



Николай Петрович
Морозов

СОПРОМАТ
Как решать
задачи
с использованием
нейросетей

Николай Петрович Морозов
**Сопромат. Как решать задачи
с использованием нейросетей**

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=73265318

ISBN 9785006919631

Аннотация

Книга представляет собой практикум по решению примеров и выполнению тестовых заданий для студентов гуманитарных вузов (например, для специальности «реставратор»).

Содержание

Введение	6
1. Применение нейросетей в сопромате:	7
основные направления	
1.1. Преобразование сложных расчетных	7
моделей в простые модели	
1.2. Автоматизация проверки прочности	8
и устойчивости конструкций	
1.3. Ускоренные расчеты динамики	8
конструкций	
1.4. Оптимизация проектирования	9
конструкций	
2. Примеры реализации нейросетевых	10
подходов в сопромате	
Раздел I. Краткая характеристика нейросетевых	12
архитектур и их применение в сопромате	
1. Рекуррентные нейросети	13
2. Сверточные нейросети	14
3. Глубокие нейросети	15
4. Генеративные состязательные сети	16
1. Пример практического применения	18
1.1. Решение традиционными методами	18
1.2. А вот как с этой задачей справляются	23
нейросети	

Раздел II. Тестовые задания для проверки	30
знаний по Сопротивлению материалов	
Задание 1	30
Конец ознакомительного фрагмента.	33

Сопромат. Как решать задачи с использованием нейросетей

**Николай Петрович
Морозов**

© Николай Петрович Морозов, 2026

ISBN 978-5-0069-1963-1

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

Введение

Сопротивление материалов (сопромат) – дисциплина, изучающая поведение материалов и конструкций под воздействием внешних нагрузок. Решение задач сопромата традиционно требует глубокого понимания теории упругости, методов расчета напряжений и деформаций, а также умения применять аналитические методы решения дифференциальных уравнений. Однако современные технологии машинного обучения и нейронных сетей открывают новые возможности для автоматизации и упрощения расчетов в этой области.

Почему традиционные подходы сложны?

Традиционные методы решения задач сопромата включают следующие этапы [1]:

- Анализ нагрузки и условий закрепления конструкции.
- Определение типа деформации (растяжение-сжатие, изгиб, кручение).
- Расчет внутренних усилий и напряжений.
- Проверка прочности и устойчивости элементов конструкции.

Эти шаги требуют значительных вычислительных ресурсов и высокой квалификации инженера. Проблемы усложняются при работе с нелинейными материалами, сложными геометрическими формами и динамическими нагрузками.

1. Применение нейросетей в сопромате: основные направления

Нейросети способны существенно упростить решение задач сопромата благодаря своей способности моделировать сложные зависимости между входными и выходными параметрами. Основные направления применения нейросетей в сопротивлении материалов включают:

1.1. Преобразование сложных расчетных моделей в простые модели

Нейросети позволяют заменить громоздкие аналитические расчеты простыми моделями, способными быстро прогнозировать напряжения, деформации и прочностные характеристики конструкций на основе известных входных данных.

Пример: Нейросеть обучается на большом наборе численных решений задач сопромата, полученных методом конечных элементов (МКЭ). После обучения сеть способна давать быстрые прогнозы поведения конструкций даже при изменении их геометрии, материала или нагрузки.

1.2. Автоматизация проверки прочности и устойчивости конструкций

Проверка прочности и устойчивости конструкции вручную является трудоемким процессом, особенно при проектировании крупных сооружений. Нейросети могут оценивать прочность и устойчивость конструкций на основании заданных параметров.

Пример: Использование нейросети для анализа изображений дефектов и повреждений строительных конструкций позволяет оперативно выявлять критичные зоны и принимать меры по их замене или ремонту.

1.3. Ускоренные расчеты динамики конструкций

При расчете динамических характеристик конструкций традиционным способом требуются значительные вычислительные ресурсы и время. Нейросети ускоряют процесс, показывая результаты гораздо быстрее традиционных методов.

