

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра лесозащиты и древесиноведения

ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ С ОСНОВАМИ ЛЕСНОГО ТОВАРОВЕДЕНИЯ

**Программа, методические указания и контрольные
задания для студентов специальности 1-46 01 02
«Технология деревообрабатывающих производств»
заочной сокращенной формы обучения**

Минск 2011

УДК 630.81(076)
ББК 37.11я7
Д73

Рассмотрены и рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

Составитель *Э. Э. Пауль*

Рецензент

кандидат технических наук, заведующий кафедрой технологии
и дизайна изделий из древесины *С. В. Шетько*

По тематическому плану изданий учебно-методической литературы на 2011 год. Поз. 116.

Предназначены для студентов специальности 1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих производств» заочной сокращенной формы обучения.

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2011

ВВЕДЕНИЕ

«Древесиноведение с основами лесного товароведения» является базовой дисциплиной при подготовке инженеров-технологов для деревообрабатывающей отрасли производства, так как служит теоретическим основанием для последующего изучения специальных технологических дисциплин. Поэтому студент должен четко усвоить, что только глубокое и полное изучение данного предмета позволит в дальнейшем успешно овладеть такими дисциплинами, как «Резание древесины и дереворежущий инструмент», «Технология лесопильного производства», «Гидротермическая обработка и защита древесины», «Технология изделий из древесины», «Технология производства мебели», «Комплексное использование древесины» и др. Знание древесиноведения крайне необходимо специалистам-деревообработчикам также и для инженерной и научной деятельности в деле усовершенствования существующих и при разработке новых технологических процессов переработки древесины. В результате изучения дисциплины студент должен:

- знать достоинства и недостатки древесины как материала, ее химический состав, макро-, микро- и субмикроскопическое строение, физические, механические и технологические свойства, пороки древесины и их влияние на качество, технические характеристики, области применения основных лесопромышленных пород, виды круглых, пиленых и композиционных материалов, полученных из древесины, и их товароведческие характеристики;

- уметь идентифицировать древесные породы по макропризнакам древесины;

- владеть методикой определения основных физических и механических свойств древесины;

- уметь распознавать пороки древесины и оценивать их влияние на качество изделий из древесины;

- производить обмер и учет древесного сырья и готовой продукции из древесины;

- представлять пути и методы рационального и комплексного использования древесного сырья.

Изучение дисциплины следует начать с внимательного прочтения программы дисциплины, необходимо уяснить ее структуру и содержание,

а также последовательность изучения тем и вопросов. Затем, пользуясь программой, рекомендованной литературой и настоящими методическими указаниями, творчески проработать все разделы программы. Для проверки полноты усвоения материала следует ответить на вопросы для самопроверки и только после этого можно приступить к написанию контрольной работы. Если в процессе изучения материала или при выполнении контрольной работы у студента возникнут трудности, то следует обратиться на кафедру для получения консультации, согласно установленному графику консультаций.

Работа выполняется самостоятельно, разборчивым подчерком в ученической тетради, в которой оставляется поле шириной 3–4 см для замечаний преподавателя. При необходимости текст может быть проиллюстрирован рисунками, схемами и дополнен небольшими таблицами. Ксерокопии рисунков и таблиц не допускаются.

Контрольная работа должна представляться в университет в сроки, установленные учебным графиком для студента-заочника. После получения из университета прорецензированной и допущенной к защите работы необходимо исправить все отмеченные преподавателем недостатки и представить ее к дате защиты. Если работа не допущена к защите, то студент должен после устранения ошибок представить работу на повторное рецензирование.

При защите работы студент должен ответить на вопросы контрольной работы, а также знать ответы на приведенные в указаниях вопросы для самопроверки. Защищенная контрольная работа предьявляется преподавателю при сдаче экзамена.

Контрольная работа, выполненная не в соответствии с указаниями преподавателя, которые были даны на установочных занятиях, и требованиями, изложенными в настоящих методических указаниях, будет возвращена без рецензирования.

1. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ *

1.1. Строение древесины и коры

1.1.1. Значение древесины в экономике и лесном комплексе

Древесиноведение с основами лесного товароведения как учебная дисциплина, ее место и роль в подготовке инженеров-технологов деревообрабатывающих и мебельных производств. Лесной фонд и древесные ресурсы Республики Беларусь. Лесной комплекс и его структура. Динамика потребления древесины. Значение комплексного и рационального использования лесных ресурсов. Краткий очерк развития науки о древесине и лесного товароведения.

1.1.2. Макроскопическое строение древесины и коры

Части растущего дерева: корни, ствол и крона, их относительный объем и лесопромышленное использование. Главные разрезы ствола. Анатомические зоны ствола: кора, камбий, древесина, сердцевина. Породы ядровые, спелодревесные и заболонные. Особенности формирования годичных слоев. Ранняя и поздняя древесина годичного слоя. Типы сердцевинных лучей, их видимость на разрезах древесины. Сосуды, их размеры и расположение в годичном слое. Смоляные ходы, их наличие и размеры в древесине хвойных пород. Определение древесных пород по макропризнакам древесины.

1.1.3. Микроскопическое строение древесины

Методы изучения микроскопического строения древесины. Паренхимные и прозенхимные клетки растений. Взаимосвязь строения анатомических элементов древесины с физиологическими функциями растущего дерева. Характер расположения и особенности строения ранних и поздних трахеид годичного слоя. Окаймленные поры, их строение и расположение. Строение сердцевинных лучей и смоляных ходов. Строение древесины лиственных пород. Основные анатомические

* Программа составлена доктором биологических наук, профессором Н. И. Федоровым.

элементы древесины лиственных пород: либриформ, сосуды, сердцевинные лучи, древесная паренхима. Микроскопическое строение древесины ветвей и корней.

1.1.4. Строение клеточной стенки древесины

Строение камбия и его роль в образовании биомассы дерева. Процесс образования новых клеток древесины и формирования клеточной стенки. Органические вещества клеточной стенки древесины. Первичная и вторичная оболочки клеточной стенки. Слоистое строение вторичной оболочки. Фибриллярная теория строения клеточной стенки древесины. Взаимосвязь тонкого строения клеточных стенок с физическими и механическими свойствами древесины. Микроскопическое строение коры. Анатомические элементы коры хвойных и лиственных пород.

1.2. Химические свойства древесины

1.2.1. Химический состав древесины

Элементный химический состав древесины. Органические и минеральные вещества древесины и коры. Содержание органических веществ в древесине хвойных и лиственных пород. Характеристика целлюлозы. Строение макромолекулы целлюлозы. Виды целлюлозных образований: элементарная фибрилла, микро- и макрофибриллы, их расположение в клеточной стенке. Гемицеллюлозы (полиозы). Состав нецеллюлозных полисахаридов: гексозаны, пентозаны, полиурониды, их характеристика и содержание. Строение лигнинов хвойных и лиственных пород. Экстрактивные вещества древесины: смолы, таннины, камеди, красящие вещества и др.

1.2.2. Химическая переработка древесины

Получение и использование целлюлозных материалов. Промышленные способы получения целлюлозы: кислотные (сульфитный и бисульфитный), щелочные (сульфатный, натронный и нейтральный). Виды целлюлозы и древесной массы. Гидролиз целлюлозы. Процесс гидролиза и продукты, получаемые при гидролизе. Термическое разложение древесины и коры. Процесс пиролиза. Основные продукты пиролиза. Теплота сгорания древесины и использование древесины в

качестве альтернативного источника получения тепловой энергии. Подсочка хвойных пород. Живица и продукты, получаемые из нее. Химическая переработка древесной зелени.

1.3. Физические свойства древесины

1.3.1. Внешний вид и макроструктура древесины

Цвет древесины. Визуальные и оптические методы определения цвета. Изменение цвета древесины под воздействием ряда факторов. Крашение древесины. Блеск древесины, его значение при использовании древесины в мебельном производстве. Текстура древесины, ее зависимость от древесной породы, направления разреза. Показатели макроструктуры древесины: число годичных слоев в 1 см, равнослойность, процент поздней древесины в годичном слое, степень равноплотности. Способы их определения и использования для визуальной оценки качества древесины.

1.3.2. Влажность древесины. Методы определения

Показатели содержания воды в древесине. Прямые и косвенные методы определения влажности древесины. Характер распределения влаги в стволах свежесрубленных деревьев хвойных и лиственных пород в зависимости от высоты и диаметра ствола, сезона года и других факторов. Влажность коры древесных пород. Влажностные состояния древесины.

1.3.3. Предел гигроскопичности древесины

Особенности распределения влаги в древесине. Свободная и связанная влага. Свойства связанной влаги и ее влияние на свойства древесины. Предел насыщения клеточных стенок и предел гигроскопичности древесины. Методы определения предела гигроскопичности. Устойчивая и равновесная влажность древесины. Зависимость устойчивой влажности древесины от условий окружающей среды. Гистерезис сорбции.

1.3.4. Усушка древесины

Процесс высыхания свежесрубленной древесины на открытом воздухе. Градиент влажности. Влагопроводность древесины. Коэффициент влагопроводности и его зависимость от плотности древесины, зоны

ствола, структурного направления. Усушка древесины. Полная и частичная усушка древесины. Анизотропия усушки в различных структурных направлениях. Коэффициенты усушки. Методы определения усушки древесины.

