

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ДРЕВЕСИНА

Методические указания
к лабораторному практикуму
по разделу «Древесина»

для студентов всех специальностей направления
подготовки 270800 «Строительство»

Москва 2014

УДК 691.1
ББК 38.35
Д 66

Рецензент
профессор кафедры ТВВиБ,
кандидат технических наук *Б.И. Булгаков*

Составители:
профессор, доктор технических наук *Д.В. Орешкин*;
профессор, кандидат технических наук *И.В. Баландина*;
профессор, доктор технических наук *Е.В. Кач*;
ассистент *Д.Ю. Землянушин*

Д 66 Методические указания к лабораторному практикуму по разделу «Древесина» / Д.В. Орешкин [и др.]; М.: Издательство Московского государственного университета, 2014. 28 с.

УДК 691.1
ББК 38.35
Д 66

ВВЕДЕНИЕ

Древесина относится к возобновляемым ресурсам и используется человеком с давних времен. Велика ее роль в оздоровлении воздушного бассейна и окружающей среды. Это экологически чистый материал.

Древесиной называется очищенная от коры твердая ткань дерева. Ее широко применяют в строительстве благодаря высокой прочности при небольшой средней плотности, упругости, малой теплопроводности, легкости обработки, простоте скрепления отдельных элементов, высокой морозостойкости, нерастворимости в воде и органических растворителях, декоративности. Вместе с тем древесина имеет ряд недостатков: анизотропия строения и свойств, наличие пороков, гигроскопичность и, как следствие, влажностные деформации, приводящие к изменению размеров, короблению и растрескиванию; склонность к загниванию и возгоранию. Россия располагает примерно пятой частью мировых запасов древесины. В отличие от богатств земных недр лес восстанавливается до промышленной вырубki в течение 50—100 лет. Кроме того, при традиционной заготовке и переработке древесины образуется большое количество отходов. На лесопильных заводах 8...12 % древесины превращается в опилки. При изготовлении строительных изделий в опилки, стружки и обрезки отходит до 40 %, а в других отраслях промышленности — до 60 %. Все это требует совершенствования технологических процессов распиловки и обработки древесины, а также способов утилизации отходов.

В зависимости от степени переработки древесины различают:

— лесные материалы, получаемые только путем механической обработки ствола дерева (бревна, пиломатериалы); в этом случае сохраняются все положительные и отрицательные свойства древесины;

— готовые изделия и конструкции, изготавливаемые в заводских условиях (сборные дома и детали, клееные конструкции, фанера), где свойства древесины используются более рационально;

— материалы, получаемые путем глубокой переработки древесины: а) отходы и неделовая древесина с применением вяжущих веществ (фибролит, древесностружечные плиты, арболит); б) химическая переработка (добавки для модифицирования бетонов на основе

эфиров целлюлозы); в) физико-химическая обработка древесного сырья (картон, древесноволокнистые плиты);

— изделия из термостабилизированной древесины (вместо за-
прессованной в 2004 году химической пропитки природного дерева).

Термостабилизированная древесина получается при длительном
воздействии температур 230...240 °С и давления до 0,2 МПа без до-
ступа кислорода с периодической подачей водяного пара.

Качество древесины зависит от породы дерева, условий его про-
израстания: типа почвы, затененности, количества влаги, климати-
ческих условий и т.д.

Древесные породы подразделяются на хвойные и лиственные.

К хвойным породам, используемым в строительстве, относят
сосну, лиственницу, ель, пихту, кедр, секвойю, кипарис, тую.

Лиственные породы применяются в строительстве значительно
реже. Из них используют дуб, ясень, бук, липу, березу, осину. При
отделке внутренних помещений используются лиственные твердые
и ценные породы (дуб, вишня, груша, клен, карельская береза, ипе-
гевя, ироко, кемпас, красное дерево, мербау, олива, американский
орех, падук, палисандр, платан, сапелле, тик, ядр, венге, эбеновое
дерево, эвкалипт, ятоба, амарант и др.).

1. СТРОЕНИЕ И СОСТАВ ДРЕВЕСИНЫ

Растущее дерево состоит из корневой системы, ствола и кроны.
Промышленное значение имеет ствол, из которого получается от 60
до 90 % деловой древесины. Как уже отмечалось, древесиной назы-
вают освобожденную от коры ткань дерева, которая содержится в
основном, в стволе. Рост дерева происходит в результате сложных
физических, химических реакций и фотосинтеза. В этих процессах
участвуют питательные вещества, поступающие от корней дерева, и
продукты фотосинтеза, образующиеся в листьях.

Древесина представляет собой природный композиционный ма-
териал, армированный волокнами. Она является природным поли-
мером и состоит из целлюлозы ($C_6H_{10}O_5$)_n. Невооруженным глазом
различается макроструктура древесины, а с помощью оптической и
электронной микроскопии видна микроструктура.

Макроструктуру можно рассматривать на трех основных разрезах
стволов: поперечном (торцовом) и двух продольных: радиальном,
проходящем через ось ствола, и тангенциальном, проходящем по
хорде вдоль ствола (рис. 1).

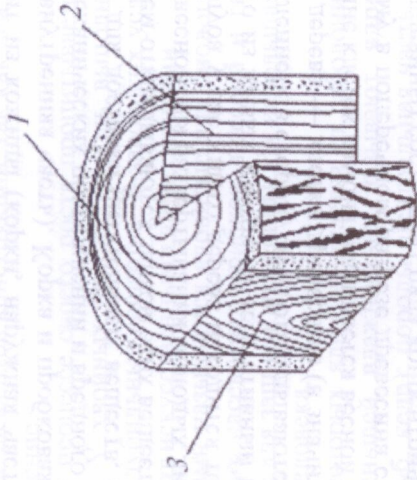


Рис. 1. Основные разрезы ствола дерева:
1 — поперечный (торцовый); 2 — радиальный; 3 — тангенциальный

Основные части древесины хорошо различимы на поперечном
разрезе. Строение ствола дерева представлено на рис. 2.

