



И. С. Сальникова  
Г. В. Анчугова  
З. Я. Нагимов

# ТАКСАЦИЯ ЛЕСА

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

И. С. Сальникова  
Г. В. Анчугова  
З. Я. Нагимов

# ТАКСАЦИЯ ЛЕСА

Учебное пособие

*Электронное издание*

Екатеринбург  
2017

УДК 630.5 (075.8)

ББК 43.62я7

С16

Рецензенты:

доцент кафедры овощеводства и плодородства им. Н.Ф. Коняева Уральского государственного аграрного университета канд. с-х. наук Н.И. Шингарева;

главный специалист Отдела федерального государственного лесного надзора (лесная охрана), федерального государственного пожарного надзора в лесах по Западному и Южному управленческим округам Департамента лесного хозяйства Свердловской области канд. с-х. наук В.З. Нагимов;

научный сотрудник лаборатории дендрохронологии ФГБУН ИЭРиЖ УрО РАН канд. с-х. наук А.А. Григорьев.

**Сальникова, И. С.**

С16

***Таксация леса*** : учебное пособие к курсовой работе / И. С. Сальникова, Г. В. Анчугова, З. Я. Нагимов. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. – 71 с. – 9,47 МБ.

ISBN 978-5-94984-615-5

Рассматриваются практические вопросы по выполнению курсовой работы по таксации леса. Приведены теоретические и методические пояснения, которые обосновывают и помогают произвести расчеты и провести анализ по всем темам исследования: таксация отдельного дерева, анализ хода роста ствола, таксация насаждения, исследование строения и анализ хода роста насаждения.

Предлагается использовать на практических занятиях по курсовому проектированию по таксации леса.

Пособие предназначено для бакалавров направления 35.03.01 «Лесное дело» очной и заочной форм обучения, аспирантов и работников лесной отрасли.

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 630.5 (075.8)

ББК 43.62я7

ISBN 978-5-94984-615-5

© ФБГОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2017

© И. С. Сальникова, 2017

© Г. В. Анчугова, 2017

© З. Я. Нагимов, 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
Работа 1. Таксация отдельного дерева .....	9
Задание 1. Определение диаметров методом интерполяции .....	10
Задание 2. Построение продольного профиля ствола .....	10
Задание 3. Определение показателей формы ствола .....	11
Задание 4. Определение объема ствола различными способами .....	14
Задание 5. Определение полндревесности ствола .....	17
Задание 6. Разделение ствола на сортименты и определение их объема .....	18
Задание 7. Определение приростов ствола дерева .....	20
Работа 2. Анализ хода роста ствола .....	29
Задание 1. Ход роста ствола по диаметру .....	30
Задание 2. Ход роста ствола по высоте, площади сечения и объему .....	32
Задание 3. Определение таксационных показателей ярусов и насаждения .....	35
Работа 3. Таксация насаждения .....	37
Задание 1. Обработка данных пробной площади .....	37
Задание 2. Определение таксационных показателей древостоев элементов леса .....	38
Задание 3. Определение таксационных показателей ярусов и насаждения .....	46
Задание 4. Определение выхода сортиментов из основного элемента древостоя по сортиментным таблицам .....	51
Работа 4. Исследование строения и анализ хода роста насаждения .....	54
Задание 1. Анализ изменения таксационных показателей насаждения с возрастом .....	56
Задание 2. Оценка распределения деревьев в насаждении по толщине .....	57

Задание 3. Расчет основных статистик распределения деревьев по толщине .....	61
Задание 4. Анализ точности опыта на пробных площадях .....	61
Задание 5. Анализ изменения основных статистик распределения деревьев по толщине .....	62
Задание 6. Исследование хода роста насаждения .....	65
Библиографический список .....	70

## Введение

«Таксация леса» является общепрофессиональной дисциплиной для бакалавров направления 35.03.01 «Лесное дело». В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом, учебным планом и рабочей программой в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

- параметры, характеризующие отдельное дерево и совокупность отдельных деревьев, древостой элементов леса и насаждение в целом;
- глазомерные и инструментальные методы измерений;
- таксацию срубленных деревьев и лесоматериалов;
- закономерности в строении древостоев;
- методы таксации растущих деревьев и их совокупностей;
- особенности и методы таксации древостоев элементов леса и насаждений;
- методы сортиментации леса на корню;
- особенности прироста и хода роста отдельных деревьев и древостоев;
- особенности отвода, таксации и материально-денежной оценки лесосек;
- методы инвентаризации лесных массивов.

Лесная таксация тесно связана с дисциплинами «Лесоустройство» и «Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве». Она служит методической и технической базой при решении задач по лесоводству, лесным культурам, лесоэксплуатации, лесному картографированию и др. Ее знание позволит лучше усвоить многие специальные и общепрофессиональные дисциплины.

Бакалавр по таксации леса обязан иметь четкое представление:

- о таксационных показателях древостоя, элемента леса, яруса и насаждения, научно-методических основах изучения строения насаждений;
- о таксации запаса древостоя и его сортиментации, товаризации лесного фонда, характеристике прироста запаса, таксации лесного фонда, инвентаризации лесных массивов, таксации заготовленных лесоматериалов и ходе роста насаждений.

Бакалавр должен знать и уметь использовать методы определения таксационных показателей древостоев, составления таксационных таблиц, товаризации лесного фонда. Кроме того, он должен иметь навыки закладки пробных площадей, определения на них таксационных показателей и таксации лесных массивов.

Вопросы по таксации леса включены в экзаменационные билеты государственного экзамена, который обучающийся сдает перед защитой дипломного проекта.

При самостоятельном изучении курса необходимо, кроме данного пособия, иметь лесотаксационные справочники с сортиментными и товарными таблицами, таблицами классов бонитета, объемов стволов, приростов и хода роста. Лучше, если эти таблицы будут региональными, для местных условий, с которыми будущему бакалавру предстоит потом работать. Необходимо также иметь ГОСТы на круглые лесоматериалы, ОСТ – на пробные площади и действующую Лесоустроительную инструкцию.

Самостоятельно изучать дисциплину легче, если обучающийся работает в лесничестве или лесоустроительной партии, так как он получает практические навыки, имеет доступ к специальной технической литературе, лесотаксационным приборам и инструментам. Кроме этого, он всегда может получить квалифицированную консультацию специалистов. Обучающимся, не работающим на лесных предприятиях, можно рекомендовать обратиться в случае необходимости за помощью в ближайшее по месту жительства лесничество.

Для закрепления теоретических знаний по лесной таксации необходимо, чтобы обучающиеся самостоятельно выполняли целый ряд обязательных лабораторных и домашних работ, непосредственно касающихся определения признаков основных объектов таксации и хозяйственной деятельности – отдельных деревьев и их частей, древостоев и насаждений. Только освоив у этих объектов систему показателей, способы их определения и оценки, будущие бакалавры смогут распознавать в природе конкретные участки леса и выполнять в них хозяйственные мероприятия.

Учебное пособие охватывает четыре части курсовой работы, каждая из которых состоит из нескольких связанных между собой заданий. Все работы обучающимися выполняются индивидуально. Кроме курсовой работы при изучении дисциплины «Таксация леса» обучающиеся выполняют дополнительно отдельные лабораторные работы по темам, не вошедшим в курсовую работу: ошибки измерений, таксация лесной продукции и лесосечного фонда. К сдаче экзамена и к прохождению учебной практики по таксации леса обучающиеся допускаются только при условии успешной защиты курсовой работы и журнала для лабораторных работ [14].

Цель курсовой работы – научить бакалавров самостоятельно определять таксационные показатели объектов лесного учета.

Курсовая работа по таксации леса была введена в учебный план направления 35.03.01 «Лесное дело» в 2013 году. В настоящее время нет учебного пособия, позволяющего выполнять курсовую работу самостоятельно. В этой связи актуальность создания учебного пособия для выполнения курсовой работы не вызывает сомнений.

Пособие составлено в соответствии с ранее разработанными авторами формами бланков [15]. Каждая лабораторная работа выполняется по одним и тем же индивидуальным данным. Этим устраняется дублирование вычислений и создается возможность определения всех таксационных показателей в логической последовательности.

Для облегчения и усвоения вычислительной работы рекомендуется изучить и широко использовать разного вида таблицы, которые имеются в официальных изданиях или нормативно-справочных материалах кафедры. Бакалавр должен самостоятельно отыскать таблицу нужного наименования и назначения, научиться ею пользоваться, прочитав соответствующие объяснения.

При выполнении расчетной части данные необходимо представить в формах, приведенных в журнале для курсовой работы [15]. При выписывании исходных цифр по вариантам обязательно сделать их сверку.

Далее по тексту учебного пособия номера таблиц, в которых следует производить расчеты или записывать результаты каждого из выполняемых заданий, будут указываться в соответствии с журналом для курсовой работы [15].

### **Общие указания по изучению дисциплины «Таксация леса»**

Изучать дисциплину рекомендуется в следующем порядке по темам:

1. Введение в таксацию леса, цели и задачи. Объекты и методы таксации. Краткая история развития лесной таксации.
2. Таксационные измерения и инструменты.
3. Таксация срубленного дерева и его составных частей.
4. Таксация лесных материалов.
5. Таксация растущих деревьев и их совокупностей.
6. Массовые таблицы объема и сбega древесных стволов.



7. Таксация насаждений.
8. Закономерности строения насаждений.
9. Запас древостоя и методы его определения.
10. Методы промышленной сортиментации леса.
11. Таксация древесного прироста.
12. Ход роста насаждений.
13. Инвентаризация лесных массивов (лесного фонда).
14. Таксация лесосечного фонда.
15. Закономерности формирования органической массы деревьев, древостоев и лесных сообществ.

## Работа 1. Таксация отдельного дерева

Работа состоит из четырех самостоятельных заданий. Исходными материалами для расчетов служат данные полевых измерений деревьев. Эти данные студент заносит в табл. 1.1 журнала [15]. Техника обмера ствола в натуре применительно к определению того или иного показателя объясняется в каждом задании.

В полевых условиях спиленное дерево очищают от сучьев, и ствол мысленно разделяется на одно- или двухметровые отрезки – секции в направлении от комлевого торца к вершине. С помощью рулетки или мерной ленты на стволе находят середины секций и отмечают мелом (краской) или каким-либо режущим инструментом. При двухметровых секциях отметки будут сделаны на 1 м, 3 м, 5 м и т.д., то есть на нечетных метрах. Установив высоту (длину) ствола, делают отметку на ее половине. Еще до рубки у дерева отмечается место измерения диаметра на высоте груди (1,3 м от шейки корня) [8].

На всех отметках, а также у шейки корня мерной вилкой в двух взаимно перпендикулярных направлениях измеряются диаметры в коре с точностью до 0,5 см. Для определения диаметров без коры и 10 лет назад в отмеченных местах острым топором вырубает кусочки древесины, делая сначала надруб под прямым углом к поверхности ствола, а затем под острым углом. По нему масштабной линейкой или ленточкой из миллиметровой бумаги замеряют толщину коры и последних десяти годовичных колец с вычислением средних величин по взаимно перпендикулярным диаметрам. Затем, вычитая удвоенную толщину коры из диаметров в коре, получают диаметры без коры, а, отнимая из последних удвоенную ширину десяти годовичных колец, получают диаметры 10 лет назад. Данные измерений заносятся в карточку модельного дерева, содержание лицевой стороны которой в основном совпадает с содержанием четвертой страницы журнала курсовой работы. Затем по диаметрам на серединах двухметровых секций (на нечетных метрах) с помощью таблиц двухметровых цилиндров определяются объемы их секций в коре и без коры в настоящее время и 10 лет назад. Результаты этих вычислений записываются в табл. 1.1 журнала курсовой работы [15].

### Задание 1. Определение диаметров методом интерполяции

Интерполяцию следует проводить по значениям диаметров однометровых или двухметровых секций. Обозначим высоту, на которой нужно определить диаметр, через  $l_x$ . По исходным данным (табл. 1.1 журнала) отыскиваем секцию, в пределах которой находится эта высотная отметка. Обозначим расстояние от комля ствола до нижнего (большого) и верхнего (меньшего) сечений ствола этой секции через  $l_n$  и  $l_k$ , а диаметры на этих высотах соответственно через  $d_n$  и  $d_k$  (рис. 1).

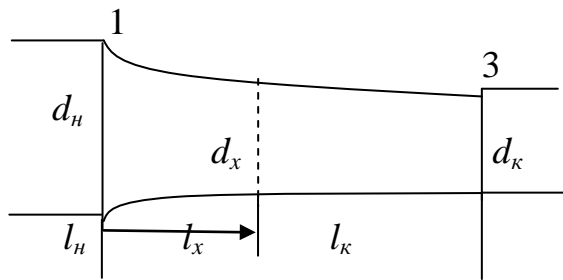


Рис. 1. Вид модельного дерева в разрезе для определения методом интерполяции диаметра между высотными отметками 1 и 3 м

Зная, что диаметры от комля до вершины уменьшаются, найдем искомый диаметр по следующей формуле:

$$d_x = d_n - \frac{(d_n - d_k)}{(l_k - l_n)} (l_x - l_n). \quad (1)$$

По этой формуле рассчитываются диаметры ствола в коре и без коры на относительных высотах. Результаты вычислений заносятся в табл. 1.2 журнала [15].

### Задание 2. Построение продольного профиля ствола

Для того чтобы проследить и хорошо уяснить непосредственный ход вычисления объема ствола по сложным формулам, нужно сначала построить схему продольного разреза ствола, используя разграфку табл. 1.3 журнала [15].

Против отметки «высота от пня, м» записываются по вертикали диаметры в коре и без коры сначала для комля, основания вершины и середин двухметровых секций: 1 м, 3 м, 5 м и т.д. Промежуточные

диаметры на 2 м, 4 м, 6 м и т.д., т.е. на четных метрах, берутся как средние арифметические из смежных диаметров, измеренных на нечетных метрах, и записываются против соответствующих отметок. Затем в выбранном масштабе вверх и вниз от оси симметрии точками отмечаются полудиаметры (радиусы) в коре и без коры. По точкам проводятся наиболее вероятные кривые – образующие ствола. На оси симметрии в масштабе отмечается высота ствола от пня, взятая из исходных данных. К этой точке сводятся кривые – образующие ствола для завершения продольного профиля. Схема позволяет получить наглядное представление о размерах и форме ствола.

Площади сечения в м<sup>2</sup> на различных отметках можно определять по формуле:

$$g = \frac{\pi d^2}{40000}. \quad (2)$$

Однако для ускорения расчетов их нужно выписать из таблицы нормативно-справочных материалов [10, стр. 17, табл. 1.1], выразив с точностью до четырех знаков после запятой.

### **Задание 3. Определение показателей формы ствола**

Форма древесного ствола является одним из основных факторов, определяющих объем и выход деловых сортиментов – частей ствола, которые находят разнообразное применение в народном хозяйстве. Форма ствола характеризуется действительным сбегом – изменением диаметров ствола от основания к вершине. Действительный сбегают различают абсолютный и относительный. Первый выражается в см, второй в долях или процентах от диаметра на какой – либо высоте, чаще всего на 1,3 м или 0,1 высоты.

Чтобы получить абсолютный сбега, нужно в табл. 1.4 [15] записать диаметры в см для всех высотных отметок.

Степень изменения (уменьшения) диаметров ствола от основания к вершине на единицу длины 1 м (абсолютный сбега) устанавливается путем последовательного вычитания из большего диаметра каждой секции ее меньшего диаметра и деления на величину изменения высоты между ними.

Затем диаметры следует выразить в процентах от диаметра на высоте груди и получить действительный относительный сбега.

Действительный относительный сбега позволяет получить достаточно полное представление о форме, объеме и товарной структуре

ствола. Относительный сбег используется для сравнительной оценки сбежистости отдельных стволов.

При оценке различий в сбеге у отдельных круглых сортиментов, например, бревен, принято устанавливать средний сбег. Средний сбег  $S_{cp}$  представляет собой частное от деления разности диаметров нижнего ( $d_H$ ) и верхнего ( $d_B$ ) сечений на длину бревна ( $l$ ):

$$S_{cp} = \frac{d_H - d_B}{l}. \quad (3)$$

Для целых стволов средний сбег рекомендуется определять по формулам:

$$S_{cp} = \frac{d_{1,3}}{h - 1,3}, \quad (4)$$

или

$$S_{cp} = \frac{2(d_{1/4} - d_{3/4})}{h}, \quad (5)$$

где  $d_{1,3}$ ;  $d_{1/4}$ ;  $d_{3/4}$  – диаметры на 1,3 м, на 1/4 и 3/4 ствола, м;

$h$  – высота (длина) ствола, м.

Следует иметь в виду, что средний сбег не является показателем формы ствола, так как при одной и той же форме он может быть разным, а при разной форме одинаковым.

Профессор В.К. Захаров [6] изучал форму древесных стволов также путем деления их на части, равные 0,1 высоты ствола.

Аналогичную работу для конкретного ствола следует проделать каждому студенту в табл. 1.5 задания. Сначала нужно высоту ствола последовательно перемножить на относительные высоты и определить абсолютную высоту, т.е. расстояния от комля в метрах. Результаты вычислений следует записать под относительными высотами. Далее путем интерполяции нужно установить диаметры на этих отметках и записать их в первую строку таблицы против названия «Диаметры на относительных высотах в коре, см». Абсолютный сбег рассчитать аналогично расчету в табл. 1.4 [15].

Относительный сбег получается, когда диаметр на 0,1 высоты ( $0,1h$ ) принимают за 100 %. Остальные диаметры на относительных высотах ( $0,2h$ ,  $0,3h$  и т.д. до  $0,9h$ ) выражают в процентах от диаметра на  $0,1h$ :

$$\frac{d_n}{d_{0,1h}} 100 \%. \quad (6)$$

В результате своих исследований профессор В.К. Захаров [6] пришел к выводу, что у стволов одной древесной породы, но разных размеров, относительные диаметры на одной и той же относительной высоте стволов одинаковы. Они не зависят от диаметра на высоте 1,3 м и абсолютной высоты стволов, а также от условий среды. В связи с этим профессор В.К. Захаров выдвинул гипотезу о единстве средней формы древесных стволов, выраженной в относительных величинах. Выявленные им закономерности широко используются в качестве основы при составлении таблиц объема и сбега древесных стволов.

Второй вопрос задания 3 – вычисление коэффициентов и классов формы (табл. 1.6).