Пример: Рекуррентная нейросеть LSTM эффективно решает задачи расчета колебаний мостовых конструкций под действием транспортных нагрузок, позволяя инженерам

оперативно оценивать влияние различных факторов на безопасность эксплуатации моста.

1.4. Оптимизация проектирования конструкций

Оптимальное проектирование конструкций требует учета множества переменных и ограничений. Нейросети помогают находить оптимальные конфигурации и материалы, минимизируя затраты и повышая надежность конструкции.

Пример: Нейросеть используется для автоматического синтеза новых конструктивных форм опорных колонн, удовлетворяющих требованиям прочности и экономичности одновременно.

2.Примеры реализации нейросетевых подходов в сопромате

Рассмотрим несколько конкретных примеров успешного применения нейросетей в решении задач сопротивления материалов [2]:

Пример 1: Прогнозирование напряженно-деформированного состояния балок

Исследователи использовали нейронную сеть для быстрого определения напряженно-деформированного состояния балки при различных типах нагрузок. Модель была обучена на результатах расчетов с использованием метода конечных элементов и показала высокую точность при прогнозировании деформаций и напряжений.

Пример 2: Оценка остаточного ресурса поврежденных конструкций

Используя нейросети, специалисты смогли автоматизировать оценку остаточного ресурса строительных конструкций после аварийных ситуаций. Нейросеть распознавала повреждения на изображениях и оценивала степень снижения несущей способности.

Пример 3: Динамический анализ зданий при землетрясе-

нии

Нейросети использовались и для оценки реакции здания на различные сценарии землетрясений. Это позволило значительно ускорить разработку мер сейсмостойкости и повысить эффективность защиты от природных катастроф.

Заключение

Применение нейросетей открывает новые горизонты в решении задач сопромата. Современные технологии машинного обучения позволяют автоматизировать рутинные вычисления, сократить временные затраты и повысить качество инженерных решений. В будущем, использование нейросетей станет неотъемлемой частью инженерного проектирования и анализа конструкций, обеспечивая повышение эффективности и безопасности строительства.

Для эффективного решения задач сопромата с помощью нейросетей важно понимать особенности основных типов архитектур нейронных сетей и их специфическое применение в данной области.

Раздел I. Краткая характеристика нейросетевых архитектур и их применение в сопромате

Дадим краткую характеристику рекуррентных, сверточных, глубоких и генеративных состязательных нейросетей по применению их для решения задач сопромата.

1. Рекуррентные нейросети

Описание:

Рекуррентные сети предназначены для обработки последовательных данных, где каждая следующая точка зависит от предыдущих значений. Они хорошо справляются с задачами, связанными с временными рядами и динамикой процессов.

Применение в сопромате:

- Моделирование временных зависимостей в динамике существования конструкций (например, колебания мостов, вибрационное воздействие на здания).
- Прогнозирование изменения напряженно-деформированного состояния во времени при воздействии переменной нагрузки.
- Оценка остаточной долговечности конструкций с учетом накопленного износа и повреждений.

2. Сверточные нейросети

Описание:

Сверточные сети специализируются на обработке пространственных структур данных, таких как изображения, карты напряжений и деформация конструкций.

Применение в сопромате:*

- распознавание визуальных признаков повреждений и трещин на конструкциях (визуальная диагностика).
- анализ полей напряжений и деформаций, полученных методами компьютерного зрения или виртуального мониторинга.
- обработка изображений результатов испытаний на растяжение, сжатие и другие виды механических тестов.

3. Глубокие нейросети

Описание:

Глубокие нейросети представляют собой многослойные структуры, способные изучать сложные нелинейные зависимости между входными и выходными параметрами.

Применение в сопромате:

- быстрое и точное прогнозирование напряженно-деформированного состояния конструкций на основе известных параметров нагрузки и геометрии.

- создание простых и эффективных моделей вместо более сложных аналитических (например, метода конечных элементов), позволяющих снизить вычислительную сложность задач.

- быстрая оценка прочности и надежности конструкций при проектировании.