1.3.5. Влагопоглощение и разбухание древесины

Физические основы взаимодействия древесины с водой. Сорбция водяного пара древесиной. Адсорбционная и микрокапиллярная влага. Локализация адсорбционной и капиллярной влаги в клеточной стенке. Метод определения влагопоглощения. Разбухание древесины. Показатели разбухания древесины и методы их определения. Давление набухания древесины. Методы определения.

1.3.6. Внутренние напряжения в древесине

Влажностные и остаточные напряжения в древесине. Остаточные напряжения в древесине после ее сушки и метод их количественного определения. Виды коробления древесины. Поперечное (структурное) коробление и изменение формы поперечного сечения досок и заготовок в зависимости от расположения в них годичных слоев. Коробление продольное и его причины. Водопоглощение древесины. Метод определения.

1.3.7. Плотность древесины и коры

Плотность древесинного вещества, абсолютно сухой и влажной древесины. Изменение плотности в зависимости от влажности древесины. Парциальная и базисная плотность древесины. Пористость древесины. Методы определения плотности и пористости древесины. Распределение древесных пород на группы по плотности древесины при нормализованной влажности. Плотность коры древесных пород. Связь плотности с прочностными свойствами древесины.

1.3.8. Тепловые свойства древесины

Показатели, характеризующие теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность и тепловое расширение древесины. Зависимость теплофизических характеристик от плотности, влажности, температуры и структурных направлений древесины. Методы определения.

1.3.9. Электрические и звуковые свойства древесины

Показатели, характеризующие электропроводность и электрическую прочность. Методы их определения. Диэлектрическая прони-

цаемость древесины и тангенс угла диэлектрических потерь. Звуковые свойства древесины. Скорость распространения звука в древесине. Акустическое сопротивление и логарифмический декремент звуковых колебаний. Звукоизолирующая и звукопоглощающая способность древесины. Резонансная способность древесины. Акустическая константа древесины.

1.4. Механические свойства древесины

1.4.1. Общие сведения о механических свойствах древесины

Классификация механических свойств древесины. Прочностные и упругие свойства древесины. Показатели механических свойств древесины. Предел прочности и предел пропорциональности древесины. Особенности механических испытаний древесины. Типы испытательных машин и методика проведения испытаний. Ускоренный метод определения механических свойств древесины. Статистическая обработка результатов механических испытаний.

1.4.2. Прочность древесины при сжатии и растяжении

Форма стандартных образцов при испытании древесины на сжатие вдоль и поперек волокон, местное смятие древесины. Показатели прочности древесины при сжатии вдоль и поперек волокон. Форма образца при испытании древесины на растяжение вдоль и поперек волокон. Показатели прочности древесины разных пород при растяжении вдоль и поперек волокон. Характер деформаций образцов после испытаний.

1.4.3. Прочность древесины при изгибе и скалывании

Форма образцов, метод испытаний, показатели предела прочности при статическом изгибе и скалывании. Характер деформации (излома) образцов. Три вида испытаний древесины на сдвиг. Приспособления и методы проведения испытаний. Показатели прочности древесины при скалывании вдоль и поперек волокон, перерезывании древесины.

1.4.4. Деформативность древесины

Показатели упругих постоянных древесины: модулей упругости, коэффициентов поперечной деформации (коэффициентов Пуассона) и модулей сдвига. Модули упругости древесины при сжатии вдоль и

поперек волокон, растяжении вдоль волокон, на статический изгиб. Форма образцов, процедура испытаний. Коэффициенты поперечной деформации и модули сдвига. Реологические свойства древесины. Усталость древесины. Предел выносливости древесины.

1.4.5. Технологические свойства древесины. Методы определения

Ударная вязкость древесины. Форма образца и процедура испытания на ударную вязкость при изгибе. Статическая и ударная твердость древесины. Форма образцов и методы определения статической и ударной твердости. Износостойкость и способность древесины удерживать металлические крепления. Способность древесины раскалываться и гнуться. Удельные характеристики механических свойств древесины.

1.4.6. Изменчивость свойств древесины

Изменчивость свойств древесины в пределах одного дерева (в радиальном направлении и по высоте ствола). Связь микроскопического строения и макроструктуры древесины с плотностью, основными прочностными и упругими характеристиками. Изменения свойств древесины под воздействием физических и химических факторов. Влияние высокотемпературной сушки пиломатериалов, повышенных температур и влажности, отрицательных температур на свойства древесины.

1.4.7. Стойкость древесины

Способность древесины сопротивляться воздействию физических, химических и биологических факторов. Относительная биостойкость древесины разных пород. Сроки службы лесоматериалов в зависимости от условий эксплуатации. Методы и средства повышения био- и огнестойкости древесины. Физические способы повышения биостойкости древесины. Химические методы повышения биостойкости древесины.

1.5. Пороки древесины

1.5.1. Сучки. Трещины

Классификация пороков древесины. Классификация сучков по форме разреза и положению в сорimente, степени срастания с окружающей древесиной, загниванию древесины сучка. Характеристика

видов и разновидностей сучков, встречающихся в круглых и пиленых лесоматериалах. Трещины растущего дерева: метиковые, отлупные, морозные. Их влияние на качество древесины. Трещины срубленной древесины: трещины усушки, трещины, возникающие при пропарке и пропитке.

1.5.2. Пороки строения древесины

Деление пороков строения на подгруппы. Пороки, характеризующие неправильное расположение волокон и годичных слоев: наклон волокон, свилеватость, завиток, крень и тяговая древесина. Их влияние на качество и способы измерения. Нерегулярные анатомические образования, сердцевина, пасынок, раны и ненормальные отложения в древесине. Условия и причины их возникновения. Измерение пороков строения древесины.

1.5.3. Грибные поражения древесины

Типы грибных поражений древесины. Биология и особенности развития деревоокрашивающих и дереворазрушающих грибов. Плесени и грибные окраски древесины. Типы стволовых гнилей хвойных и лиственных пород. Заболонные гнили заготовленных лесоматериалов. Наружная трухлявая гниль древесины.

1.5.4. Биологические повреждения и пороки формы ствола

Виды биологических повреждений древесины. Червотчины свежесрубленной древесины. Повреждения мебели, деревянных конструкций, вызываемые насекомыми (точильщики, домовые усачи, термиты и др.). Влияние на качество древесины.

Способы измерения. Пороки формы ствола: сбежистость, закомелитость, кривизна, наросты, их влияние на качество древесины. Способы измерения.

1.5.5. Химические окраски, механические повреждения и дефекты обработки

Характеристика химических окрасок и механических повреждений древесины. Влияние на качество древесины и способы измерения. Дефекты обработки пиломатериалов и шпона. Их влияние на качество продукции. Крыловатость, поперечная и продольная покоробленность пиломатериалов. Причины их возникновения. Способы измерения.

1.6. Основы лесного товароведения

1.6.1. Классификация и стандартизация лесных товаров

Понятие «товар». Классификация лесных товаров. Группы товаров, которые получают механическими, механохимическими и химическими методами. Классы и виды лесоматериалов. Общие сведения о стандартизации продукции. Категории стандартов: межгосударственные стандарты, СТБ, ОСТ, технические условия. Виды стандартов. Стандартизация и квалиметрия лесных товаров. Задачи и особенности стандартизации лесоматериалов. Лесная сертификация и ее роль в производстве экспортных лесоматериалов.

1.6.2. Круглые лесоматериалы хвойных пород

Виды круглых лесоматериалов. Классификация круглых лесоматериалов по назначению. Круглые лесоматериалы для продольной распиловки и строгания: пиловочные бревна, авиационный, резонансный, карандашный, судостроительный, тарный кряжи и др. Круглые лесоматериалы для лущения. Балансы. Лесоматериалы хвойных пород с целью использования в круглом виде: для мачт судов и радио, свай, гидротехнических сооружений, опор линий связи, строительства.

1.6.3. Круглые лесоматериалы лиственных пород

Характеристика круглых лесоматериалов лиственных пород, предназначенных для распиловки и строгания. Лесоматериалы лиственных пород для выработки целлюлозы и древесной массы (балансы). Лесоматериалы для лущения и использования в круглом виде. Нормы допускаемых пороков в лесоматериалах в зависимости от их сорта. Древесное сырье для сухой перегонки, углежжения, выработки дубильных экстрактов. Дрова для отопления.

1.6.4. Пиломатериалы хвойных и лиственных пород

Классификация пиломатериалов по форме поперечного сечения, размерам, характеру и степени обработки, способу распиловки, качеству древесины и назначению. Пиломатериалы хвойных и лиственных пород общего назначения. Технические условия, основные сортообразующие пороки хвойных пиломатериалов, правила приемки и маркировки. Пиломатериалы специального назначения. Строганный и лущеный шпон: виды, размеры и требования к качеству древесины.

1.6.5. Заготовки хвойных и лиственных пород

Заготовки общего назначения хвойных и лиственных пород. Заготовки специального назначения: авиационные, резонансные, лыжные, ложевые. Требования, предъявляемые к заготовкам в зависимости от их назначения. Шпалы деревянные для железных дорог широкой и узкой колеи. Методы испытаний пиломатериалов и заготовок. Экспортная продукция лесопиления и деревообработки.

