

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО СТРОИТЕЛЬНОМУ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ

Методические указания № 4
для выполнения самостоятельной работы

Под общей редакцией доктора технических наук,
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза 2015

УДК 691 (075.8)

ББК 38.3 я 73

P47

*Методические указания подготовлены в рамках проекта
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки
высококвалифицированных кадров строительной отрасли»
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –
«Кадры для регионов»)*

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – доктор технических наук, профессор
В.И. Логанина (ПГУАС)

Решение задач по строительному материаловедению: методические указания №4 для выполнения самостоятельной работы / С.Н. Кислицына; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова.. – Пенза: ПГУАС, 2015. –11 с.

Рассматриваются задачи, связанные с оценкой свойств, технологией и применением строительных материалов. Для решения задач даются методические указания, а также приводится необходимый справочный материал в виде таблиц, графиков и иллюстраций.

Методические указания подготовлены на кафедре «Управление качеством и технология строительного производства» и базовой кафедре ПГУАС при ООО «Стройцентр» и предназначены для использования обучающимися по программе переподготовки «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2015

© Кислицына С.Н., 2015

ДРЕВЕСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Древесину издавна широко применяют в строительстве благодаря присущим ей свойствам. Однако свойства строительных материалов из древесины в большой степени зависят от ее влажности и от направления волокон, поэтому инженеру-строителю необходимо уметь производить соответствующие расчеты. Так, например, зная предел прочности древесины при стандартной 12% влажности и ее влажность в условиях эксплуатации, можно рассчитать ее прочность при данных условиях.

Кроме того, существуют эмпирические формулы для ориентировочного определения прочности древесины в зависимости от ее средней плотности, которыми следует уметь пользоваться в повседневной строительной практике. Для этих же целей важно уметь определять объем древесины (например, досок) по данным их обмера.

Примеры таких расчетов и рассматриваются в данном разделе.

ЗАДАЧА 1. Масса образца стандартных размеров $2 \times 2 \times 3$ см, вырезанного из древесины дуба, равна 8,8 г. При сжатии вдоль волокон предел прочности его оказался равным 38 МПа. Найти влажность, среднюю плотность (в $\text{кг}/\text{м}^3$ и $\text{г}/\text{см}^3$) и предел прочности при сжатии древесины дуба при стандартной 12 %-ной влажности, если масса высушенного образца составляет 7,0 г.

ЗАДАЧА 2. Масса 1 м^3 древесины сосны при 12 %-ной влажности составляет 532 кг, а предел прочности этой древесины при сжатии равен 48 МПа ($480 \text{ кгс}/\text{см}^2$). Средняя плотность обычного (тяжелого) бетона марки «500» равна $2350 \text{ кг}/\text{м}^3$. Определить расчетом, какой из этих конструктивных материалов обладает более высоким конструктивным качеством.

ЗАДАЧА 3. Деревянная мостовая ферма, эксплуатируемая в природных условиях, летом находилась при температуре $26 \text{ }^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 45 %. С наступлением осени температура воздуха понизилась до $10 \text{ }^\circ\text{C}$, а его относительная влажность возросла до 80 %. Определить с помощью диаграммы Н.Н. Чулицкого, на сколько процентов изменилась влажность древесины в ферме и какие изменения это вызвало в материале фермы.

ЗАДАЧА 4. Деревянный брусок сечением 2×2 см при стандартном испытании на изгиб разрушился при нагрузке 1500 Н (150 кгс). Влажность образца составляет 25 %. Чему равна прочность древесины при изгибе? Расстояние между опорами $l = 2,4$ см .

ЗАДАЧА 5. Масса древесины сосны до сушки составляла 180 г, а после сушки при $105 \text{ }^\circ\text{C}$ – 90 г. Рассчитать абсолютную и относительную влажность древесины.

ЗАДАЧА 6. Какой будет масса деревянного бруса, хранящегося в воздушно-сухих условиях в помещении ($W_{др} = 20\%$) и во влажных условиях ($W_{др} = 85\%$), если при влажности 12% его масса равна 2 кг ?

ЗАДАЧА 7. Определите величину усушки древесины и ее размер при стандартной 12% -ной влажности, если размер образца при влажности 25% равен 150 мм , а в абсолютно сухом состоянии – 143 мм .

