

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

студент **Гала Егор Викторович**,
студент **Ковалёнок Константин Леонидович**
Белорусский национальный технический университет,
пр. Независимости 65, 220013, г.Минск, Беларусь,
kostya.kovalionok1@gmail.com

***Аннотация:** Данная научная работа посвящена изучению математического моделирования и оптимизации процессов в строительстве. В строительной отрасли эффективное управление производственными и организационными процессами является важной задачей, поскольку она значительно влияет на качество работ, сроки выполнения проектов и затраты ресурсов.*

***Ключевые слова:** математическая модель, исследование модели, линейное программирование.*

Целью работы является исследование существующих методов математического моделирования и оптимизации процессов в строительстве и разработка новых подходов, применимых к данной отрасли.

В ходе работы был проведен анализ литературы по данной теме и изучение существующих математических моделей, используемых в строительстве. Были выявлены основные факторы, влияющие на производительность и эффективность строительных процессов, такие как планирование ресурсов, оптимизация графиков работ, управление запасами и контроль качества. Далее была проведена разработка математических моделей и алгоритмов оптимизации для различных процессов в строительстве. Было применено методы линейного программирования, динамического программирования, математического моделирования на основе сетевого планирования и другие.

Приведём пример задачи на оптимизацию параметров балки.

Сформулируем задачу: Найти оптимальное продольное распределение момента инерции сечения балки, которое обеспечивает для заданной нагрузки минимум ее максимального прогиба. Для двух вариантов крепления ее концов:

- а) если два конца балки закреплены жёстко;
- б) если один конец балки будет свободен, второй будет жёстко закреплён.

Вначале выполним построение математической модели исходя из условия задачи. Затем составим дифференциальное уравнение, с помощью которого сможем описать прогиб средней линии балки в зависимости от условия приложенной поперечной нагрузки с плотностью распределения $q(x)$.

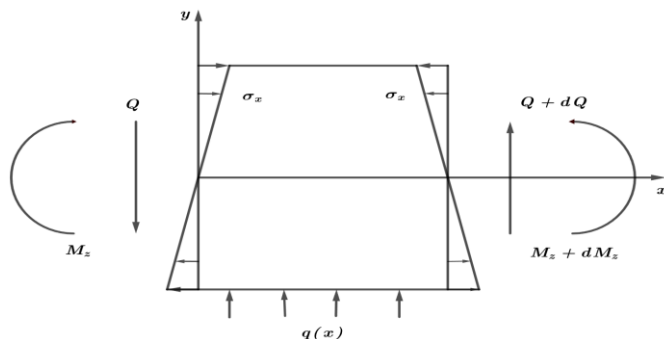


Рис. 1. элемент балки с приложенными нагрузками

Запишем условие равновесия элементарного участка балки dx (рис. 1.1).

$$\sum Y = -Q + (Q + dQ) + qdx = 0,$$

$$\sum M_x = -M_x + (M_x + dM_x) + qdx^2 / 2 + (Q + dQ)dx = 0$$

Откуда, получаем окончательное уравнение:

$$\frac{d^2 M_x}{dx^2} = q$$

Учитывая закон Гука, можно записать:

$$M_z = \int_y \sigma_x(y') y' l(y') dy' = E \int_y \varepsilon_x(y') y' l(y') dy'$$

Выражение (1) приводится к дифференциальному уравнению, описывающему прогиб балки под действием нагрузки:

$$E \frac{d^2}{dx^2} (J(x) \frac{d^2 y}{dx^2}) = q(x)$$

Если к этому уравнению добавить граничные условия, где L - длина балки:

1) в случае если, оба конца закреплены

$$x = 0, x = L; y = \frac{dy}{dx} = 0;$$

2) в случае если, один конец закреплён ($x = 0$) закреплён, другой конец свободен ($x = L$)

$$\left(M_z \approx \frac{d^2 y}{dx^2} = 0, Q \approx \frac{d^3 y}{dx^3} = 0 \right)$$

$$x = 0, y = \frac{dy}{dx} = 0; x = L, \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{d^3 y}{dx^3} = 0.$$

Следующим этапом будет приведение задачи к безразмерному виду.

Для двух случаев граничных условий, получим две безразмерные краевые задачи:

Первая.

$$\frac{d^2}{dx^2} (J(x) \frac{d^2 u}{dx^2}) = -q(x), x \in [0, 1],$$

$$x = 0, x = 1, u = \frac{du}{dx} = 0.$$

Вторая.

$$\frac{d^2}{dx^2} (J(x) \frac{d^2 u}{dx^2}) = -q(x), x \in [0, 1],$$

$$x = 0, u = \frac{du}{dx} = 0,$$

$$x = 1, \frac{d^2u}{dx^2} = \frac{d^3u}{dx^3} = 0.$$

Затем уже следует проверка адекватности данной математической модели и выбор метода для решения соответствующей краевой задачи.

И последним, завершающим, шагом является - программная реализация модели.

На основании проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

Применение математического моделирования и оптимизации в строительстве позволяет сократить сроки выполнения проектов, улучшить качество работ и оптимизировать затраты ресурсов.

Методы линейного программирования, динамического программирования и сетевого планирования являются эффективными инструментами для оптимизации строительных процессов.

Необходимо учитывать особенности конкретных проектов и использовать комбинированные методы оптимизации для достижения наилучших результатов.

В заключение работы были предложены рекомендации по применению математического моделирования и оптимизации в строительстве. Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку более точных и комплексных моделей, учет дополнительных факторов, таких как погодные условия, и исследование эффективности применения новых технологий и методов в строительстве.

Литература

1. Якушева, Е.В., Полуянова, О.А. Математическое моделирование в строительстве: Учебное пособие. - М.: Информатика и образование, 2014.

2. Лупанов, О.Б., Кармазина, Т.М., Стариков, С.Н. Оптимизация строительного процесса с использованием математических моделей. - М.: Стройиздат, 2009.
3. Раек, А.Л., Далин, И.В., Матвеева, Е.С. Математическое моделирование и оптимизация в строительстве: Учебник для вузов. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013.
4. Беспалов, А.В. Математическое моделирование процессов строительства зданий и сооружений. - М.: Издательство Литера, 2012.
5. Филатов, Ю.П. Оптимизация процессов строительства: Учебное пособие. - М.: Юрайт, 2008.
6. Маркова, О.А., Ушкова, А.В. Математическое моделирование процессов энергетического обслуживания строительных объектов. - М.: Проспект, 2016.