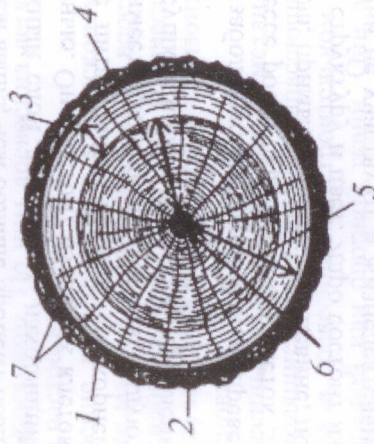


Рис. 2. Строение ствола дерева.

1 — кора (кожица, пробковая ткань, луб); 2 — камбий; 3 — заболонь;
4 — ядро; 5 — древесина; 6 — сердцевина; 7 — сердцевинные лучи

Кора состоит из кожицы (корки, наружная часть) и пробковой ткани и луба (внутренняя часть). Кorkа и пробковая ткань защищают дерево от механических повреждений и вредного влияния среды. Луб служит для доставки питательных веществ, нужных для роста дерева. В нем откладываются запасы этих веществ, необходимых дереву ранней весной для разветвления молодых листочков.

Под слоем луба у растущего дерева находится тонкий слой камбия, состоящего из живых клеток. В вегетативный период они размножаются делением: в сторону луба откладываются лубяные клетки, а к центру дерева — клетки древесины (в значительно большем объеме). Деление клеток камбия начинается весной и заканчивается осенью. Поэтому в поперечном разрезе древесина ствола (его часть от луба до сердцевины) состоит из ряда концентрических годичных колец, расположенных вокруг сердцевинны. Каждое годичное кольцо состоит из двух слоев. Клетки ранней (весенней) древесины образуются весной или в начале лета. Клетки поздней (летней) древесины образуются к концу лета. Ранняя древесина имеет светлый цвет и состоит из крупных тонкостенных клеток. Поздняя древесина имеет более темный цвет, меньшую пористость и обладает большей прочностью. Она состоит из мелких клеток с толстыми стенками. Прочность древесины тем выше, чем больше процент поздней древесины.

Толстый наружный слой древесины, находящийся за камбием, называется заболонью. Она состоит из живых клеток, обеспечивающих перемещение питательных веществ от корней к кроне. Эта часть древесины имеет большую влажность, малую прочность, обладает большой усушкой и склонностью к короблению, относительно легко загнивает.

Следующий за заболонью внутренний слой древесины называется ядром. В процессе роста дерева стенки клеток древесины внутренней части ствола, примыкающей к сердцевине, постепенно изменяют свой состав, структуру и цвет. Ядро состоит из полностью отмерших клеток. Они не участвуют в жизнедеятельности дерева, не проводят по стволу влагу, имеют меньшую влажность, чем у заболони, более прочные, твердые и менее склонны к загниванию.

Серцевина состоит из клеток с тонкими стенками, слабо связанных друг с другом. Серцевина вместе с древесной тканью первого года жизни дерева образует сердцевинную трубку. Эта часть ствола дерева мало прочна и легко загнивает. Доски, брусы и бруски, в которые попадает сердцевинная трубка, нельзя применять для несущих

щих изгибаемых элементов конструкций, так как она выкрашивается и ослабляет сечение.

Древесина в процессе своего роста пропитывается природными антисептиками. У хвойных пород эту роль выполняет смола, а у лиственных — дубильные вещества. В заводских условиях древесину обрабатывают искусственными антисептиками.

Антисептиками называются ядовитые для биологических вредителей, древесных насекомых, грибов, плесени и гнили вещества, которые служат для защиты древесины. Их небольшая концентрация не опасна для человека.

Породы, у которых ядро отличается от заболони более темной окраской и меньшей влажностью, называют **ядровыми** (сосна, лиственница, дуб, кедр); породы, центральная часть которых имеет только меньшую влажность, по сравнению с заболонью — **спелодревесными** (пихта, ель, липа, бук); породы, не имеющие значительного различия между центральной и наружной частями ствольной древесины, называют **заболонными** (осина, ольха, клен, береза). В древесине всех пород расположены сердцевинные лучи, которые служат для перемещения влаги и питательных веществ в поперечном направлении от луба к сердцевине и создания запаса этих веществ на зимнее время. У хвойных пород они очень узкие и видны только под микроскопом. По ним древесина легко раскалывается и при высыхании растрескивается.

Изучая строение древесины под микроскопом, можно увидеть, что основную ее массу составляют клетки веретенообразной формы, вытянутые вдоль ствола. Некоторое количество клеток (клетки сердцевинных лучей) располагаются в горизонтальном направлении, поперек основных.

Клетки древесины разделяют на клетки механической или опорной ткани, проводящие клетки и клетки запасной ткани.

Главную роль в древесине как строительном материале играют клетки механической или опорной ткани. Они вытянуты в длину, имеют толстые стенки и узкие внутренние полости, наиболее прочны и стойки к загниванию. У хвойных пород — это трахеиды поздней древесины. Они занимают примерно 90...95 % общего объема. Опорная ткань лиственных пород состоит из узких, вытянутых в длину клеток с заостренными концами, называемых «древесными волокнами». Они равномерно распределены по годичному слою. У большинства хвойных пород, преимущественно в слоях поздней

древесины, расположены смоляные ходы — межклеточные пространства, заполненные смолой.

Срубленная древесина состоит из одревеневших клеточных оболочек. Оболочки клеток сложены из нескольких слоев очень тонких волоконцев, называемых микрофибриллами. Они компактно уложены и направлены по спиралям под разными углами к продольной оси клетки (как у каната). Это обеспечивает прочность материала при растяжении. Микрофибрилла состоит из длинных нитевидных цепных молекул целлюлозы — высокомолекулярного природного полимера $(C_6H_{10}O_5)_n$, где $n > 2500$, со сложным строением макромолекул. Макромолекулы целлюлозы имеют высокую прочность на растяжение, изгиб и вытянутую форму.

Между микрофибриллами содержатся органические вещества — лигнин и гемицеллюлоза. Есть небольшое количество неорганических веществ в виде солей щелочноземельных металлов. Наличие лигнина обеспечивает прочность древесины при сжатии. Толщина стенок клеток определяет плотность древесины. Эта толщина, а также толщины составляющих слоев могут заметно различаться не только у разных пород деревьев, но и у деревьев одной породы, что вызвано различиями в природных условиях роста.