1.6.6. Модифицированная древесина

Способы модифицирования (улучшения свойств) древесины. Прессование древесины. Технологический процесс производства прессованной древесины. Самосмазывающаяся прессованная древесина и сферы ее применения. Древесина механохимической модификации (лигнамон, дестам). Древесина, модифицированная фенолформальдегидными, фурановыми и полиэфирными смолами. Ацетилированная древесина. Свойства модифицированной древесины и области ее применения.

1.6.7. Композиционные древесные материалы

Классификация композиционных древесных материалов. Слоистая клееная древесина. Фанера общего назначения. Виды, размеры и технические условия клееной фанеры. Фанера специального назначения. Фанерные и столярные плиты, древесные слоистые пластики. Композиционные материалы на основе измельченной древесины. Сферы применения композиционных древесных материалов.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Строение древесины и коры

Изучая данный раздел, следует уяснить функциональное назначение отдельных частей дерева, их сравнительный объем, сырьевое значение и промышленное использование. Особое внимание необходимо обратить на строение отдельных частей древесного ствола, из которого заготавливают наибольшее количество древесной массы.

Поскольку древесина – материал с резко выраженной анизотропией свойств, то изучение ее строения и свойств производится на трех главных разрезах (поперечном, радиальном и тангенциальном) и по трем главным структурным направлениям (продольном, радиальном и тангенциальном). Поэтому прежде чем приступить к рассмотрению строения и изучению свойств древесины, следует приобрести практический навык по распознаванию этих разрезов и направлений на любых образцах древесины.

Изучение особенностей строения древесины проводят на трех уровнях: макро-, микро- и субмикроскопическом (ультратонком). Рассматривая макроскопическое строение древесины – строение, наблюдаемое невооруженным глазом, следует обратить внимание на особенности строения и различаемость таких элементов строения, как годовичные слои, сердцевинные лучи, ядро и заболонь, сосуды у лиственных пород и смоляные ходы у хвойных. При этом необходимо усвоить классификацию древесных пород по сложению годовичного слоя, наличию ядра, различаемости лучей, что очень важно для овладения методикой распознавания отдельных древесных пород по их макропризнакам.

При изучении микроскопического строения древесины следует уяснить, что клетки, слагающие древесину, по своей форме делятся на два вида: паренхимные и прозенхимные. Последние в связи с их волокнистой формой и преобладающим содержанием обуславливают анизотропию свойств древесины. Необходимо представлять, что такое

ткань и какие ткани входят в состав древесины. Следует также различать анатомические элементы, формирующие одинаковые ткани хвойных и лиственных пород.

Изучая микроскопическое строение коры древесных пород, необходимо знать функциональное назначение отдельных ее зон и особенности анатомического строения этих зон у хвойных и лиственных пород.

Очень важно изучить субмикроскопическое строение клеточной стенки и, в частности, представлять химический состав и особенности фибриллярной структуры клеточной стенки, так как это поможет в дальнейшем понять сущность ряда физических и механических свойств древесины.

При написании контрольной работы полезно сделать рисунки элементов строения древесины на различных ее разрезах.

Вопросы для самопроверки

1. Из каких частей состоит дерево? Как эти части используются в народном хозяйстве?

2. Какие различают части древесного ствола? Расскажите об их назначении в процессе роста и развития дерева.

3. По каким частям древесного ствола осуществляются восходящий и нисходящий токи питательных веществ?

4. Что такое камбий и для чего он служит?

5. На какие классы (группы) подразделяются древесные породы по особенностям строения годичного слоя?

6. Назовите, какие древесные породы относятся к ядровым, спелодревесным и заболонным.

7. Какую функцию в древесине выполняют сердцевинные лучи и почему их значительно больше у лиственных пород по сравнению с хвойными?

8. Поясните, как подразделяются клетки древесины по их форме и состоянию.

9. Какие ткани представлены в древесине, а также в целом в растущем дереве?

10. Что является причиной анизотропии свойств древесины?

11. Какие вещества входят в состав клеточной стенки? Назовите особенности ее строения.

12. Расскажите, какое строение имеет кора. Перечислите ее функции в растущем дереве и укажите промышленное использование.

2.2. Химические свойства древесины

Изучая данный раздел, следует усвоить, что состав химических элементов в древесине хвойных и лиственных пород практически одинаков. При этом примерно на 99% древесина состоит из органических веществ и только 1% составляет неорганическая часть.

Необходимо знать основные органические вещества древесины, их количественное содержание, основные физико-химические характеристики, а также какие структуры эти вещества формируют. Кроме того, следует уяснить, из каких веществ состоит неорганическая часть древесины.

Студент должен иметь представление о технологических схемах получения из древесины целлюлозы, бумаги, этилового спирта, фурфурола, кормовых дрожжей, искусственных волокон, дубильных веществ, канифоли, скипидара, эфирных масел и других веществ, а также об их использовании. Следует также ознакомиться с перечнем основных производных целлюлозы, получаемых в результате ее химической переработки, таких как целлофан, нитролаки, кинофотопленка, ацетатный шелк, вискозное волокно, взрывчатые вещества и другие продукты. Необходимо уяснить, в чем состоит процесс термического разложения древесины, знать его разновидности (пиролиз, газификация древесины). Следует получить представление о продуктах, которые при этом получают.

Необходимо знать топливные характеристики древесины, различать понятия массовой и объемной теплоты сгорания древесины, усвоить, как они определяются и от каких факторов зависят. Следует также иметь представление о продуктах, получаемых при переработке древесной коры.

В итоге при изучении этого раздела важно усвоить, что в результате химической переработки древесины и коры, а также из отходов деревообрабатывающих производств можно получить много разнообразных и ценных продуктов.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите основные органические вещества, которые входят в состав древесины.

2. Каково назначение целлюлозы, лигнина и гемицеллюлоз в структуре клеточной стенки?

3. На чем основано получение целлюлозы из древесины?
4. Какие экстрактивные вещества содержатся в древесине и где они применяются?
5. Назовите пути химической утилизации отходов деревообрабатывающих производств.
6. В чем состоит процесс гидролиза древесины и какие продукты при этом получают?
7. Из каких стадий состоит процесс пиролиза древесины и что при этом получают?
8. Каким показателем оценивается древесина как топливо?
9. Для каких целей используют древесную кору?

2.3. Физические свойства древесины

Применение древесины во многих случаях определяется ее физическими свойствами, которые проявляются при взаимодействии древесины с внешней средой и не связаны с изменением ее химического состава и нарушением целостности. При практическом использовании древесины наиболее важными из них являются такие свойства, как внешний вид древесины, влажность, усушка и разбухание, влагопоглощение, плотность, проницаемость жидкостями и газами, тепловые, электрические и звуковые свойства, проницаемость для различного вида излучений.

При изучении этого раздела особое внимание следует обратить на влажность древесины, так как от количественного содержания в ней влаги существенно зависят физические, механические и технологические свойства древесины. Необходимо твердо усвоить, что в древесине имеют место две формы влаги: связанная (гигроскопическая) и свободная (капиллярная), оказывающие разное влияние на свойства древесины. Следует уяснить их размещение и характер связи с древесиной, а также количественное содержание. Нужно знать методы определения влажности и их достоинства и недостатки. Необходимо иметь представление о равновесной влажности древесины и как ее определить для конкретных температурно-влажностных условий.

Из свойств, определяющих отношение древесины к влаге, нужно сформировать знания о гигроскопичности, влаго-водопоглощении, водопроницаемости, высыхании, усушке и разбухании древесины. Важно представлять причины и механизм усушки и разбухания, их

величину в различных направлениях и меры по снижению влажностных деформаций древесины. Следует обратить внимание на то, что в древесиноведческой литературе (учебниках, справочниках) не приведены значения величины усушки или разбухания древесины для отдельных древесных пород, а указаны для каждой породы только коэффициенты усушки или разбухания. Поэтому необходимо уметь по значению соответствующего коэффициента определять величину усушки или разбухания той или иной древесной породы, а для этого следует уяснить, в чем физический смысл коэффициентов усушки или разбухания. С усушкой древесины тесно связаны такие явления в древесине, как внутренние напряжения, растрескивание и коробление, знание причин происхождения которых необходимо для правильной организации сушки, хранения и эксплуатации древесины.

При изучении плотности древесины следует усвоить, что для древесины принято несколько выражений плотности (плотность в абсолютно сухом и влажном состояниях, плотность базисная и парциальная, плотность при стандартной 12%-ной влажности); необходимо запомнить, какие факторы влияют на эти показатели, способы определения этих показателей, деление древесных пород по плотности на три группы. Следует также различать понятия «плотность древесины» и «плотность древесинного вещества».

Из других физических свойств древесины, имеющих важное практическое значение, необходимо знать сущность таких, как теплоемкость, теплопроводность, звукопроводность и способность резонировать, электропроводность, а также зависимость их от таких факторов, как древесная порода, структурное направление в древесине, плотность и влажность.

В результате изучения этого раздела студент должен хорошо понимать сущность физических свойств древесины, знать их численные значения, способы определения и формулы расчета, влияние на них различных факторов и практическую значимость.

Вопросы для самопроверки

1. Из каких элементов макроскопического строения формируется текстура древесины?
2. Какие формы влаги различают в древесине и где они находятся в структуре древесины, а также каково их количественное содержание?
3. Назовите методы, которые существуют для определения влажности древесины.

