

**ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ
БОЛЬШЕПРОЛЁТНЫХ БАЛОК ПЕРЕМЕННОЙ
ЖЁСТКОСТИ С ЭФФЕКТИВНЫМ РАЗМЕЩЕНИЕМ
АРМАТУРЫ**

**NUMERICAL METHOD RESEARCH OF BEAMS OF
LARGE SECTIONS OF VARIABLE RIGIDITY WITH
THE EFFECTIVE PLACEMENT OF
REINFORCEMENT**

д.т.н., проф. Рощина С.И., к.т.н., аспирант Киселёв И.В., старший преподаватель Власов А.В. (Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых)

Dr. Professor Roshchina S.I., PhD, doctoral student Kiselev I.V., university lecturer Vlasov A.V. (Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs)

Аннотация

Для исследования напряжённо-деформированного состояния балок переменной жёсткости с эффективным размещением арматуры использован численный эксперимент с помощью программного комплекса Лира 9.6. При исследовании был задан закон нелинейного деформирования, учитывающий действительную работу основного материала конструкции – древесины.

Ключевые слова

Большепролётная балка, эффективное армирование, численное исследование, физическая нелинейность.

Abstract

To study the stress-strain State of beams of variable rigidity with the effective placement of reinforcement used numerical experiment by using program complex Lira 9.6. In the study of nonlinear deformation law was reised, taking info account the actual work of the basic material of construction – wood.

Keywords

Beam large spans, efficient reinforcement, numerical study, physical nonlinearity

В настоящее время для выявления напряжённо-деформированного состояния натуральных конструкций существует множество различных математических моделей и экспериментальных исследований. Однако проведение экспериментальных исследований на натуральных моделях требует значительных затрат. Поэтому для анализа и выбора оптимальной математической модели применяют численный эксперимент, основанный на использовании прикладных программных комплексов.

Для численных исследований была создана компьютерная модель балки в программном комплексе Лира 9.6 с учётом физической нелинейности.

Жёсткостные характеристики элементов балки представляют собой составную по ширине сечения, состоящую из двух одинаковых, прямоугольного поперечного сечения частей, каждая шириной $b=140$ мм, длиной 24 м. Высота балки в середине пролёта $h=1617$ мм, на опоре $h_{\text{оп}}=825$ мм. В качестве армирующего элемента были приняты арматурные стержни класса А500С диаметром 40 мм.

Общий вид одной из составных частей балки переменной жёсткости с эффективным размещением арматуры по длине представлен на рис. 1.

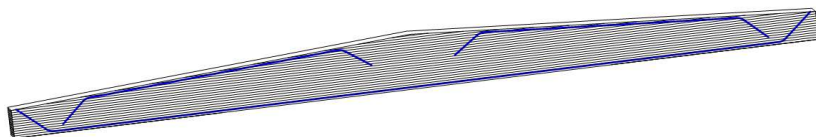


Рисунок 1. Общий вид одной из составных частей балки

Поскольку в физически нелинейных задачах отсутствует прямая пропорциональность между напряжениями и деформациями. Материал конструкции подчиняется нелинейному закону деформирования. В нашем случае закон деформирования несимметричный – с различными пределами сопротивления растяжению и сжатию, поскольку древесина является анизотропным материалом. Следовательно, при исследовании необходимо задать закон нелинейной зависимости между напряжениями и деформациями, то есть при выполнении расчёта следует учитывать действительную работу древесины (физическую нелинейность). Связь между арматурой и древесиной непрерывна по длине конструкции и обеспечивает их совместную работу.

Расчётная схема балки – балка на двух опорах, нагруженная равномерно распределённой нагрузкой.

С помощью элементарных геометрических объектов задаём расчётную конечно-элементную модель, которая представляет собой плоский элемент усиленный стержневыми элементами.

Разбиваем конструкцию на конечные элементы, а также задаём тип конечного элемента:

- пластины – 230 КЭ – физически нелинейный четырехугольный конечный элемент плоской задачи (балка-стенка);
- 222 КЭ – физически нелинейный треугольный конечный элемент плоской задачи (балка-стенка);

- стержень – 10 КЭ – универсальный пространственный стержневой конечный элемент.

Рассчитываемую конструкцию закрепляем в пространстве, указывая закрепляемые опорные узлы и способы их защемления.

Для расчёта геометрической схемы задаём жёсткостные характеристики элементов пластин и стержневых элементов.

Моделирование физической нелинейности производится с помощью конечных элементов, оперирующих библиотекой законов деформирования материалов. По результатам физико-механических характеристик основного материала конструкции – древесины, был задан закон нелинейного деформирования, а именно 14 – кусочно-линейный закон деформирования.

Для исследования напряжённо-деформированного состояния балки прикладываем в узлы верхнего пояса сосредоточенные силы, которые с достаточной точностью имитируют действительную равномерно-распределённую нагрузку. Пошагово загружаем балку до условного предела прочности древесины или предела текучести арматуры в зависимости от того, какие напряжения из них достигнут раньше.

Проведя численное исследование напряжённо-деформированного состояния конструкции с учётом действительной работы древесины, было установлено что, разрушение конструкции будет происходить по сечению 5-5, в результате достижения арматуры растянутой зоны предела текучести (рис. 3).