2. ВИДЫ ВЛАГИ В ДРЕВЕСИНЕ

Влажность древесины выражается в (%) по отношению к массе сухой древесины. Вода в древесине может находиться в трех видах — объемном, физически и химически связанном. Благодаря волнистому строению и большой пористости древесина обладает огромной внутренней поверхностью, которая легко сорбирует водяные пары из воздуха (гигроскопичность).

Влажность, которую приобретает древесина в результате длительного нахождения на воздухе или в помещении, называют равновесной. Равновесная влажность зависит от температуры и относительной влажности окружающего воздуха. При хранении на воздухе под навесом древесина имеет равновесную влажность 15...18%; при хранении древесины внутри помещения — 5...8%. Свежесрубленная древесина может содержать от 35 до 120% влаги. При нахождении древесины долгое время под водой она может иметь влажность до 200%.

Стандартной принято считать 12%-ную влажность. Понятие стандартной влажности необходимо для обеспечения возможности сравнения результатов испытаний древесины при определении средней плотности, прочности и т.д.

Влажность древесины, при которой стенки клеток насыщены водой (предельное содержание гигроскопической влаги), а полости и межклеточные пространства свободны от воды, называют пределом гигроскопической влажности. Для древесины различных пород она колеблется от 23 до 35% (в среднем 30%) от массы сухой древесины.

Водные оболочки гигроскопической влаги, покрывающие поверхность стенок клеток, раздвигают их, снижают силы сцепления между ними. При этом, объем и масса древесины увеличиваются, а прочность снижается. Колебания влажности от 0 до предела гигроскопичности вызывают влажностные деформации: разбухание или усушку древесины.

Объемная влага, накапливаясь в полостях клеток и заполняя пустоты, существенно не изменяет расстояния между клетками и поэтому не влияет на прочность и объем древесины, увеличивая лишь ее массу. В конструкциях и изделиях для разных условий эксплуатации необходимо использовать методы защиты древесины.

К ним относятся: конструктивная защита (проветривание, исключение попадания влаги и др.), а также объемная или поверхностная обработка древесины (пропитка или покрытие антисептиками, антипиренами, покрытие мастиками, красками, лаками и др.).

3. Лабораторный практикум. «Физико-механические свойства древесины»

3.1. Определение равновесной влажности и средней плотности древесины

Существует несколько методов определения влажности древесины: стандартный, по электропроводности, расчет равновесной влажности по номограммам.

Стандартный метод (ГОСТ 16483.7—71) [5] основан на непосредственном определении содержания влаги в образцах древесины

Для определения влажности древесины проф. Н.Н. Чулицкого) с помощью психрометра измеряют влажность воздуха в помещении, где выдерживались образцы. Психрометр является точным прибором и имеет два термометра (рис. 3).

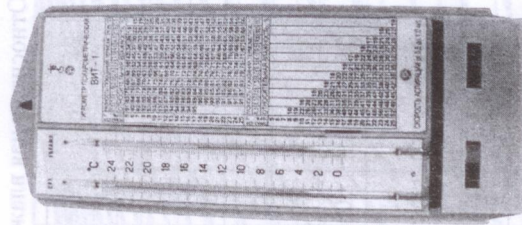


Рис. 3. Внешний вид психрометра

Один — обычный спиртовой термометр для измерения температуры окружающего воздуха, его обычно называют «сухим». Кончик второго термометра обмотан тканевым фитилем и опущен в емкость с водой. За счет испарения влаги увлажненный термометр охлаждается. Такой термометр называют «влажным». Для определения относительной влажности (φ, %) снимают показания с сухого и влажного термометров; затем используют психрометрическую таблицу (табл. 1), в которой входными величинами являются показания сухого термометра и разница температур сухого и влажного термометров. На пересечении данных величин определяют искомое значение φ. Результаты измерений заносят в лабораторный журнал.

по потере ими массы при высушивании в сушильном шкафу при температуре $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ до постоянной массы.

Метод определения влажности по электропроводности (экспресс-метод) основан на изменении электропроводности древесины в зависимости от ее влажности. Для испытания применяют прибор — электровагомер, снабженный двумя иглами-датчиками. Иглы погружают в древесину на глубину 8 мм и через них пропускают слабый электрический ток. Влажность (в диапазоне до 30 %) измеряют по шкале прибора с погрешностью не более 1...1,5 %. Однако прибор дает возможность определить влажность только в месте контакта иглолок с древесиной.

Расчет равновесной влажности по номограммам, применяемый для древесины со связанной влагой, основан на том, что связанная (или гигроскопическая) влажность древесины зависит от температуры и влажности окружающего воздуха. Для того, чтобы стандартный образец приобрел равновесную влажность, его необходимо выдержать в помещении с постоянным температурно-влажностным режимом не менее 2—3 сут. Номограммы равновесной влажности древесины составлены на основании экспериментов. Обычно используют номограмму равновесной влажности проф. Н.Н. Чулицкого*.

З а д а н и е. Определить равновесную влажность и среднюю плотность древесины.

Цель: изучить методику определения равновесной влажности по номограмме Н.Н. Чулицкого и средней плотности древесины.

Приборы: штангенциркуль с погрешностью измерения не более 0,1 мм, электронные весы, психрометр и психрометрическая таблица, номограмма равновесной влажности древесины.

Материалы: стандартные чистые (без пороков) образцы-призмы из древесины с основанием 20×20 мм и высотой вдоль волокон 30 мм.

* Чулицкий Николай Николаевич (1902—1960 гг.), доктор технических наук, профессор Московского лесотехнического института; один из создателей технологии изготовления переломных пластиков и ряда клееных материалов для деталей самолетов, полководных лодок и других изделий оборонной промышленности. Разработал теоретические основы сушки древесины. С 1948 по 1960 гг. заведовал кафедрой столярно-механических производств, а также фанерных производств МЛТИ. Под его руководством проводились работы по автоматизации технологических процессов мебельной промышленности, созданию первой системы допусков и посадок для изделий из древесины и другим вопросам деревообработки. Читал лекции в МЛТИ, МАИ, МАТИ, работал в ЦАГИ и ВИАМс.

