

УЧЁТ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ РАСЧЁТЕ КОНСТРУКЦИЙ ПО ДЕФОРМАЦИЯМ.

THE ACCOUNTING OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF WOOD AT CALCULATION OF DESIGNS FOR DEFORMATIONS.

Д.т.н. профессор Д.К.АРЛЕНИНОВ

Московский государственный строительный университет

АННОТАЦИЯ: Предлагается учитывать реологические свойства древесины при расчёте прогиба балок в линейной постановке, используя предложенный автором переменный модуль упругости древесины. Приводятся сравнительные результаты расчётных прогибов балок с экспериментальными данными, полученными в результате длительных испытаний.

В настоящее время реальное напряжённо-деформированное состояние в процессе длительной эксплуатации не поддаётся прогнозированию, несмотря на огромные возможности вычислительных комплексов. Это объясняется тем, что в расчётах при проектировании деревянных конструкций не учитываются реологические свойства древесины. Использование длительного модуля упругости древесины в линейных расчётах не отражает реальной картины деформирования конструкций под постоянной нагрузкой во времени и лишь даёт завышенное значение прогибов. (см. табл.2) Это объясняется тем, что остаточные деформации в отличие от упругих, накапливаются нелинейно в зависимости от уровня напряжений. При малых напряжениях они могут быть меньше упругих по величине, затем это отношение выравнивается, а при напряжениях соответствующих расчётному сопротивлению остаточные деформации превышают упругие в два и более раза. Поскольку по длине изгибаемого элемента напряжения меняются от нуля до максимума в середине пролёта, то вследствие этого остаточные деформации накапливаются в основном в средней зоне пролёта. Поэтому применение единого значения длительного модуля упругости для всей длины стержня не отражает процесса накопления остаточных деформаций.

Решить эту задачу в нелинейной постановке невозможно в силу отсутствия реальной зависимости «напряжения-полные относительные деформации». Построить эту ,статистически выверенную ,нелинейную зависимость, соответствующую современным возможностям вычислительной техники, даже только для древесины влажностью 8-12 %, и стабильном температурно-влажностном режиме, в наше время практически невозможно, т.к. эта работа сопоставима по времени и трудоёмкости с нормированием расчётных сопротивлений, которые велись многими организациями и специалистами в течении многих лет в условиях государственного финансирования. На мой взгляд, в те времена эта работа могла бы быть выполнена, но потребности в ней не было в связи с отсутствием автоматизированных вычислительных систем. При этом приоритетом в исследованиях была длительная прочность древесины и исследования, в основном, проводились на образцах с напряжением от 10 Мпа. и выше. Поэтому в нормах учёт реологических свойств древесины нашёл отражение только в виде коэффициента условий работы равный 0,8 к кратковременному модулю упругости при расчёте по деформациям. Условность этого коэффициента подтверждена тем, что в этих же нормах для деревянных плит введён коэффициент 0,7 (по исследованиям И.М.Линькова). Учёт ползучести древесины, с точностью достаточной для проектирования, можно оценить и линейными расчётами, путём использования переменного модуля упругости, значения которого зависят от уровня напряжений и находятся в диапазоне между кратковременным и длительным модулем. Эти величины 10000 МПа и 300 R экспериментально и теоретически обоснованы и зафиксированы в нормах. Безаварийная эксплуатация деревянных конструкций, в т.ч. уникальных и большепролётных, подтверждает объективность этих величин.

В статье (1) предлагаются переменные значения модуля упругости (деформаций), полученные с использованием линейно-степенной зависимости между напряжениями и относительными деформациями для упругопластических материалов и экспериментальными данными по оценке ползучести древесины при напряжениях от 10 Мпа до 15 Мпа. Величины этих модулей в зависимости от уровня напряжений приведены в таблице 1

Таблица 1. Значение переменного модуля упругости.

Напр. Мпа. до	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0
Е Мпа.	10000	9200	8300	7400	6500	5600	5000	4400	3900

Примечание. В интервалах Е определяется по линейной интерполяции.

Используя современное программное обеспечение для расчёта конструкций и данные таблицы можно прогнозировать прогибы во времени деревянных конструкций. В частности для балок, предлагается дробление оси стержня жёсткими узлами на отдельные интервалы (базы). Для балок, нагруженных сосредоточенными силами, узлы вводятся в местах приложения сил. При равномерно-распределённой нагрузке точность расчётов увеличивается с увеличением количества узлов. Расчёт производится в два этапа. На первом этапе определяются напряжения в узлах и далее среднее напряжение в каждом интервале. В зависимости от напряжений, для каждого интервала подбирается соответствующее значение модуля упругости. На втором этапе проводится расчёт на прогиб с переменными значениями модуля упругости по длине балки.

Для оценки предложенной методики произведём сравнение расчётных значений прогибов во времени с фактическими результатами испытаний балок, проведёнными в Московском ГСУ и Владимирском ГУ.(2,3) Испытания в МГСУ проводились на одной балке сечением 10 x 20.3 пролётом 2.9м. с нагружением двумя силами в третях пролёта. Испытания в ВлГУ проводились на трёх балках пролётом 3м сечением 9 x 15см. с нагружением двумя силами в третях пролёта и на двух балках пролётом 6м. сечением 12 x 33см. с нагружением равномерно-распределённой нагрузкой. Следует отметить, что это были испытания контрольных клеёных деревянных балок, которые проводились в рамках исследований, не связанных с ползучестью древесины. Сравнительные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2. Данные по прогибам балок.

Расчетный пролет м.	Время выдержки мес.	Макс. напряж. Мпа	Фактический прогиб в мм				
			Упр.	Длит	E=10000	E=39000	Eперем.
2.9	8	13.0 Мпа	11.3	17.5	11.2	28.0	19.2
3.0	6	10.4 Мпа	12.0	14.5	13.6	34.0	18.2
6.0	12	7.5 Мпа	22.0	29.5	17.0	42.5	31.5

Экспериментальные данные прогибов балок во времени значительно ниже расчётных значений, в которых использовался нормативный длительный модуль упругости. Применение в расчёте величин переменного модуля упругости показывает высокую сходимость с результатами испытаний балок длительной нагрузкой.

Список литературы.

1. Д.К.Арленинов, П.Д.Арленинов. Переменный модуль упругости древесины. Вестник МГСУ №1 2011г.

2. Н.В.Линьков. Кандидатская диссертация «Несущая способность и деформативность соединений деревянных конструкций композиционным материалом на основе матрицы и стеклоткани» МГСУ 2010.

3. С.И.Рощина. Докторская диссертация «Прочность и деформативность клеёных армированных конструкций при длительном действии нагрузки». ВлГУ. 2009г.