

Презентация бакалаврской работы по направлению 15.03.03 «Прикладная механика»

Применение методов машинного обучения в задаче топологической оптимизации

Выполнила студентка гр. 31306503/70302

А.И. Матвеева

Руководитель доцент, к.т.н.

А.Д. Новокшенов

Санкт Петербург
2021

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

АДАПТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



Пьезоэлектрические материалы



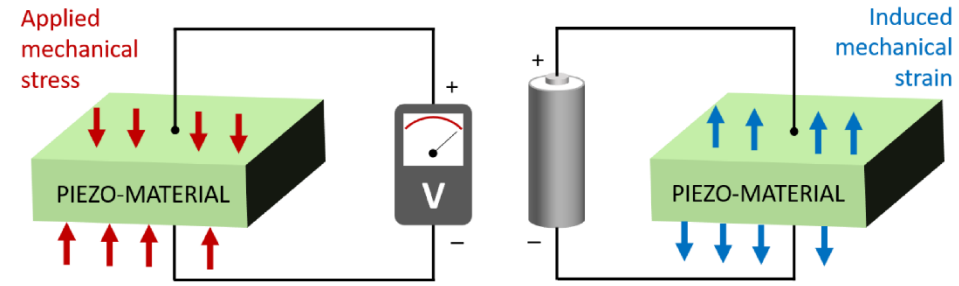
Материалы с эффектом памяти формы



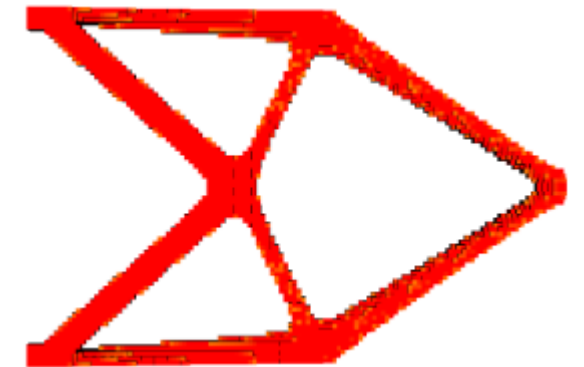
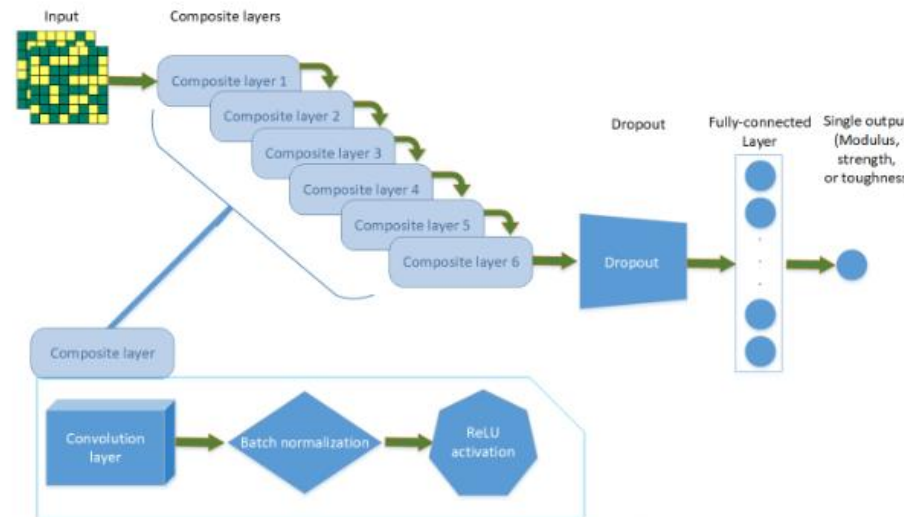
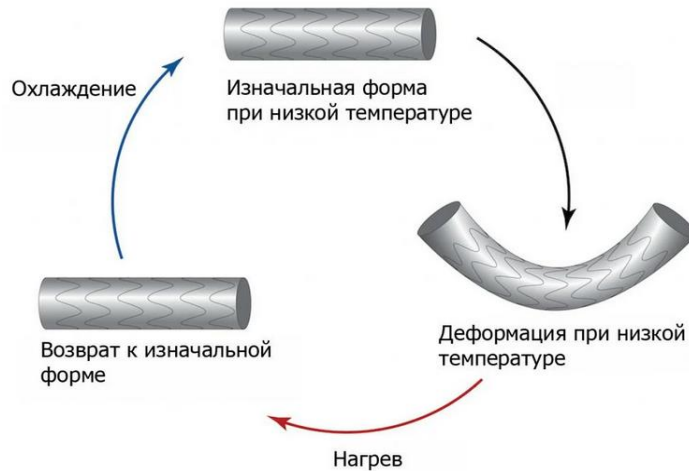
Магнитореологические материалы



Хромогенные материалы



ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ



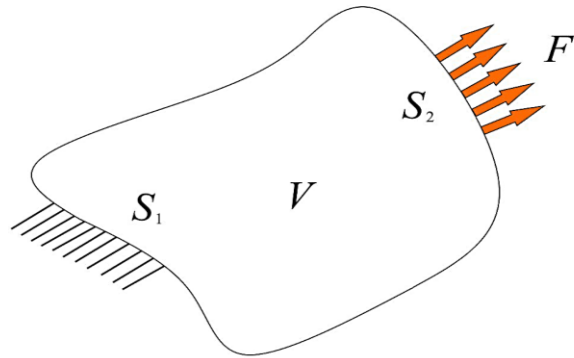
ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Целью ВКР является возможность применения методов машинного обучения в области структурной оптимизации на примере задачи топологической оптимизации.

Задачи:

- Изучить алгоритмы обучения нейронных сетей
- Провести обзор и анализ существующих методов машинного обучения в задаче топологической оптимизации
- Разработать архитектуру нейронной сети для модельных задач топологической оптимизации
- Выявить проблемы использования методов машинного обучения применительно к рассматриваемым задачам
- Применить нейронную сеть в задаче топологической оптимизации
- Провести анализ результатов работы и точность разработанного метода

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ



$$A^{ex}(\mathbf{u}) = \int_V \rho \mathbf{K} \cdot \mathbf{u} dV + \int_{S_2} \mathbf{F} \cdot \mathbf{u} dS, \quad \rho_T \psi(\boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{u})) = \frac{1}{2} \boldsymbol{\sigma} \cdot \boldsymbol{\varepsilon} = \frac{1}{2} ({}^4C \cdot \boldsymbol{\varepsilon}) \cdot \boldsymbol{\varepsilon},$$

$$A^{ex}(\delta \mathbf{u}) = \delta(\rho_T \psi(\boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{u})))$$

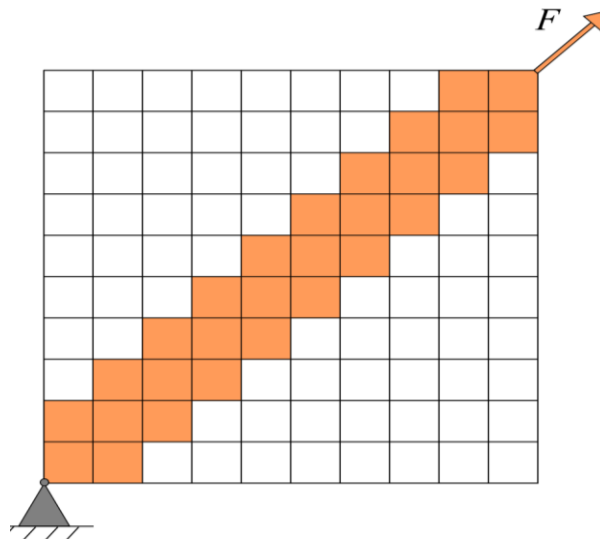
$$\min_{\mathbf{u} \in U, E} A^{ex}(\mathbf{u}) \quad A^{ex}(\delta \mathbf{u}) = \delta(\rho_T \psi(\boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{u}))), \text{ для любого } \delta \mathbf{u} \in U$$

$$V \leq aV_0, 0 < a < 1,$$

SIMP – МЕТОД:

