

и вероятностные характеристики $mV_{и,р}$ и $DV_{и,р}$, которые используются при прогнозировании технического ресурса шарниров.

Математическое ожидание наработки шарнира определяют по выражению

$$mT = \frac{I_{пр} - mI_0}{mV_{и,р}}, \quad (8)$$

где mI_0 — сумма начального зазора в сопряжении и приработочного износа.

По имеющимся данным легко определить параметры аппроксимирующей функции плотности распределения ресурса, величину гамма-процентного ресурса, вероятности безотказной работы шарниров от удельного давления и далее, задаваясь допустимым по условиям эксплуатации сроком службы шарнира, найти допускаемое удельное давление.

Приведенная методика позволяет учесть нелинейный характер связи между случайными величинами $\widehat{V}_{и}$ и \widehat{P} и прогнозировать вероятностные характеристики ресурса шарниров на стадии проектирования по результатам лабораторных испытаний с учетом условий реальной эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ерыгин Б. А. Исследование работоспособности узлов трения гидроманипуляторов лесосечных машин: Автореф. дис... канд. техн. наук.— Л.: ЛТА, 1982.— 19 с.
[2]. Кралин В. С. Статистическая оптимизация манипуляторов лесозаготовительных машин по критерию материалоемкости: Автореф. дис... канд. техн. наук.— Л.: ЛТА, 1982.— 19 с.

УДК 674.072

СКОРОСТЬ ДЕСТРУКЦИИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ВОЗГОРАНИИ

Р. И. РЫКОВ

Восточно-Сибирский технологический институт

При 270...290 °С древесина возгорается с изменением геометрических размеров сечения — наиболее существенных характеристик, определяющих предел огнестойкости конструкций. При 500...800 °С образуется слой угля, затем пламя может исчезнуть и начинается обезвоживание нижележащего слоя древесины [2]; при 800...1000 °С он воспламеняется и при дальнейшем нагреве превращается в пепел.

Время начала воспламенения зависит от влажности древесины. При 10...14 % воспламенение начинается через 2...4 мин, а при 18...26 % — через 5...6 мин [1]. В расчетах принимают $\tau_0 = 3...5$ мин [1]. Горение антипирированных деревянных конструкций из-за прогрева до температуры 600 °С, при которой загорается огнезащитная древесина, начинается через 8 мин. Воспламенение антипирированной фанеры наступает также позже непропитанной.

Глубина обугливания (деструкции) определяется непосредственно удалением сгоревшей части стальной щеткой, причем не установлена зависимость глубины обугливания от вида напряженного состояния конструкции.

Важно изучить процесс трещинообразования в зависимости от вида напряжения, особенно при растяжении, скалывании, растяжении в поперечном изгибе. Для несущей способности древесины неблагоприятно наличие трещин, которые при горении увеличиваются.

Глубину обугливания трещин можно определить по методике измерения глубины гнили по ГОСТ 18610—73 металлическим щупом, имеющим на конце сечение 0,5 × 4 мм. Щуп длиной 18 см имеет деления и позволяет измерять глубину деструктивировавшейся древесины с точностью до 0,5 мм.

Для определения предела огнестойкости деревянных конструкций важно найти скорость распространения пламени по поверхности древесного материала, по существу являющейся характеристикой разрушения сечения элемента вдоль его длины. С увеличением плотностей древесины распространение пламени уменьшается. М. Я. Ройтман считает экспериментально определяемую скорость распространения пламени пониженной в десятки раз по сравнению с реальной в условиях пожара (до 40 м/мин).

Следовательно, процесс разрушения древесины при пожаре можно представить как процесс, развивающийся в двух плоскостях: по поверхности и вглубь древесины. Это явление можно описать аналитически.

Скорость деструкции древесины при нагреве можно определить по времени достижения части элемента критических температур. При этом сопротивление древесины

определенной породы с учетом t (температура) и W (влажность) равно расчетному, по которому нагружается сечение. В случае недогрузки критическая температура наступает при равенстве сопротивления реальным напряжениям древесины от нагружения

$$R = R^{BP} m_t k_{дл},$$

где R — расчетное сопротивление;
 R^{BP} — временное сопротивление;
 m_t — коэффициент, учитывающий влияние температуры;
 $k_{дл}$ — коэффициент длительного сопротивления.