Психрометрическая таблица

Показания сухого тер- мометра, °C	Разность показаний сухого и влажного термометров, °C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	100	92	80	71	61	52	44	36	27	20
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40
27	100	93	85	78	71	64	58	52	47	41
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42
29	100	93	86	79	72	65	59	54	49	43
30	100	93	86	79	73	66	60	55	50	44

Относительная влажность, %

Показания психрометра:

температура по сухому термометру _____ °C;
 температура по влажному термометру _____ °C;
 разность показаний термометр _____ °C.
 Относительная влажность воздуха в помещении (по психрометрической таблице) $\phi =$ _____ %.

Затем на номограмме равновесной влажности древесины (рис. 4) откладывают значения температуры и влажности воздуха по соответствующим осям и находят точку пересечения перпендикуляров из указанных координат. По наклонным линиям находят ближайшее к найденной точке значение влажности древесины с погрешностью не более 0,5 %.

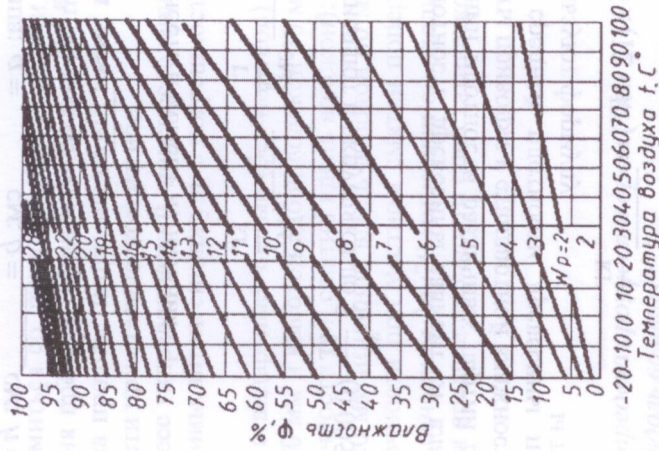


Рис. 4. Номограмма равновесной влажности древесины (проф. Н.Н. Чулицкого)

Равновесная влажность образца (по номограмме)
 $W_p =$ _____ %.

При оценке влажности древесины по номограмме равновесной влажности вполне достоверные результаты можно получить только в том случае, когда древесина долго находилась в помещении с определенным температурно-влажностным режимом (например, для изделий толщиной до 20 мм не менее 2...3 сут) и приобрела равновесную влажность.

Для определения средней плотности древесины при влажности в момент испытания (ГОСТ 16483.1—84) [6] образцы-призмы взвешивают с погрешностью не более 0,001 г. Размеры поперечного сечения и длину измеряют с погрешностью не более 0,1 мм по осям симметрии образцов. Результаты измерений и вычислений заносят в лабораторный журнал.

Размеры образца: $a = \dots$ см; $b = \dots$ см; $h = \dots$ см.

Объем образца $V_e = a \times b \times h = \dots$ см³.

Масса образца $m = \dots$ г.

Средняя плотность в момент испытания:

$$\rho_m^w = \frac{m}{V_e} = \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Результат вычисляют и округляют до $5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ($0,005 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$).

Поскольку плотность древесины зависит от влажности, то для сравнения значений плотности различных партий древесины полученные результаты приводят к стандартной влажности 12 %.

Для расчета средней плотности древесины при стандартной влажности используют формулу

$$\rho_m^{12} = \rho_m^w + 2,5 \times (12 - W) = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

где: ρ_m^{12} — средняя плотность образца древесины при стандартной

влажности, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

ρ_m^w — средняя плотность образца древесины с влажностью W в

момент испытания, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

W — влажность образца древесины в момент испытания, %.

Среднюю плотность древесины при стандартной влажности определяют как среднее арифметическое значение результатов испытаний не менее чем трех образцов.

3.2. Определение прочности древесины

З а д а н и е. Определить прочность древесины при сжатии вдоль волокон, при местном смятии поперек волокон, при статическом изгибе.

Цель: ознакомиться со стандартными методами экспериментального определения предела прочности древесины при сжатии вдоль волокон; предела прочности при местном смятии поперек волокон; предела прочности при статическом изгибе.

Приборы: пресс гидравлический, приспособления для испытаний образцов древесины, штангенциркуль с погрешностью измерения не более 0,1 мм.

Материалы: стандартные чистые (без пороков) образцы-призмы с сечением 20×20 мм и высотой вдоль волокон 30 мм (для определения предела прочности при сжатии вдоль волокон); образцы-призмы с сечением 20×20 мм и длиной вдоль волокон 60 мм (для определения предела прочности при местном смятии поперек волокон); образцы-призмы с сечением 20×20 мм и длиной вдоль волокон 300 мм (для определения предела прочности при статическом изгибе).

Х о д р а б о т ы

Определение предела прочности древесины

при сжатии вдоль волокон

(ГОСТ 16483.10—73. Древесина. Метод определения предела прочности при сжатии вдоль волокон) [7].

Для определения предела прочности при сжатии древесины вдоль волокон перед испытанием вычисляют площадь поперечного сечения образца-призмы F (см²), измеряя его размеры посередине длины с погрешностью не более 0,1 мм.

Площадь поперечного сечения $F = \dots$ см².

Образец помещают строго по центру плиты пресса (в приспособление для испытания на сжатие) и нагружают равномерно с такой скоростью, чтобы он разрушился через $(1,0 \pm 0,5)$ мин после начала нагружения (рис. 5). Разрушающую нагрузку P измеряют с погрешностью не более 1 %.

Разрушающая нагрузка $P = \dots$ кН.

Предел прочности образца при сжатии вдоль волокон $R_{сж}^w$ (МПа) при влажности W в момент испытания определяют по формуле

$$R_{сж}^w = \left(\frac{P}{F}\right) \times 10 = \dots \text{ МПа,}$$

где P — разрушающая нагрузка, кН;

F — площадь поперечного сечения образца, см².

Результат вычисляют и округляют до 0,5 МПа.