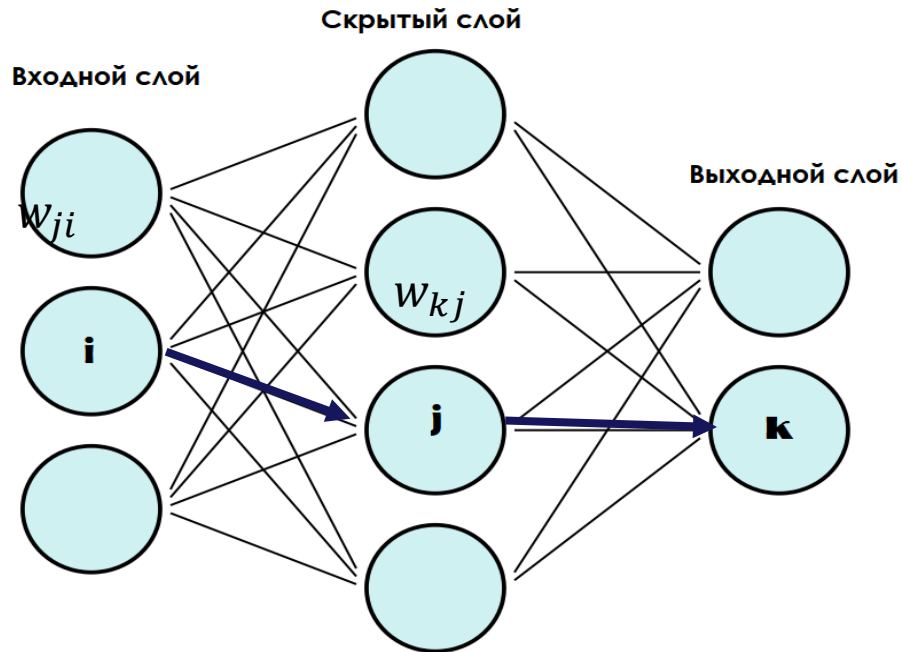
$$E(x) = \rho(x)^p E^0$$

$$0 \leq \rho \leq 1$$



0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

ОСНОВЫ ТЕОРИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ



$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m (y_k - d_k)^2$$

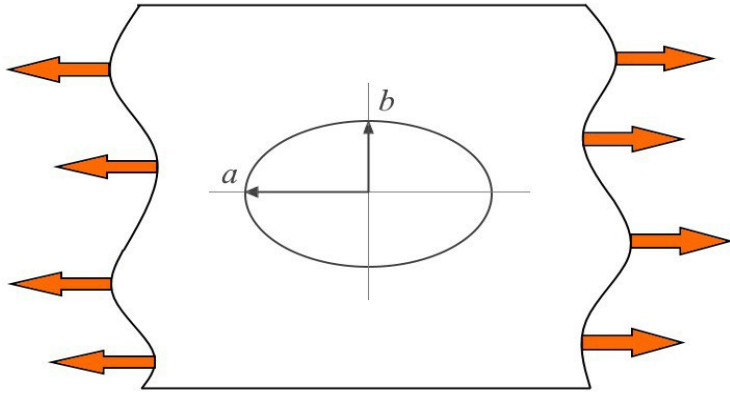
$$w_{kj}(n+1) = w_{kj}(n) + \Delta w_{kj}(n)$$

$$\Delta w_{kj} = -\lambda \frac{\partial E}{\partial w_{kj}},$$

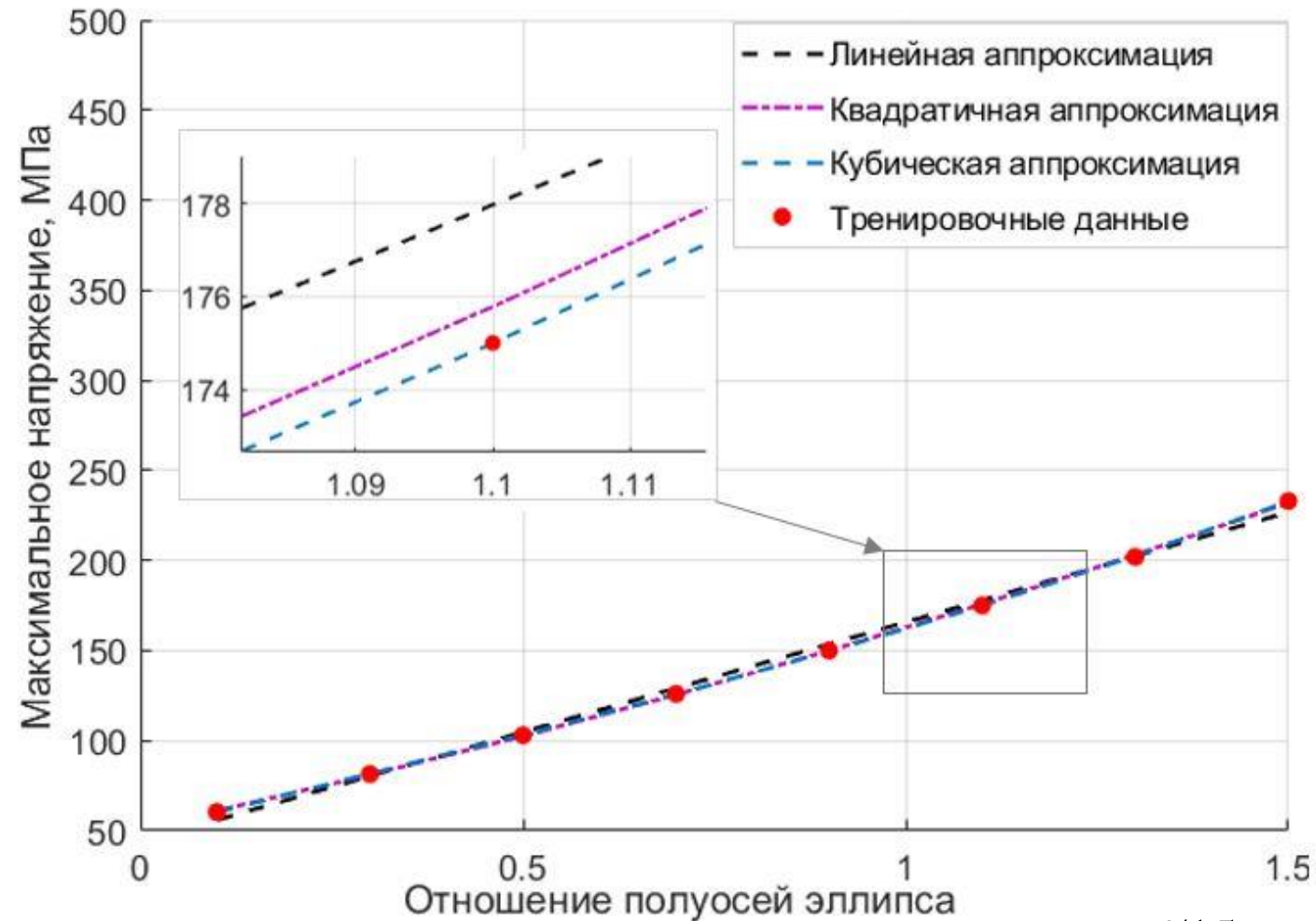
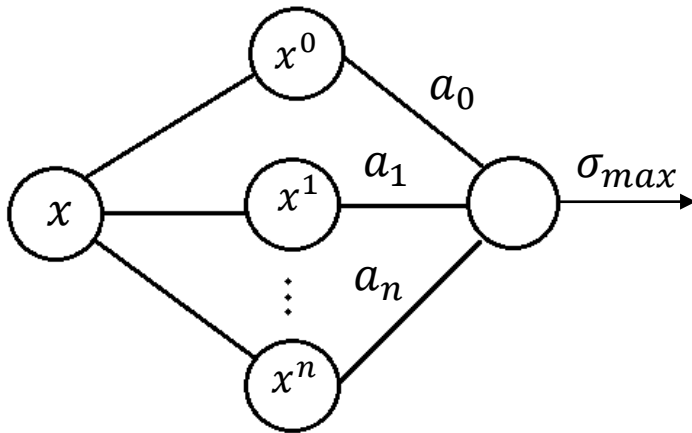
$$\delta_k = -\frac{\partial E}{\partial v_k} = (d_k - y_k) \varphi'(v_k)$$