В левой части отражено изменение сопротивления древесины при нагреве с учетом длительного нагружения t , W при данном напряженном состоянии. Учитывая полученные данные, значения критических температур $t_{кр}$ (температур разрушения элементов) определяют из выражений для элементов различной влажности: при растяжении

$$R_p = R_p^{BP} (1 - 0,009 (W_i - 12) - 0,0383 (t_{кр} - 20)) k_{дл}. \quad (1)$$

Здесь R_p — расчетное сопротивление древесины на растяжение;

R_p^{BP} — временное сопротивление древесины на растяжение;

при сжатии

$$R_{сж} = R_{сж}^{BP} (1 - 0,03 (W_i - 12) - 0,0035 (t_{кр} - 20)) k_{дл}^c; \quad (2)$$

при поперечном изгибе

$$R_{из} = R_{из}^{BP} (1,587 - 0,474 (W_i - 12) - 0,205 \ln t_{кр}) k_{дл}^H; \quad (3)$$

при скальвании

$$R_{ск} = R_{ск}^{BP} (1 - 0,0153 (W_i - 12) - 0,0029 (t_{кр} - 20)) k_{дл}^{ск}. \quad (4)$$

при смятии:

а) поперек волокон по всей площади

$$R_{см} = R_{см}^{BP} (0,115/t_{кр} + 0,005) k_{дл}^{см}; \quad (5)$$

б) при местном поперек волокон

$$R_{см} = R_{см}^{BP} (1,71 - 0,25 \ln t_{кр}) k_{дл}^{см}; \quad (6)$$

в) под углом $40 \dots 50^\circ$

$$R_{см} = R_{см}^{BP} (1,25 - 0,0027 t_{кр} - 4,43/t_{кр}) k_{дл}^{см}. \quad (7)$$

Значения критических температур $t_{кр}$ определяем из формул (1)–(7) (табл. 1).

В формулах (2)–(7) обозначено:

$R_{сж}^{BP}$ — временное сопротивление на сжатие;

$R_{из}^{BP}$ — то же на изгиб;

$R_{ск}^{BP}$ — то же на скальвание;

$R_{см}^{BP}$ — то же на смятие;

W_i — влажность i -го слоя;

$k_{дл}^c$ — коэффициент длительного сопротивления на сжатие;

$k_{дл}^H$ — то же на изгиб;

$k_{дл}^{ск}$ — то же на скальвание;

$k_{дл}^{см}$ — то же на смятие.

По значениям критических температур можно вычислить скорость движения критической температуры в древесине. Для расчета воспользуемся данными по росту температуры в сечениях по площади.

В общем виде скорость термодеструкции a_i

$$a_i = \frac{\Delta b_i}{\tau_i(t_{кр}) - \tau_{i-1}(t_{кр})},$$

где Δb_i — толщина слоя;

τ_i, τ_{i-1} — время наступления $t_{кр}$ в i - и $i-1$ -м слоях.

Скорости термодеструкции определяют, например, для каждого из i слоев, в случае $\Delta b = 2$ см:

в 1-м слое

$$\alpha_1 = \frac{2}{(t_{кр} - 20)/7,3 + 20 - (t_{кр} - 20)/42,1}; \quad (8)$$

Таблица 1

Влаж- ность, %	Значения критических температур для характеристики элемента (СНиП-П-25-80, табл. 3, п. 1)											
	а			б			в			г		
	для сорта											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	233	235	233	220	222	202	208	208	181	—	195	202
6	181	183	181	169	170	150	156	157	129	—	143	150
11	139	141	138	126	127	107	114	114	94	—	101	107

Примечание. а, б, в, г — рубрикация по размерам сечения деревянных элементов по СНиП-П-25-80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования.

во 2-м слое

$$\alpha_2 = \frac{2}{(t_{кр} - 20)/4,4 + 13,5 - (t_{кр} - 20)/7,9 + 2}; \quad (9)$$

в 3-м слое

$$\alpha_3 = \frac{2}{(t_{кр} - 20)/3,5 + 29 - (t_{кр} - 20)/4,4 + 13,5}; \quad (10)$$

в 4-м слое

$$\alpha_4 = \frac{2}{(t_{кр} - 20)/3,2 + 58 - (t_{кр} - 20)/3,5 + 29}. \quad (11)$$

Таким образом, можно аналитически описать скорости деструкции нагретой древесины с учетом сортности древесины, вида деревянного элемента, расположения слоя по толщине (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика элемента	Влаж- ность, %	Скорость термодеструкции изгибаемых элементов ($\times 10^{-5}$, м/мин) при нагреве для сорта											
		1				2				3			
		для слоя											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
а	11	117	76	83	61	131	82	87	62	9	64	74	58
б	6	—	—	—	—	51	42	55	52	—	—	—	—
>	11	144	86	9	62	164	93	94	63	144	86	9	62
в	6	55	44	57	53	65	5	63	55	61	48	61	54
>	11	176	97	96	64	206	105	101	64	194	102	99	64
г	6	—	—	—	—	82	6	71	57	—	—	—	—
>	11	—	—	—	—	261	117	107	66	143	86	9	62

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Отставнов В. А., Романенков И. С. Обеспечение огнестойкости деревянных конструкций // Огнестойкость деревянных конструкций: Тр. сов.-финск. симпоз.— Тбилиси: Б. И., 1980.— С. 15—20. [2]. Таубкин С. И. Основы огнезащиты целлюлозных материалов.— М.: Минкомхоз РСФСР, 1960.— С. 246. [3]. Holm S. A survey of the goals and results of fire endurance investigations especially from the viewpoint of glued laminated structures // Огнестойкость деревянных конструкций: Тр. сов.-финск. симпоз.— Тбилиси: Б. И., 1980.— С. 17—45.