



Determination of Thermophysical Properties and Fire Resistance of Wooden Structures

Amonov Daler Davronovich

Samarkand State Architectural and Construction Institute

Ganiev Jakhongir Nabievich

Head of the Department of Construction, associate professor Samarkand State Architectural and Construction Institute

Aslanov Murodjon

Senior lecturer Samarkand State Architectural and Construction Institute

Sarimsokov Sardor

Jizzakh Polytechnic Institute, Department of Construction of Buildings and Structures

Abstract: The safety of buildings and structures built of wooden structures primarily depends on its fire resistance. To this end, the article will see some connections, it is advisable to conduct a comprehensive study of the thermophysical properties of wood, taking into account the influence of temperature and humidity factors. Recommendations are given for their use in the calculations of drying, wood impregnation and fire resistance of wooden structures.

Keywords: Fire resistance; heat engineering; thermophysical characteristic; specific heat capacity; coefficient of thermal conductivity; wood moisture; density; according to the parabolic law; extractives; bitches; heat flow; across the fibers.

Date of Submission: 25-4 -2022

Date of Acceptance: 28-5-2022

При реализации методов расчета сушки, пропитки и огнестойкости деревянных конструкций, в частности, при решении теплотехнической задачи огнестойкости необходимо знание теплофизических характеристик древесины [1]. В отечественной и зарубежной литературе по древесине ведению и деревянным конструкциям имеются довольно разрозненные данные по теплофизическим характеристикам разных пород древесины [2-4.9]. В расчетах на огнестойкость деревянных конструкций используются различные значения этих показателей, что отрицательно сказывается на надежности получаемых расчетных данных [1.5].

В расчетах огнестойкости деревянных конструкций, в основном, используются удельная теплоемкость (C) и коэффициент теплопроводности (λ) древесины различной плотности при температурах, отвечающих условиям пожара, с учетом влажности древесины [1].

В статье рассматриваются литературные данные по значениям характеристик C и λ древесины сосны; также приводятся результаты экспериментального определения этих характеристик для древесины сосны и лиственницы.

В СНиП П-3-79 “Строительная теплотехника” для древесины сосны и ели в направлениях поперек и вдоль волокон в сухом состоянии (при плотности древесины 500 кг/м^3) приводится значение удельной теплоемкости, равное $2,30 \text{ кДж/(кг, } ^\circ \text{C)}$. С увеличением влажности древесины, повышения ее температуры происходит возрастание C по параболическому закону [2]. Для описания зависимости $C \text{ кДж/(кг, } ^\circ \text{C)}$ от температуры ($T, ^\circ \text{C}$) сухой древесины предложено несколько уравнений:

$$[4] C = 1,33 + 0,0046 T;$$

$$[2] C = 1,57 + 0,00277 T;$$

$$[9] C = 1,11 + 0,0049 T \text{ (при } T = 0 + 112 ^\circ \text{C)};$$

$$[9] C = 1,11 + 0,0042 T \text{ (при } T = 60 - 140 ^\circ \text{C)}.$$

Отмечается [2], что в пределах изменения температуры от 0 до $100 ^\circ \text{C}$ величина C сухой древесины в среднем составляет $1,68 \text{ кДж/(кг, } ^\circ \text{C)}$. Для определения C древесины $\text{кДж/(кг, } ^\circ \text{C)}$ с учетом ее влажности (ϕ) и температуры ($T, ^\circ \text{C}$) предложено уравнение [9]

$$C = 1,08 + 0,0041\phi + 0,0025T + 0,00006\phi T.$$

В работе [2] содержится номограмма для определения C древесины при разной влажности и температуре. Используя эту номограмму, получаем, например, что при влажности 12% и температуре $20 ^\circ \text{C}$ C древесины равняется $2,0 \text{ кДж/(кг, } ^\circ \text{C)}$.

Теплопроводность древесины зависит от ее плотности, влажности и температуры, направления волокон, содержания экстрактивных веществ, наличия в древесине структурных неоднородностей (трещин, сучков и др.).

В СНиП П-3-79 для древесины сосны и ели в направлениях поперек и вдоль волокон, в сухом состоянии (при плотности 500 кг/м^3) приводятся следующие величины коэффициентов теплопроводности $0,09$ и $0,18 \text{ Вт/(м, } ^\circ \text{C)}$, соответственно [7]. Для определения λ предложено уравнение [2]: $\lambda = \lambda_n K_p K_n$, где λ_n – номинальное значение λ при заданной температуре и влажности;

K_p – коэффициент, учитывающий условную плотность древесины ;

K_n – коэффициент, учитывающий направление теплового потока. Значения этих коэффициентов приведены в работе [2].