4. Генеративные состязательные сети

Описание:

Генеративные состязательные сети состоят из двух частей: генератора и дискриминатора, которые соревнуются друг с другом, улучшая качество генерируемых данных.

Применение в сопромате:

- генерация оптимизированных конструктивных форм и конфигураций элементов конструкций, обеспечивающих максимальную прочность и минимальные материальные затраты.

- синтез новых материалов и композитных структур с заранее заданными механическими свойствами.

- автоматический синтез вариантов дизайна конструкций, удовлетворяющих множеству технических требований и ограничений.

Таким образом, выбор конкретной архитектуры нейросети зависит от характера решаемой задачи сопромата:

- рекуррентные сети подходят для задач временной динамики,

- сверточные – для работы с пространственными структурами,

- глубокие сети эффективны для точного прогнозирования,

– генеративные состязательные сети – для автоматизированного поиска оптимальных решений и генерации новых идей.

– универсальные нейросети общего назначения (спросите о чем угодно) – для выполнения заданий и решения заданий в процессе обучения.

1.Пример практического применения

Рассмотрим пример задачи построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов для балки:

Задача: Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов для балки, шарнирно закрепленной двумя концами и нагруженной сосредоточенной силой (см. рис.1).

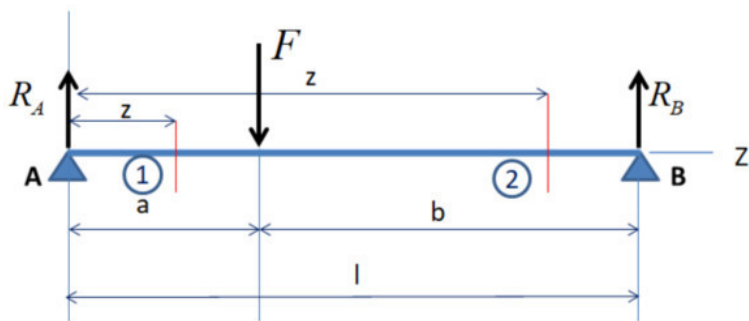


Рис.1.

1.1.Решение традиционными методами

1. Начало координат разместим на левом конце балки, а ось z направим влево (см. рис.1).

2. Определим опорные реакции, составив уравнения моментов сил относительно опор A и B (см. рис.2).

$$\sum M_A = 0; -Fa + R_B l = 0 \Rightarrow R_B = Fa / l$$

$$\sum M_B = 0; Fb - R_A l = 0 \Rightarrow R_A = Fb / l$$

Рис.2.

3. Проверим правильность определения реакций, составив уравнение проекций на ось у (см. рис.3).

$$\sum Y = 0; -F + R_A + R_B = 0$$

$$Fb / l - F + Fa / l = F(a + b) / l - F = 0$$

Рис.3.

4. Полученное тождество $0 = 0$ говорит о правильности определения реакций.

5. Применяя метод сечений, приступим к построению эпюр.

5а. Построение эпюр поперечных сил (см. рис.4 и 5).

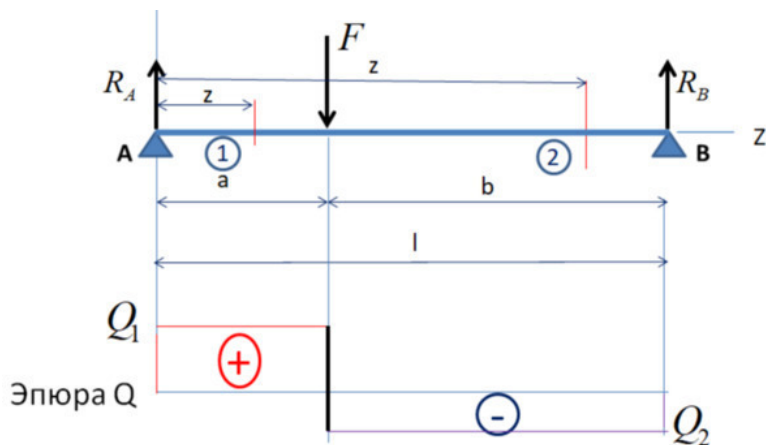


Рис.4.

$$Q_1 = R_A = Fb/l;$$

$$Q_2 = R_A - F = Fb/l - F = -F(l - b)/l = -Fa/l = -R_B;$$

Рис.5.