4. Что такое равновесная влажность древесины и от чего она зависит?
5. Какая разница между пределом гигроскопичности древесины и пределом насыщения клеточных стенок?
6. Что такое усушка древесины, в каких пределах влажности она происходит и каково ее значение в различных структурных направлениях древесины?
7. Объясните, что показывает коэффициент усушки и как он определяется.
8. В чем причина анизотропии усушки древесины?
9. Назовите причину растрескивания и коробления древесины.
10. От чего зависит величина разбухания древесины в различных жидкостях?
11. Чему равняется величина давления набухания древесины и где это явление практически используется?
12. Какие выражения плотности приняты для древесины?
13. От каких факторов зависит плотность древесины?
14. В связи с чем введено понятие «плотность древесины при 12%-ной влажности»?
15. На какие группы делятся древесные породы по их плотности?
16. От каких факторов и как зависит влаго-водопоглощение и водопроницаемость древесины?
17. Как влияют влажность и плотность древесины на ее тепловые свойства (теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность)?
18. Какова способность древесины проводить, поглощать и отражать звук?
19. Перечислите факторы, которые влияют на электропроводность древесины.
20. Какое воздействие на древесину оказывают различные электромагнитные излучения?

2.4. Механические свойства древесины

Механические свойства древесины характеризуют ее способность сопротивляться действию внешних механических усилий. Эти свойства проявляются при использовании древесины в качестве конструкционного и поделочного материала, а также при механической обработке древесины.

При изучении механических свойств древесины следует иметь в виду, что древесина является материалом растительного происхождения и имеет неоднородную слоисто-волокнистую структуру, вследствие этого определение ее механических свойств отличается рядом особенностей. Прежде всего необходимо помнить, что волокнистая структура древесины обуславливает анизотропный характер ее свойств, т. е. ее механические свойства неодинаковы в разных направлениях. В связи с этим для получения полной и объективной характеристики механических свойств древесины испытания ее свойств производят как вдоль, так и поперек волокон. Особенностью этих испытаний является и то, что они осуществляются на малых «чистых» (без пороков) образцах древесины в кратности, обеспечивающей достоверность результатов.

При изучении этого раздела следует также помнить, что показатели механических свойств древесины сильно зависят от ее влажности, при этом влияние оказывает только связанная влага, находящаяся в клеточных стенках. Поэтому сравнивать показатели механических свойств древесины, имеющей разную влажность, будет неправильно. Для анализа и сравнительной оценки показатели, полученные при разной влажности, пересчитывают на единую 12%-ную влажность по соответствующим формулам для кондиционированных и некондиционированных образцов. В связи с этим необходимо уяснить, в чем заключается процесс кондиционирования образцов древесины перед их испытанием и с какой целью он проводится.

При проработке данного раздела следует четко представлять процедуру проведения механических испытаний древесины, согласно действующим стандартам, начиная от порядка изготовления образцов и заканчивая выполнением необходимых расчетов. Важно знать численные значения показателей механических свойств древесины при основных видах действия нагрузок, особенно при сжатии, растяжении, изгибе, сдвиге, а также показатели твердости и упругих свойств древесины.

Необходимо также иметь в виду, что для древесины характерна природная изменчивость ее механических свойств. Эта изменчивость наблюдается как в пределах одного древесного ствола, так и в пределах древесной породы. Рассматривая изменчивость древесины в пределах ствола, следует уяснить, как изменяется по высоте и радиусу поперечного сечения ствола плотность древесины. Поскольку плотность и механические свойства древесины находятся в довольно тесной корреляционной зависимости, можно получить представление о

механических показателях древесины в различных зонах ствола. Следует также убедиться, что изменчивость свойств древесины в пределах породы имеет еще больший диапазон колебаний, что связано с возрастом дерева, условиями произрастания, влиянием окружающей среды, положением дерева в древостое, наследственными и другими факторами. На механические свойства древесины влияют также особенности строения древесины (ширина годичного слоя, процентное содержание механической ткани, размер и количество сердцевинных лучей), воздействие высоких и низких температур, химических веществ, ионизирующих излучений.

В процессе службы и хранения древесина может подвергаться различного вида воздействиям (физическому, химическому, биологическому). Способность древесины сопротивляться этим неблагоприятным факторам характеризует ее стойкость. Следует представлять, что стойкость древесины зависит от условий службы, породы, части древесного ствола (ядро, заболонь), природных защитных веществ (смола, дубильных веществ), продолжительности эксплуатации и других обстоятельств.

Необходимо также помнить, что древесина как органический материал прежде всего подвержена биологическим агентам разрушения (грибами, насекомыми, морскими древооточцами). Поэтому следует иметь представление о биологических особенностях этих вредителей древесины и условиях их наиболее активного проявления. Знание этих особенностей позволяет создавать необходимые меры защиты и способы повышения стойкости древесины.

Важно знать принципы и методы профилактики и активной защиты древесины в службе и при ее хранении, применяемые защитные средства (антисептики и инсектициды) и способы обработки ими древесины.

В связи с тем, что древесина способна к возгоранию, необходимо также изучить способы огнезащиты древесины и, в частности, используемые препараты (антипирены), методы введения их в древесину и механизм действия.

Поскольку при неправильном хранении древесина может быстро подвергаться разрушению и терять свое качество в результате растрескивания, повреждения грибами и насекомыми, нужно усвоить правила и способы рационального хранения круглых лесоматериалов и пилопродукции на складах, знать, на каких принципах они основаны и какие из них применяются для тех или иных видов лесопроизводства.

Вопросы для самопроверки

1. В чем состоят особенности механических испытаний древесины по сравнению с другими материалами?
2. Какими причинами обусловлена анизотропия механических свойств древесины?
3. Как влияет влажность на механические свойства древесины? Дайте объяснение этому явлению.
4. В чем сущность и цель кондиционирования образцов древесины перед их испытанием?
5. При каком виде действия нагрузки древесина обладает наибольшей прочностью, а при какой – наименьшей?
6. Какие древесные породы, произрастающие в Республике Беларусь, отличаются наиболее высокими прочностными характеристиками, а какие – меньшими?
7. Расскажите, какая существует зависимость между жесткостью и прочностью древесины и где используется эта зависимость.
8. В связи с чем введен порядок пересчета показателей прочности древесины на стандартную 12%-ную влажность?
9. Что показывает поправочный коэффициент α при пересчете на 12%-ную влажность?
10. Назовите факторы, от которых зависят механические свойства древесины.
11. Что такое расчетные (допускаемые) сопротивления древесины и какова их величина для основных видов нагрузок?
12. Как изменяются механические свойства древесины по высоте и радиусу поперечного сечения ствола?
13. Что понимают под стойкостью древесины?
14. На какие группы (классы) делятся древесные породы по стойкости? Перечислите отечественные породы, которые входят в эти группы.
15. Какие условия необходимы для развития дереворазрушающих грибов?
16. Древесина каких пород отличается наибольшей стойкостью против грибных поражений?
17. Какие существуют способы и средства повышения стойкости древесины?
18. В чем заключаются химические меры защиты древесины?
19. Назовите физические способы защиты древесины.
20. Какие существуют способы хранения древесины?

2.5. Пороки древесины

Пороки древесины – это ее недостатки, снижающие качество и ограничивающие возможности использования древесины. Степень влияния пороков на качество древесины зависит от вида, размеров, состояния, местоположения, количества пороков и назначения древесной продукции. При изучении данного раздела необходимо прежде всего ознакомиться с общей классификацией пороков, а затем с пороками, которые учитываются лишь в круглых лесоматериалах, пилопродукции, деталях и фанере.

Изучать виды пороков древесины следует только в связи с их влиянием на качество и выход продукции. Нужно различать пороки древесины естественного происхождения и появляющиеся в ней при ее заготовке, транспортировке, хранении, сушке и механической обработке. Важно уметь не только распознавать пороки, но знать правила их обмера и учета, а также способы уменьшения их влияния на качество продукции.

Весьма полезно самостоятельно собрать коллекцию пороков и определить их виды и разновидности по действующей классификации, произвести измерение и уяснить влияние на качество и количественный выход продукции из древесины.

Вопросы для самопроверки

1. Каким нормативным документом установлена классификация, термины и определения, способы измерения пороков древесины?
2. На сколько групп подразделяются пороки древесины?
3. Какие пороки учитываются только в круглых лесоматериалах, а какие – только в пилопродукции?
4. На какие виды и разновидности подразделяются сучки?
5. Какое влияние оказывают сучки на качество древесины?
6. Что является причиной гниения древесины?
7. На какие разновидности подразделяются гнили древесины по цвету и структуре пораженной древесины?
8. Объясните механизм возникновения морозных трещин и трещин усушки древесины.
9. Какие различают пороки формы древесного ствола?
10. Перечислите пороки, которые относятся к порокам строения древесины.

11. Что такое ложное ядро, у каких пород оно часто встречается и как влияет на качество и выход продукции из древесины? Как отличить ложное ядро от настоящего?

12. Назовите пороки, относящиеся к группе механических повреждений и дефектов обработки древесины.

2.6. Основы лесного товароведения

При изучении этого раздела прежде всего следует усвоить классификацию лесных товаров по отраслям производств, а также по виду и степени механической переработки древесины. Важно уяснить, какую продукцию из древесины называют лесными сортаментами и как они классифицируются.