Коэффициент формы – отношение диаметра ствола на какой-либо высоте к диаметру на высоте груди:

$$q_n = \frac{d_h}{d_{1,3}}. \quad (7)$$

Наибольшее теоретическое и практическое значение имеют следующие четыре коэффициента формы:

$$q_0 = \frac{d_0}{d_{1,3}}; \quad q_1 = \frac{d_{1/4}}{d_{1,3}}; \quad q_2 = \frac{d_{1/2}}{d_{1,3}}; \quad q_3 = \frac{d_{3/4}}{d_{1,3}}. \quad (8)$$

где  $d_{1,3}$  – диаметр ствола на высоте груди, см;

$d_0$  – диаметр ствола у шейки корня, см;

$d_{1/4}; d_{1/2}; d_{3/4}$  – диаметры на 1/4, 1/2, 3/4 высоты ствола, см.

Каждый из указанных коэффициентов формы, взятый отдельно, представляет собой относительный диаметр. Форму ствола он не характеризует, а является лишь показателем его сбежистости в соответствующей части. Коэффициенты формы, взятые вместе, представляют собой действительный относительный сбег ствола, и характеризуют его форму.

Для решения многих таксационных вопросов особое значение имеет коэффициент формы  $q_2$ , так как он характеризует степень сбежистости наиболее ценной нижней половины древесного ствола, на которую в среднем приходится около 80 % от объема дерева.

Коэффициенты формы имеют существенные недостатки – они зависят не только от формы, но и от высоты ствола.

От высоты не зависят классы формы – отношения диаметров на шейке корня,  $1/2$  и  $3/4$  всей высоты к диаметру на  $1/4$  высоты, а именно:

$$q_{0/1} = \frac{d_0}{d_{1/4}}; \quad q_{2/1} = \frac{d_{1/2}}{d_{1/4}}; \quad q_{3/1} = \frac{d_{3/4}}{d_{1/4}}. \quad (9)$$

Классы формы зависят только от формы ствола и являются более надежным и устойчивым показателем степени сбежистости стволов.

Для вычисления коэффициентов и классов формы диаметры на  $1/4$ ,  $1/2$  и  $3/4$  высоты устанавливаются путем интерполяции. Расчеты ведутся с точностью до трех знаков после занятой, результаты записываются с двумя знаками.

По результатам выполнения задания 3 обучающиеся должны сформулировать вывод о форме ствола по рассчитанным ранее показателям.

По размеру среднего абсолютного сбега стволы подразделяются на следующие категории сбежистости [2]:

$S_{cp} \leq 1,0$  см / м – малосбежистые;

$S_{cp} = 1,1 - 2,0$  см / м – среднесбежистые;

$S_{cp} = 2,1 - 3,0$  см / м – сбежистые;

$S_{cp} \geq 3,1$  см / м – сильносбежистые.

По величине коэффициента формы  $q_2$  и класса формы  $q_{2/1}$  устанавливают категорию сбежистости по следующим значениям [16; 22]:

– малосбежистые:  $q_2 \geq 0,71$ ,  $q_{2/1} = 0,85$ ;

– среднесбежистые:  $q_2 = 0,61 - 0,70$ ,  $q_{2/1} = 0,80$ ;

– сбежистые:  $q_2 = 0,55 - 0,60$ ,  $q_{2/1} = 0,75$ .

По каждому из показателей обучающийся пишет вывод о категории сбежистости ствола.

#### **Задание 4. Определение объема ствола различными способами**

В задании рассматриваются математические способы определения объема ствола, основанные на использовании законов и правил стереометрии, так как отдельные части ствола и даже весь ствол имеют определенное сходство с некоторыми стереометрическими телами: нейлоидом, цилиндром, параболоидом и конусом. Формулы, которые одновременно являются формулами объемов нескольких тел

вращения, называются общими стереометрическими. Одни из них позволяют определить объем древесного ствола по частям – секциям и называются сложными, другие дают возможность установить объем ствола в целом и носят название простых.

Определение объема ствола целесообразно начинать наиболее точным способом по сложной формуле «трех сечений» Симпсона:

$$V = \left[ g_0 + g_{2n+2} + 2(g_2 + g_4 + \dots + g_{2n}) + 4(g_1 + g_3 + \dots + g_{2n+1}) \right] \frac{l}{6} + g_{2n+2} \frac{l'}{3}, \quad (10)$$

где  $g_0$  – площадь комлевого сечения (нижнее основание ствола),  $m^2$ ;

$g_{2n+2}$  – площадь последнего четного сечения (верхнее основание последней секции – основание вершины),  $m^2$ ;

$g_2, g_4 \dots g_{2n}$  – площади сечения на концах секций (четные),  $m^2$ ;

$g_1, g_3 \dots g_{2n+1}$  – площади сечения на серединах секций,  $m^2$ ;

$l$  – длина секции, в данном случае равная 2 м;

$l'$  – длина вершины, м.

Длину вершины можно найти по следующей формуле:

$$l' = h - h_{2n+2}, \quad (11)$$

где  $h$  – высота дерева от пня, м;

$h_{2n+2}$  – высота основания вершины (верхнее основание последней секции), м.

Величину площадей сечения  $g_i$  берут из табл. 1.3 [15].

Определение объема ствола производят в коре и без коры.

В широкой таксационной практике объем ствола определяется по сложной формуле срединного сечения Губера:

$$V = g_1 l + g_3 l + g_5 l + \dots + g_{2n+1} l + g_{2n+2} \frac{l'}{3}, \quad (12)$$

или

$$V = l(g_1 + g_3 + g_5 + \dots + g_{2n+1}) + g_{2n+2} \frac{l'}{3}, \quad (13)$$

где  $g_1, g_3 \dots g_{2n+1}$  – площади сечений на серединах секций,  $m^2$ ;

$g_{2n+2}$  – площадь последнего четного сечения (верхнее основание последней секции – основание вершины),  $m^2$ ;

$l$  – длина секции, в данном случае равная 2 м;

$l'$  – длина вершины, м.



Таким путем определяют объем в широкой таксационной практике. Затем в табл. 1.7 [15] нужно определить объем ствола срубленного дерева по простым стереометрическим формулам:

– формула срединного сечения Губера

$$V = g_{1/2}h, \quad (14)$$

– формула двух сечений Гаусса-Симони

$$V = \frac{(g_{0,2} + g_{0,8})h}{2}, \quad (15)$$

– формула Госфельда

$$V = 0,75g_{1/3}h, \quad (16)$$

где  $g_{1/2}$ ;  $g_{0,2}$ ;  $g_{0,8}$ ;  $g_{1/3}$  – площади сечения на 1/2 0,2; 0,8; 1/3 высоты ствола  $h$ , м<sup>2</sup>;

$h$  – высота (длина) ствола от пня, м.

Значения диаметров в коре и без коры на необходимых относительных высотах берут из табл. 1.2 журнала, а по диаметрам, в свою очередь, определяют площади сечений по нормативно-справочным материалам [10, стр.17, табл. 1.1].

После этого по перечисленным в журнале формулам в табл. 1.7 определяется объем ствола растущего дерева:

– формула Денцина

$$V = 0,001d_{1,3}^2; \quad (17)$$

– формула Дементьева

$$V = d_{1,3}^2 \frac{h}{3}. \quad (18)$$

Результаты определения объема по всем сложным и простым формулам записываются в табл. 1.8 журнала. Для получения объема коры из объема ствола в коре вычитается объем ствола без коры.

Далее необходимо установить расхождение в объемах ствола и коры, полученных разными способами, и дать оценку точности примененных формул. За условно-точные принимаются объемы, вычисленные по сложной формуле трех сечений Симпсона. Следует иметь в виду, что точность простых формул резко повышается, если по ним определять объемы не всего ствола в целом, а его частей. Поэтому эти формулы чаще всего применяются для определения объемов сортиментов.

В заключение следует сформулировать общее правило вычисления процентов расхождения, которое будет использоваться и в дальнейшем при сравнении значений других таксационных показателей. Чтобы определить процент отклонения или расхождения, нужно из менее точного результата вычесть точный или условно-точный результат и разность выразить в процентах от последнего:

$$P_p = \frac{T_n - T_m}{T_m} 100\%, \quad (19)$$

где  $P_p$  – процент расхождения;

$T_n$  – значение таксационного показателя, полученного менее точным, приближенным способом;

$T_m$  – значение таксационного показателя, полученного точным или условно-точным способом.

Перед полученным процентом расхождения имеет смысл про- ставить знаки плюс или минус, которые будут указывать на заниже- ние или завышение результата тем или иным способом.

По результатам выполнения задания 4 студенты должны сформу- лировать вывод о наиболее и наименее точном методе определения объема ствола по сравнению с выбранным условно-точным по слож- ной формуле трех сечений Симпсона.

### **Задание 5. Определение полндревесности ствола**

Следующее задание курсовой работы – определение показателя полндревесности ствола разными способами.

Полндревесность ствола характеризуется особым показателем – видовым числом ( $F, f$ ), которое представляет собой отношение объема ствола к объему цилиндра, имеющему с данным стволом одинаковую высоту, а площадь основания, равную площади сечения дерева на вы- соте груди:

$$f = \frac{V}{g_{1,3}h}. \quad (20)$$

Полученное таким путем видовое число называется старым [17]. Видовое число показывает, какую долю составляет объем ствола от объема одномерного с ним цилиндра. За условно–точный объем ствола ( $V$ ) принимают значение объема ствола в коре, полученное по сложной формуле Губера, площадь сечения ( $g_{1,3}$ ) определяется по диаметру на высоте груди в коре.

В задании вычисления видового числа ведутся по различным формулам, выражающим его связь с коэффициентом формы  $q_2$  и высотой ствола от пня ( $h$ ). Эти формулы, выведенные различными авторами, представлены в табл. 1.9 журнала.

Например, следующие:

– формулы Шиффеля

$$f = 0,140 - 0,66q_2^2 + \frac{0,32}{q_2h}, \quad (21)$$

$$f = q_2^2, \quad (22)$$

– формула Кунце

$$f = q_2 - c, \quad (23)$$

где  $c$  для сосны равняется 0,21 для ели – 0,22.

– формула Гуттенберга

$$f = 0,67q_2, \quad (24)$$

и т.д.

Все расчеты и значения видового числа, полученные по приведенным формулам, записываются в третью колонку табл. 1.9 журнала, а затем сравниваются со значением, полученным по основной формуле старого видового числа (20).

Проценты расхождения устанавливаются вышеизложенным способом по формуле (19).

По результатам выполнения задания 5 обучающиеся должны сформулировать вывод о наиболее и наименее точном методе определения видового числа по сравнению с выбранным условно-точным по формуле старого видового числа.

## **Задание 6. Разделение ствола на сортименты и определение их объема**

Главная цель задания – научить обучающихся правильной разделке древесного ствола на сортименты и ознакомить их с основными способами определения их объемов.

Наименование сортиментов, их размеры по длине и по диаметру в верхнем отрубе без коры, а также требования к качеству древесины приводятся в действующих ГОСТ 9462-88 [4] и 9463-88 [5].

Условимся, что древесные стволы не имеют пороков и фаутов и будут разделяться на сортименты, приводимые в табл. 1 данного учебного пособия и табл. 1.11 журнала курсовой работы.

Таблица 1

Наименование и размеры круглых лесоматериалов  
хвойных пород

Сортимент	Длина, м	Градация по длине, м	Диаметр в верхнем отрубе без коры, см
Пиловочное бревно	4–6,5	0,5	14 и более
Строительное бревно	3–6,5	0,5	14–24
Рудничные стойки	4–6,5	0,5	7–24
Подтоварник	3–6,5	0,5	6–13
Дрова	0,25–1,25	0,25	3 и более (в коре)

Основой для выполнения работы служат данные действительного абсолютного сбегания и схема продольного разреза ствола (табл. 1.3). Рекомендуется следующий порядок разделки ствола на сортименты. При анализе изменения диаметров от комля к вершине сначала выделяется деловая часть и разделяется на конкретные деловые сортименты, причем в первую очередь определяется участие наиболее ценного сортимента – пиловочника, а затем уже строительных бревен и т.д. После этого определяется дровяная часть. Вершинка вместе с корой от деловых сортиментов включается в отходы.

Например, длина деловой части оказалась равной 17 м, из которых на долю пиловочника приходится 11 м. Руководствуясь наиболее ходовыми размерами пиловочных бревен (6,5 и 4,5 м), можно получить два пиловочных бревна длиной 6,5 и 4,5 м. Третье бревно по длине не подходит к пиловочнику, но из него можно получить строительное бревно 3 м и подтоварник длиной 3 м диаметром в верхнем отрубе 6,0 см. Затем 2,5 м составят дрова, из которых получается 2 полена по 1,25 м, и 1,0 м приходится на вершинку.

При выполнении работы необходимо строго соблюдать соответствующие ГОСТы, кратности длин сортиментов и размеры диаметров в верхнем отрубе.

Названия выделенных сортиментов, их длина, диаметры в верхнем отрубе и на середине в коре и без коры заносятся в первые шесть колонок табл. 1.10 [15]. Диаметры на середине сортиментов определяются путем интерполяции по формуле (1). Затем определяется объем каждого сортимента первым способом – суммированием объемов двухметровых секций. Например, для получения объема первого пиловочного бревна длиной 6,5 м нужно сложить объемы первых трех

двухметровых секций и  $1/4$  часть объема четвертой секции, так как 0,5 м составляет четвертую часть длины этой секции;  $3/4$  части ее объема, соответствующих 1,5 м, следует отнести к следующему бревну, длина которого 4,5 м. К этому объему прибавляем объем пятой двухметровой секции, половину объема шестой — получим объем пиловочного бревна длиной 4,5 м. Так последовательно набирая объемы секций и их частей, определяем объемы всех сортиментов в коре и без коры по первому методу «по отрубкам».

Объем дров определяется только в коре, объем отходов находится как разность между общим объемом ствола в коре и объемом ликвидной древесины, в которую входят деловая древесина без коры и дрова в коре. Объем отходов, таким образом, складывается из объемов коры от деловых сортиментов и вершинки.

Затем определяются объемы сортиментов без коры еще двумя способами: по простой формуле срединного сечения и по таблицам объемов круглых лесных материалов по ГОСТ 2708-75 [3]. Вычисленные объемы сравниваются с объемами, полученными первым способом, и для каждого сортимента устанавливается процент расхождения в объемах по формуле (19).

По результатам выполнения задания 6 студенты должны сформулировать вывод о сортиментах, которые могут быть получены при делении ствола и о наиболее и наименее точном методе определения объема сортиментов по сравнению с выбранным условно-точным по отрубкам.

### **Задание 7. Определение приростов ствола дерева**

Под приростом дерева следует понимать естественное увеличение его размеров, которые определяются диаметром, площадью сечения, высотой и объемом.

Различают два рода приростов: текущий и средний. Текущий или действительный прирост, существующий в природе, отражает конкретное изменение величины того или иного таксационного показателя за определенный промежуток времени, например, за один последний год или какой-то период. Средний прирост, определяемый путем расчета, отражает изменение того или иного показателя в среднем за один год всей жизни или определенного периода жизни дерева.

В зависимости от того, за какой период учитываются приросты, каждый род прироста подразделяется на виды: текущий – на годичный и периодический, средний – на общий и периодический.

Все текущие приросты определяются путем вычитания величины того или иного показателя при меньшем возрасте дерева из величины того же показателя при большем возрасте дерева. Средний прирост определяют путем деления текущего периодического прироста или всего таксационного показателя на соответствующее число лет.

Если разделить текущий периодический прирост по какому-либо показателю на длительность периода, равного « $n$ » лет, то получим средний периодический прирост этого показателя:

$$Z_T^{cp.пер.} = \frac{T - T_n}{n}, \quad (25)$$

где  $T$  – таксационный показатель в настоящее время;

$T_n$  – таксационный показатель  $n$  лет назад;

$T - T_n$  – текущий периодический прирост;

$n$  – период, за который учтен текущий прирост;

$Z_T^{cp.пер.}$  – средний периодический прирост по таксационному показателю.

Средний общий прирост определяется по формуле:

$$Z_T^{cp.об.} = \frac{T}{A}, \quad (26)$$

где  $T$  – таксационный показатель в настоящее время;

$A$  – возраст дерева, лет;

$Z_T^{cp.об.}$  – средний общий прирост.

Прирост, выраженный в абсолютных величинах (см, м, см<sup>2</sup>, м<sup>3</sup>), называется абсолютным, а в долях или процентах – относительным. В практике используется тот и другой, первый – для определения количества нарастающей древесины, второй – для сравнительной оценки энергии роста деревьев.

Процент среднего периодического прироста ( $P_T^{cp.пер.}$ ) определяется по формуле Пресслера:

$$P_T^{cp.пер.} = \frac{200}{n} \frac{T - T_n}{T + T_n}, \quad (27)$$

где обозначения (символы) те же, что были указаны ранее.

Процент среднего общего прироста дерева есть величина постоянная:

$$P_T^{cp.об.} = \frac{100}{A}. \quad (28)$$

Все вычисления по вышеприведенным формулам ведутся в табл. 1.12 журнала. Исходные данные для расчетов студенты переписывают из табл. 1.1. Данные обмера включают диаметры на 1,3 метра в настоящее время и 10 лет назад и текущий прирост высоты за 10 лет, равный разностям высот ( $h - h_n$ ). Площади сечения ствола на 1,3 м в настоящее время и 10 лет назад определяются по соответствующим диаметрам с помощью нормативно-справочных материалов [10, стр.17, табл. 1.1]. Объем ствола без коры в настоящее время, вычисленный по сложной формуле Губера, берут из задания 1. Объем ствола без коры 10 лет назад вычисляют по сложной формуле Губера (12) по данным объемов секций 10 лет назад из табл. 1.1.

Результаты определения абсолютных приростов по площади сечения и объему записываются с четырьмя знаками после запятой, по диаметру и высоте – с одним. Проценты прироста можно выражать в десятых долях.

В первой части задания (табл. 1.12) рассматриваются основные и наиболее точные способы определения прироста различных таксационных показателей, в том числе, и объема. Во второй его части (табл. 1.13) нужно определять лишь объемный прирост, но разными способами. При этом, если сначала определяется абсолютный прирост, то затем относительный по формуле:

$$P_v = \frac{Z_v}{V} 100\%. \quad (29)$$

И наоборот, если сначала определяется процент прироста, то по нему – абсолютный прирост. Чтобы перейти от относительного прироста к абсолютному, нужно процент прироста умножить на величину таксационного показателя (объем ствола без коры по сложной формуле Губера) и разделить на 100%:

$$Z_v = V \frac{P_v}{100\%}. \quad (30)$$

Рассмотрим определение объемного прироста разными способами.

Вычисление объемов *по простой формуле срединного сечения Губера*.

Этот способ отличается от ранее рассмотренного тем, что объемы ствола в настоящее время и  $n$  лет назад определяются по простой формуле Губера. Диаметры определяются на половине высоты (длины) в настоящее время и на половине высоты (длины) бывшей  $n$  лет назад, т.е. в двух местах.