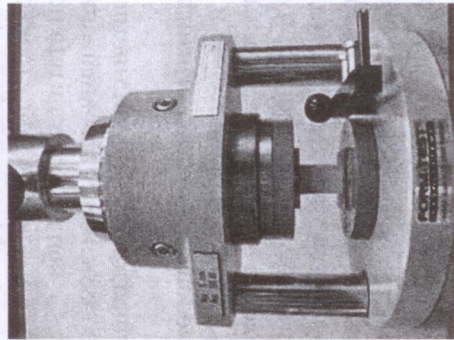


Рис. 5. Испытание древесины при сжатии вдоль волокон

Предел прочности древесины при сжатии вдоль волокон вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытаний не менее чем трех образцов.

Для пересчета предела прочности древесины при сжатии вдоль волокон к стандартной влажности (12 %) используют формулу

$$R_{сж}^{12} = R_{сж}^w \times [1 + \alpha \times (W - 12)] = \dots \text{ МПа,}$$

где $R_{сж}^w$ — предел прочности образца древесины при сжатии вдоль волокон с влажностью W в момент испытания, МПа;

W — влажность образца древесины в момент испытания, %;

$\alpha = 0,04$ — поправочный коэффициент на влажность, показывающий, насколько изменяется прочность при изменении влажности на 1 %.

Определение предела прочности древесины при местном смятии поперек волокон

(ГОСТ 16483.2—70. Древесина. Метод определения условного предела прочности при местном смятии поперек волокон) [8].

В лабораторных условиях испытания проводят на образцах в виде прямоугольных призм с основанием 20×20 мм и длиной вдоль волокон 60 мм. Образец укладывают на центр плиты пресса тангенциальной или радиальной поверхностью кверху. Усилие на образец передается через пуансон (металлическая накладка), устанавливаемый крестообразно на образец. Ширина рабочей площадки пуансона, вдавливаемой в древесину — 20 мм. Из-за того, что ребра пуансона закруглены ($R = 2$ мм), расчетная ширина принимается 18 мм.

Таким образом, площадь, воспринимающая нагрузку при испытании $F = (1,8 \times b)$ см², где b — ширина образца, см.

Площадь образца, воспринимающая нагрузку $F = \dots$ см².

В процессе нагружения образца через каждые 200 Н для мягких пород и 400 Н для твердых пород измеряют деформацию образца с погрешностью не более 0,01 мм. Испытания продолжают до превышения условного предела прочности, это характеризуется резким увеличением деформации. По результатам измерений строят диаграмму (рис. 6) зависимости деформаций древесины от приложенной силы.

На диаграмме (см. рис. 6) после некоторого прямолинейного участка, на котором деформация пропорциональна приложенной силе, появляется криволинейный участок, когда деформации начинают расти очень быстро, т.е. появляется пластическая деформация. За разрушающую нагрузку принимают ординату точки перехода прямолинейного участка в явно криволинейный. В лабораторной работе за разрушающее усилие $P_{усл}$ (кН) принимают усилие, при котором деформации начинают расти непропорционально, пуансон войдет в образец на 2...4 мм, а на торцах образца появятся первые трещины (рис. 7).

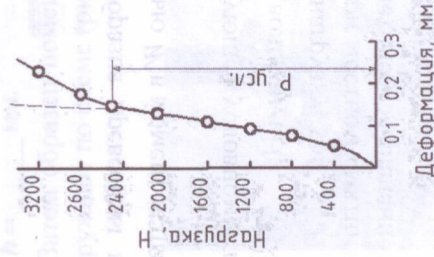


Рис. 6. Диаграмма деформации образца древесины при местном смятии поперек волокон

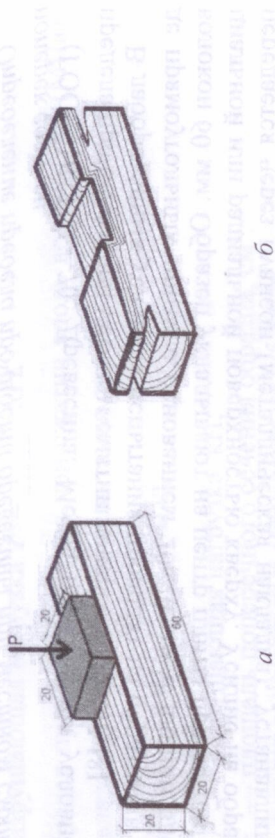


Рис. 7. Внешний вид образца древесины при местном смятии при определении условного предела прочности при местном смятии поперек волокон:

a — образец до испытания; *b* — образец после испытания

Разрушающее усилие $P_{\text{усл}} = \dots$ кН.

Значение напряжений, соответствующее разрушающей нагрузке, принимают за условный предел прочности древесины при местном смятии поперек волокон.

По найденному $P_{\text{усл}}$ рассчитывают условный предел прочности образца при смятии поперек волокон $R_{\text{см}}^w$ (МПа) по формуле

$$R_{\text{см}}^w = \left(\frac{P_{\text{усл}}}{F} \right) \times 10 = \dots \text{ МПа},$$

где $R_{\text{см}}^w$ — условный предел прочности образца древесины при местном смятии поперек волокон с влажностью W в момент испытания, МПа;

$P_{\text{усл}}$ — разрушающее усилие, соответствующее условному пределу прочности при местном смятии поперек волокон, кН;

F — площадь образца, воспринимающая нагрузку, см^2 .

Условный предел прочности древесины при местном смятии поперек волокон вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытаний не менее чем трех образцов.

Для пересчета условного предела прочности при местном смятии поперек волокон к стандартной влажности (12 %) используют формулу

$$R_{\text{см}}^{12} = R_{\text{см}}^w \times [1 + \alpha \times (W - 12)] = \dots \text{ МПа},$$

где $R_{\text{см}}^w$ — условный предел прочности образца древесины при местном смятии поперек волокон с влажностью W в момент испытания, МПа;

α — поправочный коэффициент на влажность, показывающий, насколько изменяется прочность при изменении влажности на 1 % (для всех пород древесины); $\alpha = 0,035$;

W — влажность образца древесины в момент испытания, %.

Определение предела прочности древесины при статическом изгибе (ГОСТ 16483.3—84. Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе) [9].

Сущность метода заключается в определении максимальной нагрузки при разрушении образца и вычислении предела прочности при изгибе.

