

Делова М.И., канд. техн. наук, доц.  
Курский государственный университет

## К РАСЧЕТУ ИЗГИБАЕМЫХ КЛЕЁНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПЕРВОЙ ГРУППЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ

pgs@kursksu.ru

В данной статье приведены расчетные параметры клеёных деревянных элементов при изгибе в зависимости от сорта применяемых материалов при статической нагрузке. Дан анализ изменения напряженно-деформированного состояния клеёных деревянных элементов, работающих в условиях изгиба при наличии природных дефектов.

**Ключевые слова:** деревянные клееные конструкции, изгиб, прочность, напряжения, деформации, несущая способность, статическая нагрузка.

Прочностные и деформационные характеристики материалов определяют несущую способность строительных конструкций. Поведение КДК под нагрузкой сложный и неоднозначный процесс. Деревянные конструкции способны изменять свое напряженно-деформированное состояние во времени. Исследования напряженно-деформированного состояния конструкции является основным вопросом в изучении поведения конструкции под нагрузкой и позволяют совершенствовать методы расчета клеёных деревянных элементов с учетом изменения параметров, характеризующих процесс деформирования конструкции и распределение напряжений при эксплуатации.

В результате проведенных экспериментальных исследований характера распределения деформаций по высоте сечения клеёных деревянных балок в зоне действия максимального изгибающего момента для образцов двух серий  $l_p/h = 16$ ,  $l_p/h = 7,5$  (где  $h$  – высота сечения элемента, м;  $l_p$  – расчетный пролет элемента, м) установлено, что при напряжениях, не превышающих временных сопротивлений древесины каждый слой клеёной древесины по высоте сечения деформировался линейно. Несмотря на это распределение деформаций в клееном пакете носит нелинейный характер за счет разных механических свойств древесины в каждом слое [1, 2].

Как показывают теоретические исследования [3], для материалов с малой сдвиговой жесткостью, к которым относится и древесина, на характер распределения нормальных напряжений влияют два параметра: *геометрический* – соотношение  $h/l_p$ ; *физико-механический* – соотношение  $E/G$  (где  $E$  – модуль упругости материала при изгибе, МПа;  $G$  – модуль сдвига, МПа).

Максимальные нормальные напряжения с учетом неравномерности их распределения по высоте сечения можно определить по формуле [1]:

$$\sigma^{\pm} = \sigma \cdot (1 \pm m) \quad (1)$$

где  $m = \beta^2/5$  – коэффициент неравномерности распределения нормальных напряжений по высоте элемента;  $\beta = (\pi h/2l_p) \cdot \sqrt{E/G}$  – параметр анизотропии;  $\sigma^{\pm}$  – напряжение в крайнем растя-

нутом (+) и крайнем сжатом (–) волокне балки, МПа;  $\sigma$  – напряжение, вычисляемое по формуле сопротивления материалов длягибаемых элементов, МПа.

Древесина является анизотропным материалом, для которого отношение модуля упругости к модулю сдвига составляет переменную величину [1]. Эти особенности не нашли отражения в существующих нормах проектирования деревянных конструкций в расчетах по первой и второй группам предельных состояний [5]. Так, при определении прогиба согласно [5] отношение  $E/G$  принимается равным 20.

Согласно проведенных исследований [4] установлено, что при изменении сортности древесины, отношение модуля упругости к модулю сдвига изменяется. При увеличении относительных размеров пороков строения древесины  $E$  при статическом изгибе снижается за счёт ослабления рабочей части сечения клеёного элемента. Величина модуля сдвига  $G$  клеёной древесины при изгибе зависит от вида и размеров пороков, а так же от их расположения относительно плоскости скалывания. Сучки, пересекающие плоскость скалывания, действуют как нагели, повышая модуль сдвига. В то же время наличие в плоскости скалывания трещин, наклона волокон – снижает  $G$ . Это подтвердили кратковременные статические испытания клеёных деревянных балок на изгиб с отношением  $l_p/h=15$  выполненных из древесины I, II и III сортов [4].