Необходимо знать, что такое стандарт, виды и категории стандартов на продукцию из древесины, значение стандартизации для народного хозяйства нашей страны, организацию государственной и межгосударственной систем стандартизации, специфические особенности стандартизации продукции из древесины.

Следует представлять структуру и содержание стандартов на лесную продукцию, в частности, требования к выбору древесной породы для лесных сортиментов, установление их размеров и градаций размеров, величину припуска и допуска, нормирование качества и влажности древесины, правила обмера, учета, маркировки, транспортирования и хранения лесоматериалов, по каким критериям устанавливается качество продукции.

Важно уяснить организационные принципы и методы сертификации продукции из древесины.

Среди различного вида лесоматериалов круглые лесоматериалы имеют наибольшее и массовое производство, поскольку большинство из них являются сырьем для других лесоперерабатывающих производств. Большая часть круглых лесоматериалов заготавливается по двум унифицированным (приведенным к единству) стандартам: СТБ 1711–2007 (из хвойных пород) и СТБ 1712–2007 (из лиственных пород). Ознакомление со стандартами следует начинать с рассмотрения их структуры и уяснения, на какие группы подразделяются круглые лесоматериалы по назначению, толщине и на сколько сортов по качеству. В каждой группе по назначению необходимо изучить перечень сортиментов, входящих в группу, и технические требования,

предъявляемые к ним. Полезно сопоставить и проанализировать в сравнении перечень сортиментов, входящих в одинаковые группы по назначению, а также их размерно-качественные характеристики для хвойных и лиственных пород. При сопоставлении по каждому сортименту следует изучить породный состав, размеры по длине и толщине, градации по длине, количество типоразмеров, величину припуска или допуска, требования к качеству древесины.

Нужно усвоить и правильно применять термины и определения, принятые для характеристики круглых лесоматериалов, в частности, такие как «древесный хлыст», «кряж», «бревно», «долготье», «пиловочник», «подтоварник», «чурак», «жердь», «балансы».

Очень важно хорошо представлять правила обмера и учета круглых лесоматериалов в соответствии с ГОСТ 2292–88. Однако прежде чем приступить к изучению этих правил, следует уяснить понятия «плотный метр кубический» и «складочный метр кубический» древесины. Нужно четко представлять, какие круглые лесоматериалы подлежат поштучному учету и обмеру непосредственно в плотной мере, а какие – в складочной с последующим переводом в плотную через коэффициент полндревесности. В этой связи необходимо уяснить, что такое коэффициент полндревесности, что он показывает и от каких факторов зависит. Очень важно при поштучном учете усвоить правила установления номинальной толщины лесоматериала, а при учете древесины путем обмера штабеля – правила определения высоты, ширины и длины штабеля, его фактического коэффициента полндревесности и внесения поправки в учет объема древесины в случае несовпадения фактического и стандартного коэффициентов полндревесности. Для успешного освоения материала рекомендуется самостоятельно составить перечень лесоматериалов, учитывающихся поштучно, и тех, которые обмеряются в складочной мере.

При ознакомлении с круглыми лесоматериалами необходимо также знать требования, предъявляемые к их обработке, маркировке, сортировке и хранению.

Приступая к изучению пилопродукции, следует уяснить, что понятие «пилопродукция» общее и включает такие ее виды, как пиломатериалы, заготовки и пиленые детали, среди которых наиболее массовое производство имеют пиломатериалы, заготавливаемые в соответствии с СТБ 1713–2007 (из хвойных пород) и СТБ 1714–2007 (из лиственных пород).

Следует хорошо представлять классификацию пиломатериалов по форме поперечного сечения, толщине, методам распиловки и

назначению. Необходимо знать отличительные признаки и уметь давать правильное определение таким понятиям, как «брус», «брусок», «доска», «обапол».

Для детального ознакомления с техническими условиями на пилопродукцию важно изучить действующие стандарты на разные виды продукции, обратив внимание на размерную сетку и установленные допуски к размерам, деление на сорта по качеству, нормы ограничения пороков, правила обмера и учета и маркировку. Кроме того, особое внимание следует обратить на правила обмера и учета необрезных пиломатериалов как единичных, так и целых партий в соответствии с СТБ 1628–2006.

Изучая композиционные древесные материалы, следует усвоить, что эти материалы делятся на две основные группы: клееная слоистая древесина и материалы на основе измельченной древесины. К первой группе относится продукция, полученная из шпона: фанера, фанерные плиты, древесные слоистые пластики, гнуто-клееные изделия и др. Ко второй группе принадлежат такие материалы, как древесностружечные плиты (ДСП), древесноволокнистые плиты (ДВП), получившие в последнее время производство древесноволокнистые плиты сухого прессования под обозначением МДФ (Medium Density Fiberboards), массы древесные прессовочные (МДП), плиты цементно-стружечные (ЦСП) и другие композиционные материалы.

Следует иметь представление о технологии получения указанных материалов, их преимуществах по сравнению с цельной древесиной и пиломатериалами, а также об экономической целесообразности их производства. Необходимо изучить действующие стандарты на эти материалы, уяснив их классификации, марки, технические показатели, факторы, определяющие качество, правила упаковки, маркировки, обмера и учета. Особое внимание следует уделить изучению фанеры как имеющей наиболее массовое производство и длительное применение благодаря своим преимуществам по сравнению с натуральной древесиной.

Специалисты в области технологии деревообрабатывающих производств должны знать и о таком виде продукции из древесины, как модифицированная древесина – древесина с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Следует четко представлять отличительные особенности пяти основных способов модифицирования древесины, а также свойства модифицированной древесины, преимущества перед натуральной древесиной и области использования соответствующей продукции.

Вопросы для самопроверки

1. На какие группы по назначению и толщине подразделяются круглые деловые лесоматериалы?
2. Каким размерно-качественным требованиям должны соответствовать круглые лесоматериалы для выработки пиломатериалов общего назначения?
3. Что понимается под термином «кряж» и какие виды кряжей заготавливают согласно действующим стандартам?
4. Каким техническим требованиям должны удовлетворять кряжи для производства строганого шпона?
5. Для каких целей заготавливают круглые лесоматериалы первого сорта?
6. Какие круглые лесоматериалы подлежат поштучному учету?
7. Как устанавливается номинальная толщина круглого лесоматериала?
8. Каковы правила определения длины, высоты и ширины штабеля лесоматериалов?
9. Что такое коэффициент полнодревесности штабеля и как он определяется для данного штабеля?
10. Какие круглые лесоматериалы подлежат маркировке? Что обозначают реквизиты маркировки?
11. На какие виды подразделяются пиломатериалы по форме поперечного сечения?
12. Как классифицируются пиломатериалы по положению в бревне и характеру обработки?
13. Какие значения толщины, предусмотренные для пиломатериалов хвойных пород, отсутствуют в размерной сетке пиломатериалов лиственных пород?
14. При какой влажности установлены номинальные размеры толщины пиломатериалов?
15. Как определяется объем необрезной доски?
16. Перечислите способы, существующие для определения объема партии необрезных досок.
17. Как изготавливается клееная фанера и в чем ее преимущества по сравнению с цельной древесиной?
18. Назовите марки и сорта фанеры общего назначения.
19. Чем отличаются древесностружечные плиты от древесноволокнистых?
20. Какие существуют способы модификации древесины?

3. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Дисциплину «Древесиноведение с основами лесного товароведения» студент-заочник изучает самостоятельно с использованием рекомендованной литературы путем последовательной проработки разделов курса в соответствии с учебной программой. Возникающие в процессе изучения дисциплины вопросы должны быть выяснены студентом на индивидуальных консультациях у преподавателя.

Написание контрольной работы рассматривается как итог самостоятельной работы, которая должна показать степень усвоения студентом изучаемой дисциплины. Работа не должна являться сплошным переписыванием материала из учебника или других источников, а представлять результат творческой проработки материала, собственного понимания сущности вопроса и стиля изложения.

Работа должна быть выполнена в ученической тетради разборчивым подчерком с интервалом между строчками, иллюстрирована необходимыми для пояснения текста схемами, чертежами и рисунками, также выполненными собственноручно.

Контрольная работа составлена в десяти вариантах. Вопросы по каждому варианту указаны в таблице. Каждый студент берет для выполнения тот вариант, который совпадает с последней цифрой его зачетной книжки.