Образцы изготавливают в форме прямоугольной призмы с поперечным сечением 20×20 мм и длиной вдоль волокон 300 мм. На средине длины образца измеряют ширину b и высоту h с погрешностью не более 0,1 мм.

$$b = \dots \text{ мм};$$

$$h = \dots \text{ мм}.$$

Затем образец помещают в испытательную машину (рис. 8, *a*) и нагружают по схеме (рис. 8, *б*).

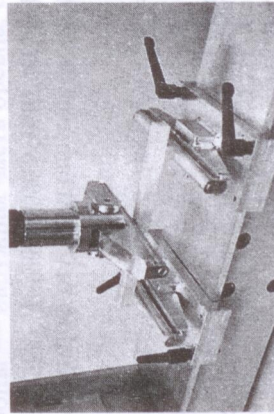


Рис. 8. Испытание древесины при статическом изгибе

Для этого используют приспособление, обеспечивающее изгиб образца приложением нагрузки к его боковой поверхности в середине расстояния между центрами опор. Радиус закругления опор и нагружающего ножа должен быть 30 мм. Скорость нагружения образца $(1350 \pm 150) \frac{H}{мин}$. Образец доводят до разрушения и определяют максимальную нагрузку $P_{разр}$ (Н) с погрешностью не более 1 %.

Предел прочности при статическом изгибе образца $R_{и}^w$ (МПа) вычисляют по формуле

$$R_{и}^w = \frac{3 \times P_{разр} \times l}{2 \times b \times h^2} = \text{МПа},$$

где $R_{и}^w$ — предел прочности образца древесины при статическом изгибе с влажностью W в момент испытания, МПа;

$P_{разр}$ — разрушающая нагрузка, Н;

l — расстояние между центрами опор; $l = 240$ мм;

b, h — соответственно ширина и высота образца, мм.

Прочность древесины при статическом изгибе находят как среднее арифметическое значение результатов испытаний не менее чем трех образцов.

Для пересчета предела прочности при статическом изгибе к стандартной влажности (12 %) используют следующую формулу:

$$R_{и}^{12} = R_{и}^w \times [1 + \alpha \times (W - 12)] = \text{МПа},$$

где $R_{и}^w$ — предел прочности образца древесины при статическом изгибе с влажностью W в момент испытания, МПа;

W — влажность образца древесины в момент испытания, %;

α — поправочный коэффициент на влажность, показывающий, насколько изменяется прочность при изменении влажности на 1 % (для всех пород древесины); $\alpha = 0,04$.

4. ЛЕСОМАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Лесоматериалами (лесным сортаментом) называют материалы из древесины, сохранившие ее природную физическую структуру и химический состав. Их подразделяют на необработанные (круглые) и обработанные (пиломатериалы, колотые материалы, шпон и др.). Изделия из древесины получают механической обработкой лесных материалов.

Круглые лесоматериалы (очищенные от сучьев и коры отрезки стволов):

— бревна строительные и пиловочные (очищенные от коры стволы): \varnothing (диаметр) верхнего торца ≥ 14 см, длина 4—6,5 м, торцы опилены под прямым углом к продольной оси;

— оцилиндрованные бревна, обработанные на токарном станке и имеющие одинаковый диаметр;

— подтоварник — \varnothing верха 8...13 см, длина = 3...9 м;

— жерди — \varnothing верха 3...8 см, длина = 3...9 м.

В современном строительстве подтоварник и жерди используются редко. Они находят применение только в индивидуальном строительстве.

Пиломатериалы получают при продольной распиловке бревен, они имеют шершавую поверхность. По форме поперечного сечения различают: пластины (распиловка на две половины); четвертины (по двум взаимно-перпендикулярным диаметрам); горбыль (с одной стороны — наружная часть бревна, с другой стороны — плоская поверхность); доски (необрезные, с неопиленными кромками (иногда с обзолами) и обрезные, с опиленными кромками); брусья (квадратные или прямоугольные).

Для изготовления качественных пиломатериалов и изделий из древесины необходимо производить сушку бревен до их распиловки или использовать термостабилизированную (обработанную при длительном воздействии высоких температур (230—240 °С) и давления до 0,2 МПа без доступа кислорода, с периодической подачей водяного пара) древесину, которую подвергают распиловке. С 2004 года в Российской Федерации запрещается изготовление изделий из древесины с химической пропиткой.

Из древесины изготавливают следующие изделия:

- погонажные: шпунтованные доски, вагонка, профильные изделия (наличники, плинтусы, галтели, штапики, раскладки, нащельники, рейки и др.), измеряются погонными метрами;
- изделия для паркетных полов: штучные паркетные клепки или планки, ковры, щиты, доски;
- изделия для лестниц: балясины, столбы, перила, ступени, подступенки, тетивы и другие;
- фанеру: двух-, трех-, четырех- ... десятислойную, в том числе и водостойкую;
- столярные плиты (склеенные деревянные рамы или рейки в сплошную плиту больших размеров с последующей оклейкой шпоном с одной или двух сторон);
- столярные изделия: оконные блоки (коробки, рамы), в том числе для стеклопакетов, дверные блоки (коробки и полотна);
- строительные конструкции и детали: стеновые щиты, балки, фермы, арки, стропила, лаги, щиты опалубки и другие, в том числе клееные.

Из отходов древесины производят:

- древесностружечные плиты (ДСП), древесноволокнистые плиты (ДВП), ламинат, цементно-стружечные плиты (ЦСП), ориентированно-стружечные плиты (ОСП), фибролит, арболит и другие.

5. ПОРОКИ ДРЕВЕСИНЫ

На рис. 9–13 показаны основные пороки древесины.