$$\Delta w_{kj} = \lambda \delta_k y_k,$$

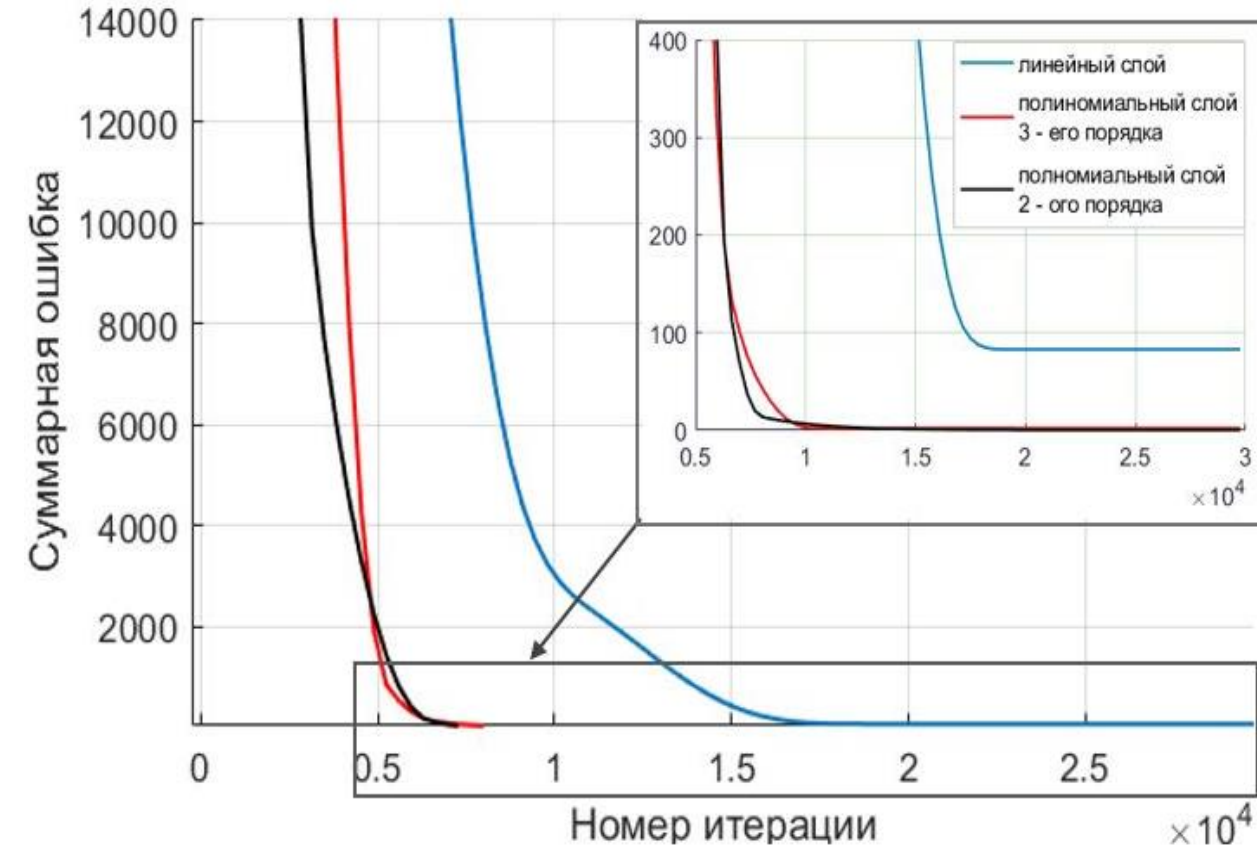
ЗАДАЧА О РАСТЯЖЕНИИ БЕСКОНЕЧНОЙ ПЛАСТИНЫ С ЭЛЛИПТИЧЕСКИМ ОТВЕРСТИЕМ



$$x = \frac{b}{a} \quad a, b \rightarrow \sigma_{max} \quad f_n = \sum_{k=0}^n a_k x^k, k \in \mathbb{N}$$

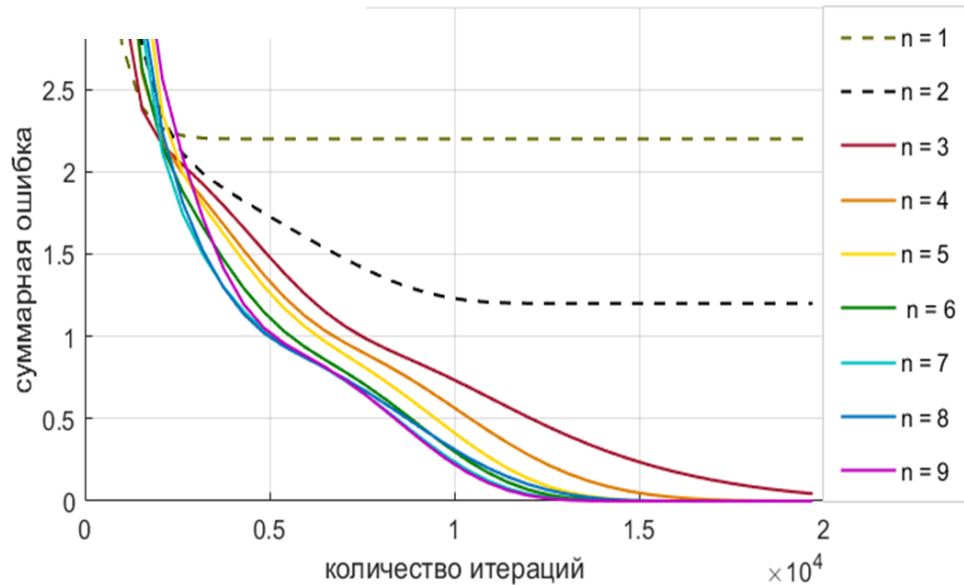
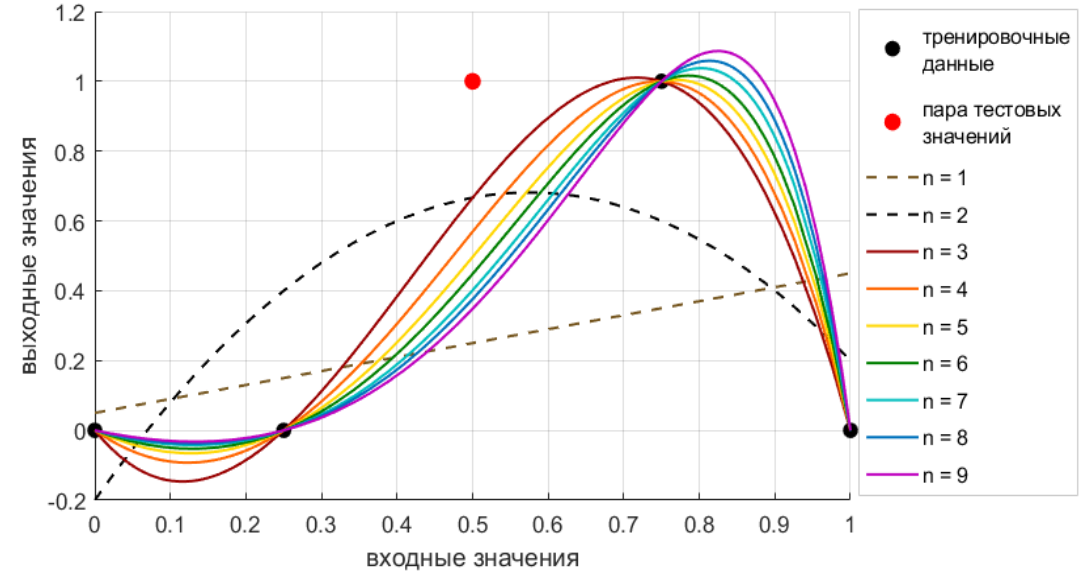
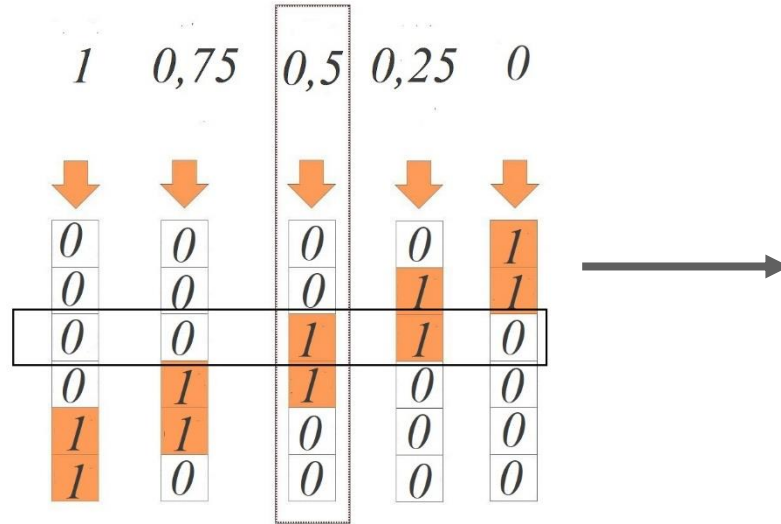
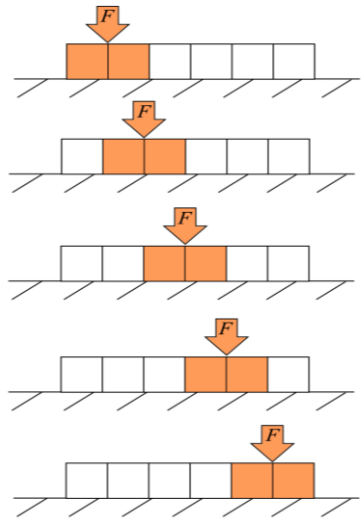