Варианты и номера вопросов задания

Номер варианта (последняя цифра зачетной книжки)	Номера вопросов							
	0	1	11	18	26	41	51	61
1	2	12	20	27	42	52	62	72
2	3	13	21	28	43	53	63	73
3	5	14	22	32	44	54	64	74
4	7	15	23	33	45	55	65	75
5	6	17	24	31	46	56	66	76
6	8	10	25	32	47	57	67	77
7	9	16	26	33	48	58	66	73
8	10	16	27	34	49	59	69	79
9	4	9	28	35	50	60	70	80

Вопросы к контрольной работе

1. Части растущего дерева, их функциональное назначение и промышленное использование.
2. Части древесного ствола и их функциональное назначение.
3. Главные разрезы и структурные направления в древесине. Необходимость этих понятий при изучении и характеристике свойств древесины.
4. Анизотропия свойств древесины. Объяснение причин анизотропии и характерные примеры анизотропии физических и механических свойств древесины.
5. Макроскопическое строение древесины (годовые слои, заболонь, ядро, спелая древесина, сердцевинные лучи, сосуды, смоляные ходы).
6. Макроскопическое строение древесины хвойных пород (сосны, ели, пихты, кедра, лиственницы).
7. Макроскопическое строение древесины кольцесосудистых лиственных пород (дуба, ясеня, вяза, ильма, белой акации).
8. Макроскопическое строение древесины рассеянно-сосудистых лиственных пород (березы, осины, бука, граба, ольхи, клена).
9. Деление клеток древесины по форме и состоянию. Ткани древесины и особенности их строения у хвойных и лиственных пород.
10. Микроскопическое строение древесины хвойных пород.
11. Микроскопическое строение древесины кольцесосудистых лиственных пород.
12. Микроскопическое строение древесины рассеянно-сосудистых лиственных пород.
13. Микроскопическое строение водопроводящей ткани хвойных и лиственных пород.
14. Микроскопическое строение механической ткани хвойных и лиственных пород.
15. Состав и строение клеточной оболочки. Объяснение анизотропии усушки и разбухания древесины, а также влияния влажности на прочность древесины на основе ее субмикроскопического строения.
16. Основные химические вещества, входящие в состав древесины, и их промышленное использование.
17. Экстрактивные вещества древесины и их применение.
18. Получение и использование целлюлозы и продуктов на основе ее переработки.

19. Использование древесины как топлива в топливно-энергетическом балансе Республики Беларусь. Теплотворная способность древесины.

20. Свойства, характеризующие внешний вид древесины. Какие древесные породы отличаются красивой текстурой и применяются в столярно-мебельном производстве?

21. Формы влаги в древесине, их количественное содержание и методы определения влажности. Масса образца древесины при влажности 50% составляет 1800 г. Определите, сколько в данном образце содержится в отдельности связанной и свободной влаги в граммах.

22. Понятие о сорбции и десорбции влаги в древесине и о гистерезисе сорбции. Рассчитайте устойчивую влажность при десорбции для пиломатериала из древесины сосны размером $25 \times 150 \times 2000$ мм в условиях, где влажность воздуха 75% и температура 22°C .

23. Равновесная влажность древесины. Предел гигроскопичности древесины и предел насыщения клеточных стенок. Вычислите равновесную влажность древесины в условиях, где относительная влажность воздуха 60% и температура 30°C , и в условиях, где та же влажность воздуха, но температура 5°C .

24. Процесс высыхания древесины и факторы, влияющие на его интенсивность. Определите, при какой массе контрольного образца следует прекратить сушку пиломатериалов для того, чтобы после сушки они имели влажность 12%, если масса контрольного образца перед сушкой составляла 5,6 кг при начальной влажности 80%.

25. Высыхание древесины и явления, связанные с удалением влаги из древесины. Рассчитайте величину припуска на усушку по толщине для сосновых досок радиальной распиловки, выпиливаемых из бревен влажностью 70%, если номинальная толщина досок должна составлять 40 мм при влажности 20%.

26. Усушка древесины, ее величина в различных структурных направлениях. Понятие о коэффициенте усушки. Значение усушки при практическом использовании древесины. Установите величину усушки и коэффициент усушки образца древесины в тангенциальном направлении после высушивания до абсолютно сухого состояния, если его размер при влажности 40% равнялся 22,8 мм, а после сушки – 20,5 мм.

27. Внутренние напряжения и растрескивание древесины. Вычислите, насколько уменьшится площадь поперечного сечения круглого лесоматериала из древесины сосны влажностью 60% после его высыхания до влажности 20%.

28. Коробление древесины, его разновидности и причины. Каковы должны быть первоначальные поперечные размеры бруска из древесины сосны влажностью 58% для того, чтобы при влажности 10% он имел в сечении форму квадрата со стороной 40 мм? В указанном бруске годовичные слои параллельны одной паре граней и перпендикулярны другой.

29. Влажно-водопоглощение древесины. Предельные значения этих показателей и факторы, от которых они зависят. Определите предельное влагопоглощение древесины при относительной влажности воздуха 70% и температуре 18°C. Найдите максимальную влажность древесины сосны, имеющей плотность 480 кг/м³ при влажности 10%.

30. Разбухание древесины и его величина в разных структурных направлениях и по объему. Понятие о коэффициенте разбухания древесины. Давление набухания. Практическое значение разбухания древесины. Рассчитайте величину и коэффициент разбухания образца древесины в тангенциальном направлении, если его размер при увеличении от абсолютно сухого состояния до влажности 40% изменился от 30,2 до 33,1 мм.

31. Плотность древесины и древесинного вещества. Методы определения плотности древесины. Вычислите базисную плотность древесины, если ее плотность при влажности 110% равна 810 кг/м³.

32. Различные показатели плотности древесины и их определение. Плотность древесины сосны при влажности 85% составляет 790 кг/м³. Определите плотность этой древесины при ее устойчивой влажности в условиях, где относительная влажность воздуха 50% и температура 25°C.

33. Влияние влажности на различные виды показателей плотности древесины. Рассчитайте плотность древесины березы при максимальной ее влажности, если при влажности 18% ее плотность равна 660 кг/м³, а также найдите базисную плотность этой древесины.

34. Деление древесных пород на группы по плотности. Связь между плотностью древесины и ее физико-механическими свойствами. Вычислите базисную плотность древесины сосны, если ее парциальная плотность при влажности 8% составляет 400 кг/м³.

35. Влияние плотности древесины на ее физико-механические свойства. В виде таблицы сопоставьте плотность древесины с показателями прочности при сжатии, изгибе и твердости для основных лесопромышленных древесных пород и сделайте вывод. Определите, во сколько раз плотность древесины осины при максимальной влажности превышает ее плотность в абсолютно сухом состоянии.

36. Пористость и воздухоемкость древесины. Рассчитайте воздухоемкость древесины сосны в абсолютно сухом состоянии и при влажности 80%, если ее плотность при 14%-ной влажности равна 480 кг/м^3 .

37. Скорость распространения звука в древесине. Звукоизолирующая и резонансная способности древесины. Требования к макроскопической структуре резонансной древесины.

38. Особенности механических испытаний древесины. Вычислите прочность древесины сосны при сжатии вдоль волокон и пересчитайте ее на 12%-ную влажность, если размеры образца составляют $20,2 \times 20,1 \times 30,5$ мм (последний размер вдоль волокон), максимальная нагрузка равна 15 000 Н и влажность в момент испытания – 10,3%.

39. Анизотропия механических свойств древесины, причины анизотропии. Приведите примеры анизотропии прочности и деформативных свойств древесины. Определите примерную прочность древесины на сжатие поперек волокон при влажности 8%, если ее прочность на сжатие вдоль волокон при влажности 50% составила 20 МПа.

40. Влияние влажности на механические свойства древесины. Объясните причины снижения прочности древесины при поглощении влаги. Постройте график зависимости прочности древесины при сжатии вдоль волокон от влажности, если прочность древесины при влажности 0, 7, 18, 50% соответственно равнялась 65, 45, 26, 18 МПа, а также вычислите прочность при 12%-ной влажности.

41. Прочность древесины при сжатии вдоль волокон. Разделите отечественные древесные породы по прочности при сжатии на три группы (с малой, средней и высокой прочностью). Определите прочность древесины сосны при сжатии вдоль волокон и пересчитайте ее на 14%-ную влажность, если размеры образца составляют $20,8 \times 20,3 \times 30,0$ мм (последний размер вдоль волокон), максимальная нагрузка равна 16 000 Н и влажность в момент испытания – 9,2%. Установите примерную прочность этого образца при сжатии поперек волокон в радиальном и тангенциальном направлениях.

42. Прочность древесины при сжатии поперек волокон. Определите примерную прочность древесины при сжатии поперек волокон в условиях эксплуатации, где относительная влажность воздуха 50% и температура 20°C , если ее прочность при сжатии вдоль волокон при влажности 40% составила 25 МПа.

43. Прочность древесины при растяжении вдоль волокон. Чем объясняется высокая прочность древесины на растяжение вдоль волокон? Вычислите прочность древесины при растяжении вдоль волокон

и пересчитайте ее на влажность 15%, если размеры рабочей части образца составляют 20×4 мм, максимальная нагрузка равна 9000 Н и влажность в момент испытания – 9%. Какой древесной породе соответствует полученное значение прочности?

44. Прочность древесины при растяжении поперек волокон. Чем объясняется различие в прочности при растяжении в тангенциальном и радиальном направлениях? Рассчитайте прочность древесины березы при растяжении в радиальном направлении при влажности 14%, если размеры рабочей части образца составляют 10,1×30,0 мм, максимальная нагрузка равна 3450 Н и влажность в момент испытания – 9%. Установите также примерную прочность этого образца в тангенциальном направлении.

45. Прочность древесины при статическом изгибе. Какие виды нормальных напряжений возникают в древесине при статическом поперечном изгибе и в какой зоне поперечного сечения образца начинается разрушение? Разделите отечественные древесные породы по прочности на изгиб на три группы (с малой, средней и большой прочностью). Определите прочность древесины при изгибе и пересчитайте ее на влажность 9%, если размеры образца составляют 20,0×20,0×300,5 мм, максимальная нагрузка равна 3400 Н и влажность в момент испытания – 18,6%.