ЗАДАЧА 8. При влажности 10% средняя плотность древесины сосны равна $0,45\text{ г/см}^3$, а коэффициент объемной усушки $k_0 = 0,44$. Рассчитайте среднюю плотность древесины сосны при влажности 20% .

ЗАДАЧА 9. Пиломатериал в течение длительного времени хранился летом под навесом при средней температуре $T = +18^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $W_{отн} = 77\%$. Определить влажность досок и их плотность, если при стандартной 12% -ной влажности плотность древесины равна 450 кг/м^3 . Коэффициент объемной усушки $k_0 = 0,44$.

ЗАДАЧА 10. Образец древесины размером $10 \times 10 \times 8\text{ см}$ имеет влажность 20% . После высушивания до влажности 0% размеры его стали следующими $9,5 \times 9,5 \times 7,8\text{ см}$. Определить объемную усушку и коэффициент объемной усушки.

ЗАДАЧА 11. Образец дуба размером $2 \times 2 \times 3\text{ см}$ и влажностью 12% разрушился при испытании его на сжатие вдоль волокон при максимальной нагрузке 3180 кгс . Определить предел прочности дуба при сжатии при стандартной влажности и при влажности $20, 25$ и 30% . Построить график зависимости прочности от влажности.

ЗАДАЧА 12. Определить количество фтористого натрия, применяемого для антисептирования древесины в виде 3% -ного раствора. Общий объем пропитываемой древесины 2 м^3 , пропитка полная, пористость древесины 60% . Плотность фтористого натрия $1,06\text{ г/см}^3$.

ЗАДАЧА 13. Определить какое количество сосновых досок размером $600 \times 20 \times 4\text{ см}$ можно пропитать 3% -ным раствором антисептика в количестве 400 л . Пористость древесины 55% . Пропитка полная.

ЗАДАЧА 14. На сколько, примерно, дуб прочнее сосны на сжатие, если известно, что образец дуба тяжелее сосны в два раза, а масса 1 м^3 сосны при 12% -ной влажности, равна 420 кг ?

ЗАДАЧА 15. Определить, достигнут ли предел гигроскопической влажности у древесины ели, масса которой в абсолютно сухом состоянии составляла 79 г , а после длительного пребывания в воде – 106 г ?

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

ЗАДАЧА 1.

Влажность древесины: $W_{op} = \frac{m_{вл} - m_c}{m_c} \times 100\% = \frac{8,8 - 7}{7} \times 100\% = 25,7\%$.

Средняя плотность древесины при влажности $W_{op} = 25,7\%$

$$\rho_m^{25} = \frac{m}{V_{geom}} = \frac{7}{2 \cdot 2 \cdot 3} = 0,582 \text{ г/см}^3.$$

Средняя плотность древесины при стандартной 12%-ной влажности:

$$\rho_m^{12} = \rho_m^w \cdot [1 + 0,01 \cdot (1 - K_0) \cdot (12 - W)],$$

где K_0 - коэффициент объёмной усушки, для берёзы, бука и лиственницы $K_0=0,6$; для прочих пород $K_0=0,5$,

$$\rho_m^{12} = 0,58 \cdot [1 + 0,01 \cdot (1 - 0,5) \cdot (12 - 25,7)] = 0,542 \text{ г/см}^3 = 540 \text{ кг/м}^3.$$

Предел прочности при сжатии при стандартной 12%-ной влажности:

$$R_{сж}^{12} = R_{сж}^w \cdot [1 + \alpha(w - 12)],$$

где α – поправочный коэффициент по влажности, равный:

0,05 – для сосны, кедра, лиственницы, бука, ясеня и берёзы

0,04 – для пихты, дуба и прочих лиственных пород,

$$R_{сж}^{12} = 38 \cdot [1 + 0,04 \cdot (25,7 - 12)] = 58,82 \text{ МПа}.$$

ЗАДАЧА 2.

Коэффициент конструктивного качества материалов рассчитывают по формуле: $K.K.K. = \frac{R_{сж}}{d}$,

где $R_{сж}$ – предел прочности при сжатии материалов, МПа;

d – относительная плотность материала.

Для древесины $d = \frac{\rho_m}{\rho_{H_2O}^{4^\circ C}} = \frac{532}{1000} = 0,532$, $K.K.K. = \frac{48}{0,532} = 90,2 \text{ МПа}.$

Для обычного тяжелого бетона $d = \frac{2350}{1000} = 2,35$, $K.K.K. = \frac{50}{2,35} = 21,3 \text{ МПа}.$

Древесина обладает более высоким конструктивным качеством.