В [2-4,7] отмечается, что теплопроводность древесины в радиальном направлении несколько больше, чем тангенциальном по отношению к годичным слоям, и в продольном направлении теплопроводность существенно больше, чем поперек волокон. По данным [2] теплопроводность древесины вдоль волокон в $1,63 - 2,96$ раза больше, чем поперек волокон, в радиальном направлении она в среднем больше на 15% , чем в тангенциальном. В [9] содержатся сравнительные количественные данные об изменении λ в зависимости от направления волокон: в тангенциальном направлении этот коэффициент составляет $0,90 - 0,95$ от его величины в радиальном направлении; в продольном направлении он в $1,75 - 2,25$ раза больше, чем в поперечном. Литературные данные по величине коэффициента теплопроводности λ сухой древесины (сосны) при температуре $20 ^\circ \text{C}$ приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения коэффициента теплопроводности древесины (сосны), $\text{Вт/(м, } ^\circ \text{C)}$,	Литературная
---	--------------

Вдоль волокон	в направлении		ссылка
	В радиальном	В тангенциальном	
-	0,15	-	[1]
0,31	0,16	0,14	[2]
-	-	0,12	[4]
0,38	-	0,12	[9]
0,25	-	0,09	[6]
0,18	-	0,09	[7]
0,34	-	0,15	[8]

В работе [9] указывается, что изменение теплопроводности древесины при температурах от 0 до 100 °С примерно пропорционально температуре.

С увеличением влажности (ϕ , %) коэффициент теплопроводности древесины Вт/(м, °С) возрастает и может быть рассчитан по уравнениям [9]:

$$\lambda = (2+0,0406\phi) \gamma \cdot 10^{-4} + 0,0238 \quad (\text{при } \phi < 40\%);$$

$$\lambda = (2+0,0544\phi) \gamma \cdot 10^{-4} + 0,0238 \quad (\text{при } \phi > 40\%).$$

Для влажной древесины повышение теплопроводности с ростом температуры происходит в большей степени, чем для сухой древесины [2]. Для определения коэффициента теплопроводности λ древесины (сосны) различной влажности при температурах до 100 °С составлена номограмма [2,4,8]. При использовании поправочных коэффициентов эта номограмма может быть использована для определения коэффициента λ древесины других пород.

Экспериментальное определение характеристик теплопереноса древесины (сосны и лиственницы) поперек волокон производилось с помощью импульсного метода линейного источника тепла постоянной мощности [6].

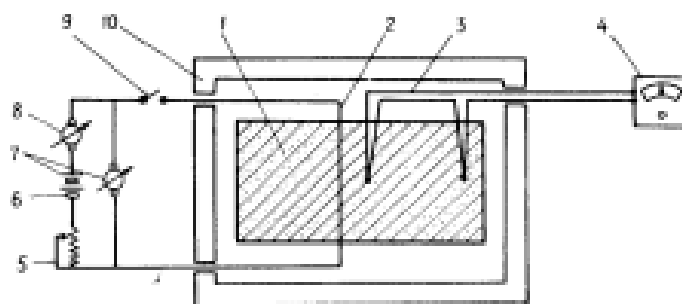


Рис.1.Схема установки для определения характеристик теплопереноса строительных материалов методом теплового импульса от линейного источника тепла

1-образец материала; 2-линейный тепловой источник;3-датчик температуры;4-регистратор температуры;5-регулятор напряжения;6-источник питания;7-вольтметр;8-амперметр;9-выключатель цепи теплового источника;10-термостат

Выбор метода определялся возможностью получения из одного опыта всех характеристик переноса тепла, необходимых для решения теплофизических задач сушки, пропитки древесины и огнестойкости деревянных конструкций. Общая схема установки для определения характеристик теплопереноса древесины методом теплового импульса приведена на рис.1. Образец для испытаний состоит из трех пластин древесины размером 100x100x40мм и 100x100x7мм. Средние значения плотности образцов древесины составили:

сосны-359кг/м³ и лиственницы -694кг/м³. Влажность образцов к моменту проведения испытаний составляла 3%. Было испытано по 14 составных образцов каждой породы древесины. Величины полученных коэффициентов теплоемкости и теплопроводности древесины приведены в табл.2. Рассмотрение литературных данных по характеристикам теплопереноса древесины и результатам испытаний позволяет заключить, что имеющиеся в литературе данные по величинам удельной теплоемкости C и коэффициента теплопроводности древесины сосны колеблются в довольно широких пределах и слабо коррелируют со значениями, приведенными в СНиП П-3-79. В этой связи целесообразно проведение комплексного изучения теплофизических свойств древесины с учетом влияния температурных и влажностных факторов. Рекомендуется использовать их в расчетах сушки, пропитки древесины и огнестойкости деревянных конструкций.

Таблица 2

Древесина	Плотность, кг/м ³	Удельная теплоемкость C , кДж/(кг, °C)	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м, °C)
Сосна	359	1,68	0,10
Лиственница	694	1,35	0,12

Список литературы

1. Гусев А.И., Позникова С.Н., Кожевникова Н.С. Повышение огнестойкости строительных деревянных конструкций.-М.: Пажаростойкость 2006. Том 15.№3.
2. Позникова С. Н., Балакин В. М., Шагинуров В. В. Влияние азот фосфор содержащих огнезащитных составов на горючесть деревянных материалов// Технология древесных плит и пластиков: Межвузовский сб. тр – Екатеринбург, 2004.- с 70-75.
3. Харитонов В.С. Расчет времени до потери несущей способности деревянных конструкций Тр. Ин-та ВНИИПО.-1980.-Вып.8.-С.64-70.
4. СНиП П-3-79. Строительная теплофизика. Нормы проектирования.
5. ГОСТ Р53292-2009. Огнезащитные составы и веществ для древесины и материалов на ее основе. –М.: Стандартиформ 2009.
6. ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость.- М.: Стандартиформ 1994.