46. Соппротивления древесины различным видам сдвига. Примеры работы древесины на различные виды сдвига. Прочность древесины при скалывании и перерезании. Вычислите предел прочности древесины при скалывании вдоль волокон и полученную величину пересчитайте на 8%-ную влажность, если максимальная нагрузка равна 5000 Н, размер скалываемой поверхности составляет 20×30 мм, влажность в момент испытания достигает 16,8%. Определите также примерную прочность этого образца при скалывании поперек волокон.

47. Статическая твердость древесины. Практическое значение твердости древесины. Рассчитайте торцевую твердость древесины березы в условиях, где относительная влажность воздуха 40% и температура 20°C, если ее торцевая твердость при влажности 25% составляет 40,5 Н/мм². Определите также примерную боковую твердость этой древесины в указанных условиях эксплуатации.

48. Ударная вязкость древесины. Примеры работы древесины на ударные нагрузки. Сравнительная оценка сопротивления ударным нагрузкам хвойных и лиственных пород. Какие древесные породы отличаются наибольшей ударной вязкостью? Вычислите ударную вязкость древесины березы и пересчитайте ее на влажность 10%, если размеры

образца составляют $20,0 \times 20,0 \times 300,5$ мм, работа, затраченная на излом, равна 35 Дж, а влажность в момент испытания – 40%.

49. Модули упругости древесины при различных видах действия нагрузок. Упругая анизотропия древесины. Найдите величину прогиба сосновой доски радиальной распиловки размером $30 \times 100 \times 3000$ мм под действием сосредоточенной в центре нагрузки в 1800 Н и расположенной на опорах, расстояние между которыми 2,5 м, если влажность доски равна 20%, а модуль упругости на изгиб в тангенциальном направлении при влажности 8% составляет 10 ГПа.

50. Расчетные (допускаемые) напряжения, принятые для древесины, и обоснование их применения. Определите удельную прочность древесины сосны при сжатии вдоль волокон, если в момент испытания образец имел размеры $20,3 \times 20,2 \times 30,5$ мм, влажность 10%, массу 6 г и выдержал максимальную нагрузку в 18 000 Н, а также рассчитайте удельную прочность этого образца при сжатии вдоль волокон, если бы в нем содержалось 60% влаги.

51. Классификация круглых лесоматериалов по назначению, толщине и сортам. Основные сортоопределяющие пороки в круглых лесоматериалах. Круглый лесоматериал из древесины сосны длиной 5,5 м и двумя взаимно перпендикулярными диаметрами в верхнем торце 28 и 30 см имеет следующие пороки: здоровые сучки размером 40–50 мм, ядровую гниль в комлевом торце диаметром 6 см. Определите сорт, назначение, объем данного лесоматериала и произведите его маркировку.

52. Круглые лесоматериалы хвойных пород для выработки пиломатериалов различного назначения (по каждому назначению – породы, размеры, требования к качеству, правила обмера и учета). Круглый лесоматериал из древесины березы длиной 4 м и диаметрами в верхнем торце 24 и 26 см имеет следующие пороки: здоровые сросшиеся сучки размером 20–30 мм, 3 бровки на 1 м длины с углом между усами $100\text{--}120^\circ$, ложное ядро диаметром 6 см. Установите сорт, назначение (все возможные варианты), объем данного лесоматериала и выполните его маркировку.

53. Круглые лесоматериалы лиственных пород для выработки пиломатериалов различного назначения (по каждому назначению – породы, размеры, требования к качеству, порядок обмера и учета). Круглый лесоматериал из древесины ели длиной 5 м и диаметрами в верхнем торце 28 и 30 см имеет следующие пороки: здоровые сучки размером 20–30 мм, в нижнем торце сплошную крень, занимающую 45% от общей площади торца. Определите сорт, назначение, объем указанного лесоматериала и произведите его маркировку.

54. Круглые лесоматериалы хвойных и лиственных пород, предназначенные для лущения (по каждому назначению – породы, размеры, требования к качеству, правила обмера и учета). Круглый лесоматериал из древесины осины длиной 2,21 м и диаметрами в верхнем торце 30 и 32 см имеет следующие пороки: здоровые сучки размером 30–40 мм, табачный сучок диаметром 30 мм, ядровую гниль в комлевом торце размером 8 см. Установите сорт, назначение, объем указанного лесоматериала и осуществите его маркировку.

55. Круглые лесоматериалы хвойных и лиственных пород для производства строганого шпона (породы, размеры, требования к качеству, порядок обмера и учета). Круглый лесоматериал из ольхи длиной 2,71 м и диаметрами в верхнем торце 22 и 23 см имеет следующие пороки: здоровые сучки размером 20–30 мм, червоточину глубиной 5 мм в количестве 5 отверстий на 1 м длины, ложное ядро диаметром 8 см. Определите сорт, назначение, объем лесоматериала и произведите его маркировку.

56. Круглые лесоматериалы хвойных и лиственных пород для использования в круглом виде (по каждому назначению – породы, размеры, требования к качеству, правила обмера и учета). Круглый лесоматериал из древесины клена длиной 2,41 м и диаметрами в верхнем торце 22 и 23 см имеет следующие пороки: здоровые сучки размером 20–30 мм, ложное ядро диаметром 6 см и простую кривизну со стрелой прогиба 2 см. Установите сорт, назначение, объем указанного лесоматериала и выполните его маркировку.

57. Пиловочные бревна хвойных и лиственных пород для выработки пиломатериалов общего назначения. Кряжи для производства авиационных пиломатериалов и требования, предъявляемые к авиационной зоне этих кряжей. Для данных лесоматериалов укажите породы, размеры, требования к качеству, порядок обмера и учета. Дубовый круглый лесоматериал длиной 2,11 м и диаметрами в верхнем торце 26 и 28 см имеет следующие пороки: здоровые сучки размером 30–40 мм и морозную трещину на протяжении 1,5 м глубиной 6 см и шириной 4 см. Определите сорт, назначение, объем лесоматериала и произведите его маркировку.

58. Круглые лесоматериалы хвойных и лиственных пород для строительства и устройства временных и вспомогательных построек. Лесоматериалы для выработки оцилиндрованных изделий. По каждому назначению укажите породы, размеры, требования к качеству, правила обмера и учета. Круглый лесоматериал из древесины осины длиной 4,51 м и диаметрами в верхнем торце 13 и 14 см имеет

следующие пороки: здоровые сучки размером 20–40 мм, табачный сучок диаметром 20 мм, ядровую гниль размером 4 см. Установите сорт, назначение, объем данного лесоматериала и выполните его маркировку.

59. Кряжи хвойных и лиственных пород для производства тары (породы, размеры, требования к качеству, порядок обмера и учета). Круглый лесоматериал из березы длиной 2,41 м и диаметрами в верхнем торце 24 и 26 см имеет следующие пороки: здоровые сучки размером 20–30 мм, бровки от заросших сучков с углом между усами 120–140°, ложное ядро диаметром 6 см. Определите сорт, назначение, объем данного лесоматериала и произведите его маркировку.

60. Кряжи резонансные и требования, предъявляемые к макроструктуре их древесины. Кряжи для выработки строганого и лущеного шпона. Для данных сортиментов укажите породы, размеры, требования к качеству, правила обмера и учета. Круглый лесоматериал из древесины лиственницы длиной 4,52 м и диаметрами в верхнем торце 28 и 30 см имеет следующие пороки: здоровые сучки размером 20–30 мм и наклон волокон с отклонением волокон от продольного направления 6 см на протяжении 1 м. Установите сорт, назначение, объем и осуществите маркировку данного лесоматериала.

61. Классификация пиломатериалов по породам и размерам. Нормативные документы на технические условия пиломатериалов. Различие в размерной сетке поперечного сечения пиломатериалов хвойных и лиственных пород. Определите сорт, объем и произведите маркировку на пласти и торце сосновой обрезной доски толщиной 32 мм, шириной 152 мм и длиной 4,15 м, имеющей следующие пороки: пластевые здоровые сросшиеся сучки диаметром 30–40 мм в количестве 3 шт. на 1 м длины и тупой обзол на кромке величиной 5 мм.

62. Классификация пиломатериалов по форме поперечного сечения и характеру обработки. Установите сорт, объем и выполните маркировку на пласти и торце ольховой обрезной доски толщиной 42 мм, шириной 182 мм и длиной 4,3 м, имеющей следующие пороки: пластевые здоровые сросшиеся сучки размером 25–35 мм в количестве 3 шт. на 1 м длины и поперечную покоробленность со стрелой прогиба 3 см.

63. Классификация пиломатериалов по способам распиловки и положению в бревне. Определите сорт, объем и произведите маркировку на пласти и торце березовой обрезной доски толщиной 41 мм, шириной 182 мм и длиной 4,55 м, имеющей следующие пороки: пластевые здоровые сросшиеся сучки диаметром 30–50 мм в количестве 3 шт. на 1 м длины и ложное ядро в виде полосы шириной 6 см.

64. Деление пиломатериалов на сорта по качеству. Основные назначения пиломатериалов хвойных пород в зависимости от их сорта. Нормы ограничений грибных поражений и пороков строения древесины в пиломатериалах. Установите сорт, объем и осуществите маркировку на пласти и торце дубовой обрезной доски толщиной 32 мм, шириной 178 мм и длиной 3,98 м, имеющей следующие пороки: пластевые здоровые сросшиеся сучки размером 20–30 мм в количестве 2 шт. на 1 м длины и внутреннюю заболонь шириной 3 см на протяжении всей длины.

