

туры и избыточного парциального давления паровоздушной смеси. Количественная характеристика различных полей потенциалов, влияющих на сушку пиломатериалов, позволит оценить и качественную сторону процесса, определяющую перенос тепла и массы в изучаемой системе, и наметить пути оптимального режима сушки при интенсификации данного технологического процесса.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Кириллин В. А., Сычев В. В., Шейндлин А. Е. Техническая термодинамика.— М.: Энергия, 1974.— 448 с. [2]. Лебедев П. Д. Высокотемпературная сушка материалов под действием внутреннего градиента давления пара: Тр. МЭИ, 1958.— Вып. 30. [3]. Лыков А. В., Максимов Г. А. Исследование процесса сушки в поле высокой частоты. Тепло- и массообмен в капиллярно-пористых телах.— М.; Л.: Госэнергоиздат, 1957. [4]. Шубин Г. С. Экспериментальное исследование тепло- и массообмена при высокотемпературной конвективной сушке плоских древесных материалов // Сб.: Тепло- и массоперенос.— Минск, 1961.— т. 4.

УДК 624.011.1

ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПОЖАРЕ

Р. И. РЫКОВ, Б. Ц. ЦЫРЕНЖАПОВ

Восточно-Сибирский технологический институт

Прочностные и деформативные характеристики древесины при пожаре зависят от ее влажности и температуры. Температурное поле сечения образца при испытаниях неоднородно. Более прогретые внешние части сечения обладают меньшей прочностью, и как только их температура достигает критических значений (когда несущая способность нагретой древесины равна напряжениям от нагрузки), они разрушаются. Тогда напряжение в оставшейся, менее нагретой, части возрастает.

В работе [8] приведены сведения об изменении влажности древесины при нагреве; эти данные использованы для оценки состояния деревянной конструкции. В реальной конструкции влажность сечения древесины на глубине 4 см и больше от внешней грани сечения изменяется незначительно. Наблюдается даже повышение влажности во внутренней части сечения из-за двусторонней миграции влаги при нагреве.

На рис. 1 показаны графики изменения влажности древесины, построенные по результатам исследований, приведенных в работах [5] и [7].

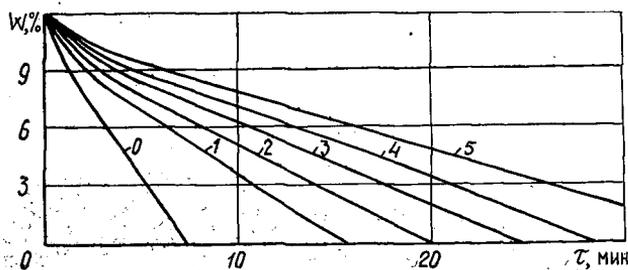


Рис. 1. Зависимость влажности W в сечениях деревянных конструкций от продолжительности пожара τ : 0—5 — номера слоев (от поверхности) толщиной $\Delta b = 0,5$ см (0 — внешняя грань сечения; 1—5 — соответственно на расстоянии 1—5 см от внешней грани)

Уравнение, полученное в результате аппроксимации экспериментальных данных для конструкции прямоугольного сечения с площадью bh и начальной влажностью $W_0 = 12\%$ в блоках $\Delta b = 0,5$ см, имеет вид:

$$W_i(\tau) = 12 - \frac{1,5}{i} \tau;$$

а среднее значение влажности сечения в зависимости от времени τ

$$W(\tau) = 12 - \frac{0,03}{b + 2a\tau} \tau,$$

где i — номер слоя;
 a — скорость обугливания.

Для определения температуры в момент разрушения необходимы сведения о нагреве по сечению конструкции во времени.

По результатам исследований [2—6] построены зависимости, приведенные на рис. 2.

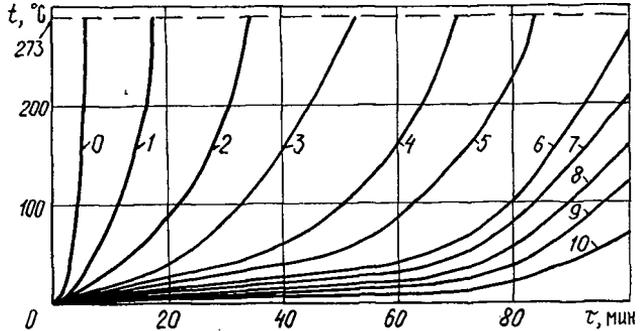


Рис. 2. Зависимость температуры t от продолжительности пожара τ : 0—10 — номера слоев (0 — внешняя грань сечения; 1—10 — соответственно на расстоянии 1—10 см от внешней грани)

В работе [1] исследовалось распределение температуры в сечении антипирированных и неантипирированных стоек (сечение $14,4 \times 15$; 19×14 ; $15 \times 15,9$ см) в течение 40 мин. Для антипирированной стойки измерения показали снижение температуры на 65 % на расстоянии 2 см от поверхности сечения, но в дальнейшем рост температуры превышал соответствующие характеристики в неантипирированной (на расстоянии 4 см — на 88 %). На глубине 5 см температура в антипирированной стойке на 67 % ниже; переугливание наблюдалось на поверхности при достижении температуры 275 °C.

Обнаружена эффективность покрытий на основе минеральной ваты, обладающих теплоизоляционными свойствами; при огневых испытаниях балок древесина не прогревается [2].

В работе [3] исследован прогрев древесины в сечении ($12 \times 40,5$ см) балки пролетом 3 м. Через 45 мин температура в балке на расстоянии 3,2 см от внешней грани конструкции составила 273 °C; глубина обугливания равнялась этой же величине. На глубине 5,3 см прогрев древесины был 100 °C. На поверхности обугливания (глубина 2,1 см) температура была выше 100 °C.