ЗАДАЧА О РАСТЯЖЕНИИ БЕСКОНЕЧНОЙ ПЛАСТИНЫ С ЭЛЛИПТИЧЕСКИМ ОТВЕРСТИЕМ

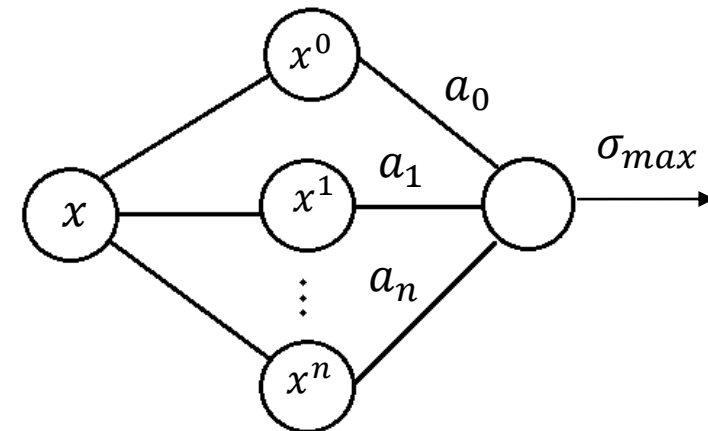


Слой	f_1	f_2	f_3
Ожидаемое напряжение, МПа	16.2026		
Предсказанное напряжение при, МПа	16.5567	16.2640	16.2144
Погрешность, %	2.18%	0.4%	0.07%
Минимальная суммарная ошибка	82.79	2.28	0.33

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ПОЛОСЕ

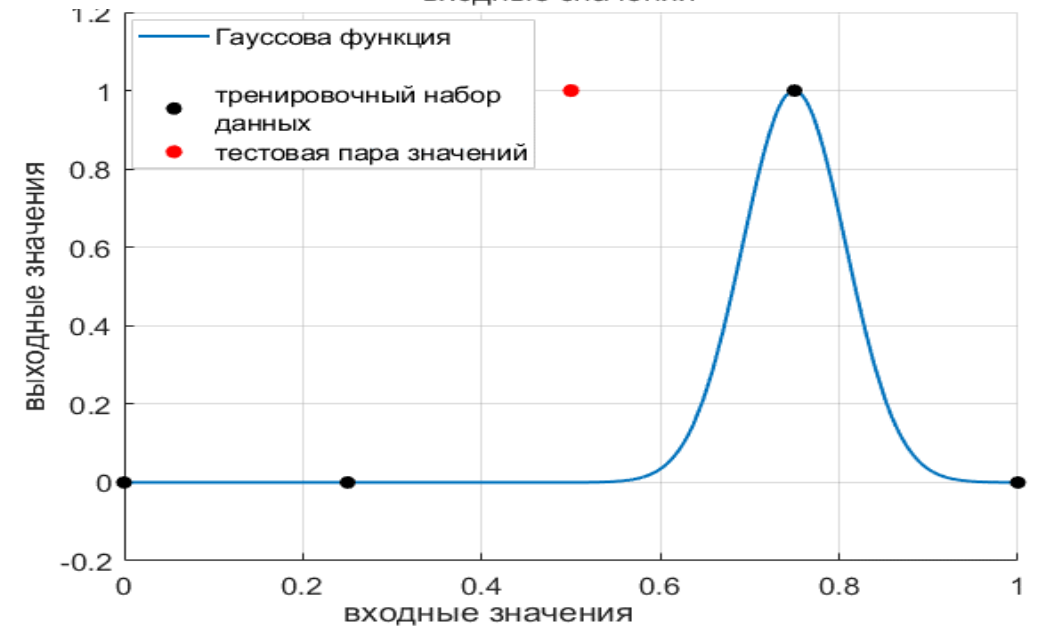
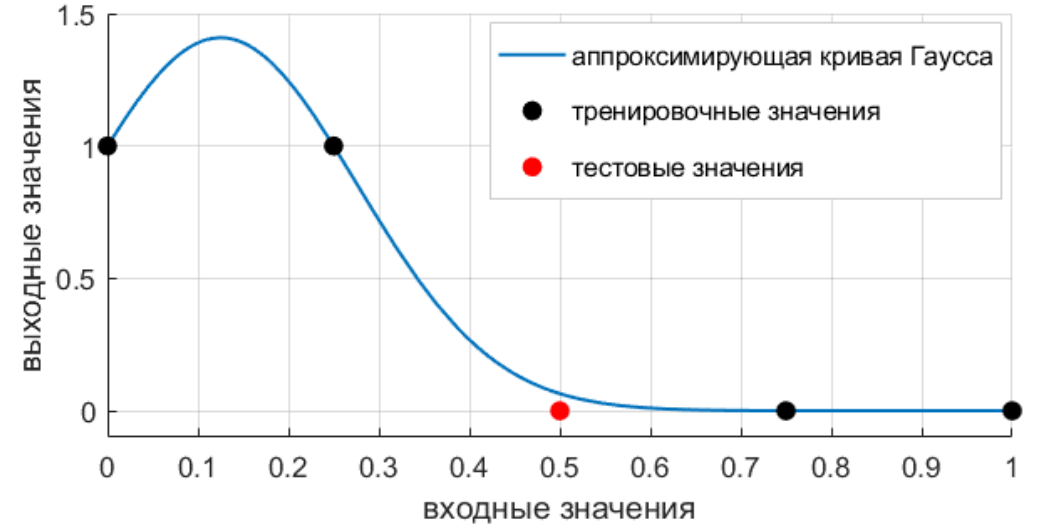
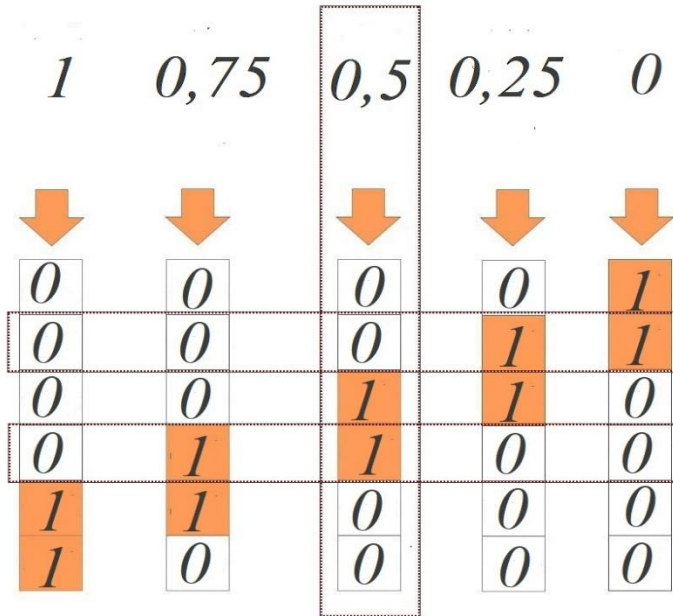