ЗАДАЧА 3.

С помощью диаграммы Н.Н. Чулицкого (см. приложение 15) определяем равновесную влажность древесины летом и осенью.

Летом равновесная влажность древесины фермы равна: $W_{равн} = 8\%$.

Осенью равновесная влажность: $W_{равн} = 17\%$,

$$\Delta W = 17 - 8 = 9\%$$

следовательно влажность древесины в ферме изменилась на 9%.

При повышении относительной влажности воздуха и понижении его температуры древесина будет поглощать влагу, т.е. набухать, следовательно это приведёт к увеличению размеров конструкции и её объёма, что вызовет деформацию набухания.

ЗАДАЧА 4.

Предел прочности при статическом изгибе при 25 % влажности вычисляются по формуле:

$$R_{изг}^{25} = \frac{3Fl}{2bh^2} = \frac{3 \cdot 150 \cdot 2,4}{2 \cdot 2 \cdot 2^2} = 67,5 \text{ кгс} / \text{см}^2 .$$

Предел прочности при статическом изгибе при стандартной 12% влажности :

$$R_{изг}^{12} = R_{изг}^{25} \cdot [1 + \alpha(W - 12)] ,$$

где α – поправочный коэффициент, равный 0,04

$$R_{изг}^{12} = 67,5 \cdot [1 + 0,04(25 - 12)] = 102,6 \text{ кгс} / \text{см}^2 .$$

ЗАДАЧА 5.

Абсолютная влажность древесины:

$$W_{абс} = \frac{m_{вл} - m_{сух}}{m_{сух}} \cdot 100\% = \frac{180 - 90}{90} \cdot 100\% = 100\% .$$

Относительная влажность древесины:

$$W_{отн} = \frac{m_{вл} - m_{сух}}{m_{вл}} \cdot 100\% = \frac{180 - 90}{180} \cdot 100\% = 50\% .$$

ЗАДАЧА 6.

Масса абсолютно сухого деревянного бруса $m_{сух} = 2 - (2 \cdot 0,12) = 1,76 \text{ кг}$.

Масса деревянного бруса, хранящегося в воздушно-сухих условиях:

$$m_{вл}^{20} = 1,76 + (1,76 \cdot 0,2) = 2,1 \text{ кг} .$$

Масса деревянного бруса, хранящегося во влажных условиях:

$$m_{вл}^{20} = 1,76 + (1,76 \cdot 0,85) = 3,26 \text{ кг} .$$

ЗАДАЧА 7.

Усушка древесины при ее влажности 25% :

$$y^{25} = \frac{a - a_1}{a_1} \cdot 100\% = \frac{150 - 143}{143} \cdot 100\% = 4,9\% .$$

При увеличении влажности древесины на 1 % увеличение размера составляет: $\Delta a = \frac{150 - 143}{25} = 0,28 \text{ мм}$.

Размер образца древесины при стандартной 12 % влажности:

$$a_2 = a_1 + (\Delta a \cdot W_{dp}) = 143 + 0,28 \cdot 12 = 146,36 \text{ мм}.$$

Усушка древесины при стандартной 12% влажности:

$$Y^{12} = \frac{146,36 - 143}{143} \cdot 100\% = 2,35\%.$$

ЗАДАЧА 8.

Средняя плотность древесины при 20% влажности:

$$\rho_m^{20} = \frac{\rho_m^{12}}{[1 + 0,01 \cdot (1 - k_o) \cdot (12 - W)]} = \frac{0,45}{[1 + 0,01 \cdot (1 - 0,44)(12 - 20)]} = 0,472 / \text{см}^3$$

ЗАДАЧА 9.

По номограмме Н.Н. Чулицкого (см. приложение 15) находим влажность пиломатериала $W_{dp} = 15\%$.

Плотность пиломатериала при 15% влажности:

$$\rho_m^{15} = \frac{\rho_m^{12}}{[1 + 0,01 \cdot (1 - k_o) \cdot (12 - W)]} = \frac{450}{[1 + 0,01 \cdot (1 - 0,44)(12 - 15)]} = 457,7 \text{ кг} / \text{м}^3$$

ЗАДАЧА 10.

Объем древесины до высушивания $V_1 = 10 \cdot 10 \cdot 8 = 800 \text{ см}^3$.