Диаметр  $n$  лет назад определяется методом интерполяции по формуле (1) и данными по диаметрам 10 лет назад из табл. 1.1 [15].

Для всего ствола абсолютный средний периодический прирост объема рассчитывается по формуле:

$$Z_V^{cp.пер.} = \frac{V - V_n}{n} = \frac{g_{1/2}h - g_{1/2n}h_n}{n}, \quad (31)$$

где  $V$  и  $V_n$  – объемы ствола в настоящее время и  $n$  лет назад, м<sup>3</sup>;

$h$  и  $h_n$  – высоты (длины) ствола в настоящее время и  $n$  лет назад, м;

$g_{1/2}$  и  $g_{1/2n}$  – площади поперечных сечений ствола на половине его высоты (длины) в настоящее время и на половине высоты (длины), бывшей  $n$  лет назад, м<sup>2</sup>.

Затем по формуле (29) определяется относительный прирост.

По боковой поверхности ствола прирост точнее определяется по частям-секциям с меньшей точностью, но значительно быстрее – для ствола в целом.

В первом случае прирост нужно вычислять по формуле:

$$Z_V = \pi((d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_{2n+1})/100 - kt)lt, \quad (32)$$

где  $\pi$  – число «пи», отношение длины окружности к ее диаметру, равное 3,14;

$d_1; d_2; d_3 \dots d_{2n+1}$  – диаметры без коры на серединах секций, см;

$k$  – количество секций;

$l$  – длина секции, м;

$t$  – средняя ширина годичного слоя, м.

Длину секций следует принять в 2 м, что позволяет использовать для расчетов значения диаметров и приростов на серединах двухметровых секций, приведенные в табл. 1.1 [15]. Для определения средней ширины годичного слоя каждой секции нужно текущий периодический прирост диаметра на разных высотных отметках поделить на 20. Чтобы определить среднюю ширину годичного слоя для всего ствола, надо сумму полученных средних значений по секциям разделить на их число. В целом расчеты ведутся по формуле:

$$t = \frac{\sum Z_d}{20n100k}, \quad (33)$$

где  $\sum Z_d$  – сумма текущих приростов всех секций по диаметру (из табл. 1.1), см;

$n$  – период, за который рассчитывается прирост, лет;

$k$  – количество секций.



Для ствола в целом прирост определяется по формуле Тюринга:

$$Z_V = \pi d_{1/2} h t, \quad (34)$$

где  $\pi$  – число «пи», отношение длины окружности к ее диаметру, равное 3,14;

$d_{1/2}$  – диаметр ствола без коры на половине его высоты (длины), м;

$h$  – высота (длина) дерева, м;

$t$  – средняя ширина годичного слоя на середине высоты (длины) ствола, м.

Средняя ширина годичного слоя на середине высоты (длины) ствола рассчитывается по следующей формуле:

$$t = \frac{d_{1/2} - d_{1/2n}}{20n100}, \quad (35)$$

где  $d_{1/2}$  – диаметр ствола без коры на половине его высоты (длины), см;

$d_{1/2n}$  – диаметр ствола без коры на половине его высоты (длины)  $n$  лет назад, см;

$n$  – период, за который рассчитывается прирост, лет.

Процент прироста следует определять по формуле (29).

*По сумме процентов прироста* процент объемного прироста определяется при допущении, что видовое число  $f$  за последний десятилетний период не изменилось.

В практическом применении используются две расчетные формулы:

– формула Тюринга

$$P_V = 2P_{d_{1,3}} + 0,7P_h, \quad (36)$$

где  $P_{d_{1,3}}$  – относительный средний периодический прирост диаметра на высоте груди за  $n$  лет (из табл. 1.12), %;

$P_h$  – относительный средний периодический прирост высоты за  $n$  лет (из табл. 1.12), %;

– формула Дворецкого

$$P_V = P_d(2C + 0,7), \quad (37)$$

где  $P_d$  – относительный средний периодический прирост диаметра на высоте груди за  $n$  лет (из табл. 1.12), %;

$C$  – коэффициент, определяемый как отношение текущего периодического прироста по диаметру на половине высоты (длины) ствола к текущему периодическому приросту по диаметру на высоте 1,3 м.

Таким образом, коэффициент  $C$  находят по формуле:

$$C = \frac{Z_{d_{1/2}}}{Z_{d_{1,3}}}, \quad (38)$$

где  $Z_{d_{1/2}}$  – текущий периодический прирост диаметра на половине высоты (длины) ствола, т.е.  $d_{1/2} - d_{1/2n}$ , см;

$Z_{d_{1,3}}$  – текущий периодический прирост диаметра на высоте 1,3 м (из табл. 1.1), см.

Абсолютный периодический прирост следует определять по формуле (30).

Для растущих деревьев процент объемного прироста можно определить по формулам Пресслера, Шнейдера и Турского.

По относительному диаметру по формуле Пресслера относительный средний периодический прирост находится следующим образом:

$$P_v = \frac{200}{n} \frac{r^x - (r-1)^x}{r^x + (r-1)^x}, \quad (39)$$

где  $r$  – относительный диаметр, который представляет собой отношение диаметра на высоте 1,3 м в данный момент к его приросту за  $n$  лет (из табл. 1.1);

$x$  – показатель степени, изменяющийся в пределах от 2 до  $3\frac{1}{3}$  и связанный с протяженностью кроны и энергией роста дерева в высоту (выбирается по исходным данным, приведенным над табл. 1.1 журнала курсовой работы, из табл. 2 пособия или нормативно-справочных материалов [10, стр.89, табл. 8.2]).

Таблица 2

Показатели степени  $x$  и группы роста в зависимости от протяженности кроны и энергии роста деревьев в высоту

Протяженность кроны от вершины к основанию	Рост					
	слабый		умеренный		хороший	
	показатель степени	группа	показатель степени	группа	показатель степени	группа
Крона ниже $1/2h$	$2\frac{1}{3}$	II	$2\frac{2}{3}$	III	3	IV
Крона между $1/4-1/2h$	$2\frac{2}{3}$	III	3	IV	$3\frac{1}{3}$	V
Крона меньше $1/4h$	$2\frac{2}{3}$	III	3	IV	$3\frac{1}{3}$	V

Относительный диаметр рассчитывается по формуле:

$$r = \frac{d_{1,3}}{Z_{d_{1,3}}}. \quad (40)$$

Подставляя в формулу (39) соответствующее значение относительного диаметра и показателя степени  $x$ , получим процент прироста по объему.

Однако удобнее определять  $P_V$  не по формуле, а по таблицам, составленным Пресслером отдельно для срубленных и растущих деревьев.

Таблица для определения  $P_V$  для растущих деревьев по формуле Пресслера приводится ниже (табл. 3) и в нормативно-справочных материалах [10, стр. 89, табл. 8.1].

Таблица 3

Проценты текущего объемного прироста за минувший период у растущих деревьев с различными относительными диаметрами

Относительный диаметр $r$	Проценты прироста по группам роста				Относительный диаметр $r$	Проценты прироста по группам роста			
	II	III	IV	V		II	III	IV	V
8	31	35	40	44	20	12	14	15	17
9	27	31	35	39	25	9,5	11	12	13
10	25	28	31	35	30	7,9	9,0	10	11
11	22	25	28	31	35	6,7	7,7	8,6	9,5
12	20	23	26	29	40	5,9	6,8	7,6	8,5
13	19	21	24	26	50	4,7	5,4	6,1	6,8
14	17	20	22	25	60	4,0	4,5	5,1	5,7
15	16	18	21	23	70	3,4	3,8	4,3	4,6
16	15	17	19	21	80	2,9	3,4	3,8	3,9
17	14	16	18	20	90	2,6	3,0	3,4	3,4
18	13	15	17	19	100	2,3	2,7	3,0	–

Пример:  $d_{1,3} = 28,4$  см;  $Z_{1,3} = 2$  см;  $r = 28,4/2 = 14,2$  см;

крона между  $1/4$  и  $1/2h$ ; рост хороший – следовательно, группа V;

по таблице методом интерполяции находим процент прироста

$$\text{за } n \text{ лет } P_V = 25 - \frac{25 - 23}{15 - 14} (14,2 - 14) = 24,6\%,$$

тогда за 1 год процент прироста равен  $P_V = 24,6/10 = 2,46\%$ .

Абсолютный периодический прирост следует определять по формуле (30).

Для определения процента прироста по числу слоев в последнем см радиуса применяется формула Шнейдера:

$$P_v = \frac{K}{d_{1,3}n'}, \quad (41)$$

где  $d_{1,3}$  – диаметр на высоте 1,3 м без коры, см;

$n$  – число слоев в последнем см радиуса на высоте 1,3 м, шт.;

$K$  – коэффициент, который устанавливается по протяженности кроны и энергии роста дерева в высоту (выбирается по исходным данным, приведенным над табл. 1.1 журнала курсовой работы, из табл. 4 пособия или нормативно-справочных материалов [10, стр. 90, табл. 8.3]).

Таблица 4

Значения коэффициента  $K$  в зависимости от протяженности кроны и энергии роста деревьев в высоту

Протяженность кроны (от вершины к основанию)	Значения коэффициента $K$ , если рост в высоту					
	прекратился	слабый	умеренный	хороший	очень хороший	превосходный
Крона ниже $\frac{1}{2} h$	400	470	530	600	670	730
Крона между $\frac{1}{4} - \frac{1}{2} h$	400	500	570	630	700	770
Крона меньше $\frac{1}{4} h$	400	530	600	670	730	800

В полевых условиях у растущего дерева число слоев в последнем см радиуса на 1,3 м можно установить с помощью приростного бурава.

Чтобы определить это число в данном случае, нужно 20 разделить на величину прироста диаметра на высоте 1,3 м за  $n$  лет (из табл. 1.1):

$$n' = \frac{20}{Z_{d_{1,3}}}. \quad (42)$$

Абсолютный периодический прирост следует определять по формуле (30).

Для определения процента прироста по формуле Турского нужно произвести следующие расчеты:

$$P_v = P_d(k + 2), \quad (43)$$

где  $P_d$  – относительный средний периодический прирост диаметра на высоте груди за  $n$  лет (из табл. 1.12), %;

$k + 2$  – коэффициент, равный показателю степени  $x$  при относительном диаметре  $r$  в формуле Пресслера, т.е.  $x = k + 2$ . Поэтому при подборе значения  $k + 2$  может быть использована табл. 2 пособия или таблица из нормативно-справочных материалов [10, стр. 89, табл. 8.2].

Абсолютный периодический прирост следует определять по формуле (30).

Работа над заданием 7 заканчивается вычислением и оценкой расхождений результатов по сравнению с основным способом, т.е. по формуле расчета процента расхождения (19) нужно оценить точность определения абсолютного и объемного приростов по всем вышеприведенным формулам по сравнению со значениями абсолютного и объемного прироста, полученными по сложной формуле Губера в табл. 1.12 журнала курсовой работы.

По результатам выполнения задания 7 студенты должны сформулировать вывод о наиболее и наименее точном методе определения объемного прироста сортиментов по сравнению с условно-точными значениями абсолютного и объемного прироста, полученными по сложной формуле Губера.

После проведения расчетов и заполнения табл. 1.1–1.13 журнала курсовой работы студенты должны сформулировать общие выводы по работе 1 «Таксация отдельного дерева». В выводах коротко описываются таксационные характеристики дерева по исходным данным и все результаты и выводы по проведенным в ходе исследования расчетам.

## Работа 2. Анализ хода роста ствола

Анализом хода роста ствола называются специальные исследования, проводимые с целью получения полного представления об изменениях во времени всех основных таксационных показателей ствола. Он основан на уникальной способности деревьев откладывать годовые кольца. Данные анализа используются во многих лесоводственно-таксационных работах: при составлении таблиц хода роста древостоев, установлении принадлежности древостоев к одному естественному ряду роста и развития, оценке эффективности лесохозяйственных мероприятий и т.д. В зависимости от целей исследования анализ хода роста ствола может проводиться с различной степенью подробности и точности. Как правило, в возрасте дерева до 35–40 лет он проводится по пятилетним, в старшем возрасте – по десятилетним периодам.

Выбор модельных деревьев для анализа определяется целевой установкой исследований. Например, при установлении естественных рядов отбор деревьев на анализ производится из числа наиболее крупных (80–90 рангов), при определении эффективности проводимых в лесу мероприятий – с учетом рангового положения деревьев.

До рубки на модельном дереве, отобранном для анализа, мелом горизонтальной чертой наносится отметка высоты груди и вертикальной чертой – северная сторона дерева. После этого у модельного дерева измеряются диаметр на высоте груди по двум взаимно перпендикулярным направлениям С-Ю и З-В с точностью до 0,1 см, класс роста и развития по Крафту, диаметр проекции кроны с точностью 0,1 м. Для оценки площади роста модельного дерева определяются направления и расстояния до окружающих деревьев – «соседей» и их диаметры [13].

После рубки дерева и обрубки сучьев полевая обработка модельного дерева производится в такой последовательности.

Вертикальная черта, обозначающая северную сторону дерева, продолжается до самой его верхушки.

Измеряется общая длина (высота) ствола и расстояние от комля до первого мертвого и первого живого сучка.

Ствол размечается на секции (длина секции при высоте деревьев до 10–12 м принимается равной 1 м, при большей высоте – 2 м).

На стволе мелом или каким-либо режущим инструментом отмечаются середины секций, конец последней секции (основание верхушки), относительные высоты  $1/4h$ ,  $1/2h$  и  $3/4h$ .

Для детального анализа хода роста ствола на серединах секций, на 1,3 м, у шейки корня и основания вершинки выпиливаются кружки (образцы древесины) толщиной 2–3 см; для упрощенного анализа кружки выпиливаются только у шейки корня, на высоте груди и на указанных выше относительных высотах.

На каждом кружке на лицевой стороне (пропиленной строго по метке) проводятся две взаимно перпендикулярные линии строго через центр в направлениях С-Ю и В-З, а на другой отмечаются номер модельного дерева и высота сечения.

Результаты полевых измерений модельного дерева записываются в бланк анализа хода роста ствола (табл. 2.1 журнала).

Анализ хода роста ствола выполняется в камеральных условиях и состоит из следующих основных (последовательно выполняющихся) операций.

1. Подсчет годовых колец на кружках с разделением их на возрастные периоды.

2. Измерение взаимно перпендикулярных диаметров на кружках по выделенным периодам; выявление хода роста ствола по диаметру.

3. Выявление хода роста ствола по высоте.

4. Построение графика продольного сечения ствола.

5. Вычисление объема ствола по возрастным периодам.

6. Вычисление абсолютных и относительных приростов по диаметру, высоте и объему.

7. Вычисление видовых чисел и коэффициентов формы по возрастным периодам.

8. Заключение по ходу роста ствола.

### **Задание 1. Ход роста ствола по диаметру**

Подсчет годовых колец проводится на лицевой стороне кружков вдоль линий направлений С-Ю и В-З после тщательной зачистки этих линий острым режущим предметом.

Эта операция начинается с нулевого кружка (взятого у шейки корня). По всем четырем радиусам в направлении от центра к периферии отсчитываются по 10 годовых колец и отделяются выделенные таким образом периоды друг от друга. При этом последний периферийный период может быть неполным, если общее число годовых колец на нулевом кружке не будет кратным 10.

На всех остальных кружках подсчет годовых колец ведется, наоборот, в направлении от периферии к центру. При этом на каждом

кружке вначале отсчитывается то число годовых колец, сколько их оказалось в последнем периферийном периоде нулевого кружка. Затем отсчет ведется также с разделением на 10-летние периоды.

В последнем центральном периоде этих кружков число годовых колец также может быть неполным. Это связано с уменьшением годовых колец по мере увеличения высоты выпилов. Причем это уменьшение происходит из-за выпадения годовых колец, прилегающих к сердцевине, т.е. за счет предшествующих 10-летий. Периферийные годовые кольца имеются на всех кружках. Таким образом, вышеописанный порядок подсчета обеспечивает необходимое для анализа хода роста условие: выделенные возрастные периоды на разных кружках будут состоять из одних и тех же годовых колец.

Для проверки правильности подсчета годовых колец и наглядности возрастные периоды ограничиваются один от другого концентрическими кругами – последнее годовое кольцо в каждом периоде обводится карандашом по поздней части кольца.

Измерение диаметров на всех кружках по выделенным возрастным периодам проводится с точностью 0,1 см масштабной линейкой или полоской миллиметровой бумаги.

Сначала в каком-то одном направлении (например, в направлении С-Ю) измеряются диаметры на нулевом кружке в коре и без коры. Затем в этом же направлении измеряются диаметры последующих концентрических кругов, соответствующие десятилетиям возраста. Результаты измерений записываются в соответствующие графы бланка анализа хода роста ствола (табл. 2.1) на строке С-Ю нулевого кружка. В таком же порядке измеряются и записываются диаметры по направлению В-З. Из измерений диаметра в двух взаимно перпендикулярных направлениях вычисляются средние арифметические значения этого показателя.

В такой же последовательности производятся измерения диаметров на всех остальных кружках. При этом для контроля правильности измерений следует помнить, что при одинаковом возрасте диаметр ствола уменьшается с увеличением высоты сечения, а высота последнего сечения уменьшается с уменьшением возраста дерева. Все данные записываются в колонки 5–10 табл. 2.1.

Данные, полученные по кружку на высоте 1,3 м, наглядно показывают ход роста дерева по диаметру – изменение диаметра по десятилетиям возраста.



## **Задание 2. Ход роста ствола по высоте, по площади сечения и по объему**

Исследование хода роста ствола по высоте начинается с установления значений возраста дерева, при которых оно достигло высот реза, на которых выпилены кружки. Для этого из числа годовичных колец на нулевом сечении (у шейки корня) последовательно вычитаются числа годовичных колец на вышележащих сечениях. Результаты записываются в последней колонке табл. 2.1 [15].

Для проведения дальнейшего анализа хода роста ствола по высоте в табл. 2.2 записывают значения высоты реза, число слоев и число лет из табл. 2.1.

На основании этих данных графическим способом можно определить высоту дерева по 10-летним периодам. Для этого на месте для рис. 2.1 «Ход роста модельного дерева по высоте» в журнале курсовой работы или на миллиметровой бумаге строится график: в выбранном масштабе на оси абсцисс откладывается число лет из табл. 2.2, а на оси ординат – высоты реза (1, 1,3 м и т.д.). Отложенные на графике точки соединяются прямыми отрезками, затем полученная ломаная линия (при необходимости) сглаживается по правилам графического выравнивания (суммы площадей фигур над и под выровненной кривой должны быть примерно одинаковы). Построенная таким образом кривая хода роста ствола по высоте (рис. 2 пособия и рис. 2.1 журнала) позволяет определить высоту дерева по 10-летним периодам.