5b. Построение эпюры изгибающих моментов (см. рис.6).

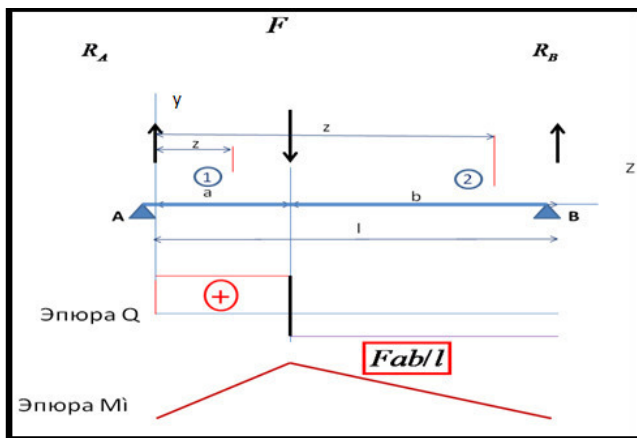


Рис.6.

В сечении на первом участке изгибающий момент определяется по формуле (на рис.7):

$$M_{1И} = R_A z, \text{ где } z \text{ изменяется от } 0 \text{ до } a$$

Рис.7.

Для построения эпюры достаточно найти значения моментов на границах 1го участка (см. рис.8):

$$\Rightarrow M_{1И} = 0 \text{ и } M_{1И} = Fba / l. \text{ При } z = 0 \text{ и } z = a$$

Рис.8.

Аналогично, определяем значения моментов (рис.9) на границах 2го участка: при $z = a$ и $z = l$

$$\Rightarrow M_{2H} = Fa(l - a)/l = Fba/l; M_{2H} = Fa(l - l)/l = 0.$$

$$M_{H\max} = Fab/l.$$

Рис.9.

1.2.А вот как с этой задачей справляются нейросети

Алиса

Решение

Дано:

Файл с рисунком 1.

Балка шарнирно закреплена двумя концами (шарнирные опоры в точках А и В). На балку действует сосредоточенная сила F, приложенная на расстоянии z от левого шарнира (точки А). Общая длина балки – l, при этом $l = a + b$, где a – расстояние от точки А до точки приложения силы F, b – расстояние от точки приложения силы F до точки В. Реакции опор обозначены как RA (в точке А) и RB (в точке В).

Требуется:

Построить эпюры поперечных сил (Q) и изгибающих моментов (M) для данной балки.

Шаг 1. Определение реакций опор R_A и R_B

Балка находится в равновесии под действием силы F и реакций опор R_A , R_B . Запишем уравнения равновесия:

– Сумма вертикальных сил равна нулю:

$$R_A + R_B - F = 0 \Rightarrow R_A + R_B = F \quad (1)$$

– Сумма моментов относительно точки A равна нулю (возьмём моменты относительно точки A , чтобы исключить R_A):

$$R_B \cdot l - F \cdot a = 0 \Rightarrow R_B = F \cdot a / l \quad (2)$$

– Из уравнений (1) и (2) находим R_A :

$$R_A = F - R_B = F - Fa/l = F(1 - a/l) = F(l - a)/l = Fb/l$$

Итог:

$$R_A = Fb/l, R_B = Fa/l$$

Шаг 2. Построение эпюры поперечных сил (Q)

Поперечная сила в сечении балки равна алгебраической сумме всех вертикальных сил, действующих по одну сторону от этого сечения.

– **Участок 1 ($0 \leq x \leq a$):**

– Рассмотрим сечение на расстоянии x от точки A ($0 \leq x \leq a$). Слева от сечения действует только реакция R_A .

$$Q(x) = R_A = Fb/l$$

На конце участка ($x=a$) значение поперечной силы остаётся тем же: $Q(a) = Fb/l$.

