

ЭКСПРЕСС МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

Рязанов В.И., Лазебник Ю.С., Юкова К.В., Флотская Е.В.

Оренбургский государственный университет

Ни для кого не секрет, что современные предприятия строительной индустрии являются существенными источниками загрязнения окружающей среды. Строительство оказывает негативное воздействие практически на всех этапах: от получения строительных материалов до эксплуатации готовых объектов. Поэтому в настоящее время всё большую популярность набирает экологическое строительство - так называемый постиндустриальный этап в развитии архитектурно-строительной отрасли. Причиной этого перехода является осознание мировым сообществом роли человеческой цивилизации в разрушении экосистемы планеты. Так одним из главнейших составляющих экологического строительства является применение соответствующих материалов для возведения тех или иных зданий и сооружений. К ним можно отнести древесину - древнейший, ценный и благородный строительный материал [1].

Преимущества древесины перед другими стройматериалами очевидны. Она обладает экологически чистым составом, может поглощать вредные для человека вещества и выводить их в атмосферу, абсорбирует компоненты, содержащиеся в табачном дыме, отделочных и лакокрасочных материалах. Также к плюсам дерева следует отнести отсутствие у него склонности к накоплению статического электричества, что не дает возможности притягиваться пыли. Древесина выгодна в качестве стройматериала и в плане энергоэффективности. При этом строительство из дерева характеризуется сокращением материалоемкости и стоимости зданий, уменьшением массы и сокращением сроков возведения объектов.

Древесина находит широкое применение в следующих отраслях:

- промышленное и гражданское строительство (перекрытия большепролетных сооружений, производственные и складские помещения с химически агрессивной средой);
- дорожное и железнодорожное строительство (мосты, настилы, перила, сваи, шпалы, платформы и др.);
- судостроение;
- вспомогательные сооружения.

Повышение эффективности использования деревянных конструкций таким образом связано с надежностью и долговечностью. Эти два понятия обеспечиваются на стадии проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации. Создание точной теории прочности в настоящее время рыночных отношений имеет как никогда высокую значимость. Помимо нового домостроения, неотъемлемой частью строительной деятельности является сохранение и реконструкция памятников архитектуры [2].

Современное обследование и испытание зданий и сооружений - неотъемлемая часть строительной области. Огромными темпами продолжается развитие в областях неразрушающих методов контроля, технической диагностики обследования и мониторинга строительных объектов, что позволяет с высокой точностью определить различные характеристики исследуемого материала.

Прочность древесины зависит от породы дерева, плотности, влажности, наличия пороков. Дерево является типичным анизотропным материалом, и чтобы убедиться в наличии анизотропии механических свойств дерева, нужно провести испытание деревянных образцов дважды. Один раз сжать образец вдоль волокон (ГОСТ 16483.23-73 - метод определения предела прочности при сжатии вдоль волокон образцов), а другой раз – поперек волокон (ГОСТ 16483.11-72 - метод определения условного предела прочности при сжатии древесины поперёк). В процессе эксплуатации свойства деревянных конструкций меняются. Промежуточные обследования деревянных конструкции основывается на оценке технического состояния и качества строительных материалов и соединений.

При обследовании следует определять следующие характеристики древесины: влажность, плотность, прочность при сжатии вдоль волокон и статическом изгибе, модуль упругости при статическом изгибе. Другие характеристики следует определять в соответствии с поставленными задачами обследования. В связи с отсутствием данных об изменении прочности древесины во времени расчетные сопротивления древесины конструкции в целом или ее частей, не пораженных гнилью, принимают как для новой древесины. При поверхностном разрушении древесины гнилью размеры сечения деревянных элементов уменьшают на толщину слоя, пораженного гнилью.

Основной задачей регулярного обследования и мониторинга технического состояния является своевременное выявление любых отклонений от проектного состояния строительных конструкций. Для этого применяется большое количество приборов и методов как разрушающего, так и неразрушающего контроля:

- лабораторные испытания;
- ускоренные способы (полевой метод).

Прочность древесины в деревянных конструкциях при обследовании может быть определена способом отбора образцов выпиливанием из элемента конструкции и последующего его лабораторного испытания. Но поскольку целостность элемента нарушается и это влияет на несущую способность конструкции в целом, данный способ требует последующее усиление исследуемой части конструкции.