Объем древесины после высушивания $V_2 = 9,5 \cdot 9,5 \cdot 7,8 = 703,95 \text{ см}^3$.

Объемная усушка древесины:

$$Y_{об} = \frac{V_1 - V_2}{V_2} \cdot 100\% = \frac{800 - 703,95}{703,95} \cdot 100\% = 13,64\%.$$

Коэффициент объемной усушки $k_o = \frac{Y_{об}}{W} = \frac{13,64}{20} = 0,68$.

ЗАДАЧА 11.

Предел прочности при сжатии при стандартной 12 %-ной влажности

$$R_{сж}^{12} = \frac{F}{S} = \frac{3180}{2 \cdot 2} = 795 \text{ кгс} / \text{см}^2.$$

Предел прочности при сжатии при влажности древесины 20, 25 и 30 % рассчитывают исходя из формулы:

$$R_{сж}^{12} = R_{сж}^{25} \cdot [1 + \alpha(W - 12)]$$

где α – поправочный коэффициент, равный 0,04.

Отсюда предел прочности древесины при сжатии:

$$\text{при влажности 20\% } R_{сж}^{20} = \frac{R_{сж}^{12}}{[1 + \alpha(W - 12)]} = \frac{795}{[1 + 0,04(20 - 12)]} = 602,3 \text{ кгс} / \text{см}^2,$$

$$\text{при влажности 25\% } R_{сж}^{25} = \frac{795}{[1 + 0,04(25 - 12)]} = 523 \text{ кгс} / \text{см}^2,$$

$$\text{при влажности 30\% } R_{сж}^{30} = \frac{795}{[1 + 0,04(30 - 12)]} = 462,21 \text{ кгс} / \text{см}^2.$$

По полученным данным строим график зависимости прочности древесины от ее влажности (рис. 1).

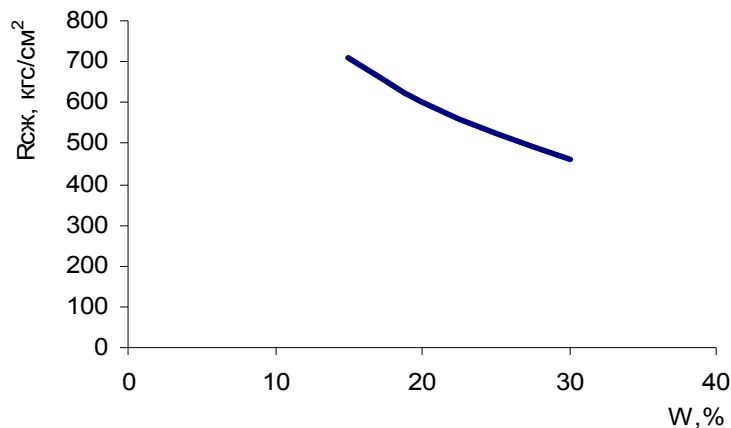


Рис. 1. График зависимости прочности древесины от ее влажности

ЗАДАЧА 12.

При полной пропитке раствора фтористого натрия понадобится

$$V_p = \frac{2 \cdot 60}{100} = 1,2 \text{ м}^3,$$

т.к. используют 3%-ный раствор, то фтористого натрия для приготовления раствора понадобится

$$m_{\text{NaF}} = \frac{3 \cdot 1,2}{100} \cdot 1060 = 38,2 \text{ кг}.$$

ЗАДАЧА 13.

Объем одной доски $V_d = a \cdot b \cdot h = 600 \cdot 20 \cdot 4 = 48000 \text{ см}^3$

Количество раствора антисептика, необходимое для пропитки одной доски с учетом пор:

$$V_p = \frac{V_d \cdot 55}{100} = \frac{48000 \cdot 55}{100} = 26400 \text{ см}^3 = 26,4 \text{ л}.$$

Заданным количеством раствора можно пропитать досок:

$$n = \frac{400}{26,4} = 15 \text{ шт}.$$

ЗАДАЧА 14.

Предел прочности древесины при сжатии, МПа, можно ориентировочно рассчитать по значению средней плотности по формуле:

$$R_{\text{сж}}^{12} = C \cdot \rho_m^{12} + D,$$

где ρ_m^{12} – средняя плотность древесины при стандартной влажности, г/см³;

C, D – эмпирические коэффициенты (см. приложение 16).

