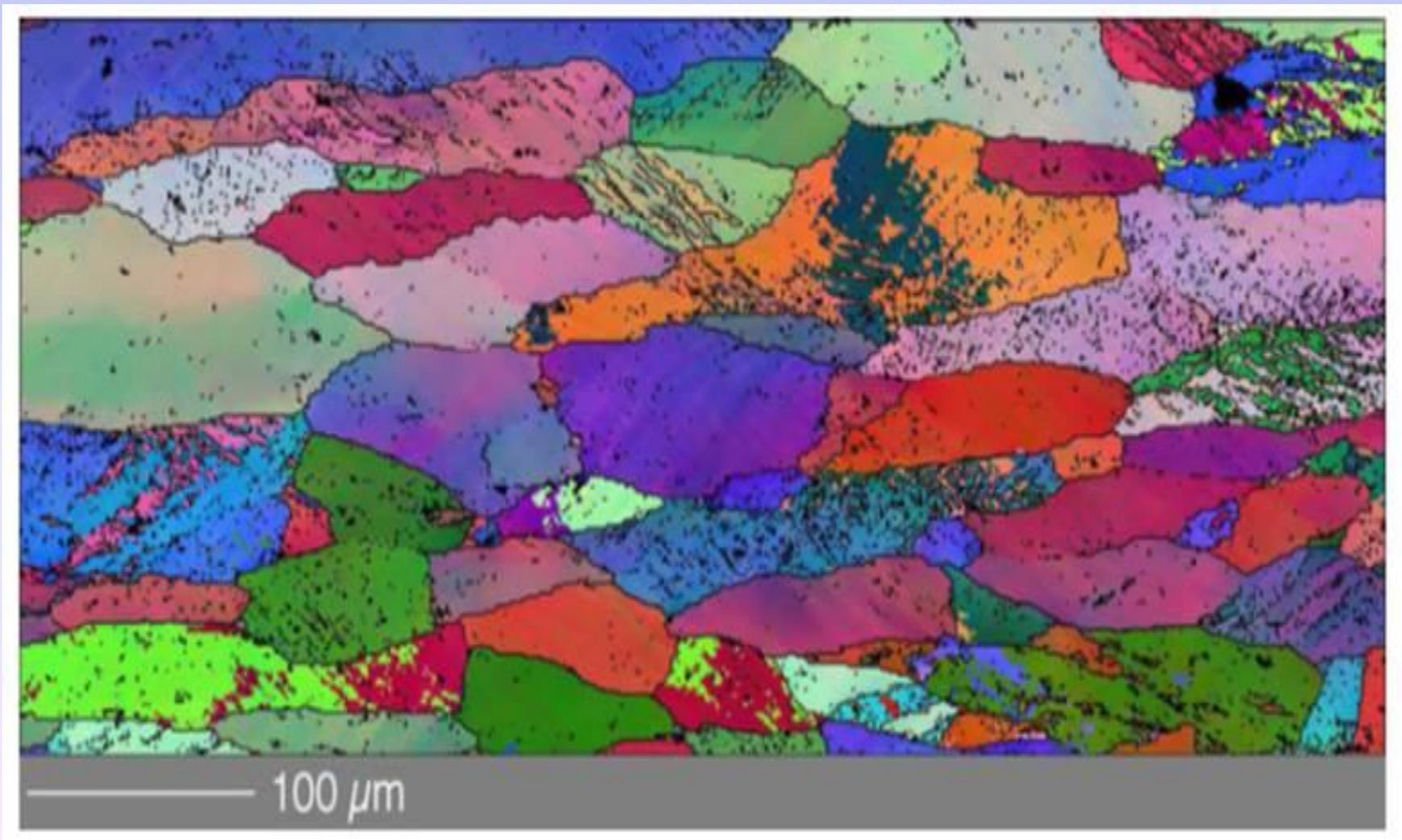


Структурные изменения в ГЦК-металле





Структурные изменения в ГЦК-металле





Методика расчета

$$\mathbf{D} = \sum_{s=1}^n \dot{\gamma}_s \mathbf{d}_s, \quad \mathbf{d}_s = \frac{1}{2} (\mathbf{b}^s \otimes \mathbf{m}^s + \mathbf{m}^s \otimes \mathbf{b}^s)$$

$$\mathbf{W} = \sum_{s=1}^n \dot{\gamma}_s \mathbf{w}_s, \quad \mathbf{w}_s = \frac{1}{2} (\mathbf{b}^s \otimes \mathbf{m}^s - \mathbf{m}^s \otimes \mathbf{b}^s)$$