Для этого на оси абсцисс (возрастов) в масштабе находятся точки, соответствующие, 10, 20, 30 годам и т.д. Из этих точек восстанавливаются перпендикуляры до пересечения с кривой – длины этих перпендикуляров в масштабе на оси ординат покажут искомые высоты. Изменение высоты дерева по 10-летиям возраста записывается в последнюю строку табл. 2.2.

Построение графика продольного сечения ствола (рис. 3 пособия и рис. 2.2 журнала) выполняется в такой последовательности:

а) выбираются масштабы по высоте и диаметру в зависимости от размеров дерева;

б) на месте для рис. 2.2 «Вид модельного дерева в разрезе» в журнале курсовой работы или на миллиметровой бумаге намечается положение нулевого сечения и оси симметрии, на которой точками отмечается высота ствола по 10-летиям возраста из табл. 2.2;

в) отступив от оси симметрии на несколько сантиметров, проводят параллельную ей линию, на которой в принятом масштабе отмечают высоты всех сечений (0, 1, 1.3, 3 и т.д) и всю высоту дерева в возрасте, когда оно было взято для исследования;

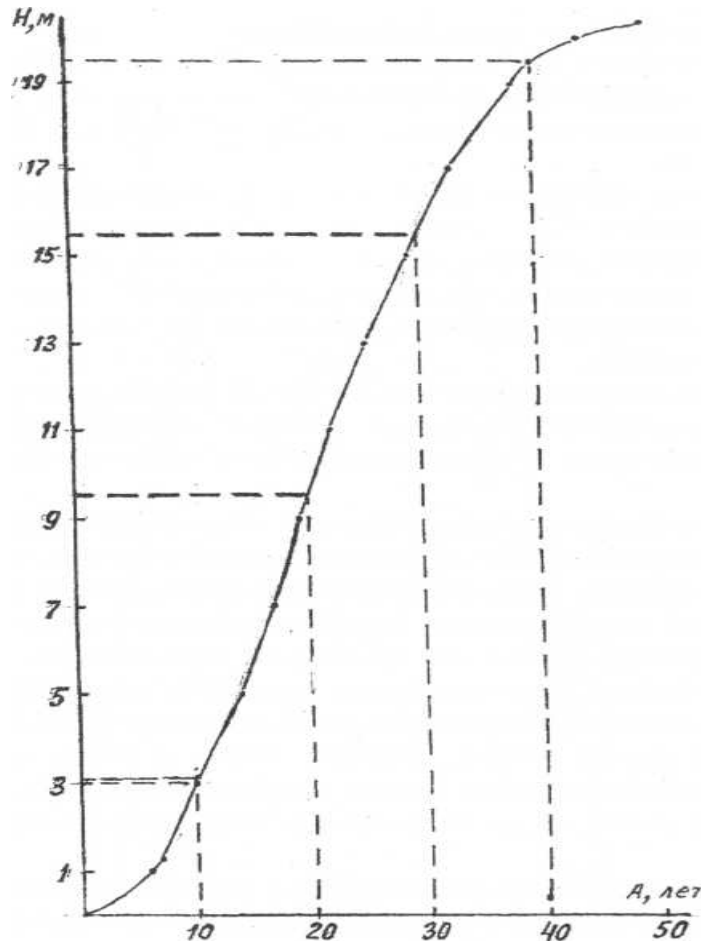


Рис. 2. Ход роста модельного дерева по высоте

г) на перпендикулярных к оси ствола линиях каждого из этих сечений в обе стороны от оси симметрии последовательно откладываются радиусы в коре и без коры для дерева в возрасте, когда оно было взято для исследования по данным соответствующих диаметров из табл. 2.1;

д) соединив плавными линиями точки радиусов и окончательную высоту дерева, отмеченную ранее на оси симметрии, получают график продольного сечения ствола в данном возрасте; площадь коры желательно закрасить штриховкой.

е) аналогично проводят построение продольных профилей дерева по остальным 10-летиям возраста по соответствующим диаметрам без коры по данным табл. 2.1.

На графике продольного сечения ствола для каждого 10-летия отмечается высота основания вершинки (на последнем четном метре, при этом длина вершинки должна составлять не менее 0,5 м), сама вершинка для наглядности заштриховывается. Затем определяются длина вершинки (как разность между высотой ствола в данном 10-летию возраста и высотой основания вершинки) и диаметр основания вершинки (снимается по масштабу на схеме продольного сечения ствола). Эти данные записываются в табл. 2.1 журнала. Следует иметь в виду, что в молодом возрасте высота ствола может оказаться меньше длины первой секции. В этом случае весь ствол будет представлять собой вершинку.

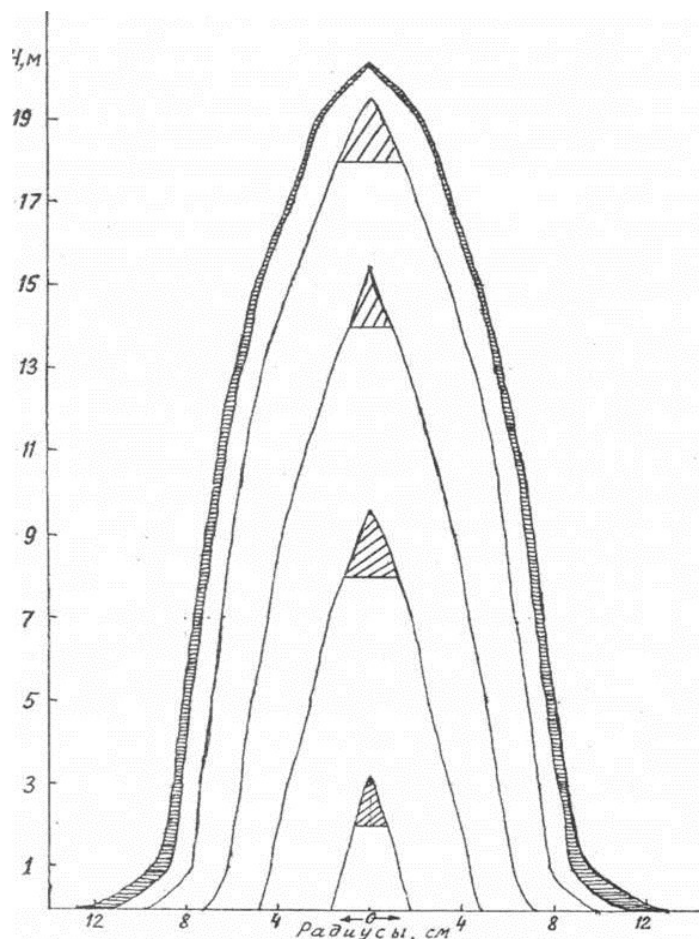


Рис. 3. Продольный профиль ствола по возрастным периодам

Вычисление объема ствола в разные возрасты дерева производится по сложной формуле Губера суммированием объемов всех секций (двухметровых) и вершинки. Расчеты ведутся в табл. 2.3 [15] одновременно по всем возрастным периодам. По среднеарифметическим диаметрам каждого кружка, выпиленного на середине секции,

из табл. 2.1 находятся площади сечений с точностью 0,0001 м по нормативно-справочным материалам [10, стр. 17, табл. 1.1] и размещаются в соответствующие графы табл. 2.3.

Затем подсчитываются итоги площадей сечений всех секций (по каждой графе) и записываются в специальной строке таблицы. Умножением полученных сумм площадей сечений каждого возрастного периода на длину секции 2 м получают общий объем всех секций (ствола без вершинки) в соответствующие возрасты дерева. Объем вершинки определяется по формуле конуса. При этом диаметр основания вершинки и ее длина берутся из предыдущих расчетов (табл. 2.1). Сложением общего объема двухметровых секций с объемом вершинки определяется объем ствола для каждого возрастного периода.

По результатам выполнения задания 2 студенты должны сформулировать вывод о ходе роста ствола по диаметру, высоте, площади сечения и объему.

### **Задание 3. Анализ приростов и изменения видовых чисел и коэффициентов формы**

Вычисление приростов по диаметру, высоте и объему производится в следующем порядке. В табл. 2.4 журнала переносятся значения указанных таксационных показателей по 10-летиям возраста из предыдущих таблиц. Причем возраст по 10-летиям записывается в 1-й колонке табл. 2.4 в порядке возрастания – 10, 20, 30 лет и т.д. Затем для каждого показателя в абсолютном выражении определяются средний общий и средний периодический приросты.

Средний общий прирост вычисляется путем деления величины таксационного показателя в соответствующем возрасте на данный возраст по формуле (26). При вычислении среднего периодического прироста по формуле (25) текущий периодический прирост определяется как разность таксационных показателей двух соседних 10-летних возраста. Процент среднего периодического прироста определяется по формуле Пресслера (27). Все значения записываются в соответствующие ячейки табл. 2.4 [15].

Средний периодический прирост в абсолютном и относительном выражениях может быть записан между строк соответствующих 10-летних.

Анализ изменения видовых чисел и коэффициентов формы дает возможность проследить изменение полндревесности и формы ствола по 10-летиям возраста.

Для вычисления видового числа используется формула расчета старого видового числа (20). При этом значения объемов и высот по 10-летиям можно взять из соответствующих столбцов табл. 2.4. А по данным диаметров из табл. 2.4 найти площади поперечного сечения на высоте 1,3 м в соответствующие периоды возраста по нормативно-справочным материалам [10, стр. 17, табл. 1.1]. Полученные значения следует записать в табл. 2.5.

При вычислении коэффициента формы  $q_2$  по формуле (8) диаметр на половине высоты ствола в каждом 10-летии возраста определяется методом интерполяции по соответствующим диаметрам в том или ином возрасте дерева из табл. 2.1. Значения диаметра на высоте 1,3 м для каждого из возрастов берется из табл. 2.1 из строки с соответствующей высотой реза. Полученные значения записывают в соответствующую строку в табл. 2.5.

По результатам выполнения задания 3 студенты должны сформулировать вывод о динамике изменения полндревесности и формы анализируемого ствола.

После проведения расчетов и заполнения табл. 2.1–2.5 журнала курсовой работы студенты должны сформулировать общие выводы по работе 2 «Анализ хода роста ствола». На основе графиков и составленных таблиц устанавливаются особенности возрастной динамики (изменения темпов роста) таксационных показателей дерева: диаметра, высоты, объема, видового числа и коэффициента формы. Определяются периоды кульминации приростов по основным таксационным показателям.

### **Работа 3. Таксация насаждения**

Под насаждением понимают участок леса, достаточно однородный внутри себя, занимающий определенную территорию и отличающийся от смежных участков. Однородность насаждения определяется характером растительности и условий ее произрастания. В состав растительности входят: древостой, подрост, подлесок, напочвенный покров. Условия местопроизрастания включают в себя климатические, почвенные, гидрологические и другие факторы, оказывающие влияние на рост и развитие растительности. Из растительности наибольшее хозяйственное значение имеет древостой. Вследствие этого таксационная характеристика насаждения в основном сводится к детальному описанию его древостоя. Наряду с этим описываются и другие компоненты растительности, а также условия местопроизрастания. В итоге составляется всесторонняя таксационная характеристика насаждения.

Для составления характеристики насаждения расчленяется на элементы леса, представляющие собой однородные его части. Под элементом леса понимается одно поколение леса какой-либо древесной породы, одного происхождения (искусственного, естественного, семенного, вегетативного), одинаково развившееся в однородных условиях местопроизрастания.

При выполнении работы 3 студенту сначала необходимо определить таксационные показатели по элементам леса. После этого нужно выделить ярусы и определить их таксационные показатели. В конце расчетов дается характеристика насаждения в целом.

Затем пробную площадь необходимо представить в виде делянки спелого леса и произвести его оценку по сортиментным таблицам.

Для выполнения расчетов рекомендуется использовать журнал для выполнения курсовой работы, калькулятор, подсобные таблицы из нормативно-справочных материалов [10], [11], [12], миллиметровую бумагу для построения графиков.

#### **Задание 1. Обработка данных пробной площади**

Исходные данные, полученные в полевых условиях, записывают в табл. 3.1 (результаты сплошного перече́та деревьев по ступеням толщины) и табл. 3.2 (данные обмера и обработки учетных деревьев преобладающей породы).

При обработке данных пробной площади в табл. 3.1 необходимо подсчитать итоги по количеству деревьев в каждой категории

технической годности для каждой породы на пробе и на 1 га. Итоги на пробе получают сложением числа деревьев в категории технической годности по ступеням толщины для каждой древесной породы. Итоги на 1 га получают с учетом величины пробной площади. С помощью построения пропорции получим формулу для расчета числа деревьев на 1 га:

$$\begin{aligned} S \text{ га} &- n \text{ шт.} \\ 1 \text{ га} &- N \text{ шт.} \\ N &= \frac{n}{S}. \end{aligned} \quad (44)$$

Аналогично подсчитайте итоги на 1 га для всех категорий технической годности всех древесных пород в задании. Не забудьте округлить результаты до целого числа!

При обработке данных в табл. 3.2 необходимо подсчитать итоги по столбцам площадей сечений и объемов. Итоги получают сложением значений сумм площадей поперечных сечений и объемов всех учетных деревьев.

## **Задание 2. Определение таксационных показателей древостоев элементов леса**

Древостой элемента леса характеризуется следующими таксационными показателями: происхождением, возрастом, приростом, средним диаметром и высотой, суммой площадей сечений и относительной полнотой, запасом и его сортиментной структурой, классом товарности. В лабораторной работе определяются все перечисленные признаки за исключением происхождения и прироста элемента леса.

Происхождение элемента леса (естественное, искусственное, семенное, порослевое) устанавливается в натуре, учитывается при выделении и выборе насаждения для закладки пробных площадей, используется для определения класса бонитета и анализа полученных данных, однако в сводной ведомости таксации насаждения не отмечается.

Для каждого элемента леса необходимо определить следующие таксационные показатели:

- средний возраст, лет;
- средний диаметр, см;
- среднюю высоту, м;
- сумму площадей сечений, м<sup>2</sup>;
- запас, м<sup>3</sup>;
- класс товарности.

**Средний возраст** элемента леса определяется как среднее арифметическое из значений возраста, установленного путем подсчета годичных слоев на пнях спиленных учетных или модельных деревьев. Возраст учетных деревьев основного элемента леса приведен в табл. 3.2 работы, а возраст модельных деревьев второстепенных элементов леса – в табл. 3.1. Следует иметь в виду, что средний возраст как среднее арифметическое из значений возраста срубленных деревьев точнее определяется выбором их по способу пропорционально-ступенчатого представительства. При сравнительно небольшом количестве моделей его следует определять как среднее арифметическое из значений возраста деревьев, представляющих наиболее населенные ступени толщины.

По моделям, взятым по ступням толщины, средний возраст древостоя элемента леса точнее определяется как средневзвешенный через суммы площадей сечений деревьев ступеней толщины:

$$A_{cp.} = \frac{A_8 \sum G_8 + A_{12} \sum G_{12} \dots A_n \sum G_n}{\sum G_8 + \sum G_{12} + \dots \sum G_n}. \quad (45)$$

Расчет сумм площадей сечений деревьев по ступеням толщины приведен ниже при вычислении средних диаметров.

В нашем случае средний возраст преобладающей породы определяется как среднее арифметическое значение показателей возраста учетных деревьев из табл. 3.2.

В случае получения значения с десятичными знаками оно округляется до целого. Значение среднего возраста можно записать под табл. 3.2.

По данным перечетной ведомости (табл. 3.1) определяют средний возраст для составляющих элементов леса. Средний возраст составляющих древесных пород определяют как среднее арифметическое значение возраста, измеренных для центральных ступеней толщины. В случае получения значения с десятичными знаками оно округляется до целого по стандартным правилам математики. Значения среднего возраста составляющих элементов леса можно записать под табл. 3.1.

**Средний диаметр** элемента леса определяется среднеквадратическим путем или через среднюю площадь сечения. Для определения среднего диаметра необходимо произвести следующие вспомогательные вычисления.

В незаполненную строку в шапке табл. 3.3 [15] необходимо переписать значения ступеней толщины из перечетной ведомости



(табл. 3.1) и соответствующие им площади поперечного сечения в м<sup>2</sup>, которые можно найти по формуле (2) или из нормативно-справочных материалов [10, стр. 17, табл. 1.1].

Для каждой породы в строку с обозначением *n* необходимо из перечетной ведомости (табл. 3.1) переписать число деревьев, а в строку с обозначением *g* записать сумму площадей сечений для каждой ступени толщины, полученную перемножением площади поперечного сечения одного дерева данной ступени толщины (записана в шапке табл. 3.3 в скобках) на число деревьев в данной ступени.

Для определения числа деревьев на пробе необходимо сложить количество деревьев во всех ступенях толщины для каждой породы, т.е. строку с обозначением *n* для данной породы. Найти число деревьев на 1 га можно с помощью формулы (44). Аналогично находим сумму площадей сечений на пробе и на 1 га.

Разделив сумму площадей сечений на пробе на число деревьев пробы, находим площадь сечения среднего дерева *g* и записываем табл. 3.3.

По площади сечения среднего дерева определяют средний диаметр по нормативно-справочным материалам [10, стр.17, табл. 1.1] или по формуле:

$$d_{cp.} = 200 \sqrt{\frac{g_{cp.}}{\pi}}. \quad (46)$$

Записываем значение среднего диаметра для каждой из пород в табл. 3.3.

Для определения **средней высоты** преобладающей породы необходимо построить кривую высот.

Для преобладающей породы в журнале курсовой работы [15] на рис. 3.1 или на миллиметровой бумаге по оси абсцисс необходимо отложить диаметры учетных деревьев из табл. 3.2 [15], а по оси ординат их высоты.

Масштаб на графике желательно использовать следующий: по горизонтали 1:2 (в 1 см графика 2 см диаметра), по вертикали – 1:200 (в 1 см 2 м высоты). Нанесенные точки выравниваются графически параболической кривой так, чтобы количество точек над и под выровненной кривой было примерно одинаково. Затем до пересечения с выровненной кривой восстанавливается перпендикуляр от значения среднего диаметра, найденного на оси абсцисс, и по длине перпендикуляра в масштабе оси ординат определяется значение средней высоты.

Пример построения кривой высот приведен на рис. 4 пособия.