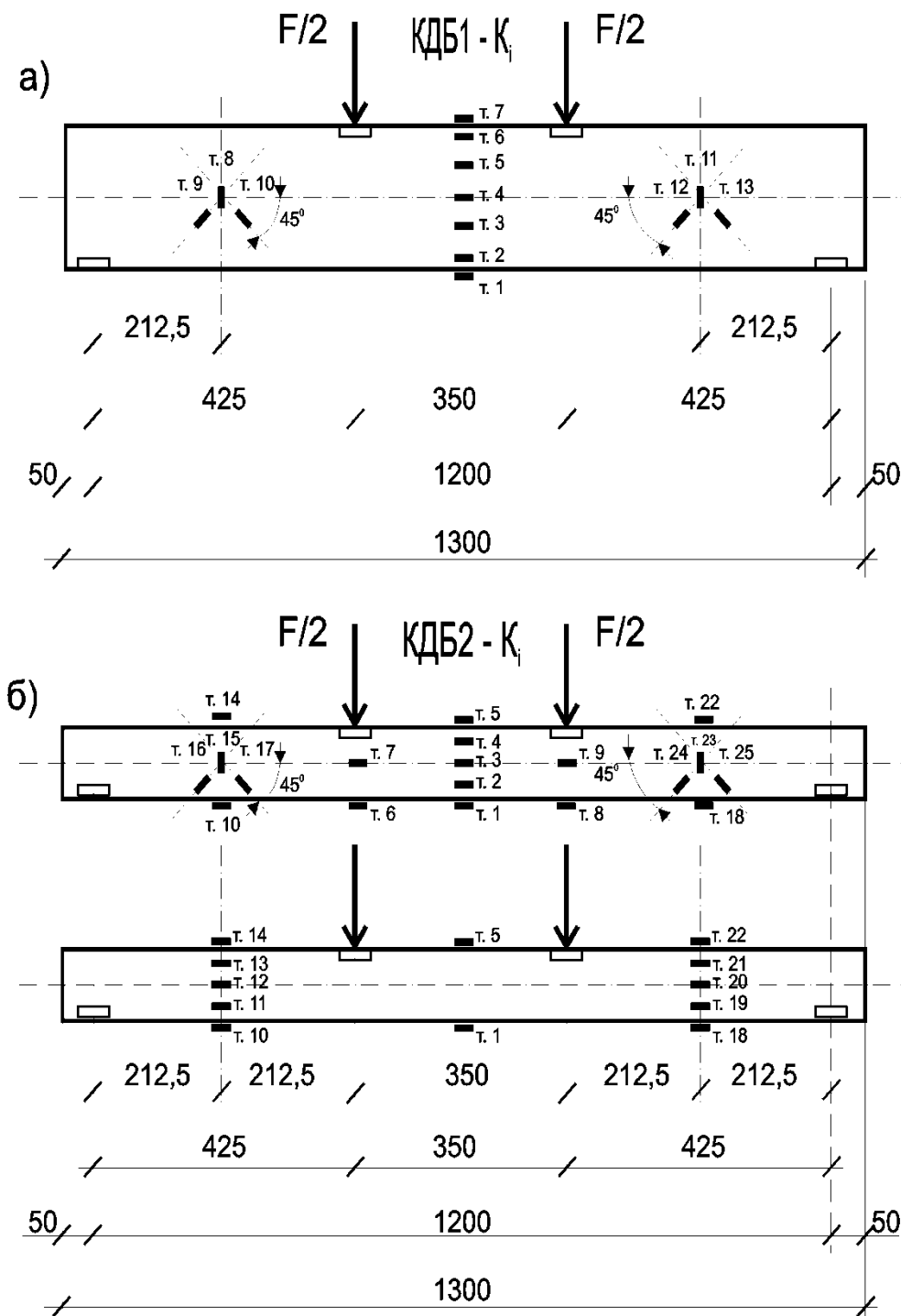


Рис. 1. Образцы клеенодеревянных балок  
 а – балки серии КДБ1-К1; б – балки серии КДБ2-К1

Таблица 1

**Кратковременные испытания изгибаемых элементов из клеёной древесины разных сортов**

№	Сорт элементов из клееной древесины	Статистическая обработка			
		Среднее арифметическое значение временного сопротивления $R_u$ , МПа	Средне квадратичное отклонение, МПа	Коэффициент вариации, %	Показатель точности, %
1	I сорт	57,322	4,311	7,521	3,070
2	II сорт	47,400	4,895	10,326	3,903
3	III сорт	36,760	3,544	9,641	3,213

Средние значения модуля упругости  $E$  и модуля сдвига  $G$  для изгибаемых элементов из кле-

ёной древесины I, II и III сортов приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Средние значения модуля упругости и модуля сдвига опытных элементов при статическом изгибе кратковременной нагрузкой**

№	Показатели	Сорт пиломатериалов		
		I	II	III
1	Модуль упругости $E$ , МПа	12986	10364	9637
2	Модуль сдвига $G$ , МПа	541	535	563
3	$E/G$	24	19,37	17,12
4	$\beta$	0,513	0,461	0,433
5	$m$	0,053	0,043	0,037

Проведенный анализ исследований [1,4] позволил установить зависимости изменения модуля упругости и модуля сдвига от качества пиломате-

риалов и прочности изгибаемых клеёных деревянных элементов в относительных координатах (рисунков 2, 3).