Скорость деформации, навязываемая кристаллиту со стороны окружения, уравнивается работой активных систем $\mathbf{D} = \mathbf{D}^*$.

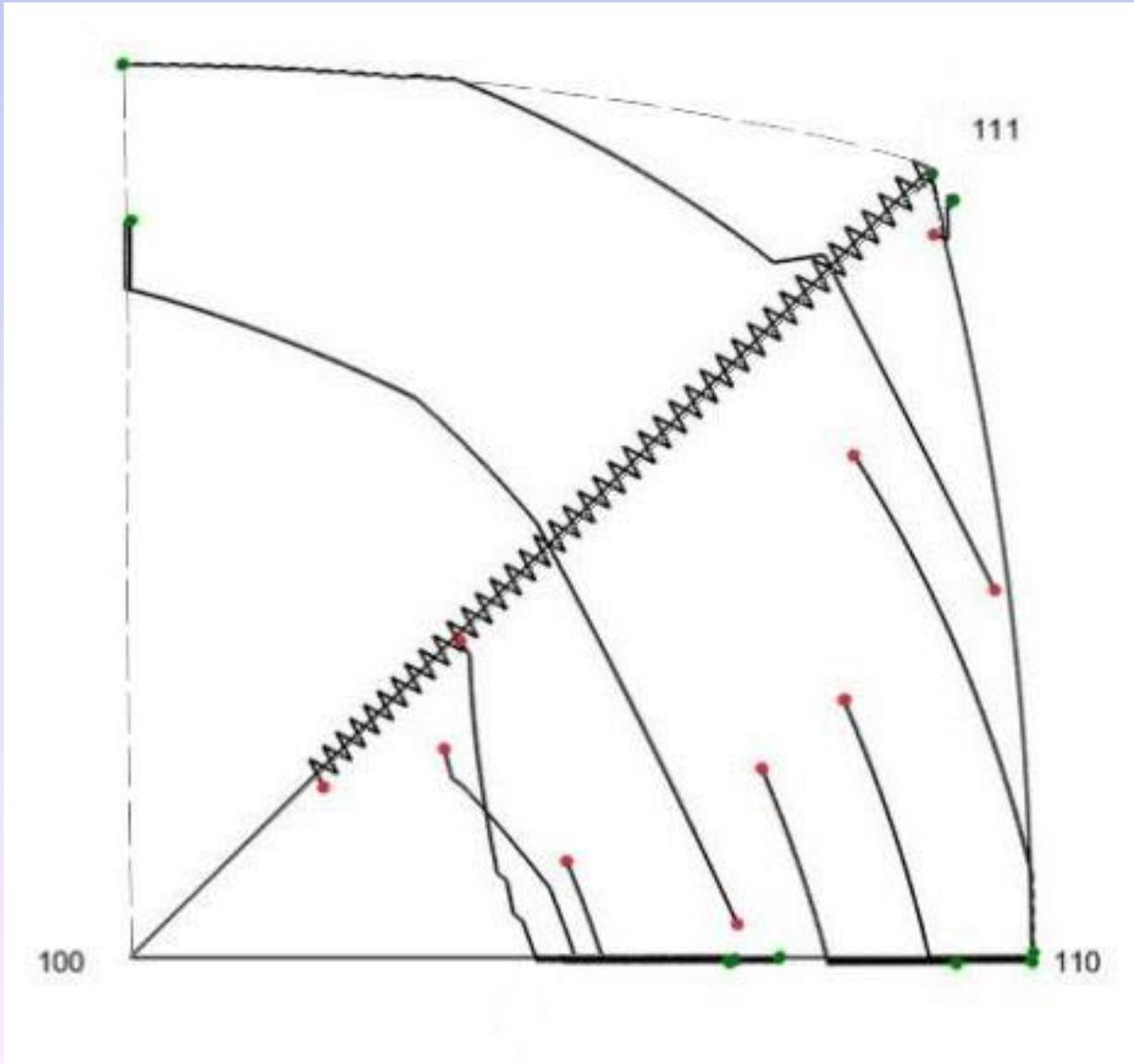
Это условие выполняется при работе пяти независимых систем скольжения. В таком случае активация меньшего числа систем скольжения порождает несовместность скоростей пластической деформации: $\Delta_n = \mathbf{D}^* - \mathbf{D}_n$