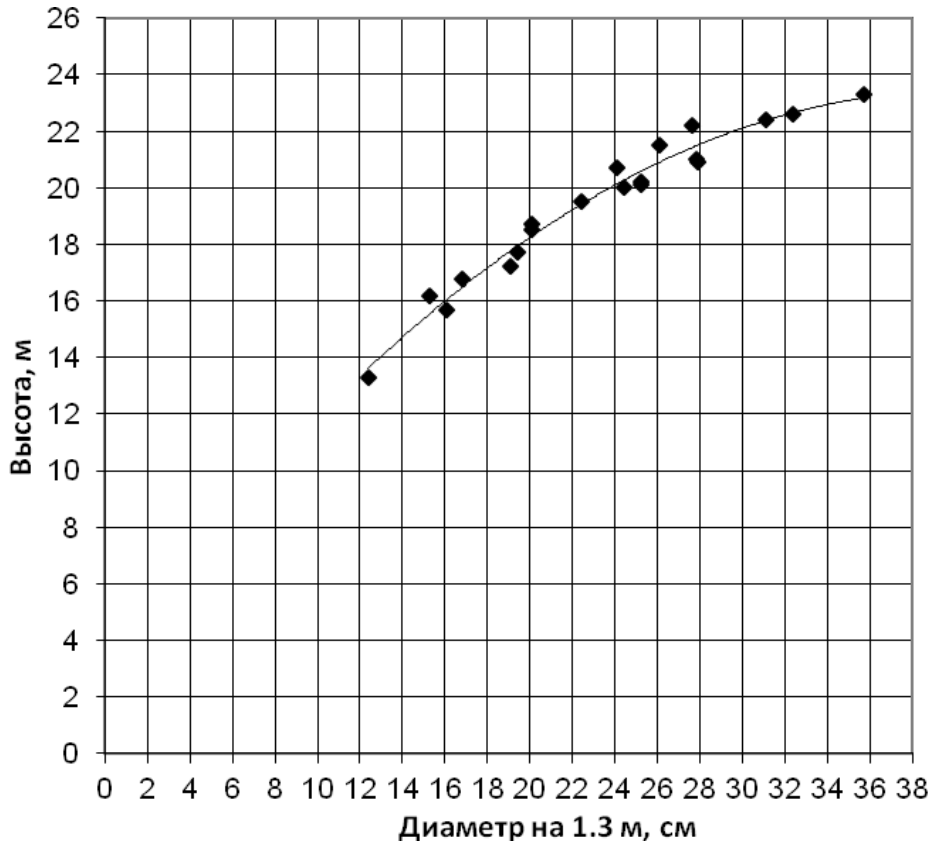


Рис. 4. Построение кривых высот

Аналогично определяют среднюю высоту для каждой из второстепенных пород. Точки наносят на график высот, используя данные перечетной ведомости ([15] табл. 3.1). При этом на оси абсцисс откладывают ступени толщины, а по оси ординат их средние высоты. Нанесенные точки выравниваются с учетом кривой преобладающего элемента леса (кривые разных пород чаще всего проходят параллельно друг другу). Средняя высота определяется аналогично по выровненной кривой в зависимости от среднего диаметра каждой из пород.

**Запас** основного элемента леса необходимо вычислить разными способами:

**Определение запаса по кривой объемов стволов.** Способы определения запаса древостоя элемента леса по кривой и прямой объемов основаны на устойчивой связи объемов деревьев с их диаметрами и площадями сечений на высоте груди.

Для определения запаса основного элемента леса на рис. 3.2 журнала или на миллиметровой бумаге строится следующий график: по оси абсцисс наносятся значения диаметров учетных деревьев в масштабе, например, 1:2, т.е. цена деления в 2 см. При этом на оси должны быть хорошо видны значения минимальной и максимальной ступеней толщины из перечетной ведомости ([15] табл. 3.1), в которых присутствуют деревья основного элемента леса. На оси ординат откладывают значения объемов учетных деревьев из табл. 3.2 (например, как на рис. 5 пособия с ценой деления  $0,1 \text{ м}^3$ ). Нанесенные точки соединяются между собой последовательно прямыми отрезками, затем ломаная линия выравняется по вогнутой кривой. Одним из условий правильного ее проведения является равенство сумм площадей фигур над и под выравнивающей линией.

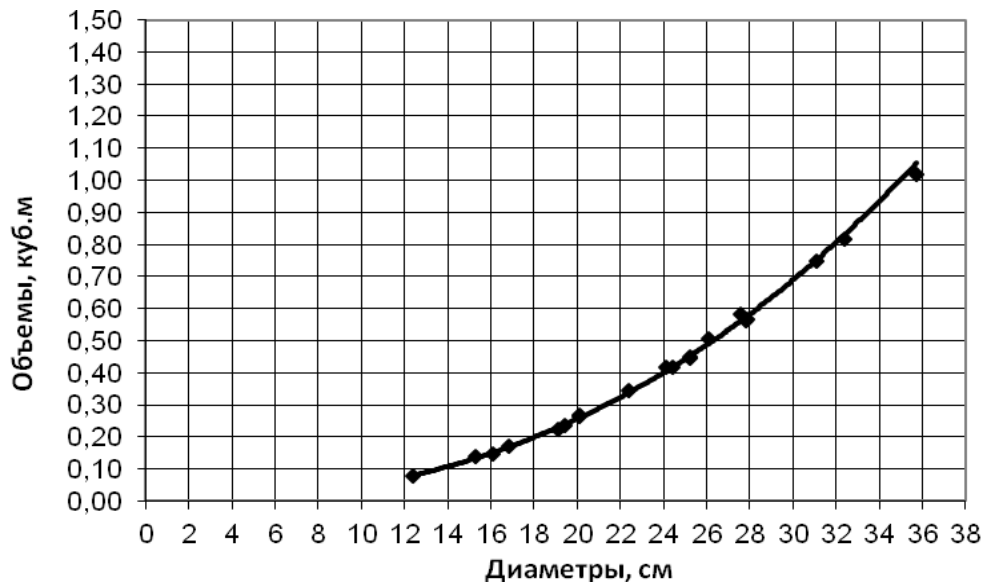


Рис. 5. Построение кривой объемов

В первый и третий столбец табл. 3.4 заносят из табл. 3.1 соответственно данные о ступенях толщины основного элемента леса и количестве деревьев всего в каждой ступени. С графика по ступеням толщины «снимают» значения объема одного ствола для каждой ступени толщины и записывают в четвертый столбец табл. 3.4. Перемножением объема одного ствола на число стволов в ступени толщины получают запас для каждой ступени толщины, сложением которых получаем запас в целом на пробной площади. Запас на 1 га находим с помощью формулы (44). Запас на 1 га округляется до целого значения.

**Определение запаса по прямой объемов стволов.** Во второй столбец табл. 3.4 записывают площади поперечного сечения в  $\text{м}^2$  для каждой ступени толщины, указанных в первом столбце этой таблицы, с использованием нормативно-справочных материалов [10, стр.17, табл. 1.1].

Далее строим на рис. 3.3 журнала или на миллиметровой бумаге график, аналогично предыдущему. Отличие заключается в том, что по оси абсцисс откладываются площади сечений (а не диаметры) учетных деревьев из табл. 3.2 (в 1 см –  $0,01 \text{ см}^2$ ) и выравнивание выполняется прямой линией.

У тонкомерных ступеней (8 и 12 см) точки, соответствующие объемам, обычно располагаются не по прямой, а по некоторой кривой. Поэтому для получения более точных результатов рекомендуется прямую объемов в этой части перевести в кривую.

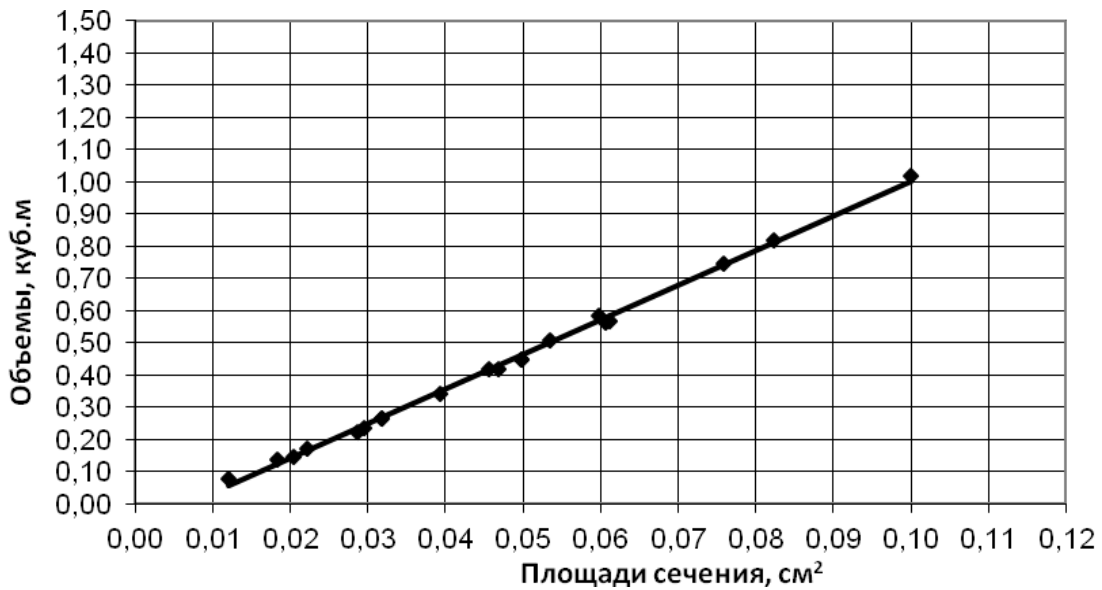


Рис. 6. Построение прямой объемов

С выровненной прямой необходимо «снять» значения объемов стволов по площади сечения для соответствующей ступени толщины: ступень 8 см –  $0,0050 \text{ м}^2$ ; 12 см –  $0,0113 \text{ м}^2$  и т.д. и записать в пятый столбец табл. 3.4. Перемножением объема одного ствола в ступени на число стволов получаем запасы в ступенях толщины, сложением которых находим запас в целом на пробной площади, а затем по формуле (44) запас на 1 га.

**Определение запаса по учетным деревьям.** Наиболее точный способ определения запаса для основного элемента леса по учетным деревьям:

$$M = \sum V_{уч.дер.} \frac{\sum G}{\sum g_{уч.дер.}}, \quad (47)$$

где  $\sum g_{уч.дер.}$  – сумма площадей сечений учетных деревьев, м<sup>2</sup>;  
 $\sum V_{уч.дер.}$  – сумма объемов учетных деревьев, м<sup>3</sup>;  
 $\sum G$  – сумма площадей сечений всех деревьев элемента леса на 1 га, м<sup>2</sup>.

Суммы объемов и площадей сечений учетных деревьев берутся из табл. 3.2, а  $\sum G$  – из табл. 3.3. Расчет производится в соответствующем месте журнала под табл. 3.5.

По имеющимся данным запас вычислить несложно, однако, чтобы получить исходные материалы, нужно выполнить весьма трудоемкую работу по отбору, рубке, обмеру и обработке учетных деревьев.

**Определение запаса по средней модели.** Наиболее простым, но менее точным способом определения запаса древостоя основного элемента леса является способ средней модели. По своему названию этот способ предполагает определение запаса элемента леса по объему одного дерева, которое является средним для древостоя, однако для более правильного определения фактической средней формы деревьев подбирают не одно, а минимум три дерева, близкие по диаметру и высоте к установленным средним диаметру и высоте элемента леса. В этом случае запас находят по следующей формуле:

$$M = \sum V_m \frac{\sum G}{\sum g_m}, \quad (48)$$

где  $\sum g_m$  – сумма площадей сечений средних модельных деревьев, м<sup>2</sup>;  
 $\sum V_m$  – сумма объемов средних модельных деревьев, м<sup>3</sup>;  
 $\sum G$  – сумма площадей сечения всех деревьев элемента леса на 1 га, м<sup>2</sup>.

В задании средние модели подбираются из числа учетных деревьев (табл. 3.2). Расчет производится в соответствующем месте журнала под табл. 3.5 [15].

**Запас для каждого элемента леса** (основного и второстепенных) можно вычислить двумя способами:

**Определение запаса по таблицам объемов стволов.** В практике запас чаще всего устанавливается по объемным таблицам. Этим способом определяется запас каждого элемента леса. В настоящее время применяются различные объемные таблицы, которые составлены для крупных регионов. В данной работе рекомендуются местные таблицы по разрядам высот из нормативно-справочных материалов [10, стр. 35–38, табл. 4.1–4.4]. Эти таблицы составлены для различных древесных пород. Входами в эти таблицы служат: древесная порода, средний диаметр и высота, по которым устанавливается разряд высот. Техника определения разрядов высот по этим таблицам выглядит следующим образом: по среднему диаметру элемента леса, округленному до ступени толщины, находят разряд высот, в котором значение высоты наиболее близко к средней высоте элемента леса.

Для установленного разряда высот из объемных таблиц в табл. 3.5 выписываются объемы одного ствола каждой ступени толщины. Рядом с объемами указывается отдельно количество деловых и дровяных стволов по ступеням толщины. Полуделовые стволы перед этим разделяются в ступенях поровну между деловыми и дровяными. Если в ступени нечетное число полуделовых стволов, то большее количество относится к категории деловых. Количество деловых, полуделовых и дровяных стволов берется из пересчетной ведомости табл. 3.1 [15].

Путем последовательного перемножения табличных объемов одного ствола на число деловых и дровяных стволов ступени толщины определяется запас стволов этих категорий в ступени и их суммирование – общий запас ступени. При подведении итогов получают запасы древостоев по категориям качества и общий на пробе, которые перечисляются на 1 га по формуле (44) и записываются ниже.

**Определение запаса по среднему видовому числу.** Этот способ определения запаса называется способом **средних видовых** чисел. Его преимущество в том, что он позволяет определять запас с достаточной точностью без рубки модельных или учетных деревьев.

Запас для каждого элемента леса можно посчитать по формуле:

$$M = hf \sum G, \quad (49)$$

где  $hf$  – видовая высота древостоя;

$\sum G$  – сумма площадей сечения всех деревьев элемента леса на 1 га, м<sup>2</sup>.

Видовая высота находится в прямой зависимости от высоты. На основе этой связи составлены стандартные таблицы видовых высот по породам. Для равнинных условий Урала следует воспользоваться таблицей из нормативно-справочных материалов [10, стр.120, табл. 11.2]. По средней высоте древостоя соответствующей породы (с округлением до 1 м) в этих таблицах находят видовую высоту (НВ). Умножением ее на сумму площадей сечения на 1 га из табл. 3.3 [15] находят запас.

После окончания расчетов по всем способам определения запаса элемента леса необходимо произвести оценку точности этих методов в табл. 3.6 [15].

Сравнение запаса основного элемента леса (на 1 га), определенного разными способами, производится в следующем порядке.

При оценке точности различных способов определения запаса результат вычислений по учетным деревьям принимается за условно-точный для основного элемента леса. Запасы на 1 га, вычисленные по другим методам, записываются в колонку 1 в м<sup>3</sup>. В колонке 2 необходимо рассчитать отклонение значения каждого из методов от условно-точного по формуле (19).

Для второстепенных пород за условно-точный принимается запас, определенный по таблицам объемов стволов (табл. 3.5), а за неточный – по видовой высоте.

По результатам заполнения табл. 3.6 студенты должны сформулировать вывод о наиболее и наименее точном способе определения запаса для основного элемента леса по сравнению с выбранным условно-точным способом по учетным деревьям.

### **Задание 3. Определение таксационных показателей ярусов и насаждения**

Заполнение табл. 3.7 начинается с правой части «**Описание по элементам леса**», куда выписываются все определенные ранее таксационные характеристики для каждого элемента леса.

В табл. 3.7 вносятся условно-точные запасы, вычисленные для основного элемента леса по учетным деревьям, а для второстепенных – по таблицам объемов.

**Класс товарности** позволяет судить о товарной ценности древостоев. Он определяется для каждого элемента леса в зависимости от процента выхода деловой древесины или процента деловых

стволов по табл. 5 пособия или по нормативно-справочным материалам [10, стр. 156, табл. 13.2].

Таблица 5

Классы товарности по выходу деловой древесины  
и проценту деловых стволов

Класс товарности	Выход, %			
	деловой древесины		деловых стволов	
	Хвойные	Лиственные и лиственница	Хвойные	Лиственные и лиственница
1	81 и более	71 и более	91 и более	91 и более
2	61–80	51–70	71–90	66–90
3	до 60	31–50	до 70	41–65
4	–	до 30	–	до 40

**Полнота** – степень занятости площади древостоя стволовой массой. Полноту элемента леса различают абсолютную (сумму площадей сечений деревьев элемента леса в м<sup>2</sup> на 1 га) и относительную (в долях единицы). Абсолютная выписывается из табл. 3.3, а относительная находится путем деления абсолютной на сумму площадей сечений максимально полного древостоя (нормального леса), принятого за эталон (с полнотой 1,0), которую находят по стандартной таблице сумм площадей сечений и запасов в нормативно-справочных материалах [10, стр.120, табл. 11.2] в зависимости от древесной породы элемента леса и его средней высоты.

Далее приступаем к заполнению в табл. 3.7 части «**Описание по ярусам**». Для этого необходимо определить количество ярусов в насаждении и их таксационные характеристики.

Деление насаждений на ярусы преследует двоякую цель:

- уточнить таксационную характеристику;
- выделить части, в которых будут проводиться разные лесохозяйственные мероприятия.

Ярус, составляющий наибольшую по запасу часть насаждения, называется основным, а остальные ярусы – второстепенными.

Разделение насаждений на ярусы производится при относительной полноте каждого из ярусов не менее 0,3. Ярус, имеющий меньшую полноту, таксируется как поколение или составляющая порода.

Второй (третий) ярус выделяется при отличии в средней высоте от первого (второго) не менее чем на 20 %. При этом при высотах



нижнего полога от 4 до 8 м последний таксируется как ярус, если его высота составляет не менее  $\frac{1}{4}$  высоты первого яруса. Во всех остальных случаях, а также при высотах менее 4 м, нижний полог насаждения описывается как подрост.

Решение вопроса о выделении ярусов следует начинать с оценки степени различий в средних высотах древостоев основного и второстепенных элементов леса. Например, средние высоты древостоев двух элементов леса составляют 23,5 м и 21,4 м, различие в высотах менее 20 %, следовательно, эти древостои нужно объединить в один ярус.

Если разница в средних высотах элементов леса превышает 20 %, то целесообразность отнесения их к разным ярусам нужно подтвердить определением относительной полноты. Для этого используются стандартные таблицы сумм площадей сечений и запасов насаждений при полноте 1,0 в нормативно-справочных материалах [10, стр. 120, табл. 11.2] или таблицы хода роста в нормативно-справочных материалах [11]. Сумму площадей сечений деревьев элемента леса в  $\text{м}^2/\text{га}$  делят на табличную сумму площадей сечений и получают относительную полноту. Элемент леса выделяется в ярус, если полнота яруса окажется не ниже 0,3. В противном случае этот элемент объединяется в один ярус с другим.