К ускоренному методу определения прочности древесины относится огнестрельный способ, предложенный К.П. Кашкаровым. С его помощью можно определить прочность древесины при сжатии вдоль волокон и объемный вес путем простреливания в радиальном направлении из мелкокалиберной винтовки (ТОЗ-8 или ТОЗ-9, калибр 5,6 мм) на расстоянии 10 см и определении глу-

бины погружения пули с помощью зонда. Но так как этот метод является очень опасным, ему не нашлось применения в практике.

Используя идею с глубиной погружения пули в древесину, изготовлен прибор, находящийся в экспериментальной стадии исследования, основанный на определении прочности и плотности древесины по глубине погружения иглы в конструкцию.



Рисунок 1 - Прибор для определения прочности (плотности) деревянных конструкций полевым методом

Опыты проводятся с помощью прибора, состоящего из корпуса, в котором размещается шток со стальной съемной иглой диаметром 2,19 мм на конце (*наименьший возможный диаметр иглы для проведения измерений, т.е. при использовании иглы меньшим диаметром, при извлечении, и погружении ее из образца возможна деформация самой иглы*). Наконечник иглы округлой формы, что дает возможность не производить ее замены. С другой стороны штока предусмотрено углубление для более точного центрирования удара, который выполняется с помощью поверенного склерометра ОМШ-1. Показания с прибора снимают с помощью цифрового дисплея-индикатора.

Для определения плотности и прочности древесины прибор устанавливается на исследуемую поверхность, не требующая предварительной осторожки, которая должна быть очищена от грязи и пыли. Для получения зависимости от плотности и прочности при сжатии, перед началом испытания были изготовлены, взвешены, получены значения влажности, после испытаны стандартные образцы в соответствии с [4] из разных пород древесины: березы, дуба, осины, липы, сосны, ольхи, лиственницы, каштана. Изучение разных пород древесины с различным набором характеристик необходим для увеличения диапазона полученных результатов исследования [3].

Предварительная обработка экспериментальных данных по проведению корреляционного, факторного анализа по построению регрессионных моделей проводится методом наименьших квадратов. Данный метод позволяет исследовать взаимосвязи физических величин, то есть поиск ответа на вопрос: как влияет изменение одной величины на значение, принимаемые другой [5].

Суть метода в проведении экспериментов где величины, чье влияние исследуется (независимые переменные) принимают заданные экспериментатором (различные) значения, а значения физической величины, чья зависимость исследуется (зависимая переменная) измеряется в результате проведения того или иного эксперимента. Это можно представить следующей схемой, где экспериментальная установка – прибор для определения характеристик древесины полевым методом представляет собой некий «черный ящик», который может "выдавать" значение величины y (зависимая переменная – глубина проникновения иглы) в зависимости от заданных значений независимых переменных (прочность, плотность, влажность) [6].

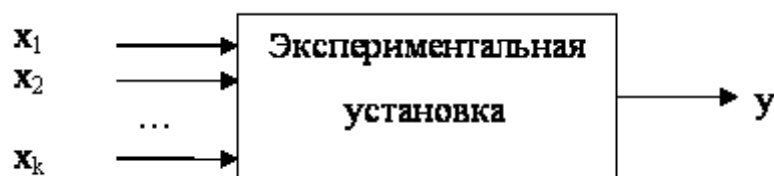


Рисунок 2 – Схема исследования постановки эксперимента, где $x_1, x_2, \dots, x_k$ - совокупность значений которых составляет условие проведения эксперимента и зависимая переменная y , значения которой являются результатом проведения измерений при заданных значениях факторов.

Параметры исследования:

(1.Прочность(МПа)) - значение параметра-аргумента m_1 с нормальным распределением;

(2.Плотность(кг/м³)) - значение параметра-аргумента m_2 с нормальным распределением;

(3.Влажность(%)) - значение параметра аргумента m_3 с нормальным распределением;

(4.Глубина проникновения(мм)) - истинные значения (эксперимент);

Исходная матрица наблюдений для проведения анализа для каждой породы древесины имеет вид (на примере березы):

$n=15$

$m=4$

Прочность (МПа) Плотность (кг/м³) Влажность (%) Глубина проникновения(мм)

36.7683	515.0137	5.9964	3.3900
36.5942	515.2803	6.0600	2.8500
36.7705	515.5940	5.9007	2.0000
36.8449	515.2754	5.9585	3.3000
36.6245	515.0286	5.9466	3.5900