Аппроксимируем зависимость температур от времени воспламенения τ_{ik} (рис. 2) уравнением

$$t_i = 20 + \frac{253}{\tau_{ik}^2} \tau^2.$$

Построим график зависимости τ_{ik} от номера слоя и аппроксимируем эту зависимость в виде прямой

$$\tau_{ik} = b + ai.$$

Так как $\tau_{10k} = 267$ мин (τ_{10k} — время воспламенения 10-го слоя) выпадает из закономерности ряда других данных, то это время скорректируем $\tau_{10k} = 200$. Методом наименьших квадратов при функционале

$$F(ba) = \sum (b + ai - \tau_{ik})^2 \rightarrow \min$$

получим $a = 18,04$; $b = 1,25$.

Следовательно, время воспламенения

$$\tau_{ik} = 1,25 + 18,04i,$$

а изменение температуры

$$t_i = 20 + (253 / (1,25 + 18,04i)^2) \tau^2.$$

Определим среднюю температуру и влажность в прямоугольном сечении bh при нагреве по режиму «Стандартного пожара» как

$$t_{cp} = \int_a^b t(s)(h - 2\alpha\tau) ds / \int_a^b (h - 2\alpha\tau) ds,$$

где $s = (b - 2\alpha\tau)/2$ — расстояние от центра сечения до сгоревшего слоя по ширине сечения.

Тогда для прямоугольного сечения

$$t_{cp}(\tau) = 20 + 253 \{ \tau / [2 + 850(b + 2a\tau)] \}^2.$$

По предложенным формулам можно определить средние температуры и влажность в сечении деревянных конструкций при пожаре.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Иванова Е. К. Огнестойкость клееных деревянных стоек: Автореф. дис. . . канд. техн. наук.— М., 1952. [2]. Каллиониemi. Защита деревянных строений от пожаров // Огнестойкость деревянных конструкций: Сб. тр. сов. фин. симпоз.— Тбилиси, 1980.— С. 146—148. [3]. Кирпиченков Г. М., Ломакин А. Д. Оценка эффективности применения огнезащитных покрытий для клееных деревянных балок сплошного сечения. Исследования в области обеспечения долговечности деревянных конструкций.— М., 1971.— С. 121—127. [4]. Экспериментальные исследования огнестойкости деревянных клееных конструкций для промышленного строительства // Огнестойкость деревянных конструкций: Тр. сов. фин. симпоз.— Тбилиси, 1980. [5]. 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. фин. симпоз.— Тбилиси, 1980.— С. 17—45. [6]. Ie n s e n B. Chr., Karl s e n B. E. Branddimensionering of Bxrende trækkonstruktioner // Byggeindustriep.— N 1.— P. 27—30. [7]. Kallioniemi P. The strength of Wood structures during fires // Огнестойкость деревянных конструкций: Тр. сов. фин. симп.— Тбилиси, 1980.— С. 145—158. [8]. Numan C. The effect of temperature and moisture Content on the strength of Wood glullines // Огнестойкость деревянных конструкций: Тр. сов. фин. симпоз.— Тбилиси, 1980.— С. 139—144.

УДК 624.011.1

РАЗРУШЕНИЕ КОРОТКИХ КЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК

А. С. ПРОКОФЬЕВ

Воронежский инженерно-строительный институт

В нормативном документе [2] при проектировании клееных деревянных конструкций указано на необходимость проверки прочности по главным напряжениям. Проверку производили в нейтральном слое на расстоянии от оси опорной площадки, равном 0,9 высоты балки, по формуле:

$$\sigma_{pa} = 0,5 \left[\sigma_x + \sigma_y + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \right] \leq R_{pa}, \quad (1)$$

где σ_x, σ_y — нормальные напряжения вдоль и поперек волокон;

τ_{xy} — касательные напряжения;

R_{pa} — расчетное сопротивление растяжению под углом к волокнам.

Для клееной балки (сечение 30×160 мм, расчетный пролет 1 200 мм), нагруженной двумя сосредоточенными силами $p = 17,92$ кН на расстоянии по 300 мм от опор [5], в работе [6] получено: $\sigma_x = 0$; $\sigma_y = 0,211$ МПа; $\tau_{xy} = 5,60$ МПа; $\alpha_1 = 5,71$ МПа; $\alpha = 45,54^\circ$; $R_{pa} = 1,13$ МПа.

На основании сравнения действующих напряжений с расчетными сопротивлениями клееной древесины, в работе [6] сделан вывод о том, что раскрыта причина возникновения микротрещин в испытанной балке по геометрическому месту точек, где главные напряжения превышают сопротивление под углом к волокнам примерно в 5 раз, тогда как максимальные величины нормальных и касательных напряжений σ_x и τ_{xy} — в 3,2 и 3,5 раза.

По нашему мнению, такой подход к оценке несущей способности конструкции не аргументирован, так как случайные величины сопротивления клееной древесины сравнивают с расчетными сопротивлениями, имеющими статистический характер.

Нами в работе [3] предложена методика определения теоретической несущей способности конструкции, основанная на использовании фактических свойств древесины.

Напряжения, входящие в уравнение (1), были определены вариационным методом Ритца — Тимошенко для балки-стенки с учетом ортотропности свойств клееной древесины [1]:

$$\sigma_x = \sigma_x^0 + 4a_1(3y^2 - b^2)(x^2 - l^2)^2 + 4a_2(x^2 - l^2)^2(5y^2 - 3b^2)y; \quad (2)$$

$$\sigma_y = \sigma_y^0 + 4a_1(3x^2 - l^2)(y^2 - b^2)^2 + 4a_2(3x^2 - l^2)(y^2 - b^2)y; \quad (3)$$