Так, последовательно оценивая различия в высотах и относительных полнотах элементов леса, разделяем древостой насаждения на ярусы.

Каждый ярус характеризуется запасом, составом, средней высотой и полнотой.

**Запас яруса** складывается из суммы запасов элементов леса, составляющих ярус.

**Состав яруса** устанавливается по процентному соотношению запасов древесины составляющих древесных пород и записывается в виде формулы, в которой приводятся сокращенные обозначения древесных пород и доля участия каждой древесной породы в составе, выражаемые в виде коэффициентов (целых чисел), каждая единица которых соответствует 10 % участия древесной породы в общем запасе древесины яруса. В соответствии с такой формулировкой общий запас яруса принимают за 10 единиц (100%), а запасы составляющих ярус пород выражают в долях от 10.

Например, ярус представлен двумя элементами леса: сосной и березой.

Запас сосны – 265  $\text{м}^3/\text{га}$ ,  
березы – 113  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Общий запас яруса составит  $373 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Принимаем его за 10 единиц и выявляем долю участия каждой породы:

сосны –  $265 \cdot 10 / 378 = 7$ ;

березы –  $113 \cdot 10 / 378 = 3$ ;

следовательно, формула состава будет иметь вид 7СЗБ.

В соответствии с действующей лесоустроительной инструкцией [7] древесные породы, запас древесины которых составляет до 5 % от общего запаса древесины яруса, записываются в формулу состава со знаком «+».

Раньше в лесной таксации был принят следующий подход: если доля участия древесной породы в общем запасе яруса составляет от 0,2 до 0,5 (от 2 до 5%) или менее 0,2 (2%), то эти породы в формуле состава отмечались соответственно знаком «+» или ед. (единично). Например, 7СЗБ+ЕедОс.

**Средняя высота яруса** определяется как средняя взвешенная через коэффициенты состава древостоя. Например, при составе 7СЗБ и средних высотах, соответственно равных 23,5 м для сосны и 21,4 м для березы, средняя высота яруса составит  $H_{ср} = (23,5 \cdot 7 + 21,4 \cdot 3) / 10 = 22,9 \text{ м}$ .

Средняя высота яруса используется для определения относительной полноты яруса. Она служит одним из входов в стандартную таблицу сумм площадей сечений и запасов насаждений при полноте 1,0 в нормативно-справочных материалах [10, стр. 120, табл. 11.2].

**Полноту яруса** различают абсолютную (сумму площадей сечений деревьев яруса в  $\text{м}^2$  на 1 га) и относительную (в долях единицы). Первая получается сложением абсолютной полноты элементов леса, составляющих ярус, а вторая – путем деления первой на сумму площадей сечений максимально полного древостоя (нормального леса), принятого за эталон (с полнотой 1,0), которая находится по стандартной таблице сумм площадей сечений и запасов в нормативно-справочных материалах [10, стр. 120, табл. 11.2] в зависимости от преобладающей породы и средней высоты яруса.

Например,

абсолютная полнота яруса равна  $32,1 \text{ м}^2/\text{га}$ ,

средняя высота яруса – 23,3 м,

преобладающая порода – С.

Тогда табличная  $\sum G = 35,7 \text{ м}^2/\text{га}$ .

Следовательно, относительная полнота яруса составит

$P = 32,1 / 35,7 = 0,9$ .

После выделения и описания ярусов переходят к **характеристике насаждения** в целом (левая часть в табл. 3.7).

**Преобладающей древесной породой** в лесном насаждении признается та, которая имеет наибольший коэффициент состава в группе древесных пород хозяйства, к которому отнесено лесное насаждение. При равенстве долей участия в составе двух или трех древесных пород, относящихся к одному хозяйству, преобладающей считается та из них, которая более соответствует целевому назначению лесов или типу лесорастительных условий.

Если в состав смешанного лесного насаждения входит только одна древесная порода из группы хвойных или твердолиственных, то она считается преобладающей, если доля ее участия составляет не менее 5 единиц.

Древостой всего насаждения характеризуется **классом возраста**, который определяется по среднему возрасту преобладающей породы (основного элемента леса) и продолжительности интервала класса возраста данной древесной породы.

Продолжительность интервала классов возраста устанавливается для кедра, ели восточной и пихты кавказской 40 лет, для других хвойных пород и твердолиственных пород семенного происхождения – 20 лет, для мягколиственных и твердолиственных пород порослевого происхождения – 10 лет, для быстрорастущих пород – 5 лет, для кустарников – 1 год.

Следует иметь в виду, что средний возраст основного элемента леса для всего насаждения будет не средним, а преобладающим.

Например, средний возраст преобладающей породы – сосны равен 91 год, что при 20-летних классах возраста для хвойных пород соответствует V классу.

**Бонитет насаждения** – производительность древостоев в конкретных условиях местопроизрастания. **Класс бонитета** определяется по среднему возрасту и средней высоте основного элемента леса. С этой целью используются две бонитировочных шкалы, разработанных М.М.Орловым: одна – для семенных, другая – для порослевых насаждений. Для определения класса бонитета необходимо воспользоваться нормативно-справочными материалами [10, стр. 116–117, табл. 10.1].

В полевых условиях для характеристики насаждения дается подробное описание положения участка в рельефе местности, почвенно-гидрологических условий, подроста, подлеска и живого напочвенного покрова.

На основе натуральных наблюдений и всестороннего анализа полученных данных устанавливается **тип леса**, название которого сокращенно отмечается в таксационной характеристике насаждения.

В описательной части под табл. 3.7 журнала в натуральных условиях отмечаются особенности состава, возраста и полноты, делается описание почвенного разреза по генетическим горизонтам, перечень подроста и подлеска и схематический чертеж пробной площади.

#### **Задание 4. Определение выхода сортиментов из основного элемента древостоя по сортиментным таблицам**

Выход сортиментов из основного элемента древостоя чаще всего определяется двумя основными методами: по модельным или учетным деревьям, по сортиментным или сортиментно-сортным таблицам.

Метод сортиментации по учетным деревьям считается наиболее точным, но в то же время и самым трудоемким. В древостое механическим путем отбирается большое количество деревьев, которые спиливаются и с учетом пороков в соответствии с ГОСТ разделяются на нужные сортименты. Выход одноименных сортиментов, дров и отходов выражается в процентах от общего объема учетных деревьев. При достаточно большом числе деревьев полученное процентное соотношение хорошо отражает товарную структуру всего древостоя. По этим процентам запас древостоя элемента леса легко распределяется на сортименты.

При табличном методе сортиментации древесного запаса обычно не требуется модельных или учетных деревьев, поэтому он в практическом применении является самым простым.

Для товарной оценки древостоев можно применять различные таблицы: сортиментно-сортные таблицы и товарные таблицы Н.В. Третьякова, П.В. Горского, Г.Г. Самойловича, сортиментные и товарные таблицы Н.П. Анучина, сортиментные и товарные таблицы для лесов горного Урала [19].

В настоящее время на территории Уральского региона применяются таблицы сотрудников кафедры лесной таксации и лесоустройства Марийского политехнического института для лесов горного Урала [21], поскольку эти таблицы включены в единую для страны систему лесотаксационных нормативов. Вместе с тем и ранее применяемые отмеченные выше таблицы представляют как научно-методический, так и практический интерес. В соответствующих условиях предпочтение может быть отдано одному из трех видов таблиц. При

перечислительной таксации насаждения товарную структуру древостоев следует определять по местным сортиментным и сортиментно-сортным таблицам [12].

В данной работе рекомендуются сортиментные таблицы для лесов горного Урала [21]. Сортиментными называются таблицы, в которых для различных по качеству деревьев определенных диаметров и высот приведены общие запасы и запасы деловой древесины с разделением на категории крупности, выход важнейших сортиментов, технологического сырья, дров и отходов от деловых и дровяных деревьев.

К крупной деловой древесине всех лесных пород относятся круглые лесоматериалы диаметром в верхнем торце от 25 см и более, к средней – диаметром от 14 до 24 см и к мелкой – диаметром от 6 до 13 см соответственно. В таблицах [19] средняя древесина делится на две части: 1) с диаметром в верхнем торце 18 до 24 см; 2) 14 до 17 см. Основой сортиментации по этим таблицам являются данные сплошного перече́та по ступеням толщины. Эти таблицы составлены для различных древесных пород в соответствии с требованиями действующих унифицированных ГОСТ на продукцию лесозаготовок.

Чтобы применить таблицы, необходимо для древостоя элемента леса по средней высоте и диаметру установить разряд высот и по нему подобрать таблицу для соответствующей породы и разряда высот.

На основании исходных данных по сортиментным таблицам для каждой ступени толщины по числу деловых стволов определяется выход крупной, средней и мелкой деловой древесины, дров и отходов. Просуммировав запасы крупной, средней и мелкой деловой древесины, дров и отходов по ступеням толщины, получают их выход из запаса основного элемента леса.

В задании 4 выход сортиментов по таблицам определяется только из древостоя основного элемента леса (табл. 3.8). В эту таблицу из перечетной ведомости (табл. 3.1) переписываются ступени толщины и число деловых и дровяных стволов в них с одновременным разделением полуделовых деревьев на деловые и дровяные (по 50 %).

Далее подбирается соответствующая сортиментная таблица по древесной породе и разряду высот. Таблицы для лесов горного Урала [19] составлены в двух вариантах – выход крупной, средней, мелкой древесины и т.д. указан в процентах или м<sup>3</sup>. Для наших расчетов удобнее использовать значения в м<sup>3</sup>.

Также необходимо учитывать, что данная таблица состоит из двух больших частей, одна из которых имеет наименование «Деловые

стволы» и содержит сведения о выходе из одного делового ствола объемов деловой древесины по категориям крупности, технологического сырья, дров топливных и отходов. Вторая с наименованием «Дровяные стволы» предназначена для определения выхода из одного дровяного ствола объемов технологического сырья, дров топливных и отходов.

В выбранной по древесной породе и разряду высот сортиментной таблице по ступени толщины находят объемы одного ствола в коре в м<sup>3</sup> и записывают их во второй столбец табл. 3.8 против соответствующих ступеней толщины.

Из этой же строки сортиментной таблицы берут объемы крупной, средней и мелкой деловой древесины, технологического сырья, дров и отходов из части таблицы с наименованием «Деловые стволы» и последовательно умножают на число деловых стволов. Сумма произведений характеризует объем (запас) деловых стволов в м<sup>3</sup>.

Объем техсырья, дров и отходов от дровяных стволов определяется отдельно по части таблицы с наименованием «Дровяные стволы» путем последовательного умножения на число дровяных стволов.

Зная выход крупной, средней, мелкой деловой древесины и дров, можно произвести денежную оценку леса на корню.

Работа над заданием 4 заканчивается подведением итогов по столбцам и строкам и определением товарной структуры как процента выхода каждой из частей от общего запаса элемента леса.

После проведения расчетов и заполнения табл. 3.1–3.8 журнала курсовой работы студенты должны сформулировать общие выводы по работе 3 «Таксация насаждений». На основе графиков и составленных таблиц в выводах кратко описываются таксационные характеристики элементов леса, ярусов и насаждения в целом и все результаты и выводы по проведенным в ходе исследования расчетам.

## **Работа 4. Исследование строения и анализ хода роста насаждения**

Работа 4 «Исследование строения и анализ хода роста насаждения» является завершающей и итоговой частью курсовой работы. Курсовая работа по таксации леса, как упоминалось выше, построена по методу усложнения и обобщения материала. При этом данные для работы 1 «Таксация отдельного дерева» и работы 2 «Анализ хода роста ствола» взяты для одного из учетных деревьев, приведенных в работе 3 «Таксация насаждения», пробная площадь которого, в свою очередь, является одной из пробных площадей работы 4.

Для выполнения работы 4 необходимо иметь таксационные показатели не менее 10 пробных площадей (далее по тексту – ПП), заложенных в одном типе леса в одном или смежных классах бонитета, но различных классах возраста, так чтобы они могли составить естественный ряд роста и развития насаждения.

Совокупность разновозрастного древостоя, имеющего одинаковые экологические, биологические условия произрастания, рост и т.д., называется естественным рядом.

Для подбора насаждений разных возрастов по принадлежности их к одному естественному ряду роста и развития в лесном массиве подбираются участки леса с одинаковыми условиями произрастания определенной породы, одновозрастного типа структуры, чистые по составу, имеющие наивысшую полноту, но разные возрасты, от молодняков до перестойных. В них старовозрастное насаждение в раннем возрасте должно было иметь такие же характеристики, как и существующее молодое насаждение. В свою очередь, молодое насаждение с возрастом должно иметь такие же таксационные показатели, которыми характеризуется данное старое.

Следовательно, ход развития старого насаждения является основанием для выбора более молодых насаждений. Это разные звенья одной цепи развития, пройденные этапы более старых, различные возрастные стадии развития одного и того же насаждения.

Ход роста древостоев изучают на постоянных или временных пробных площадях. Постоянные пробные площади находят меньшее применение. Временные пробные площади закладывают в насаждениях различного возраста – от молодняков до спелых и перестойных. Участки пробных площадей должны составлять естественный ряд роста и развития. Подбор этих участков зависит от методики составления таблиц – по типам леса, классам бонитета, с учетом состава,

густоты и др. На исследование одного естественного ряда роста и развития необходимо заложить 10–12 пробных площадей.

Работы по закладке временных пробных площадей для исследования хода роста не отличается от работ на тренировочных пробах [13]. Исключение составляет число срубленных деревьев. Их количество определяется 8–10 % от числа деревьев на пробе. Фактически замеряют чаще всего 7–15 деревьев. При этом срубают модельные или учетные деревья.

У модельных деревьев до рубки должны быть определены их параметры для каждой ступени толщины. Следующая достаточно сложная задача – отыскать модельные деревья данного диаметра и высоты для каждой ступени толщины, а затем срубить их и обмерить.

В виду сложности подбора модельных деревьев их чаще заменяют учетными. Учетные – это деревья, отмечаемые при перечете в ступенях толщины через какой-то интервал, например, 10-е, 20-е и т.д. Они представляют совокупность, полученную случайным методом. При этом способе отбора деревьев отпадает необходимость поиска деревьев в определенных, строгих параметрах.

Для каждой ПП должны быть в наличии ведомости сплошного перечета деревьев и ведомости обмера учетных деревьев преобладающей породы. По имеющимся исходным данным заполняется табл. 4.1 [15].

Основными задачами работы 4 являются:

- выявление основных тенденций в развитии таксационных показателей насаждения в динамике;
- исследование строения насаждения по толщине;
- расчет основных статистик распределения деревьев в насаждении по толщине и анализ их поведения в динамике;
- анализ хода роста насаждения по запасу, средним диаметру и высоте;
- подбор наилучших уравнений для расчета среднего диаметра, средней высоты и запаса насаждения в зависимости от возраста;
- разработка эскиза таблиц хода роста для исследуемого насаждения.

В связи с большой трудоемкостью и множеством графической информации работу над данной частью курсовой работы следует проводить в компьютерном классе с использованием пакета Microsoft Office Excel, любых статистико-графических пакетов и различных интернет-ресурсов.



## Задание 1. Анализ изменения таксационных показателей насаждения с возрастом

Изучение роста древостоев представляет большую ценность как для теории, так и для практики лесного хозяйства. Результаты этих исследований являются информационной основой, которая определяет уровень лесохозяйственных, лесоинвентаризационных и лесочетных работ.

При теоретическом изучении роста насаждений чаще всего используется метод математического моделирования, который расчленяется на эколого-физиологический (механизменный) и эмпирический (имитационный) подходы [2]. В первом случае исследователи описывают природные факторы, влияющие на процессы роста леса, а во втором создают математические модели динамики таксационных показателей древостоев с возрастом.

Для анализа динамики таксационных показателей насаждения, взятых для исследования (средние диаметр и высота, густота), для каждого из них по данным ПП строится график зависимости от возраста насаждения (рис. 4.1–4.3 журнала). Для примера в пособии приведен график динамики среднего диаметра насаждения (рис. 7).

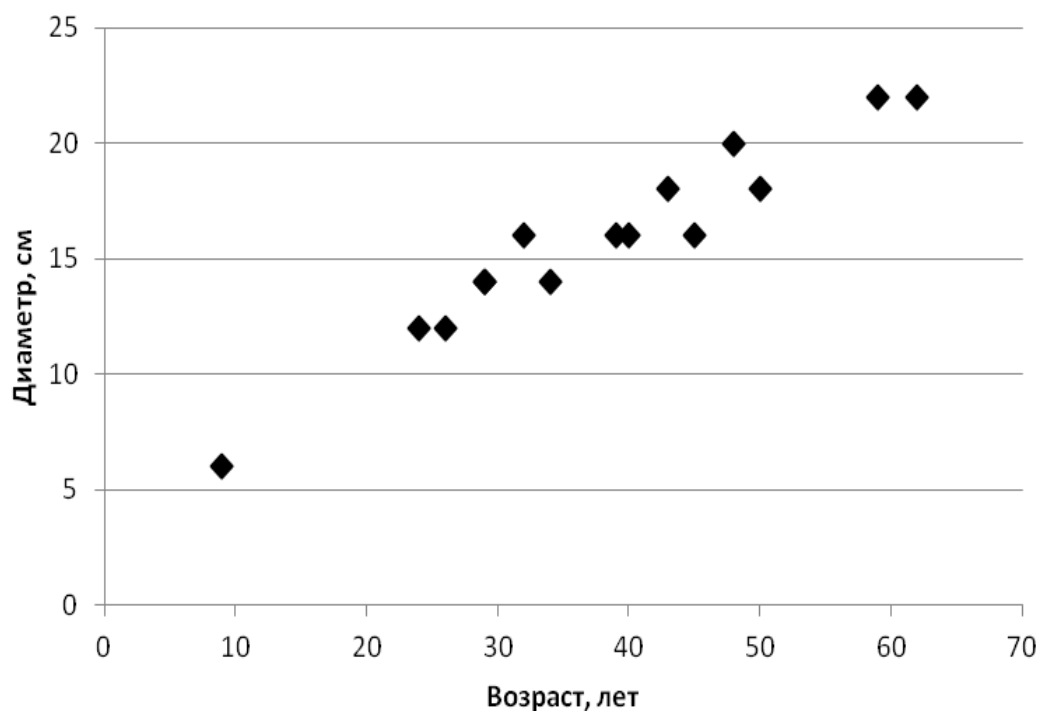


Рис. 7. Зависимость среднего диаметра от возраста насаждения

По графику студент должен сделать вывод об основных тенденциях развития насаждения по данному таксационному показателю и объяснить их полученными знаниями по таксации, дендрологии и физиологии растений и другим специальным дисциплинам.