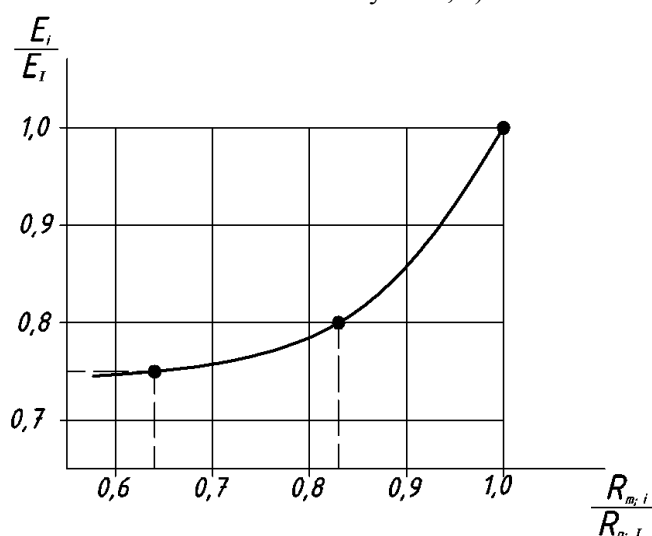


Рис. 2. Зависимость отношения  $E_i/E_1$  от прочности клеёных деревянных элементов:

$E_i$  – модуль упругости для I, II и III сортов древесины;  $E_1$  – модуль упругости для I сорта древесины;  $R_{m,i}$  – прочность клеёных деревянных элементов из пиломатериалов I, II и III сортов древесины при изгибе;  $R_{n,i}$  – прочность клеёных деревянных элементов из пиломатериалов I сорта древесины при изгибе

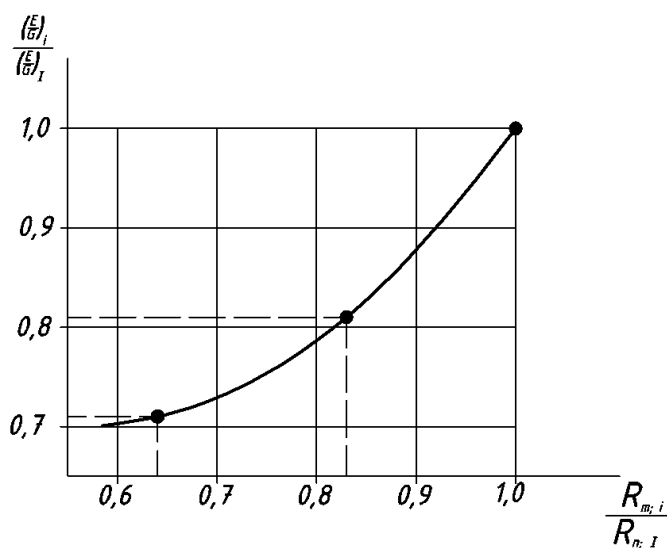


Рис. 3. Зависимость отношения  $(E/G)_i/(E/G)_1$  от прочности клеёных деревянных элементов:  $(E/G)_i$  – отношение модуля упругости от модуля сдвига для I, II и III сортов древесины;  $(E/G)_1$  – отношение модуля упругости от модуля сдвига для I сорта древесины;  $R_{m,i}$  – прочность клеёных деревянных элементов из пиломатериалов I, II и III сортов древесины при изгибе;  $R_{n,i}$  – прочность клеёных деревянных элементов из пиломатериалов I сорта древесины при изгибе

Применение пиломатериалов II, III сорта в клеёном пакете изгибаемых конструкций снижает показатель коэффициента неравномерности распределения нормальных напряжений по высоте элемента  $m$  на 18,87 % и 30,19 %, соответственно.

#### **Выводы:**

Экспериментальные исследования показали при расчете клеёных деревянных конструкций работающих на изгиб по первой группе предельных состояний необходимо учитывать изменение коэффициента неравномерности распределения напряжений по высоте сечения клеёного пакета  $m$  в зависимости от сорта применяемых пиломатериалов.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Делова М.И. Деформирование изгибаемых клеёных деревянных элементов при стати-

ческом нагружении: Автореф. дис. ... канд. техн. наук (05.23.01). Белгород.: БелГТАСМ, 2001. 19 с.

2. Делова М.И. Оценка напряжений и предельные условия прочности клеёных деревянных конструкций // Строительство и реконструкция. Известия ОрелГТУ. 2009. № 4/24. С. 11–14.

3. Родионова В.А., Титаев Б.Ф., Черных К.Ф. Прикладная теория анизотропных пластин и оболочек. С.-Петербург. ун-т. СПб., 1996. 280 с.

4. Поветкин С.В. Выносливость клеёных деревянных элементов при изгибе: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. Воронеж: ВИСИ, 1988. 21 с.

5. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. М.: Росстандарт, 2011. 92 с.

---

**Delova M.I.**

#### **CALCULATION OF BENDING LAMINATED WOOD CONSTRUCTIONS ON THE FIRST GROUP OF LIMITING STATES**

*Settlement parameters glued wooden elements are resulted at a bend depending on a grade of applied materials at static loading. The analysis of change of the is intense-deformed condition glued the wooden elements working in the conditions of a bend in the presence of natural defects is given.*

**Key words:** *wooden glued constructions, bend, strength, stresses, deformation, load bearing capacity, static load.*

---

**Делова Маргарита Ивановна**, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства.

Курский государственный университет

Адрес: Россия, 305000, Курск, ул. Радищева, д. 33

E-mail: pgs@kursksu.ru