$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots + a_nx^n$$



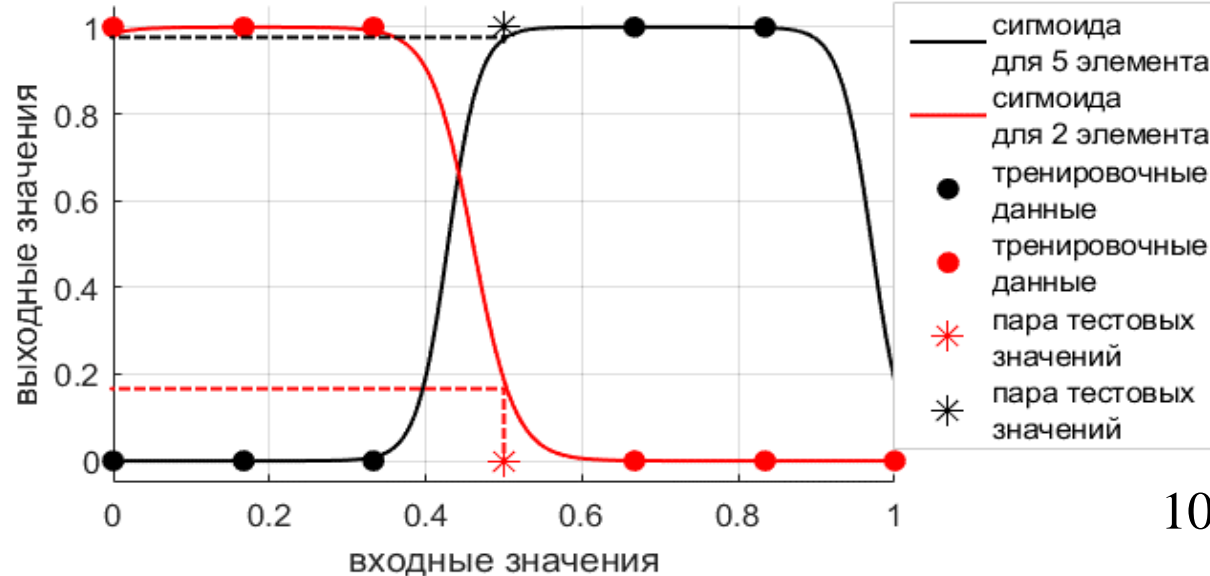
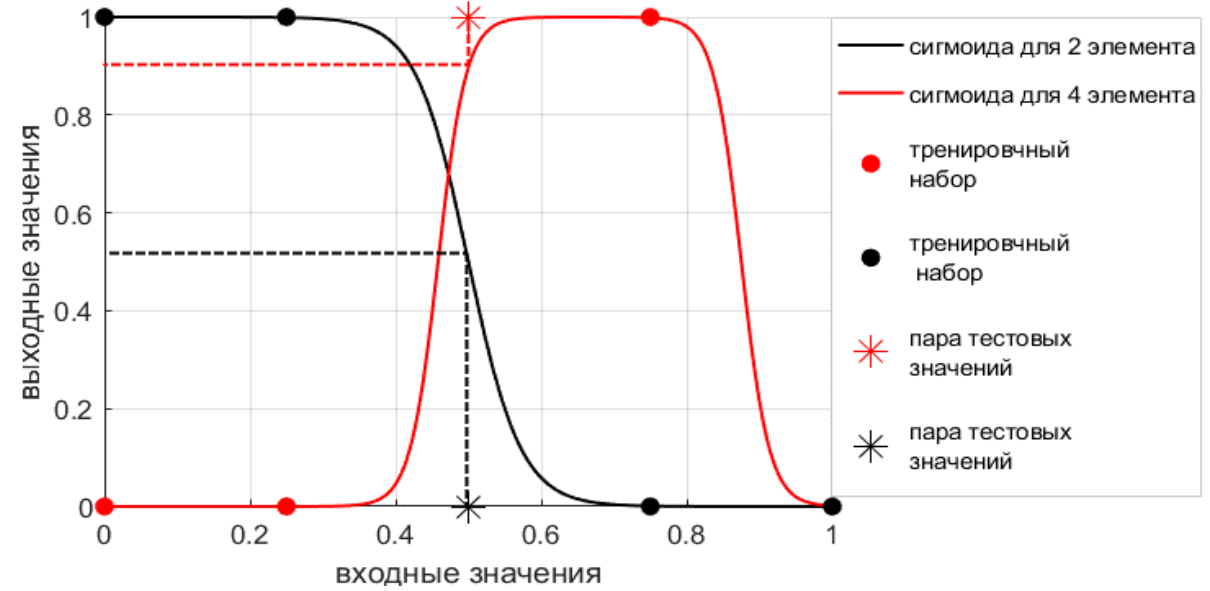
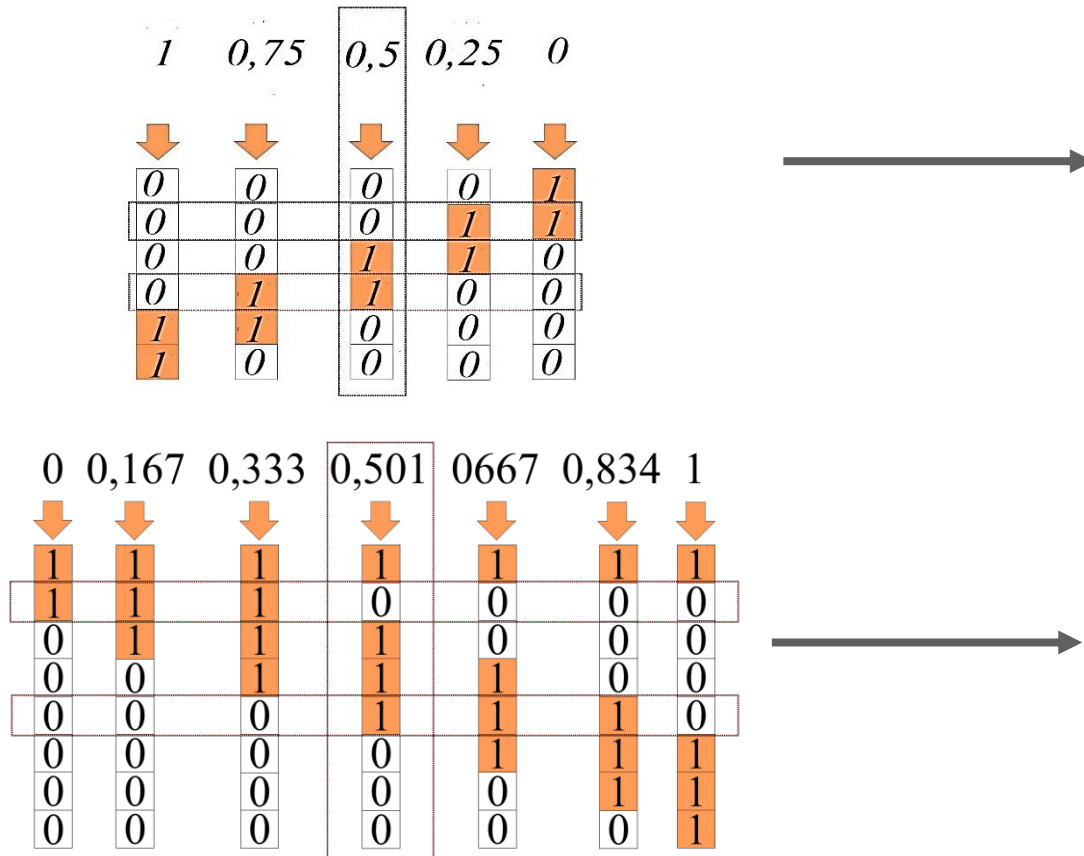
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ПОЛОСЕ