Для начала студент должен описать, что представляет собой каждый таксационный показатель, на основании какого расчета он получается, от каких факторов зависит и что характеризует в насаждении.

По первым двум показателям необходимо описать процессы роста, происходящие в каждом отдельном дереве древостоя в течение его жизни, за счет каких изменений в каких слоях древесины происходит каждый из видов прироста, как влияют на эти процессы неравномерное расположение, микроусловия, климатические факторы, различие в разные годы условий увлажнения, средних температур, солнечной активности и др. Затем нужно указать, как динамика таксационных показателей каждого отдельного дерева повлияет на средние характеристики насаждения.

По показателю «густота» следует указать, за счет чего происходит и какое направление имеет динамика данного показателя, какие факторы влияют на ускорение или замедление этого процесса.

## **Задание 2. Оценка распределения деревьев в насаждении по толщине**

Развитие лесных насаждений протекает на основе известных законов диалектики: единства и борьбы противоположностей, перехода количества в качество, отрицания отрицания. Согласно принципам этих законов, все явления в лесу органически взаимосвязаны, причинно обусловлены, находятся в постоянном движении и изменении.

Определенные статистические закономерности обнаруживаются также в строении древостоев. В таксации леса под строением древостоев понимается совокупное сочетание варьирования таксационных показателей, распределения деревьев по их значениям и взаимосвязей последних между собой в определенных возрастах леса.

Строение древостоя в момент наблюдений отражает его состояние как функции возрастной динамики совокупности совместно произрастающих древесных растений определенной исходной структуры в однородных лесорастительных условиях [20]. Под строением понимают определенный порядок сочетания деревьев, который может быть охарактеризован их составом, взаимным расположением и связями между ними.

В результате взаимодействия деревьев между собой в процессе роста и развития, влияния окружающей среды и реакции организмов на эти влияния таксационные показатели деревьев в древостое оказываются чрезвычайно изменчивыми и в то же время закономерно взаимосвязанными между собой.

На строение древостоев влияют природные факторы (лесорастительные условия, происхождение, полнота, породный состав, возрастное строение и др.) и антропогенные.

Закономерности в строении древостоев имеют важнейшее значение в теории и практике лесочетных работ. Выявленные закономерности в строении древостоев позволяют повысить производительность лесов путем правильного хозяйственного вмешательства в жизнь леса, создать оптимальную структуру лесов будущего, достигаемую лесокультурными приемами и рубками ухода в молодых возрастах в естественных насаждениях.

Также они позволяют определять запас древостоев, вычислять выход сортиментов, служат основой составления различных лесотаксационных таблиц и нормативов учета леса. Использование закономерностей морфологических показателей леса приобретает важное значение при разработке автоматизированных методов дешифрирования аэрофотоснимков и применении других способов дистанционного изучения лесов.

Из всех таксационных показателей в курсовой работе рассматривается только строение древостоя основного элемента леса по толщине, т.е. по диаметрам деревьев. Распределение числа деревьев по ступеням толщины дает общее представление о строении насаждения [1].

Наиболее наглядно его можно изучить графически. При этом по оси абсцисс откладывают ступени толщины, а по оси ординат количество деревьев в соответствующих ступенях толщины. Соединение полученного ряда точек дает кривые распределения деревьев по толщине.

Данные для построения графика на рис. 4.4 журнала берут из пересчитанных ведомостей ПП для основной породы, предварительно пересчитанные по формуле (44) на 1 га. Пример графика распределения деревьев по толщине приведен на рис. 8 пособия.

При построении такого графика для простых чистых одновозрастных насаждений получают одновершинное распределение.

В одновозрастных чистых насаждениях, созданных путем посева и посадки и имевших до смыкания крон деревьев одинаковый уход,

распределение деревьев по толщине характеризуется симметричной одновершинной линией, описываемой кривой нормального распределения.

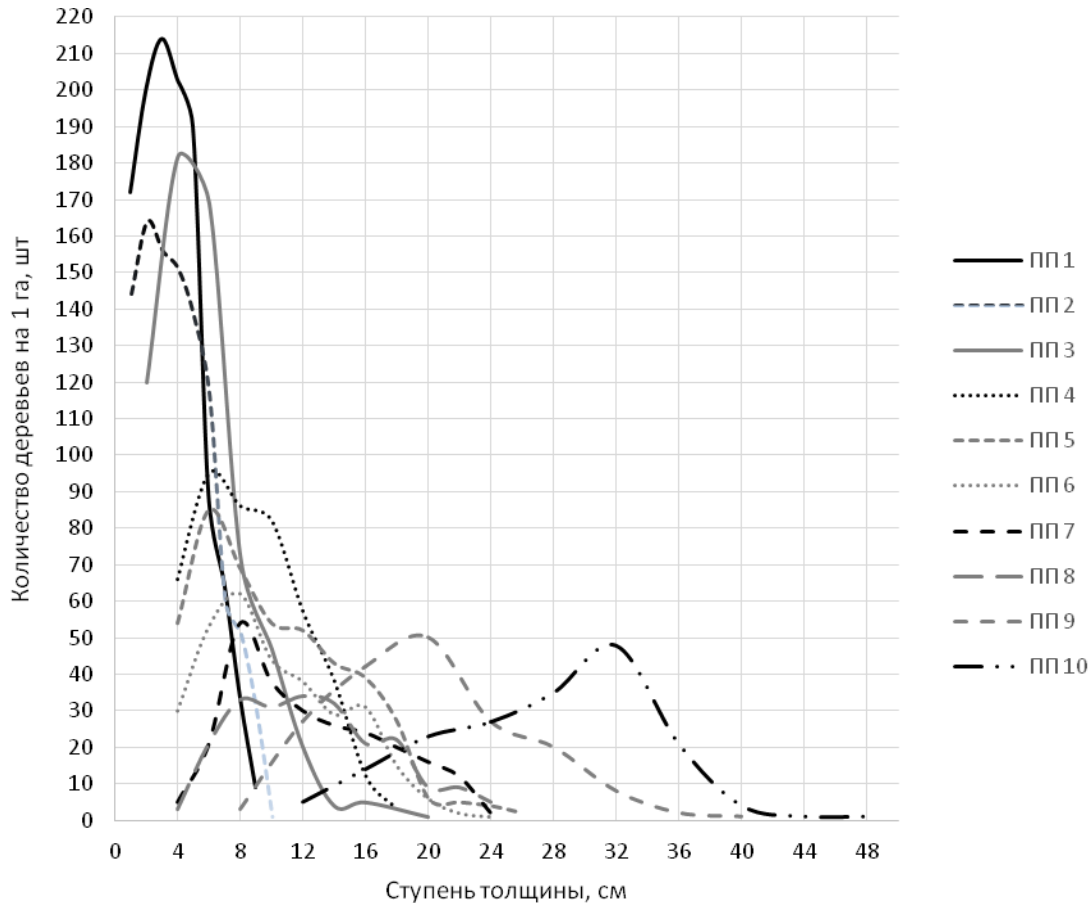


Рис. 8. Распределение деревьев по толщине, шт./га

Часто после смыкания крон вследствие конкуренции между деревьями у кривых распределения по толщине появляется асимметрия. Более крупные деревья, занимающие в насаждении лучшее положение, имеют все преимущества для успешного роста, и поэтому характеризующая их правая ветвь кривой распределения становится длиннее. При этом левая ветвь кривой распределения, которая отражает отстающие в росте по диаметру деревья, становится более короткой за счет отпада ослабленных деревьев.

Также асимметрия наблюдается в молодняках или в результате вырубki отстающих деревьев при рубках ухода. В спелых и перестойных насаждениях асимметрия может быть следствием проведения в них выборочных рубок с целью вырубki наиболее крупных деревьев.

С увеличением возраста насаждения характер распределения деревьев изменяется в зависимости от древесной породы и хода изреживания. В результате конкуренции между деревьями они разделяются на классы роста и развития и затем образуют главный и подчиненный полог. В этом случае в кривой распределения деревьев по толщине образуется двухвершинность. Вырубки при уходе за лесом или при выборочной рубке деревьев средних размеров также ведут к двухвершинности в распределении.

С учетом всего вышеперечисленного студент должен сформулировать вывод под рис. 4.4 журнала по данным своих ПП.

Для построения графика на рис. 4.5 журнала сначала необходимо рассчитать процентное соотношение количества деревьев по ступеням толщины для всех ПП. При этом общее количество деревьев на пробе принимается равным 100 %. График распределения деревьев по толщине в относительных величинах представлен на рис. 9 пособия.

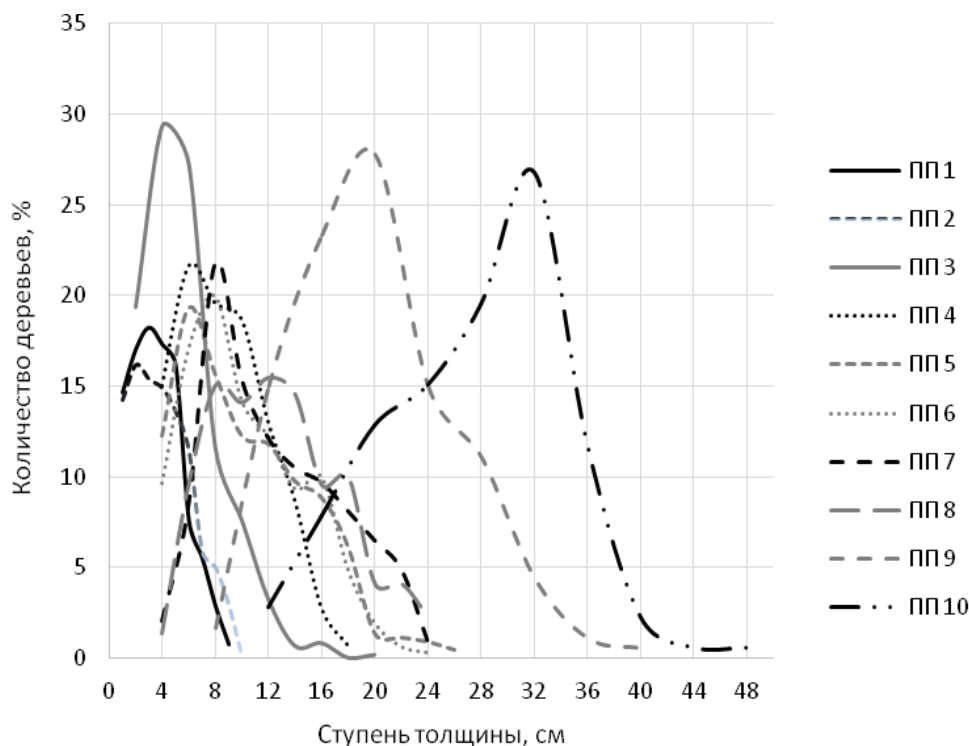


Рис. 9. Распределение деревьев по толщине, %

По данному графику легко заметить, что все вершины кривых ПП стали примерно равны, т.е. находятся в диапазоне от 15 до 30%. Также заметнее стала видна асимметрия и двухвершинность некоторых кривых. Студенты должны сделать вывод под рис. 4.5 журнала и объяснить имеющиеся на графике особенности.

### Задание 3. Расчет основных статистик распределения деревьев по толщине

По данным перечетной ведомости для каждой ПП необходимо определить следующие статистики распределения деревьев по толщине:

- среднее арифметическое;
- среднее квадратическое отклонение;
- коэффициент асимметрии;
- коэффициент эксцесса;
- размах;
- стандартную ошибку;
- коэффициент вариации;
- точность опыта.

Понятие каждой из вышеперечисленных статистик, метод расчета и область применения изучались в курсе дисциплины «Моделирование экосистем» и должны быть освежены в памяти студентом самостоятельно.

Определить величину статистик можно либо с помощью специализированных сайтов в сети Интернет, либо расчетным путем с помощью пакета Microsoft Office Excel. Полученные значения записываются в табл. 4.2 журнала.

### Задание 4. Анализ точности опыта на пробных площадях

Точность опыта определяет степень надежности полученных данных, представляет собой ошибку наблюдений. Чем точнее определено значение среднего арифметического, тем меньше будет относительная ошибка измерений, т.е. величина показателя «точность опыта». Выводы по точности опыта на каждой из ПП делают с помощью табл. 6 пособия.

Таблица 6

Оценка точности опыта ( $P$ , %)

Точность опыта, %	Оценка
<3	достаточная
3–5	удовлетворительная
>5	к полученным результатам следует относиться осторожно, перепроверить

По данным о величине точности опыта для каждой ПП (из табл. 4.2) строится график на рис. 4.6, где на оси абсцисс откладываются номера ПП, а на оси ординат – соответствующие значения точности опыта. График для анализа точности опыта приведен на рис. 10 пособия.

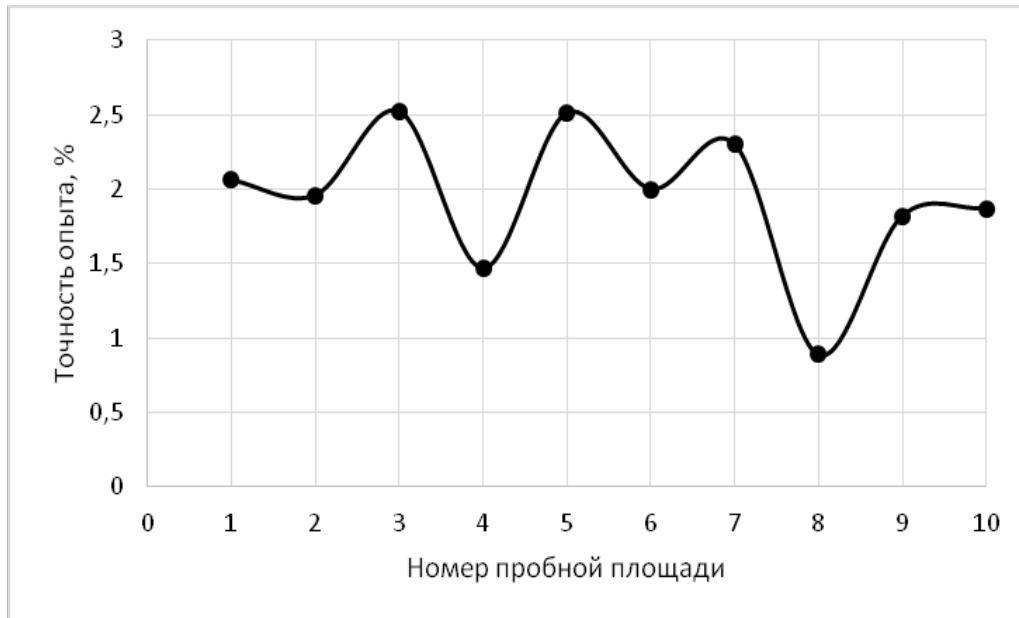


Рис. 10. Показатель точности опыта на пробных площадях, %

По графику студент должен сделать вывод о точности опыта для всех ПП в соответствии с табл. 6 пособия. Если есть неудовлетворительные значения точности опыта на определенной ПП, студент должен попытаться объяснить их с помощью имеющихся знаний по таксации леса.

### **Задание 5. Анализ изменения основных статистик распределения деревьев по толщине**

Для проведения анализа изменения основных статистик распределения деревьев по толщине для каждой из них по данным табл. 4.2 строится график зависимости от возраста насаждения (рис. 4.7–4.13 журнала). По графику студент должен сделать вывод об основных тенденциях развития в распределении деревьев по данной статистике и объяснить их имеющимися знаниями по таксации леса и моделированию экосистем.

Ниже для примера приведен анализ некоторых из вышеперечисленных статистик распределения.

На рис. 11 пособия представлена зависимость коэффициента асимметрии от возраста насаждения (рис. 4.9 журнала).

Коэффициент асимметрии характеризует косость (асимметрию) распределения в сравнении с симметричным нормальным распределением и свидетельствует о сосредоточении большего числа частот в правой или левой половине промежутка значений случайной величины.

Если распределение скошено влево, т.е. более длинный шлейф слева, то коэффициент асимметрии отрицательный и наоборот.

Оценить степень косости распределения можно по величине абсолютного значения коэффициента асимметрии: если он меньше 0,25, то косость незначительная, от 0,25 до 0,5 – умеренная, свыше 0,5 – сильная.

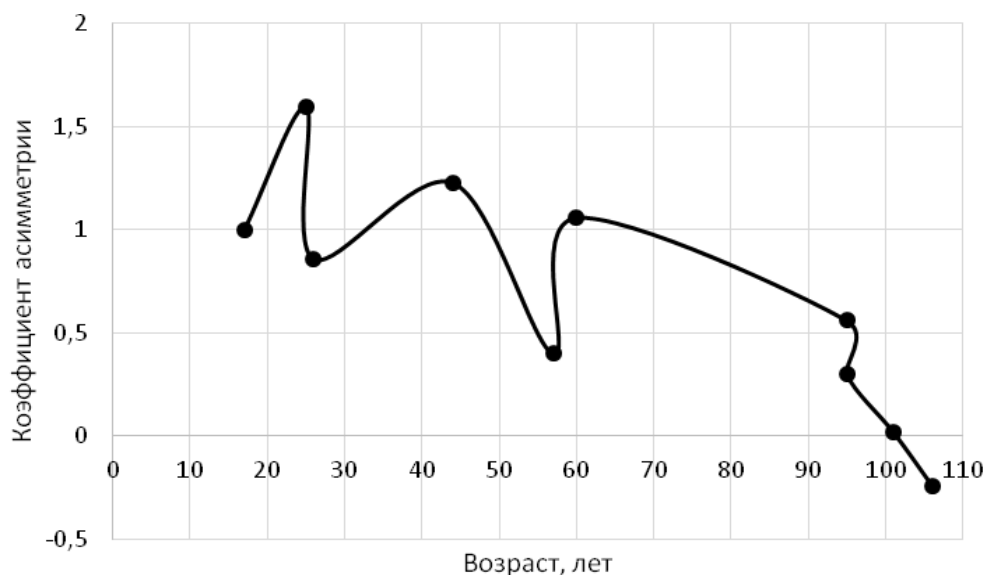


Рис. 11. Зависимость коэффициента асимметрии от возраста насаждения

Наглядно увидеть, как коэффициент асимметрии влияет на форму распределения, можно на рис. 4.4–4.5 журнала.

В выводе о косости распределения студент должен оценить степень косости распределения для каждой ПП, указать общую тенденцию в изменении данного показателя по данным своих ПП и объяснить возрастную динамику с точки зрения лесной таксации.

Размах вариации представляет собой расстояние между наибольшим и наименьшим значением случайной величины и указывает на степень изменчивости (вариации), но имеет ряд недостатков. Во-первых, крайние значения случайной величины неустойчивы, они



легко сдвигаются при изменении количества измерений. Во-вторых, при одних и тех же пределах вариации распределение отдельных вариантов в рядах может быть различным.

