

## ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ДВУТАВРОВОЙ БАЛКИ ПО МАКСИМАЛЬНОМУ ПРОГИБУ

**В.А. Ходяков**

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь

*Описывается возможность оптимизации двутавровой балки по второй группе предельных состояний. В частности, рассматривается модель оптимизации высоты двутавра по длине балки. Цель компьютерного эксперимента – уменьшить максимальный прогиб балки при сохранении тех же материалозатрат на производство. Описаны предполагаемые результаты эксперимента.*

**Ключевые слова:** балка, прогиб, оптимизация, двутавр, SOFiSTiK, Grasshopper, Rhinoceros, Karamba.

Проведён эксперимент по оптимизации двутавровой балки переменного сечения с целью минимизации её массы. Граничными условиями были предельные напряжения в сечениях и местная устойчивость полок и стенки балки. По результатам оптимизации (рисунок) для балки пролётом 20 м удалось достичь экономии материала до 36 % в сравнении с сортовым двутавром. Однако при полной оптимизации прогиб балки имел недопустимо высокие значения. Ввиду этого была поставлена новая задача по исследованию эффективного распределения материала по длине мостовой балки с учётом её прогиба.

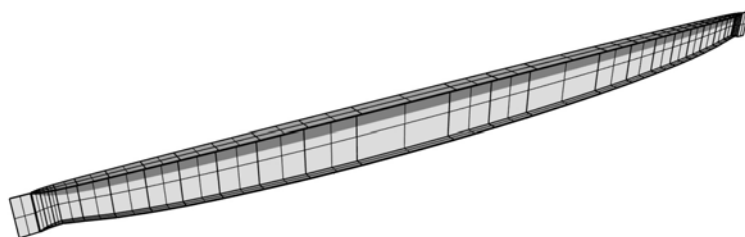


Рис. Общий вид оптимизированной  
полигональной двутавровой балки

В сущности, планируется провести три эксперимента. В качестве эталонной балки примем двутавровую балку 100Б1 с пролётом 20 м,

загруженную условной нагрузкой 10 кН/м. Для оптимизируемых мостовых балок пролёт и нагрузка будут неизменными.

В первом случае проведём оптимизацию таким образом, чтобы сохранить массу балки, равную эталонной, изменяя её высоту по длине с целью минимизации максимального прогиба. При этом оптимизируемым параметром будет высота балки. Граничными условиями станут максимальные напряжения и сохранение общей массы балки. Целевой функцией оптимизации станет минимизация прогиба.

Во втором эксперименте мы поменяем одно из граничных условий и целевую функцию местами. Оптимизация будет проводиться с сохранением величины максимального прогиба и минимизацией массы балки. Оптимизируемыми параметрами будет высота балки. Граничными условиями станут максимальные напряжения и сохранение максимального прогиба балки. Целевой функцией оптимизации станет минимизация массы балки.

Первые два случая оптимизации будут сравниваться с эталонной балкой, принятой в начале. Ожидается существенное уменьшение прогиба до 10–20 % в первом случае оптимизации и существенное уменьшение массы балки до 15–30 % во втором случае.

В третьем эксперименте мы, не привязываясь к эталонной балке, будем проводить оптимизацию с целью минимизации массы балки при сохранении максимального прогиба для данной длины пролёта в соответствии с действующими нормативными документами. Оптимизируемыми параметрами останутся высоты сечений балки. Граничными условиями станут максимальные напряжения и предельный прогиб. Целевой функцией оптимизации станет минимизация массы балки.

Оптимизация будет проводиться с использованием генетического алгоритма, а также алгоритма отжига. Расчёт конструкции балки будет проводиться с использованием конечно-элементных моделей. Будут использоваться программные пакеты SOFiSTiK, Grasshopper, Rhinoceros и Karamba.

В результате трёх экспериментов мы сможем численно установить эффективность полученных результатов, а также смоделировать балку, которая будет иметь максимально допустимый прогиб для принятых условий с минимальной массой.

Результаты исследования позволят минимизировать материалозатраты на производство мостовой балки с сохранением её необходимых механических свойств.

## Список литературы

1. Черняев А.А. Расчет и оптимизация плоских элементов конструкций геометрическими методами строительной механики // Проблемы оптимального проектирования сооружений: материалы 3-й Всерос. конф. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. архит.-строит. ун-т, 2014. – С. 432–436.
2. Серпик И.Н., Алексейцев А.В. Оптимизация металлических конструкций путем эволюционного моделирования. – М.: АСВ, 2012. – 239 с.
3. Grasshopper, algorithmic modeling for rhino // Официальный сайт плагина Grasshopper. – URL: <http://www.grasshopper3d.com/>
4. Karamba. parametric engineering // Официальный сайт плагина Karamba. – URL: <http://www.karamba3d.com/>
5. SOFiSTiK // Официальный сайт расчётного комплекса. – URL: <http://www.sofistik.com/en/>
6. Пастушков Г.П., Пастушков В.Г. О переходе на европейские нормы проектирования мостовых конструкций в Республике Беларусь // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2011. – № 2. – С. 113–121.
7. Пастушков Г.П., Пастушков В.Г. Основные требования к проектированию мостовых конструкций в соответствии с европейскими нормами // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2013. – Т. 3. – С. 368–375.
8. Петров М.П. Переход на BIM-технологии в проектировании на примере Autodesk Revit // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2015. – Т. 1. – С. 447–449.

## Об авторах

**Ходяков Вячеслав Андреевич** (Минск, Республика Беларусь) – магистрант, преподаватель-стажер, Белорусский национальный технический университет (220114, г. Минск, пр. Независимости, 150, учеб. корп. 15, каб. 1105; e-mail: [x@monogroup.by](mailto:x@monogroup.by)).