Средняя плотность сосны 420 кг/м^3 ($0,42 \text{ г/см}^3$), дуба - $\rho_m^{12} = 420 \cdot 2 = 840 \text{ кг/м}^3$ ($0,84 \text{ г/см}^3$).

Предел прочности при сжатии сосны $R_{сж}^{12} = 61 \cdot 0,42 + 10 = 35,62 \text{ МПа}$

Предел прочности при сжатии дуба $R_{сж}^{12} = 68 \cdot 0,84 = 57,12 \text{ МПа}$

Дуб прочнее сосны в $n = \frac{57,12}{35,62} = 1,6$ раза.

ЗАДАЧА 15.

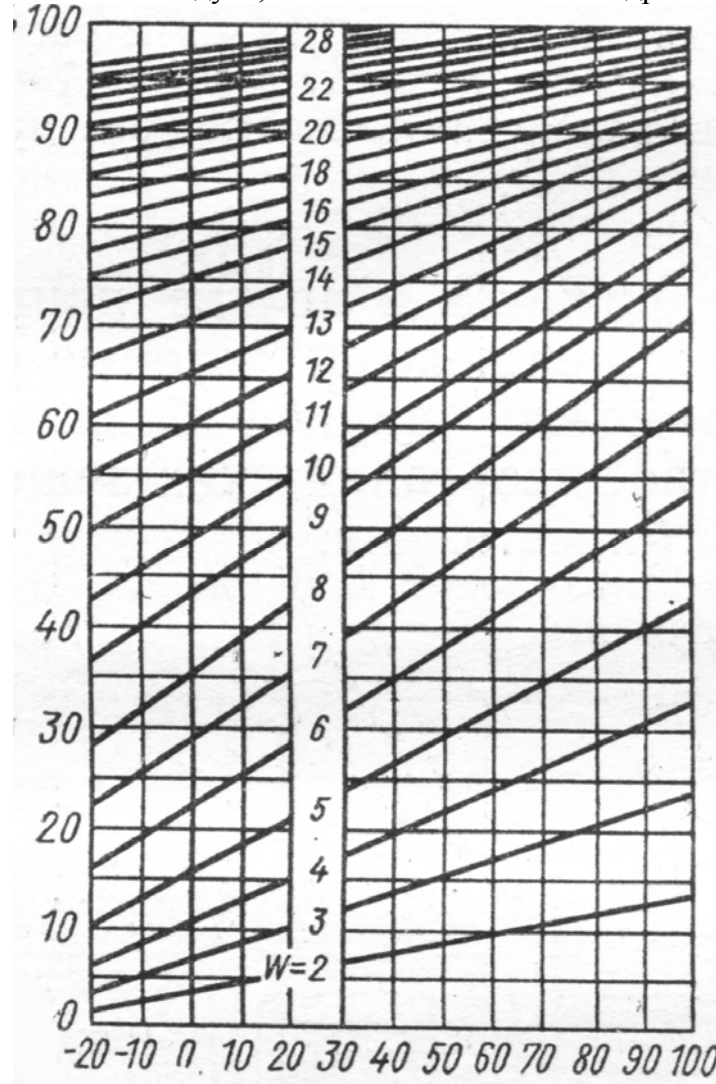
Влажность древесины ели после пребывания ее в воде:

$$W_m = \frac{m^{вл} - m^{сух}}{m^{вл}} \cdot 100\% = \frac{106 - 79}{79} \cdot 100\% = 34,2\% .$$

Предел гигроскопической влажности у древесины ели соответствует приблизительно влажности в 30%, следовательно, этот предел достигнут.

Диаграмма зависимости влажности древесины от температуры и относительной влажности воздуха
(диаграмма Чулицкого)

Влажность воздуха, % Влажность древесины, %



Температура воздуха, °C

Значения коэффициентов для определения прочности древесины
по средней плотности при стандартной влажности

Коэффициенты			
С		D	
Лиственные породы	Хвойные породы	Лиственные породы	Хвойные породы
68	61	-	10

ОГЛАВЛЕНИЕ

ДРЕВЕСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	3
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ.....	5

Учебное издание

Кислицына Светлана Николаевна

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО СТРОИТЕЛЬНОМУ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ

Методические указания №4
по выполнению самостоятельной работы

Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

В авторской редакции
Верстка Т.Ю. Симутина

Подписано в печать 22.06.15. Формат 60x84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 0,63. Уч.-изд.л. 0,68. Тираж 80 экз.
Заказ № 242.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28