

**Применение методов машинного обучения для идентификации параметров
внутреннего слоя трехслойной упругой полосы**

Научный руководитель – Бобылев Александр Александрович

Щербаков Михаил Евгеньевич

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра теории упругости, Москва, Россия
E-mail: shcherbakov.o.e@gmail.com

Рассматривается задача идентификации параметров внутреннего слоя трехслойной упругой полосы на основе результатов моделирования процесса индентирования полосы жестким штампом с микровыступами. Постановка контактной задачи, параметры штампа и параметры внешней нагрузки приведены в [1].

В процессе вдавливания индентора, на каждом микровыступе определяются относительная площадь фактического контакта, максимальное контактное напряжение и контактное усилие [1]. Задача идентификации состоит в нахождении четырех параметров среднего слоя полосы (модуля Юнга, коэффициента Пуассона, положения нижней и верхней границ) по перечисленным выше характеристикам контактного взаимодействия на микровыступах. Другие два слоя полосы идентичны по своим механическим свойствам, которые считаются известными.

Для решения задачи разработаны вычислительные алгоритмы на основе методов искусственных нейронных сетей (ИНС) и градиентного бустинга. Обучающий, проверочный и тестовый наборы строятся путем решения прямой задачи, в ходе которого вычисляются характеристики контактного взаимодействия на микровыступах для заданных параметров внутреннего слоя. Алгоритмы решения прямой задачи разработаны в [1, 2]. Набор параметров внутреннего слоя генерируется при помощи известного статистического метода LHS (Latin Hypercube Sampling). Таким образом получается база данных из 500000 обучающих, 50000 проверочных и 5000 тестовых образцов.

В настоящей работе для решения задачи идентификации предложены три различных алгоритма: одна полносвязная ИНС с четырьмя выходами, каскад из четырех ИНС и градиентный бустинг на решающих деревьях. Была проведена их оценка относительно метрики MAPE, показавшая, что наилучшую точность предсказания демонстрирует алгоритм с использованием одной полносвязной сети, состоящей из четырех слоев с 223, 261, 492 и 10 нейронами соответственно и функциями активации ReLU. Были получены следующие относительные погрешности: 0,43% для положения верхней границы, 1,03% для модуля Юнга, 1,32% для положения нижней границы и 2,76% для коэффициента Пуассона.

Кроме того, с использованием разработанного нейросетевого алгоритма было проведено два параметрических исследования. В первом из них варьировалось отношение толщины полосы к размеру основания штампа. Полученные результаты показали, что предсказания алгоритма становятся тем точнее, чем меньше это отношение. Во втором же варьировался коэффициент Пуассона верхнего и нижнего слоев полосы в пределах диапазона его возможных значений. Было установлено, что при уменьшении значения коэффициента Пуассона точность предсказаний алгоритма увеличивается.

Источники и литература

- 1) Бобылев А. А. Алгоритм решения задач одностороннего дискретного контакта для многослойной упругой полосы // Прикладная механика и техническая физика. 2024, том 65, № 2. С. 230-242.

- 2) Бобылев А. А. Численное построение трансформанты ядра интегрального представления оператора Пуанкаре-Стеклова для упругой полосы // Дифференциальные уравнения. 2023, том 59, № 1. С. 115-129.