– **Участок 2 ($a < x \leq l$):**

– Рассмотрим сечение на расстоянии x от точки А ($a < x \leq l$). Слева от сечения действуют RA и сила F .

$$Q(x) = RA - F = Fb/l \quad \text{—} \quad F = F(b/l - 1) = -Fa/l$$

На конце участка ($x = l$) значение поперечной силы остаётся тем же: $Q(l) = -Fa/l$.

Вывод для эпюры Q:

– На участке $(0 - a)$: $Q = Fb/l$ (постоянное значение, линия параллельна оси x).

– На участке $(a - l)$: $Q = -Fa/l$ (постоянное значение, линия параллельна оси x).

– В точке приложения силы F ($x = a$) происходит скачок поперечной силы на величину F (от Fb/l до $-Fa/l$).

Шаг 3. Построение эпюры изгибающих моментов (M)

Изгибающий момент в сечении равен алгебраической сумме моментов всех сил, действующих по одну сторону от этого сечения, относительно рассматриваемого сечения.

– Участок 1 ($0 \leq x \leq a$):

– Рассмотрим сечение на расстоянии x от точки А. Момент от RA относительно этого сечения:

$$M(x) = RA \cdot x = Fb/l \cdot x$$

Это линейная функция:

– при $x = 0$, $M(0) = 0$;

– при $x = a$, $M(a) = Fb/l \cdot a = Fab/l$.

– Участок 2 ($a < x \leq l$):

– Рассмотрим сечение на расстоянии x от точки А. Мо-

мент от RA и F относительно этого сечения:

$$M(x) = RA \cdot x - F \cdot (x - a) = Fb/l \cdot x - F(x - a)$$

Упростим:

$$M(x) = F(bx/l - x + a) = F(a - x(1 - b/l)) = F(a - x \cdot a/l) = 1$$

Это также линейная функция:

– при $x = a$, $M(a) = Fa(1 - a/l) = Fab/l$ (совпадает с концом участка 1);

– при $x = l$, $M(l) = Fa(1 - l/l) = 0$.

Вывод для эпюры M:

– На участке $(0 - a)$: $M(x) = Fb/l \cdot x$ (линейно возрастает от 0 до Fab/l).

– На участке $(a - l)$: $M(x) = Fa(1 - x/l)$ (линейно убывает от Fab/l до 0).

– Максимальный изгибающий момент достигается в точке приложения силы F ($x = a$) и равен $M_{\max} = Fab/l$.

Итоговые графики (описание эпюр)

– Эпюра поперечных сил (Q):

– Горизонтальная линия на уровне Fb/l от $x = 0$ до $x = a$.

– Резкий скачок вниз в точке $x = a$ на величину F .

– Горизонтальная линия на уровне $-Fa/l$ от $x = a$ до $x = l$.

– Эпюра изгибающих моментов (M):

– Наклонная линия, возрастающая от 0 до Fab/l на участке $(0 - a)$.

– Наклонная линия, убывающая от Fab/l до 0 на участке $(a - l)$.

– Пик момента в точке $x = a$, равный Fab/l .

Ответ

Реакции опор: $R_A = Fb/l$, $R_B = Fa/l$.

Эпюра поперечных сил:

$Q(x) = Fb/l$ при $0 \leq x \leq a$; $Q(x) = -Fa/l$ при $a < x \leq l$; скачок на F в точке $x = a$.

Эпюра изгибающих моментов:

$M(x) = (Fb/l) \cdot x$ при $0 \leq x \leq a$; $M(x) = Fa(1 - x/l)$ при $a < x \leq l$; максимальный момент $M_{\max} = Fab/l$ в точке $x = a$.

Дипсик Нейросеть

Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов для балки, шарнирно закреплённой двумя концами и нагруженной сосредоточенной силой (см. рис 1).

Решение

Хорошо, разберём задачу по шагам.

1. Схема и данные

Балка на двух шарнирных опорах A и B , длина L , сосредоточенная сила F приложена на расстоянии a от левой опоры и b от правой опоры, причём $a + b = L$.

Пусть для определённости $a < b$ (сила ближе к левой опоре).