По характеру распределения нормальных напряжений по длине конструкции можно судить, что армирование сжатой зоны двускатной деревянной балки позволяет избежать возникновения пластических шарниров в наиболее опасном сечении 3-3 от воздействия максимальных нормальных напряжений обычных балок, без армирования, в результате чего, нормальные напряжения сжатых

волокон древесины смещаются в более высокую часть балки. В этом случае за счёт образования пластических шарниров в сжатых волокнах древесины нейтральная ось сдвигается в сторону растянутой зоны сечения, при этом фактическое краевое напряжение сжатия и растяжения меньше чем арматуре, в результате чего напряжения в арматуре растянутой зоны достигают предела текучести прежде, чем будет исчерпана прочность древесины. Нагрузка, при которой арматура достигнет предела текучести, составляет $q=7,7$ т/м. Результаты численных исследований в виде эпюр и изополей напряжений, при данном нагружении, представлены на рис. 2–4.

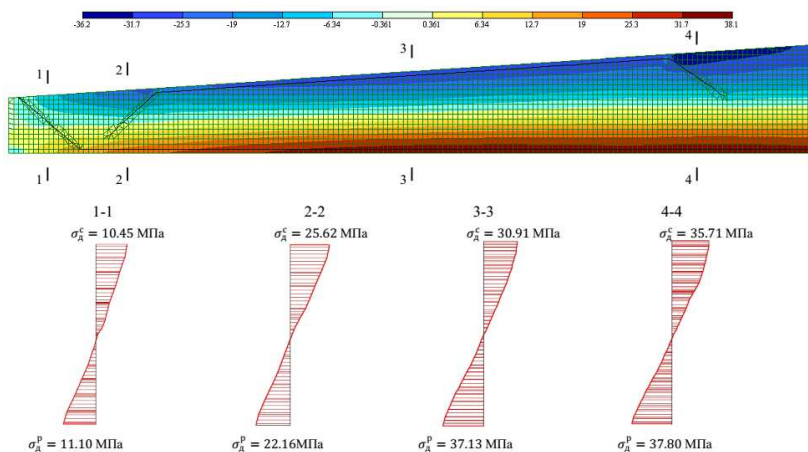


Рисунок 2. Характер распределения нормальных напряжений в древесине

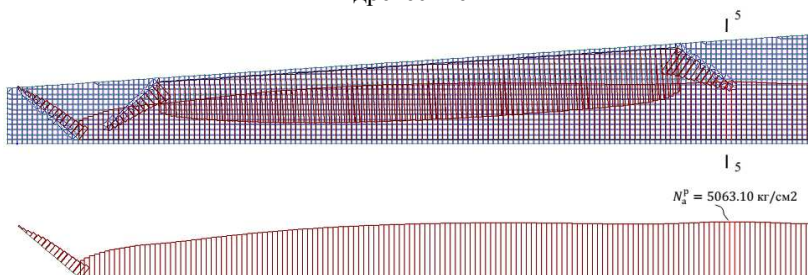


Рисунок 3. Характер распределения нормальных напряжений в арматуре

Характер распределения касательных напряжений по длине конструкции, особенно в приопорной зоне показывает, что данный способ армирования обеспечивает достаточную прочность на действие сдвигающих усилий (рис. 4).

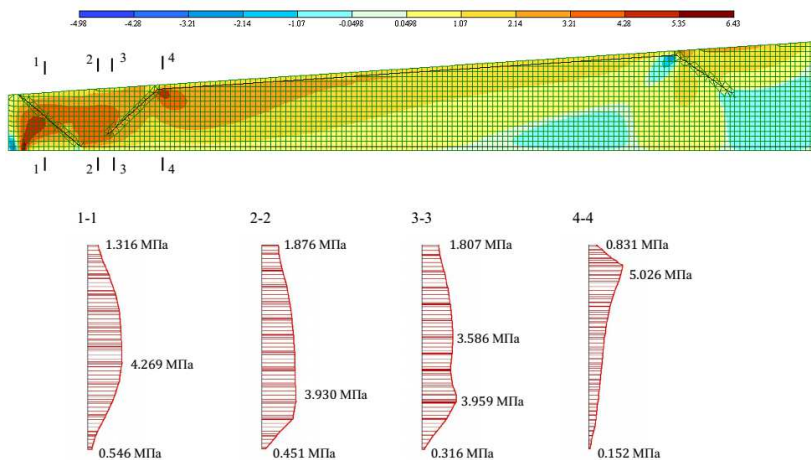


Рисунок 4. Характер распределения касательных напряжений в древесине

По результатам исследования был построен график зависимости между нагрузкой и деформацией (рис. 5).

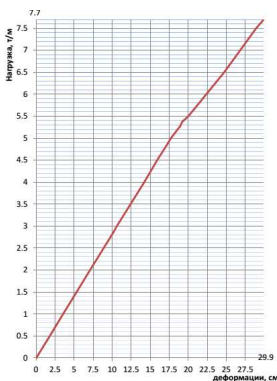


Рисунок 5. График зависимости нагрузка-деформации

Полученные результаты численного исследования достаточно достоверно отражают работу конструкции в целом, поскольку учитывают действительную работу древесины вплоть до установления возможного места разрушения конструкции.

Кроме того данный метод расчёта позволяет выявить резервы несущей способности балки, на основе перераспределения внутренних усилий, поэтому данная методика может быть рекомендована для расчёта деревянных балок.

Список литературы:

1. Карлсен Г.Г., Слицкоухов Ю.В. Конструкции из дерева и пластмасс. М.:Стройиздат, 1986. – 543 с.
2. Рощина С.И. Прочность и деформативность клееных армированных деревянных конструкций при длительном действии нагрузки. Текст докторской диссертации, 2009.
3. Смирнов Е.А. Прочность и деформативность клееных деревянных балок с групповым армированием на части длины. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Владимир, 1986.
4. Щуко В.Ю., Рощина С.И. Армированные деревянные конструкции в строительстве // Учебное пособие. – Владимир, ВлГУ, 2002. - 68с.