36.8372	515.5000	5.9134	5.2400
36.7386	515.0586	5.8261	2.8700
36.8524	515.5940	5.9126	5.8600
36.6305	515.4744	5.9738	3.6200
36.6057	515.1719	5.9111	4.4800
36.8201	515.5632	5.6744	2.9100
36.7186	515.5593	5.8242	4.1300
36.7149	515.1536	5.7221	4.1900
36.7264	516.4001	5.8011	2.3000
36.8084	515.4607	6.0598	4.6200

Рисунок 3 - Матрица исследования на примере породы дерева – береза (n-количество испытаний, m-количество параметров исследования)

Задается степень отклонения 0,1, количество аргументов -3, степень полинома -3. Столбцы параметров m-1, m-2, m-3 имеют нормальное распределение т.к. полученное значение прочности, влажности, плотности можно считать средним значением для каждой породы в отдельности [7].

Модель для зависимой переменной m1 – прочность с оптимальной степенью – 2, при значении средней абсолютной ошибки 0,059:

$$y(1)=+(0.29453016197407e-1)*(x(4))^{**2}+(0.20835659940527e0)*(x(4))^{**1}+(0.37073249044148e2)$$

Таким образом, для нахождения параметра m1 при полученном истинном значении в эксперименте n1 :

$$y(1) = 0,294 \dots \cdot 10^{-1} \cdot x_4^2 + (-0,208 \dots \cdot 10^0 \cdot x_4^1) + 0,3707 \dots \cdot 10^2$$

где x_4 - истинные значения (глубина проникновения иглы)

Модель для зависимой переменной m2 – плотность с оптимальной степенью - 3 при значении средней абсолютной ошибки 0,206:

$$y(2)=(-0.44443356419950e-1)*(x(4))^{**3}+(0.67245655831512e0)*(x(4))^{**2}+(-0.31540328683513e1)*(x(4))^{**1}+(0.51994869600005e3)$$

Таким образом для нахождения параметра m1 при полученном истинном значении в эксперименте n1 :

$$y(2) = (-0,444 \dots \cdot 10^{-1} \cdot x_4^3 + (0,672 \dots \cdot 10^0 \cdot x_4^2) + (-0,3154 \dots \cdot 10^1 \cdot x_4^1) + 0,519 \dots \cdot 10^3$$

Модель для зависимой переменной m3 – плотность с оптимальной степенью - 3 при значении средней абсолютной ошибки 0,206:

$$y(3)=+(0.42830808007814e-3)*(x(4))^{**3}+(-0.11485996746839e-1)*(x(4))^{**2}+(0.84930203553222e-1)*(x(4))^{**1}+(0.57272618447331e1)$$

Таким образом для нахождения параметра m1 при полученном истинном значении в эксперименте n1 :

$$y(3) = (0,428 \dots \cdot 10^{-3} \cdot x_4^3 + (-0,114 \dots \cdot 10^{-1} \cdot x_4^2) + (0,849 \dots \cdot 10^{-1} \cdot x_4^1) + 0,572 \dots \cdot 10^1$$

Модель для зависимой переменной m4 – плотность с оптимальной степенью - 2 при значении абсолютной ошибки 0,679:

модель для зависимой переменной

$$y(4) = +(0.56964105599768e2) \cdot (x(1))^{**2} + (-0.41812436006416e4) \cdot (x(1))^{**1} + (-0.12678605101075e1) \cdot (x(2))^{**2} + (0.13069498801583e4) \cdot (x(2))^{**1} + (-0.17115954995065e2) \cdot (x(3))^{**2} + (0.20082647386355e3) \cdot (x(3))^{**1} + \text{дельта преобразования-2} = 0.00000000001161026830 + (0.26066938453829e6)$$

Таким образом, для нахождения параметра m1 при полученном истинном значении в эксперименте n1 :

$$y(4) = (0,569 \dots \cdot 10^2 \cdot x_1^2) + (-0,418 \dots \cdot 10^4 \cdot x_1^1) + (-0,126 \dots \cdot 10^1 \cdot x_2^2) + (0,130 \dots \cdot 10^4 \cdot x_2^1 + (-0,171 \dots \cdot 10^2 \cdot x_3^2) + (0,200 \dots \cdot 10^3 \cdot x_3^1)$$

Номер:	Название параметра	Вклад
1:	(1.Прочность(Мпа))	0.18547:
2:	(2.Плотность(кг/м3))	0.81309:
3:	(3.Влажность(%))	0.00143:

Рисунок 4 - Таблица «Вкладов» параметров-аргументов (m1-прочности, m2- плотности, m3 – влажности)

Таблица «вкладов» показывает от какого параметра-аргумента наиболее зависит истинный параметр m4-глубина проникновения иглы в тело исследуемой древесины. На основании полученных данных наибольшее влияние на глубину проникновения имеет **плотность** древесины, т.к. вклад этого параметра исследуемой модели -0,81309 имеет максимальное значение.