65. Пиломатериалы хвойных пород общего назначения (размеры, сорта, основные сортоопределяющие пороки, правила маркировки). Рассчитайте объем необрезных сосновых досок толщиной 42 мм, длиной 4,3 м и влажностью 50–70%, уложенных в пакет шириной 1,2 м и состоящий по высоте из 20 рядов досок.

66. Пиломатериалы лиственных пород общего назначения (размеры, сорта, основные сортоопределяющие пороки, правила маркировки). Вычислите объем необрезных березовых досок толщиной 44 мм, длиной 3,3 м и влажностью 15%, уложенных в пакет шириной 1 м и состоящий по высоте из 25 рядов досок.

67. Заготовки общего назначения хвойных пород (породы, размеры, деление по видам обработки и качеству, правила обмера, учета и маркировки). Определите объем необрезных дубовых досок толщиной 39 мм, длиной 3,98 м и влажностью 20%, уложенных в пакет шириной 85 см и состоящий по высоте из 20 рядов досок.

68. Заготовки общего назначения лиственных пород (породы, размеры, деление по видам обработки и качеству, правила обмера, учета и маркировки). Рассчитайте объем необрезных еловых досок толщиной 33 мм, длиной 4,3 м и влажностью 50%, уложенных в пакет шириной 1,25 м и состоящий по высоте из 35 рядов досок.

69. Обмер, учет и маркировка обрезных пиломатериалов и заготовок. Вычислите объем в складочной и плотной мерах пакета необрезных сосновых досок толщиной 33 мм, длиной 3,55 м и влажностью 50%, если ширина пакета 1,2 м и доски по высоте пакета уложены в 35 рядов.

70. Обмер, учет необрезных пиломатериалов. Определите объем необрезной сосновой доски толщиной 31 мм и длиной 4,55 м, если в узком торце доски ширина верхней пласти 18 см, нижней – 21 см, а сбег по длине составляет 1,4 см на 1 м длины.

71. Шпон строганый. Назначение. Деление на виды в зависимости от поверхности строгания. Для данного сортимента укажите породы, размеры, сорта, правила упаковки и учета. Круглые лесоматериалы для

выработки строганого шпона. Лист фанеры общего назначения с наружными слоями из древесины сосны размером 1523×1222 мм и толщиной 4 мм имеет следующие пороки: на лицевом слое 21 сучок диаметром 15–20 мм; на оборотном слое 15 сучков размером 15–20 мм и засмолок шириной 5 мм и длиной 70 мм. Найдите площадь, объем и определите сорт данного листа фанеры.

72. Шпон лущеный (назначение, породы, размеры, сорта, правила упаковки и учета). Круглые лесоматериалы для производства лущеного шпона. Лист лиственной фанеры общего назначения размером 1503×1198 мм и толщиной 6,5 мм имеет следующие пороки: на лицевом слое свилеватость размером 40% от площади листа; на оборотном – здоровые сросшиеся сучки диаметром 10–15 мм в количестве 12 шт. Рассчитайте площадь, объем и установите сорт данного листа фанеры.

73. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород (марки, породы, размеры, сорта, правила упаковки и учета). Преимущества клееной фанеры перед пиломатериалами. Круглые лесоматериалы для производства фанеры. Лист лиственной фанеры общего назначения размером 1528×1522 мм и толщиной 4 мм имеет следующие пороки: на лицевом слое здоровые сросшиеся сучки размером 10–15 мм в количестве 7 шт., в том числе 3 сучка с трещинами шириной 1 мм; на оборотном слое здоровые сросшиеся сучки диаметром 10–15 мм в количестве 20 шт., в том числе 2 сучка с трещинами шириной 2 мм. Определите площадь, объем и сорт данного листа фанеры.

74. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона хвойных пород (марки, породы, размеры, сорта, правила упаковки и учета). Преимущества клееной фанеры перед пиломатериалами. Круглые лесоматериалы для производства фанеры. Лист хвойной фанеры общего назначения размером 1522×1248 мм и толщиной 4 мм имеет следующие пороки: на лицевом слое булавочные сучки в количестве 5 шт.; на оборотном слое здоровые сросшиеся сучки диаметром 10–15 мм в количестве 18 шт. и засмолок размером 5×25 мм. Рассчитайте площадь, объем и установите сорт данного листа фанеры.

75. Фанера, облицованная строганым шпоном (назначение, марки, породы, сорта, деление на виды по текстуре). Круглые лесоматериалы для производства указанной фанеры. Лист фанеры общего назначения с наружными слоями из березы размером 1527×1527 мм и толщиной 6,5 мм имеет следующие пороки: на лицевом слое здоровые сросшиеся сучки размером 15–20 мм в количестве 18 шт.; на оборотном слое

здоровые сросшиеся сучки диаметром 20–25 мм в количестве 23 шт., в том числе 5 сучков с трещинами размером 1,5 мм. Определите площадь, объем и сорт данного листа фанеры.

76. Фанера декоративная (назначение, марки, породы, размеры, сорта). Круглые лесоматериалы для получения указанной фанеры. Лист фанеры общего назначения с наружными слоями из древесины ольхи размером 1522×1527 мм и толщиной 3 мм имеет следующие пороки: на лицевом слое булавочные сучки в количестве 5 шт.; на обратном слое здоровые сросшиеся сучки размером 15–20 мм в количестве 15 шт. и ложное ядро в виде полосы шириной 12 см по всей длине листа. Рассчитайте площадь, объем и установите сорт данного листа фанеры.

77. Фанера авиационная (марки, древесная порода, размеры, сорта). Лист лиственной фанеры общего назначения размером 1522×1503 мм и толщиной 6,5 мм имеет следующие пороки: на лицевом слое здоровые сросшиеся сучки диаметром 15–20 мм в количестве 7 шт., наклон волокон, сомкнутую трещину длиной 100 мм и ложное ядро в виде полосы шириной 7 см по всей длине листа; на обратном слое здоровые сросшиеся сучки размером 30–35 мм в количестве 8 шт. и частично сросшиеся сучки диаметром 15–20 мм в количестве 6 шт. Определите площадь, объем и сорт данного листа фанеры.

78. Древесные слоистые пластики (марки, породы, размеры, требования к физико-механическим свойствам, применение). Лист лиственной фанеры общего назначения размером 1503×1498 мм и толщиной 4 мм имеет следующие пороки: на лицевом слое здоровые сросшиеся сучки диаметром 10–15 мм в количестве 10 шт., сомкнутую трещину длиной 160 мм, пятнистость площадью 0,12 м² и свилеватость; на обратном слое частично сросшиеся сучки размером 20–25 мм в количестве 15 шт. Рассчитайте площадь, объем и установите сорт данного листа фанеры.

79. Плиты древесностружечные (марки, размеры, основные физико-механические показатели, применение). Преимущества плит по сравнению с цельной древесиной. Сырье для производства плит.

80. Плиты древесноволокнистые (марки, размеры, основные физико-механические показатели, применение). Преимущества плит по сравнению с цельной древесиной. Сырье для производства плит.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Уголев, Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б. Н. Уголев. – М.: МГУЛ, 2007. – 351 с.
2. Федоров, Н. И. Древесиноведение и лесоматериалы: практикум / Н. И. Федоров, Э. Э. Пауль. – Минск: БГТУ, 2006. – 292 с.

Дополнительная

1. Боровиков, А. М. Справочник по древесине / А. М. Боровиков, Б. Н. Уголев. – М.: Лесная пром-сть, 1989. – 296 с.
2. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия: СТБ 1711–2007. – Введ. 01.05.07. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. – 16 с.
3. Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия: СТБ 1712–2007. – Введ. 01.05.07. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. – 16 с.
4. Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия: СТБ 1713–2007. – Введ. 01.05.07. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. – 11 с.
5. Пиломатериалы лиственных пород. Технические условия: СТБ 1714–2007. – Введ. 01.05.07. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. – 9 с.
6. Пиломатериалы. Доски необрезные. Методы определения объема: СТБ 1628–2006. – Введ. 01.11.06. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2006. – 6 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Программа дисциплины	5
1.1. Строение древесины и коры	5
1.2. Химические свойства древесины	6
1.3. Физические свойства древесины	7
1.4. Механические свойства древесины.....	9
1.5. Пороки древесины.....	10
1.6. Основы лесного товароведения.....	12
2. Методические указания по изучению основных разделов дисциплины	14
2.1. Строение древесины и коры	14
2.2. Химические свойства древесины	16
2.3. Физические свойства древесины	17
2.4. Механические свойства древесины.....	19
2.5. Пороки древесины.....	23
2.6. Основы лесного товароведения.....	24
3. Контрольная работа	28
Вопросы к контрольной работе.....	29
Литература	40

**ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ
С ОСНОВАМИ ЛЕСНОГО
ТОВАРОВЕДЕНИЯ**

Составитель: **Пауль Эрнст Эдуардович**

Редактор *Е. С. Ватеичкина*
Компьютерная верстка *Е. С. Ватеичкина*

Подписано в печать 03.01.2011. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 2,4. Уч.-изд. л. 2,5.
Тираж 50 экз. Заказ .

Отпечатано в Центре издательско-полиграфических
и информационных технологий учреждения образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220006. Минск, Свердлова, 13а.
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.