УДК 372.851

# ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

***Ковалёнок Константин Леонидович**, студент 2-го курса*
*кафедры «Робототехнические системы»*
***Брейво Александр Иванович**, студент 3-го курса*
*кафедры «Автомобильные дороги»*
*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*
*(Научный руководитель – Ковалёнок Н.В., старший преподаватель)*

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 $q(x)$.

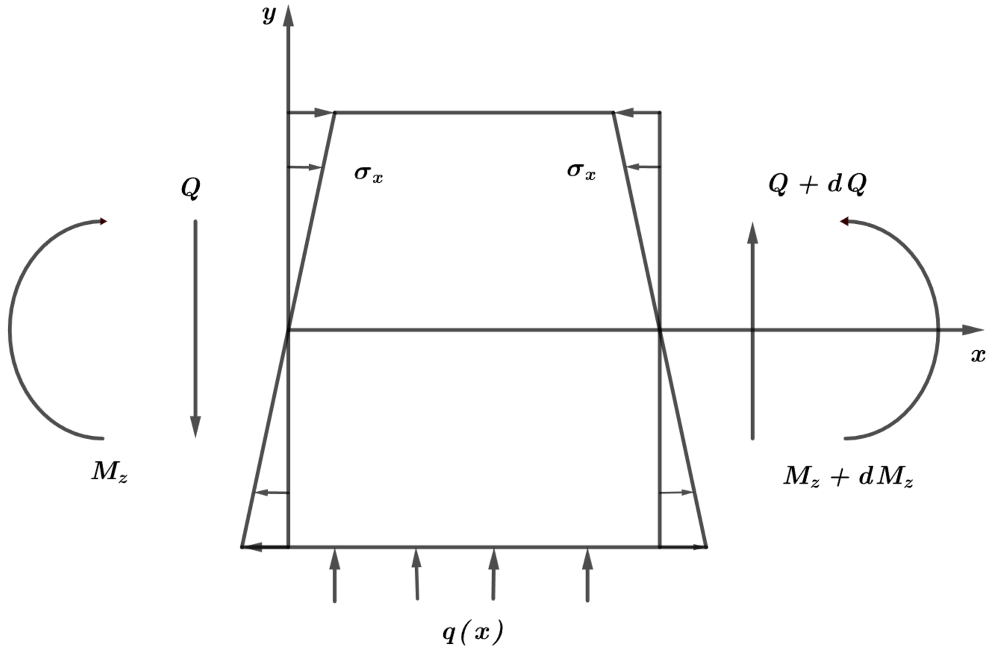

Рисунок 1 – элемент балки с приложенными нагрузками

Запишем условие равновесия элементарного участка балки $dx$ (рис. 1).

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

$$\sum M_2 = -M_2 + (M_2 + dM_2) + qdx^2 / 2 + (Q + dQ)dx = 0$$

Откуда, получаем окончательное уравнение:

$$\frac{d^2 M_2}{dx^2} = q \quad . (1)$$

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 закреплен $(x = 0)$ 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.

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

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

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

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.