Данная обработка параметров и истинных значений выполняется для каждой из пород древесины, что позволяет построить график зависимости глубины проникновения иглы экспериментального прибора от ряда параметров: влажности, прочности и плотности.

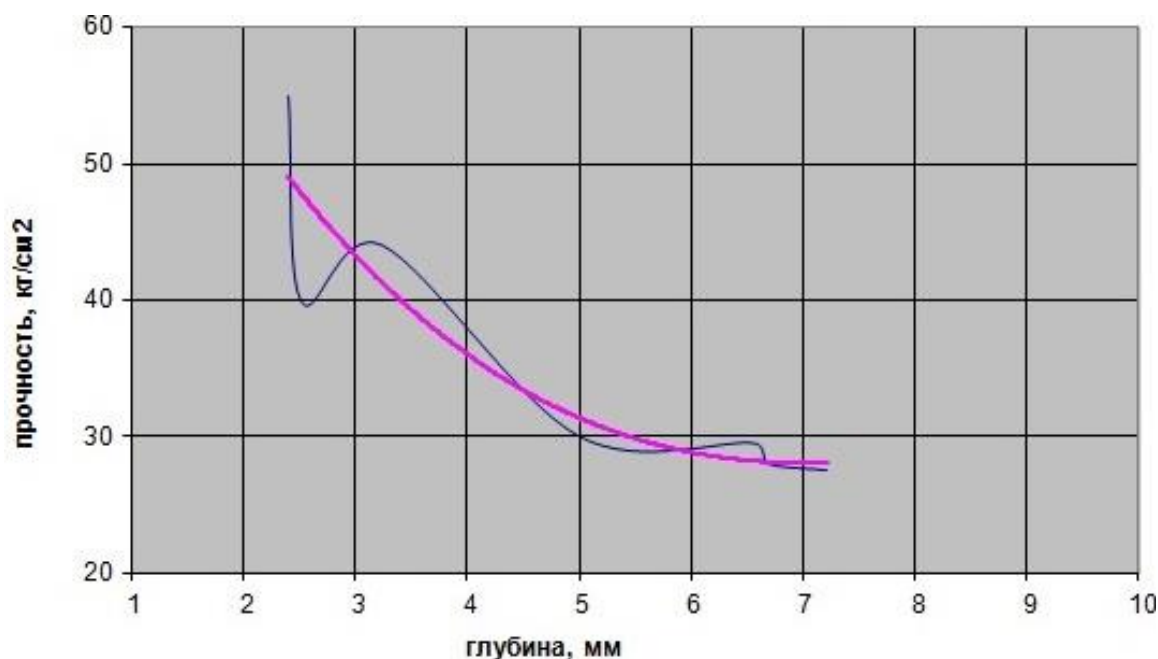


Рисунок 5 - График зависимости глубины проникновения от прочности, плотности, влажности

Потенциальные возможности древесины как строительного материала еще не полностью изучены, что дает перспективы на дальнейшее исследование ее свойств для оптимизации обследования, проектирования и строительства.

Список литературы

1. Механическая прочность древесины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dslib.net/mechanika-deformacii/mehanicheskaja-prochnost-drevesiny.html>. – (дата обращения: 12.12.2017).
2. Отрешко А.И. Справочник проектировщика. Деревянные конструкции. М.: Стройиздат, 1957 262с
3. СП 64.13330.2011 Деревянные конструкции / ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко – институт ОАО «НИЦ Строительство» 2011-05-20.
4. ГОСТ 16283.0-89 Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям/ Госстрой СССР.-М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989;
5. Чепасов В.И. Базовые параметры в многопараметрических исследованиях. – Оренбург: 2013. - 226 с.
6. Бендат Д. Ж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. - М.: Мир, 1974.
7. Драйпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. - М.: Статистика, 1973.