Скалярной оценкой уровня несовместности может служить норма тензора: $\|\Delta_n\| = \sqrt{\Delta_n : \Delta_n}$, $\|\Delta_n\| = \min$

Первой выбирается та система скольжения, которая наиболее благоприятно ориентирована относительно приложенной к кристаллиту скорости деформации $\mathbf{d}_1 : \mathbf{D}^* = \max$.



Получение и обработка ОПФ





Расчет разориентировок

Для расчета разориентировок в объеме зерна была использована формула:

$$\mathbf{p}_i = \mathbf{d}_i - \mathbf{N} \otimes (\mathbf{N} \cdot \mathbf{d}_i) - (\mathbf{d}_i \cdot \mathbf{N}) \otimes \mathbf{N} + (\mathbf{N} \cdot \mathbf{d}_i \cdot \mathbf{N}) \mathbf{N} \otimes \mathbf{N}.$$

Проекция макроскопического тензора деформаций выполнялась на грани произвольно ориентированного зерна кубической формы.

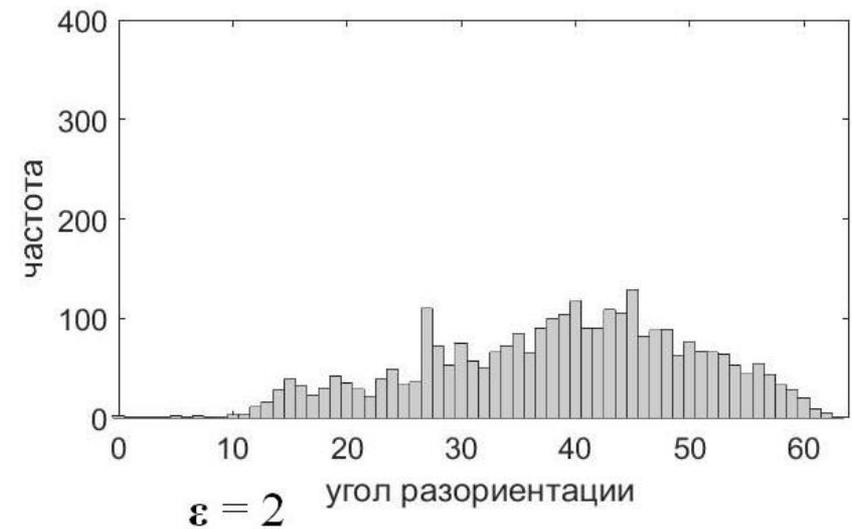
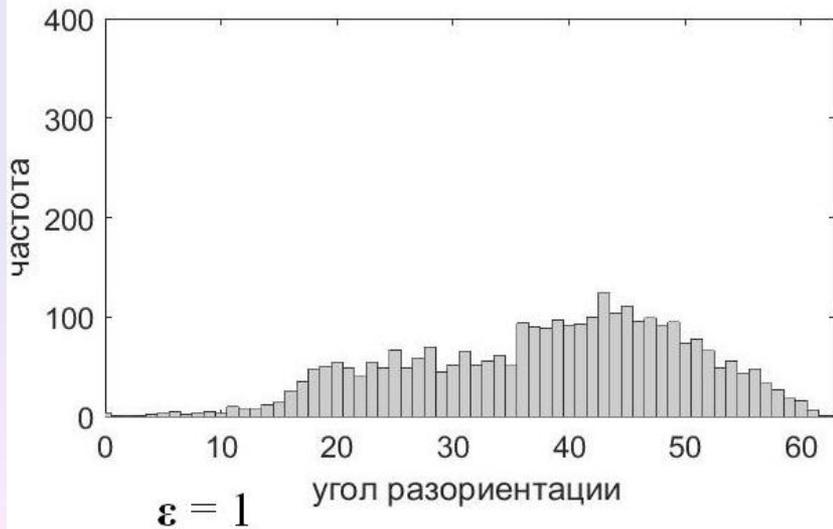
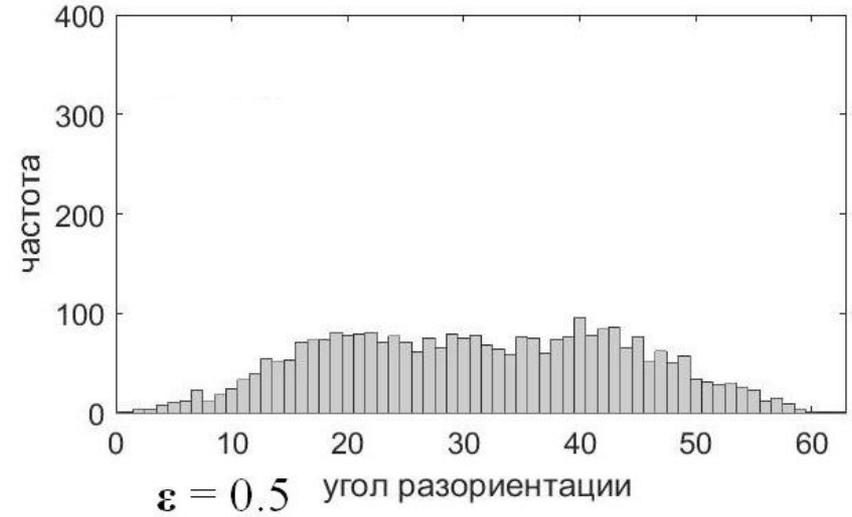
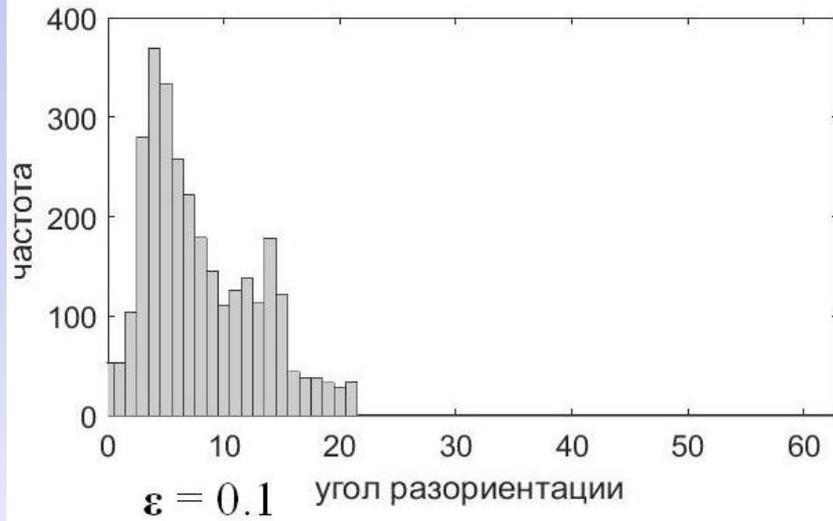
Углы разворота областей были вычислены по формуле:

$$\theta = \arccos \left(\frac{\text{tr}(\mathbf{R}_1^{-1} \mathbf{R}_2) - 1}{2} \right),$$

где \mathbf{R}_1^{-1} и \mathbf{R}_2 обозначают ориентировки смежных областей.