$$y = ae^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}$$

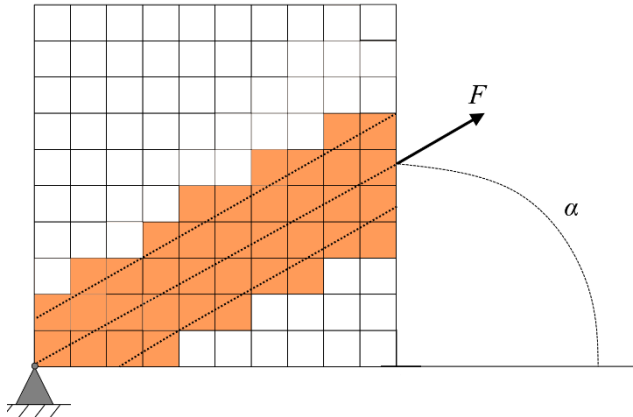


РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ПОЛОСКЕ

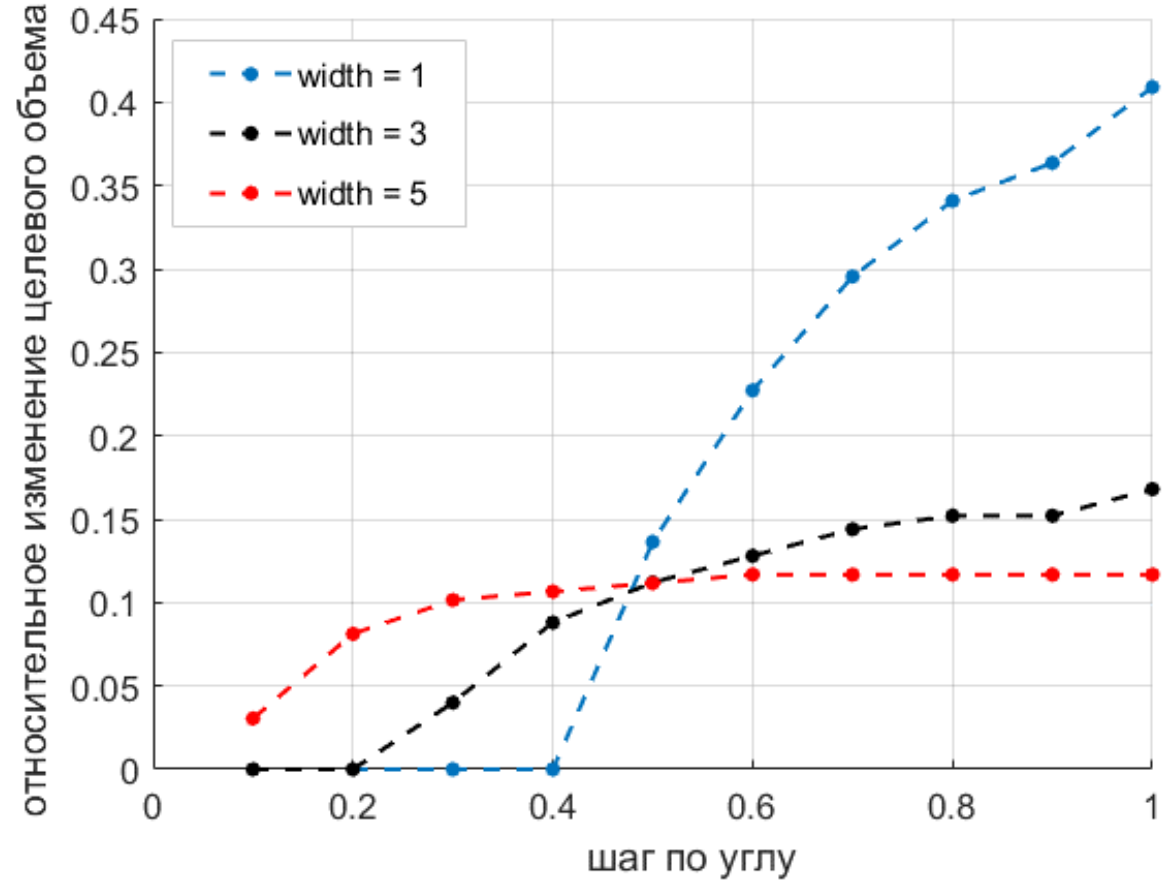
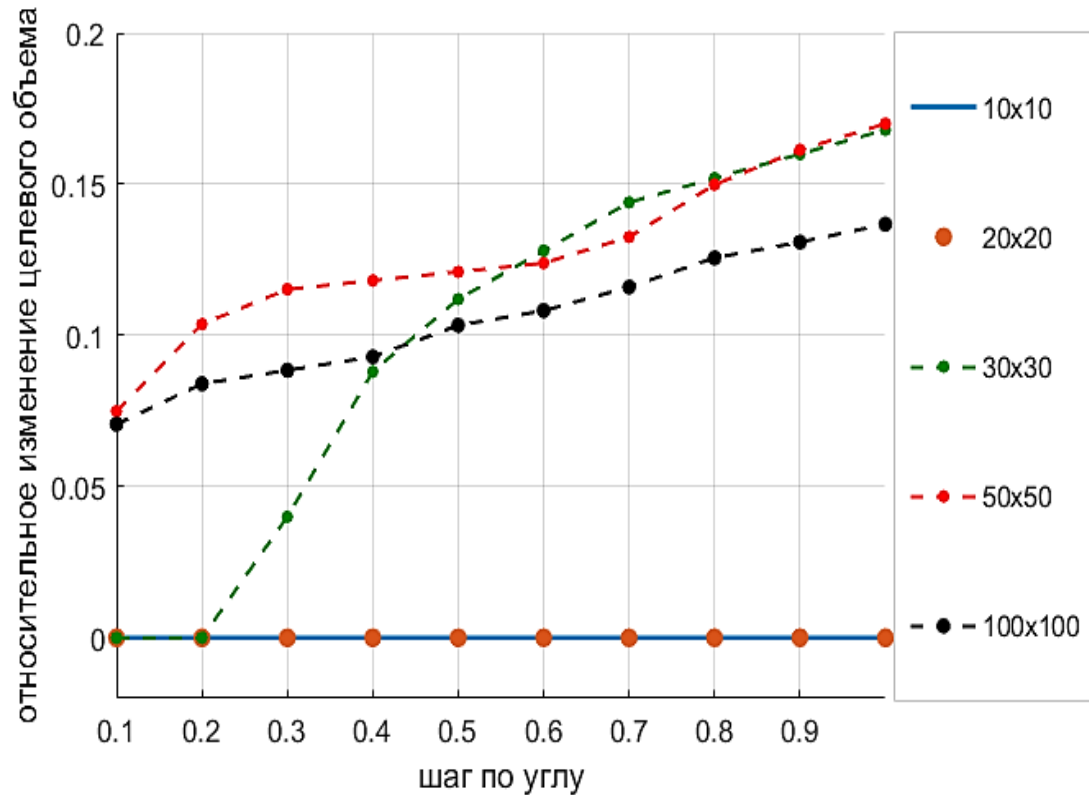
$$y = \frac{1}{1 + e^{a(x-b)}} - \frac{1}{1 + e^{a(x-c)}}$$



РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ПЛАСТИНЕ



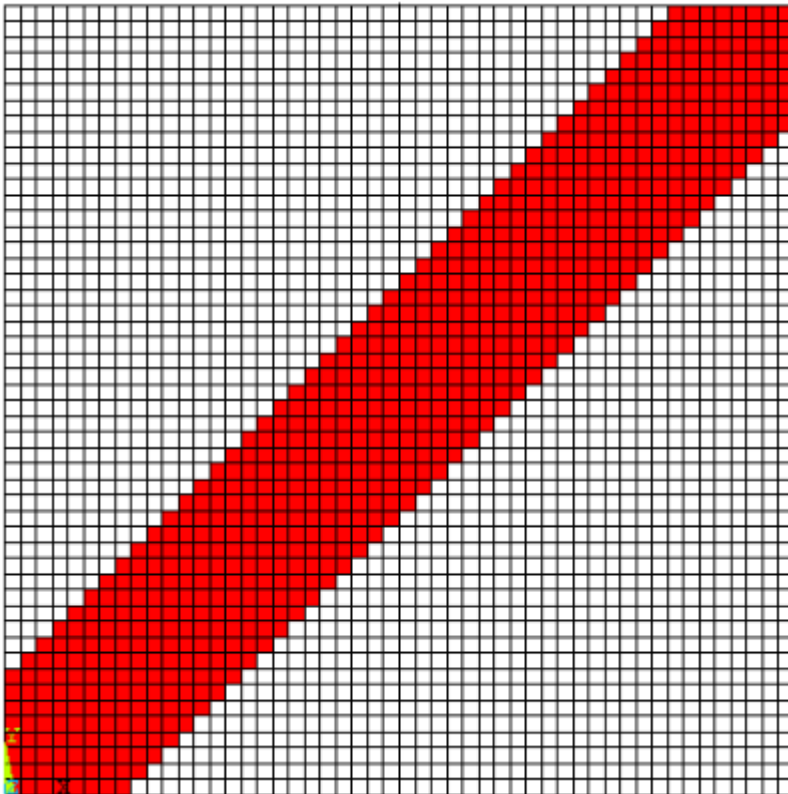
$\alpha = 45^\circ$



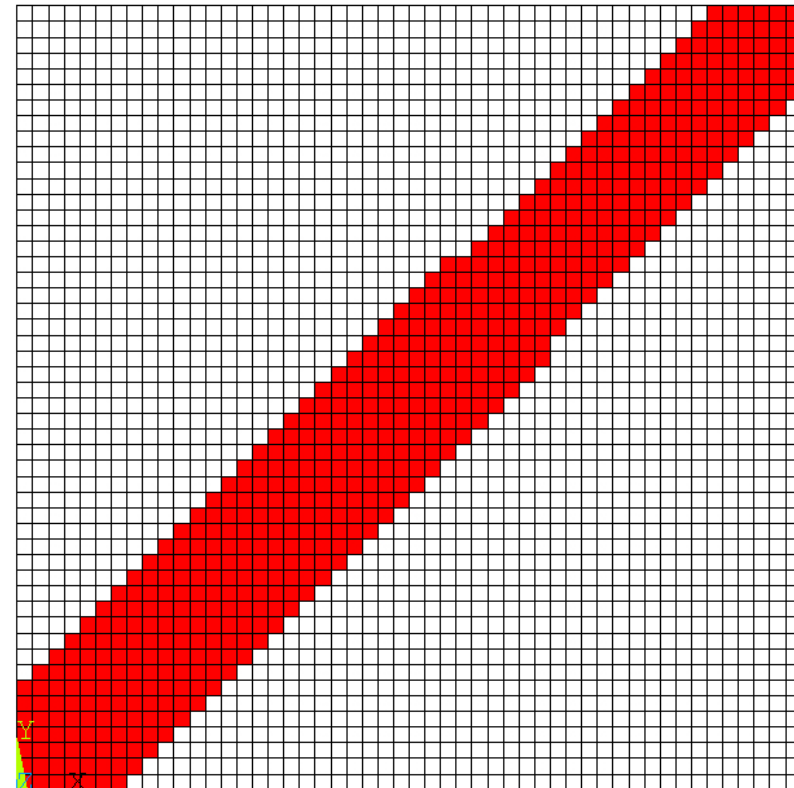
$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{N \cdot l - N_0 \cdot l}{N_0 \cdot l} = \frac{N - N_0}{N_0}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАСТИНЫ

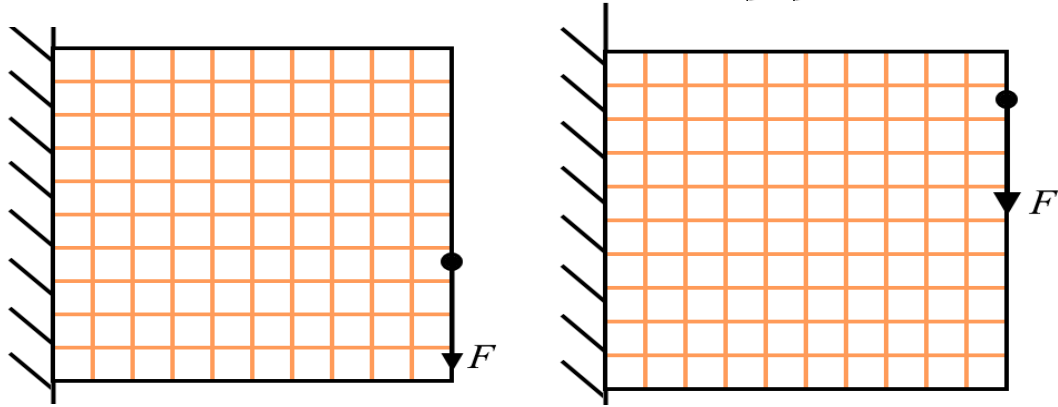
Ожидаемое распределение
материала



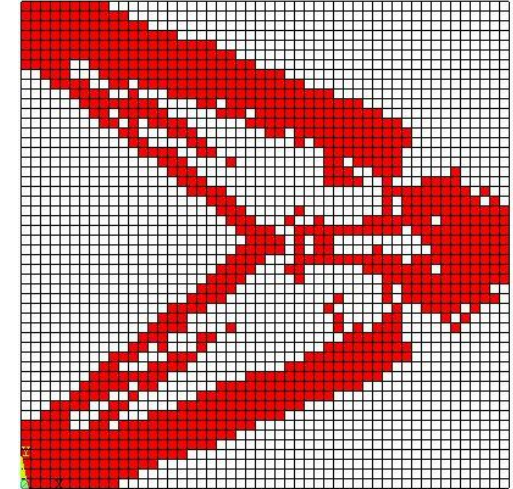
Предсказанное распределение
материала



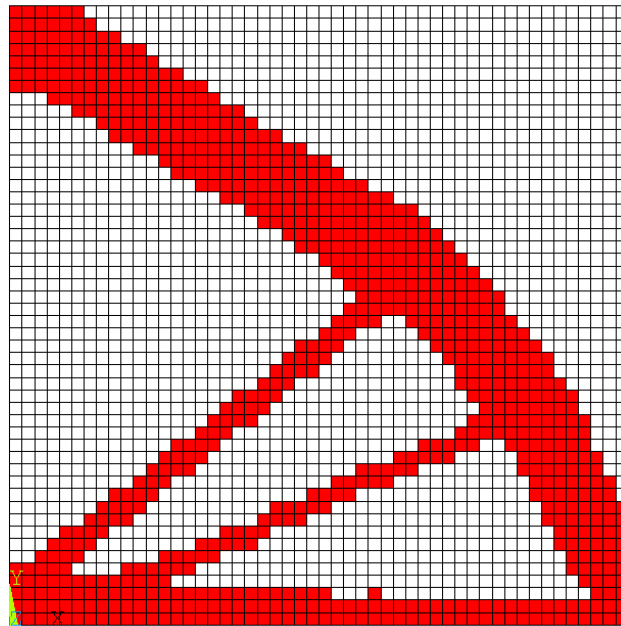
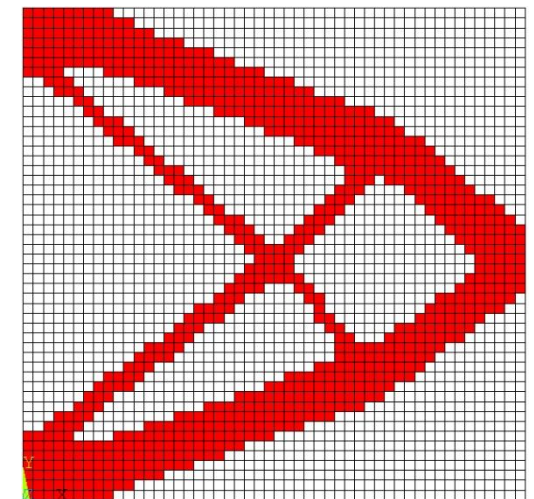
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ



Предсказанное
распределение
материала

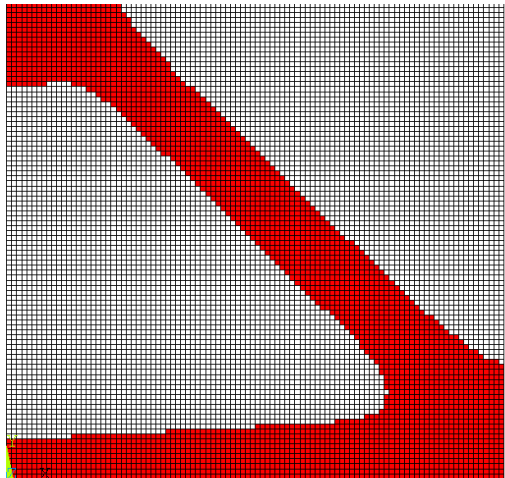


Ожидаемое
распределение
материала

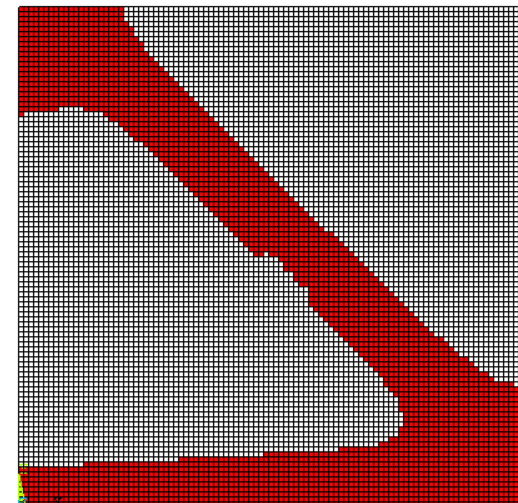
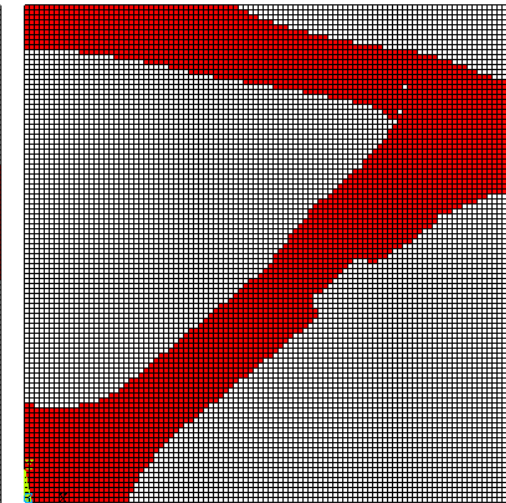
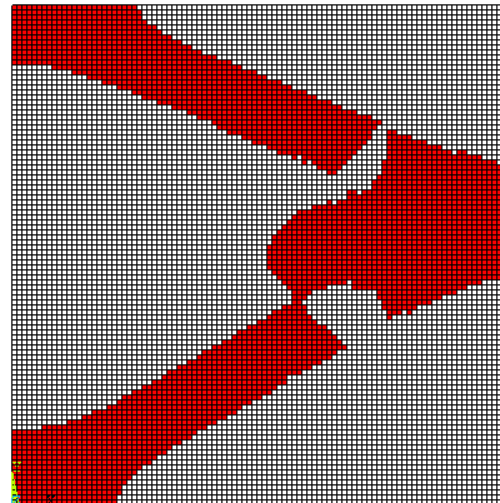
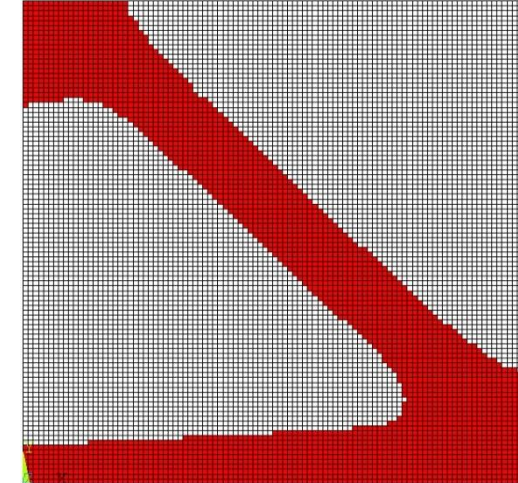
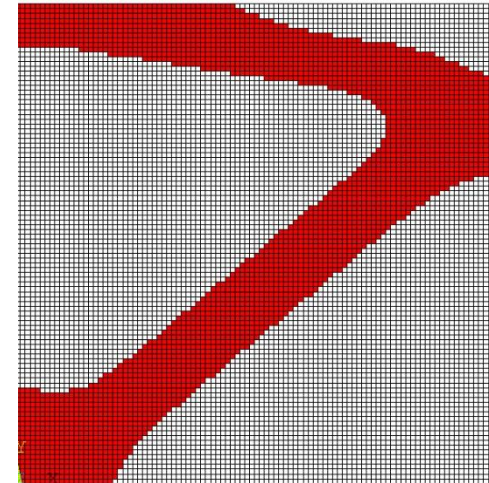
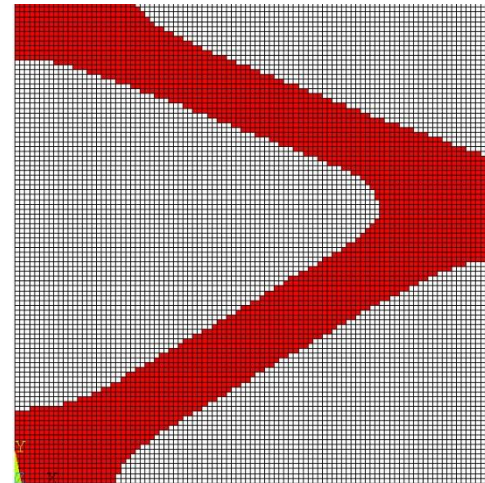


РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Ожидаемое
распределение
материала



Предсказанное
распределение
материала



ВЫВОДЫ

В данной работе был разработан метод машинного обучения, не реализованный ранее в задачах топологической оптимизации. Нейронная сеть с сигмоидным слоем лежит в основе данного метода. Новизна метода машинного обучения состоит в определении результирующей топологической оптимизации исследуемого объекта по типу его нагружения.

По полученным результатам можно сделать вывод, что метод позволяет предсказать расположение наиболее важных элементов материала. Данный метод не гарантирует высокую точность результатов, но все же позволяет сделать вывод о некоторых аспектах. Разработанный метод машинного обучения требует распространение применительно к анизотропным конструкциям.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!