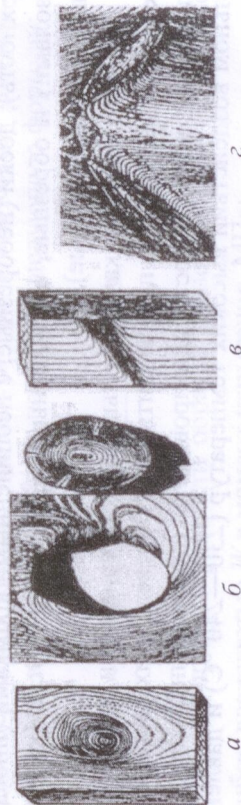


Рис. 9. Виды сучков:

- а* — сросшийся здоровый; *б* — несросшийся (выпадающий);
- в* — сшивной; *г* — лапчатый

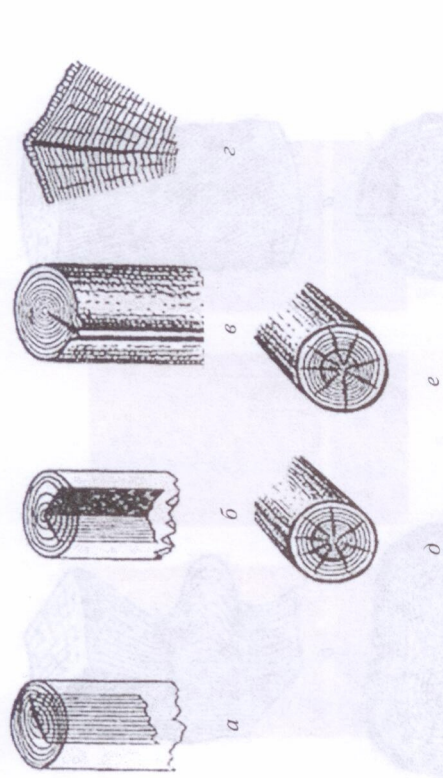


Рис. 10. Виды трещин:

- а, б* — метиковая простая и сложная; *в, г* — морозобоина открытая и закрытая; *д, е* — отлуп кольцевой и частичный

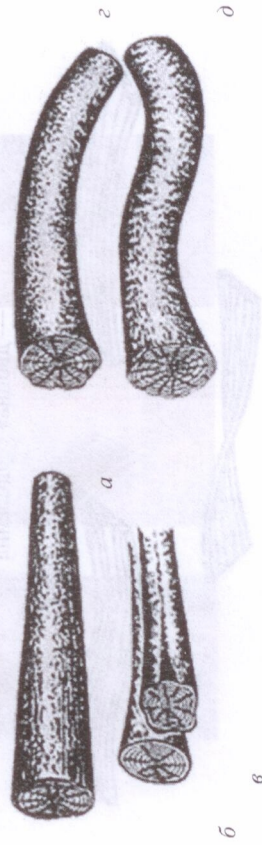


Рис. 11. Виды пороков формы ствола:

- а* — большая сбежистость; *б, в* — закомелистость округлая и ребристая; *г, д* — кривизна простая и сложная

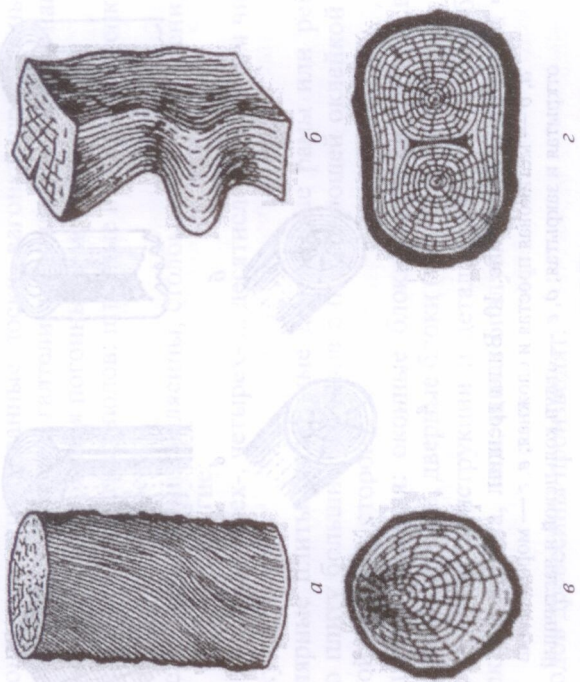


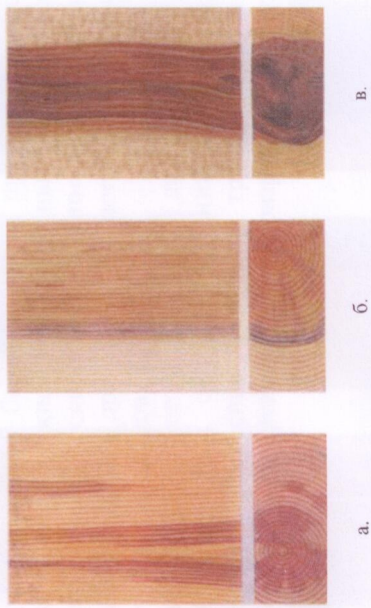
Рис. 12. Виды пороков строения:

а — наклон волокон; б — свилеватость; в — крень; з — двойная сердцевина

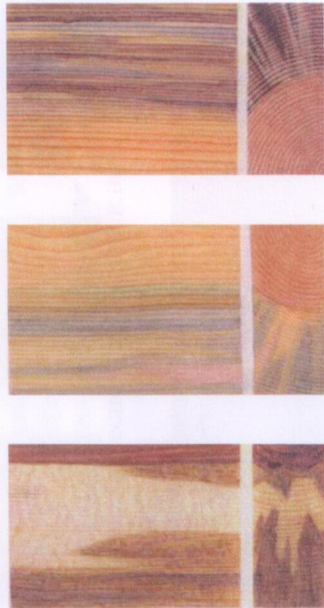


Рис. 13. Виды покоробленностей:

а — продольная простая; б — продольная сложная; в — крыловатость



Грибные ядровые пятна и полосы:
а - срез сосны, б - срез ели, в - срез березы



Разновидности окрасок:
а - Побурение (береза), б - Заболонные грибные окраски (синевя, розовая и коричневая окраска, срез сосны), в - Заболонные грибные окраски (коричневая окраска и синевя, срез сосны)

5.1. Химические окраски и грибные поражения

Неестественные окраски возникают в срубленном дереве в результате химических и биохимических процессов, в большинстве случаев вызывающих окисление дубильных веществ. Бывают светлые и темные химические окраски, они не влияют на физико-механические свойства древесины, но могут портить внешний вид облицовочных материалов.