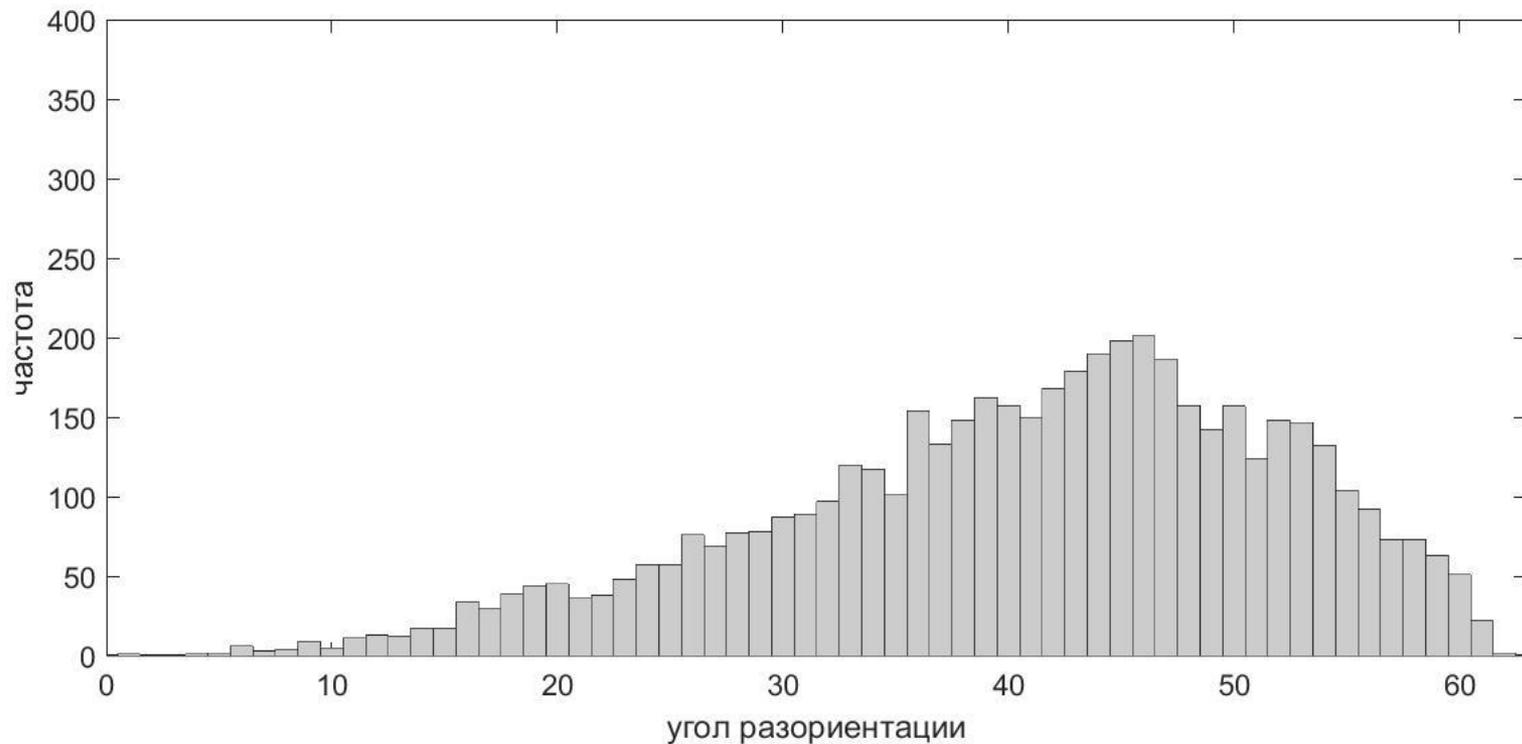
Результаты расчета





Сравнение результатов с экспериментом

Распределение углов разориентировок на межзеренных границах в бестекстурном поликристалле





Заключение

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- Реализована модель, основанная на принципе минимальной пластической несовместности, на основе которой для описания пластического сдвига осуществлялся выбор 2-х активных систем скольжения.
- Выполнено тестирование модели для случая одноосного сжатия ГЦК-кристалла, при котором формируется аксиальная текстура.
- Применена математическая модель для описания неоднородности разориентировок в объеме кристаллита.
- Выполнено сравнение полученных спектров разориентировок с экспериментальными данными.



Спасибо за внимание!