Далее, процесс решения сводится к его реализации с помощью программных кодов, и нуждается в пошаговых комментариях. Но так, как этот процесс практически повторяет

действия предыдущей нейросети, то я его упускаю.

Результаты

Числовой пример (для наглядности, пусть $(L=6)$, $(a=2)$, $(b=4)$, $(F=12)$):

– Реакции:

$$\begin{aligned} - [R_A = \frac{Fb}{L} = \frac{12 \times 4}{6} = 8] \quad [R_B = \frac{Fa}{L} = \frac{12 \times 2}{6} = 4] \end{aligned}$$

– Эпюра Q:

– Участок 0—2: $(Q = +8)$

– Участок 2—6: $(Q = 8 - 12 = -4)$

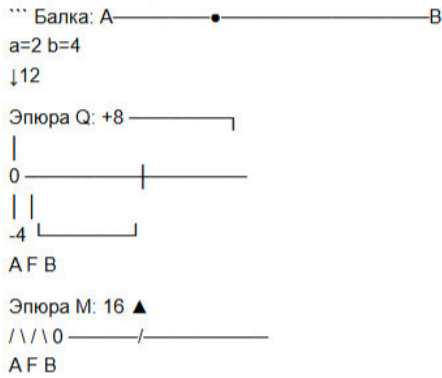
– Эпюра M:

– Участок 0—2: $(M = 8x)$, при $x=2$: $(M=16)$

– Участок 2—6: $(M = 8x - 12(x-2) = 24 - 4x)$, при $x=6$: $(M=0)$

Максимальный момент: $(M_{\max} = 16)$ (в точке приложения силы).

Графическое представление:



Это классический вид эпюр для балки на двух опорах с одной сосредоточенной силой.

Для меня была настоящим открытием просьба нейросетей прислать им файл со схемой балки.

Сегодня нейросети вышли на достаточно серьезный уровень проведения обучения и консультаций

Следующий раздел книги и посвящен выполнению тестовых заданий для проверки знаний по дисциплине «Сопротивление материалов», которые использовались автором для подготовки специалистов по направлению 072200.62 «Реставрация» в гуманитарных вузах России.

Раздел II. Тестовые задания для проверки знаний по Сопротивлению материалов

Задание 1

Сопротивление материалов -...

1) Наука об инженерных методах расчетов на прочность, жесткость и устойчивость элементов машин и сооружений (конструкций).

2) Наука о защите физических тел от коррозии, деформации и старения.

Решение.

Ассистент

Верный ответ: **1) Сопротивление материалов** — наука об инженерных методах расчётов на прочность, жёсткость и устойчивость элементов машин и сооружений (конструкций).

Алиса

Правильный ответ: **1) Наука об инженерных методах расчётов на прочность, жёсткость и устойчивость элементов машин и сооружений (конструкций).**

Обоснование

Сопротивление материалов (часто сокращённо – «сопромат») – это инженерная дисциплина, которая:

- изучает поведение элементов конструкций (балок, стержней, пластин и др.) под действием внешних нагрузок;
- разрабатывает методы расчёта деталей машин и строительных конструкций на **прочность, жёсткость и устойчивость**;
- обеспечивает выполнение требований надёжности и экономичности при проектировании.

Ключевые понятия, которые рассматривает сопро-

тивление материалов:

– **Прочность** – способность материала воспринимать нагрузку без разрушения.

– **Жёсткость** – способность сохранять форму и размеры в допустимых пределах при нагрузках.

– **Устойчивость** – способность сохранять первоначальную форму равновесия при внешних воздействиях.

Почему не второй вариант?

Вариант 2 («Наука о защите физических тел от коррозии, деформации и старения») неверен, потому что:

– Сопротивление материалов не занимается непосредственно защитой от коррозии или старения – это предмет других дисциплин (материаловедение, антикоррозионная защита и т. п.).

– Деформация в сопротивлении материалов – не «враг», а объект изучения: важно рассчитать, насколько тело деформируется под нагрузкой и не превышает ли деформация допустимых пределов.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.