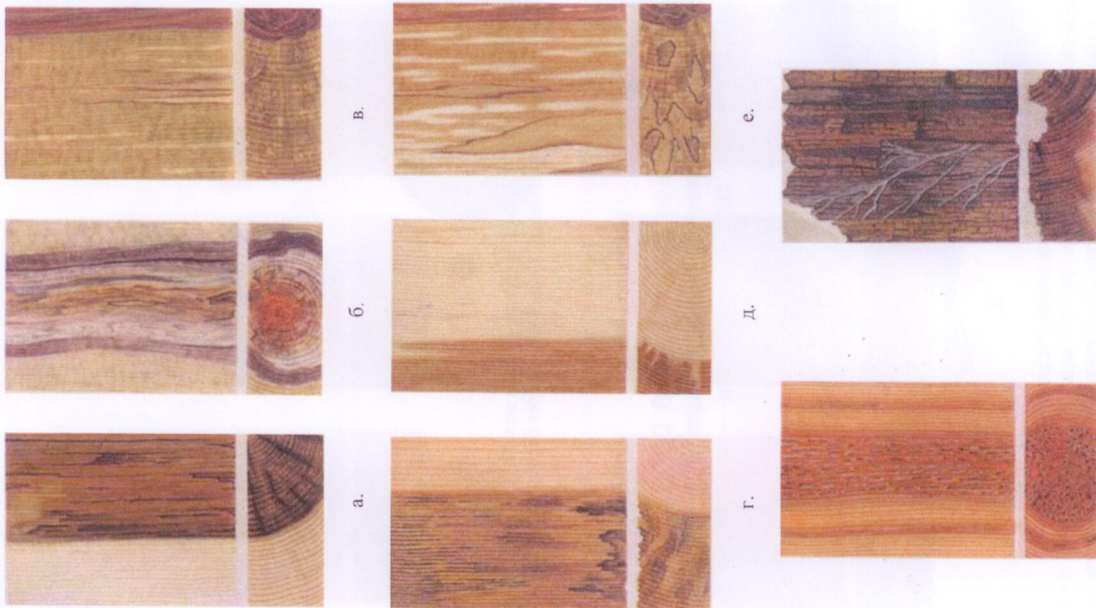
Ядровая гниль развивается в растущем дереве под действием деструктивных грибов, существенно снижает механические свойства и сортность древесины. Наружная трухлявая гниль возникает вследствие поражения древесины деструктивными грибами.

5.2. Прочие пороки

Червоточины называют ходы и отверстия, проделанные в древесине насекомыми. Различают червоточину: поверхностную, проникающую в древесину не более чем на 3 мм; неглубокую, проникающую в древесину не более чем на 15 мм в круглые материалы и не более 5 мм в пиломатериалы; сквозную, выходящую на две противоположные стороны материала.

Инеродные включения — это присутствующие в древесине сторонние тела недревесного происхождения: песок, камни, гвозди, пули, дробь и т.п.

Механические повреждения являются следствием небрежного или неумелого применения механизмов и инструментов при рубке, транспортировке, обработке древесины: заруб, запил, вырыв, и т.п.



ж.

з.

Разновидности гнили:

а - Бурая трещиноватая гниль (срез ели), б - Белая волокнистая гниль (срез березы), в - Твердая заболонная гниль (срез березы), г - Мягкая забеленная гниль (сосна), д - Твердая заболонная гниль (ель), е - Мягкая заболонная гниль (береза), ж - Пестрая ситовая гниль (сосна), з - Наружная трухлявая гниль (срез сосны).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строительные материалы: учебник / под общ. ред. В.Г. Микульского и Г.П. Сахарова. Москва : АСВ, 2011.
2. Строительные материалы: учебник / К.Н. Попов, М.Б. Каддо. Москва : Студент, 2012.
3. Материаловедение. Отделочные работы: учебник / В.А. Смирнов, Б.А. Ефимов, О.В. Кульков, И.В. Баландина, Н.А. Сканави. Москва : Академия, ОАО Московские учебники, 2011.
4. Строительное материаловедение: учебное пособие для студентов спец. вузов / под общ. ред. В.А. Невского. Ростов-н.-Д.: Феникс, 2007.
5. ГОСТ 16483.7—71. Древесина. Методы определения влажности.
6. ГОСТ 16483.1—84. Древесина. Метод определения плотности.
7. ГОСТ 16483.10—73. Древесина. Метод определения предела прочности при сжатии вдоль волокон.
8. ГОСТ 16483.2—70. Древесина. Метод определения условного предела прочности при местном смятии поперек волокон.
9. ГОСТ 16483.3—84. Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Строение и состав древесины.....	4
2. Виды влаги в древесине.....	8
3. Лабораторный практикум. Физико-механические свойства древесины).....	9
3.1. Определение равновесной влажности и средней плотности древесины.....	9
3.2. Определение прочности древесины.....	15
4. Лесоматериалы и изделия из древесины.....	22
5. Пороки древесины.....	24
5.1. Химические окраски и грибные поражения.....	25
5.2. Прочие пороки.....	25
Библиографический список.....	26

Издательство «АСВ»
Москва

Издательство «Студент»
Москва

Издательство «Академия»
Москва

Издательство «Феникс»
Ростов-на-Дону

Издательство «Академия»
Москва

Издательство «Академия»
Москва

Издательство «Академия»
Москва

Издательство «Академия»
Москва

Издательство «Академия»
Москва

Издательство «Академия»
Москва

Учебное издание

**Орешкин Дмитрий Владимирович,
Баландина Ирина Викторовна,
Ткач Евгения Владимировна и др.**

ДРЕВЕСИНА

Методические указания
к лабораторному практикуму

Редактор *Н.С. Плоткина*
Корректор *В.К. Чукурова*

Компьютерная правка и верстка *Н.В. Макаровой*

Подписано в печать 20.03.2014. Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.
И-205. Усл.-печ. л. 1,6. Уч.-изд. л. 1,2. Тираж 100 экз. Заказ № 102

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

Издательство МИСИ-МГСУ.

Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-17, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95,

e-mail: gis@mgisu.ru, gio@mgisu.ru

Отпечатано в типографии Издательства МИСИ-МГСУ.

тел. (499) 183-91-90, (499) 183-67-92, (499) 183-91-44

129337, г. Москва, Ярославское ш., д.26