На рис. 12 пособия представлена зависимость величины размаха от возраста насаждения (рис. 4.11 журнала).

По мере увеличения возраста насаждения растет размах распределения деревьев по толщине. В выводе под рис. 4.11 студент должен объяснить эту закономерность, используя знания специальных дисциплин.

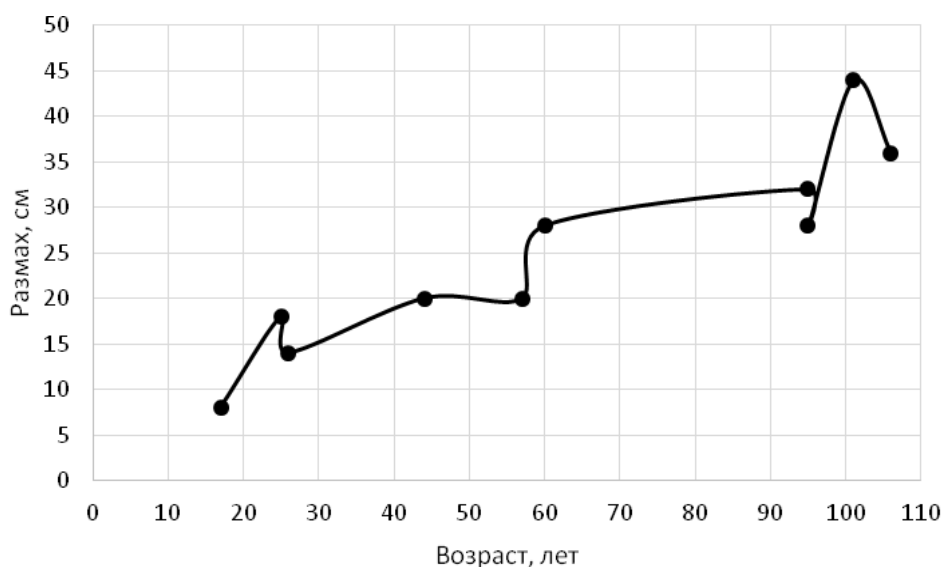


Рис. 12. Зависимость величины размаха от возраста насаждения

Коэффициент вариации дает возможность сравнивать изменчивость случайных величин, имеющих различные средние значения или различные единицы измерения. Судить об изменчивости распределения можно по данным табл. 7.

Таблица 7

Характеристика изменчивости на основании величины коэффициента вариации

Коэффициент вариации, %	Изменчивость
<5	Слабая
6–10	Умеренная
11–20	Значительная
21–50	Большая
>50	Очень большая

На рис. 13 пособия представлена зависимость коэффициента вариации от возраста насаждения (рис. 4.13 журнала).

Изменчивость диаметров деревьев в древостоях зависит от ряда природных факторов: породы, возраста леса, возрастной структуры древостоев и др. В молодняках она составляет 40–60 %, спелых и перестойных древостоях – 22–25 %. В древостоях элемента леса с усложнением возрастной структуры величина изменчивости закономерно повышается: в темнохвойных насаждениях она больше, чем в светлохвойных.

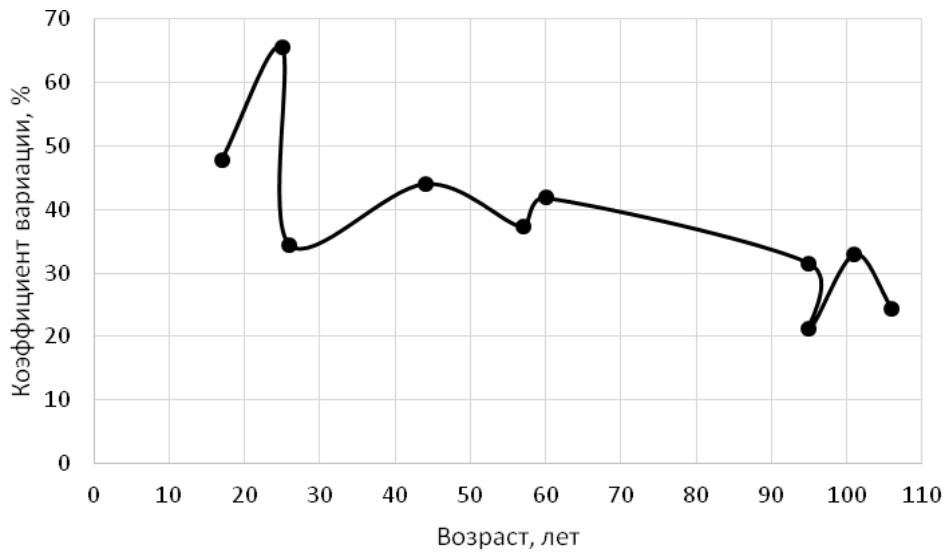


Рис. 13. Зависимость коэффициента вариации от возраста насаждения

В выводе об изменчивости распределения студент должен оценить вариацию распределения для каждой ПП, указать общую тенденцию в изменении данного показателя по данным своих ПП и объяснить возрастную динамику с точки зрения моделирования экосистем и лесной таксации.

### **Задание 6. Исследование хода роста насаждения**

Биологические особенности древесных пород, различия в природной характеристике отдельных географических районов, качество условий местопроизрастания, уровень и режим хозяйственной деятельности человека в лесу, а также многое другое являются причиной существующего разнообразия линий роста насаждений. По существу, рост и развитие каждого дерева и тем более насаждения неповторимы. Изучение и численная характеристика этого процесса имеют

определяющее значение для решения многих важнейших задач лесного хозяйства.

Изучить ход роста насаждений, значит проследить динамику всех его таксационных показателей в течение жизни или до определенного (в зависимости от цели исследования) возраста. Ход роста насаждений по форме и способам его отображения может быть представлен в виде таблиц хода роста, графиков или математических моделей. Вследствие удобства практического пользования и достаточной наглядности табличная форма является наиболее распространенной.

Таблицы хода роста представляют собой систему числовых данных, расположенных в определенной последовательности по возрасту и дающих количественную характеристику древостоя или древостоев, относящихся к одному естественному ряду роста и развития в разные возрастные периоды их жизни. Следует различать конструктивно схожие, но построенные либо на массовых материалах лесоинвентаризации, либо на данных различного рода статистических выборок таблицы динамики таксационных показателей, которые не характеризуют естественные ряды роста, а показывают лишь изменение средних таксационных показателей некоторой случайной совокупности насаждений. В зависимости от целевого назначения, области применения, принятой классификационной основы построения и полноты содержания различают несколько видов таблиц хода роста.

По целевому назначению различают таблицы хода роста нормальных, модальных и эталонных насаждений. Первые характеризуют рост чистых по составу, одновозрастных и наиболее высокополнотных (с полнотой 1,0) насаждений, выросших без резких отклонений от естественного хода развития, вторые – отображают динамику таксационных показателей наиболее распространенных и часто встречающихся в природе смешанных, разновозрастных и изреженных древостоев. Третьи- предназначены для характеристики роста целевых (программных, эталонных) насаждений, т.е. таких, которые являются целью ведения хозяйства.

По области применения различают местные и общие (всеобщие) таблицы хода роста. Зона действия местных таблиц хода роста определяется территорией, с которой собран опытный материал для их построения. Своим содержанием они призваны отображать региональные особенности роста насаждений. Область применения общих таблиц хода роста охватывает целые страны или вообще не ограничена территориальными рамками. В основу их построения положены общие закономерности роста насаждений.

По степени информативности различают сокращенные, так называемые эскизы таблиц хода роста, характеризующие рост только основной (растущей, оставляемой) части древостоя, и полные, содержащие сведения об отпаде деревьев, общей производительности, текущем и среднем приростах всего насаждения, а иногда и о его сортиментной структуре.

В зависимости от способа классификации изучаемых насаждений таблицы хода роста составляют либо на бонитетной, либо на типологической основе. Общие таблицы хода роста строят по классам бонитета, тогда как местные лучше составлять по типам леса.

Во многих существующих таблицах хода роста древостои подразделяются на господствующую (основную) и подчиненную (вырубаемую) части [11]. Таблицы, содержащие сведения об обеих частях древостоя, называются полными, а таблицы только с основной частью – эскизами таблиц хода роста.

Значение таблиц хода роста трудно переоценить. Их данные служат исходной основой для характеристики роста, прироста и производительности лесов и широко используются при решении многих научных и практических задач лесоустройства и лесного хозяйства.

Данные таблиц хода роста нормальных насаждений являются своего рода эталонами при таксации реальных древостоев, в частности, при определении их относительной полноты и запаса, а данные таблиц хода роста модальных (наиболее распространенных древостоев) используются для обоснования спелости леса и установления возрастов рубки.

Полные таблицы хода роста, в которых содержатся сведения о приросте по запасу, отпаде и общей производительности, могут применяться для расчетов размера главного и промежуточного пользования лесом, анализа состояния лесного фонда с целью выявления соответствия роста и производительности реальных древостоев условиям местопроизрастания.

Таблицы хода роста, характеризующие рост насаждений при различных режимах выращивания, применяются для назначения (проектирования) различных хозяйственных мероприятий и оценки их эффективности.

Данные таблиц хода роста используются в качестве экспериментального материала при изучении и выявлении общих закономерностей и региональных особенностей роста насаждений и разработке на этой основе таксационного районирования лесов; установлении количественных связей между линиями динамики различных

таксационных показателей и построении многих важных в практическом отношении общих и районированных нормативно-справочных материалов (бонитетных шкал, стандартных таблиц полнот и запасов) для таксации лесов. Следует помнить, что данные таблиц хода роста представляют собой средние ряды изменений таксационных показателей во времени и поэтому дают более точные результаты применительно не к отдельному насаждению, а к их совокупности.

По данным ПП из табл. 4.1 строятся графики зависимости средних диаметра (рис. 4.14) и высоты (рис. 4.15), а также запаса (рис. 4.16) от возраста насаждения. Для каждой из вышеперечисленных зависимостей с помощью статистико-графического пакета или редактора электронных таблиц Excel находится наилучшее уравнение с наибольшим значением коэффициента детерминации и/или наименьшим значением стандартной ошибки, а также с учетом биологических особенностей развития насаждения. На каждом из графиков строится тренд с указанием полученного уравнения и величиной коэффициента детерминации.

График зависимости среднего диаметра насаждения от его возраста приведен на рис. 14 пособия.

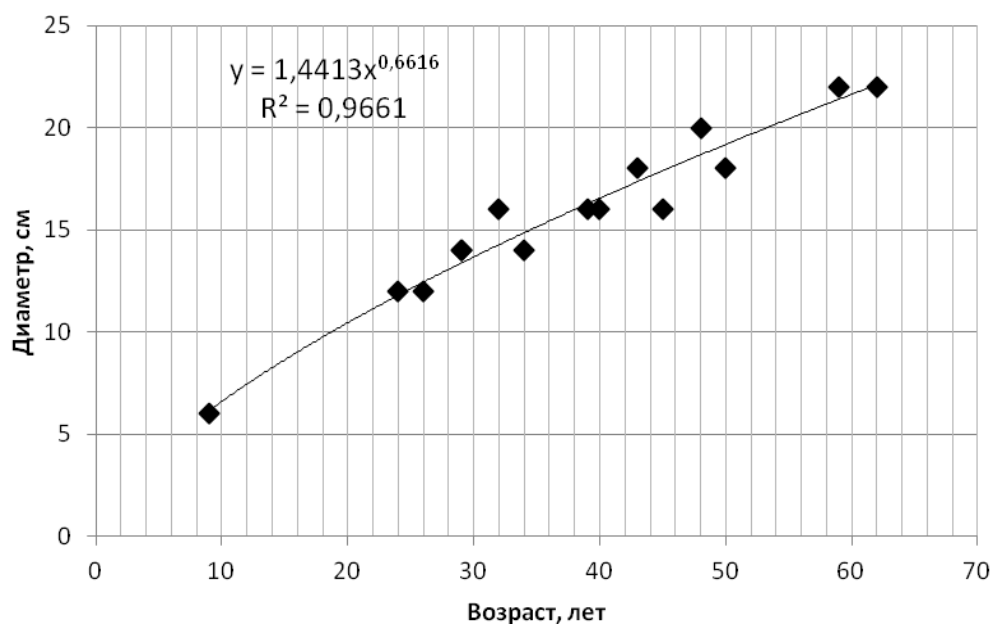


Рис. 14. Уравнение зависимости среднего диаметра от возраста насаждения

На основе полученных уравнений студент разрабатывает эскиз таблиц хода роста для насаждений исследуемого класса бонитета в заданном типе леса.

Расчетные данные помещаются в табл. 4.3 журнала.

Пример полученного эскиза таблиц хода роста приведен в табл. 8. Среднее изменение запаса определяют по формуле среднего общего прироста (26), текущее – по формуле текущего периодического прироста (25).

Таблица 8

Возрастная динамика средних таксационных показателей насаждения

Возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	Изменение запаса	
				среднее	текущее
10	2,77	2,6	51	5,10	
20	6,40	6,1	115	5,75	6,40
30	10,79	10,1	185	6,17	7,00
40	15,80	14,2	260	6,50	7,50
50	20,55	17,7	340	6,80	8,00
60	24,45	20,3	427	7,12	8,70

После построения графиков на рис. 4.1–4.16 и заполнения таблиц 4.1–4.3 журнала курсовой работы студенты должны сформулировать общие выводы по работе 4 «Исследование строения и анализ хода роста насаждения». На основе графиков и составленных таблиц студент делает общие выводы по всей проделанной в этом разделе работе.

## Библиографический список

1. Анучин Н. П. Лесная таксация. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 552 с.
2. Верхунов П. М., Черных В. Л. Таксация леса: учеб. пособие. Йошкар – Ола: МарГТУ, 2009. 396 с.
3. ГОСТ 2708-75. Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов. М.: Изд-во стандартов, 1975. 6 с.
4. ГОСТ 9462-88. Лесоматериалы круглых лиственных пород. М.: Изд-во стандартов, 1988. 11 с.
5. ГОСТ 9463-88. Лесоматериалы круглых хвойных пород. М.: Изд-во стандартов, 1988. 13 с.
6. Захаров В. К. Лесная таксация: учебник. М.: Лесн. пром-сть, 1967. 408 с.
7. Лесостроительная инструкция. М.: Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз), 2012. 57 с.
8. Нагимов З. Я., Коростелев И. Ф., Бабенко Т. С. Таксация леса: учеб.-метод. разраб. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2009. 63 с.
9. Нагимов З. Я., Коростелев И. Ф., Шевелина И. В. Лесотаксационные приборы и инструменты. Устройство и применение. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2003. 142 с.
10. Нормативно-справочные материалы по таксации лесов Урала. Нормативы по таксации деревьев и древостоев. Ч. 1: учеб. пособие / З. Я. Нагимов, Л. А. Лысов, И. Ф. Коростелев, С. В. Соколов, В. М. Соловьев, Б. С. Фимушин, И. В. Шевелина, Г. В. Анчугова. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. 160 с.
11. Нормативно-справочные материалы по таксации лесов Урала. Рост деревьев по преобладающим породам. Ч. 2: учеб. пособие / З. Я. Нагимов, Л. А. Лысов, И. Ф. Коростелев, С. В. Соколов, И. В. Шевелина, Г. В. Анчугова. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2003. 296 с.
12. Нормативно-справочные материалы по таксации лесов Урала. Сортиментная и товарная структура древостоев. Ч. 3: учеб. пособие / З. Я. Нагимов, Л. А. Лысов, В. М. Соловьев, И. Ф. Коростелев, С. В. Соколов, И. В. Шевелина, Б. С. Фимушин, Г. В. Анчугова, Т. С. Бабенко. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2009. 435 с.
13. Нагимов З. Я., Коростелев И. Ф., Шевелина И. В. Таксация леса: учеб. пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. 300 с.
14. Сальникова И. С., Анчугова Г. В. Таксация леса: рабочая тетрадь для выполнения лабораторных работ студентами очной формы

обучения направления 250100.62 «Лесное дело». Екатеринбург, 2014. 15 с.

15. Сальникова И. С., Анчугова Г. В., Воробьева Т. С. Таксация леса. Курсовая работа: рабочая тетрадь для выполнения курсовой работы студентами очной формы обучения направления 250100.62 «Лесное дело». Екатеринбург, 2014. 43 с.

16. Соколов С. В. Лесная таксация: метод. указ. к лаб. раб. 1–3 (задание 1) для студ. очного и заочного обучения спец. 1512 – «Лесное хозяйство». Свердловск, 1986. 33 с.

17. Соколов С. В. Таксация леса и лесоустройство. Термины, понятия, определения: учеб. пособие. Екатеринбург, 2000. 96 с.

18. Соловьев В. М. Лесная таксация и лесоустройство. Таксация отдельного дерева, лесной продукции и насаждения: метод. указ. к самостоят. вып. лаб. работ студ. очного и заочного обучения направления 250100.62 «Лесное дело» специальностей 250201 «Лесное хозяйство», 250203 «Садово-парковое и ландшафтное строительство» и направления 08100 «Экономика и управление на предприятии лесного комплекса» специальности 08502. Екатеринбург, 2009. 41 с.

19. Соловьев В. М., Орехова О. Н., Бартыш А. А. Лесная таксация. Таксация отдельного дерева, лесной продукции, насаждения и лесосечного фонда: учеб. пособие. Екатеринбург, 2012. 75 с.

20. Соловьев В. М., Шевелина И. В. Моделирование строения древостоев с использованием персональных компьютеров: метод. указ. к вып. лаб. работ студ. специальности 1604. Екатеринбург, 1996. 36 с.

21. Сортиментные и товарные таблицы для лесов горного Урала / П. М. Верхунов, А. В. Попова, В. Л. Черных, И. В. Мамаев, С. Н. Комисаров, М. И. Бузоверов. М.: ГК СССР по лесному хозяйству, МЛХ, МПИ, 1987. 158 с.

22. Шавнин А. Г. Таксация отдельного дерева: метод. указ. по изучению «Лесной Таксации» на лабораторных занятиях с элементами научных исследований студентов спец. 1512 очного обучения. Свердловск, 1987. 24 с.



Электронный архив УГЛТУ

Учебное издание

Ирина Сергеевна Сальникова,  
Галина Викторовна Анчугова,  
Зуфар Ягфарович Нагимов

# ТАКСАЦИЯ ЛЕСА

ISBN 978-5-94984-615-5



9 785949 846155

Редактор Р. В. Сайгина  
Компьютерная верстка Т. В. Упова

---

Подписано в печать 12.04.2017  
Уч.-изд. л. 4,14. Усл. печ. л. 4,18  
Тираж 100 экз. (1-ый завод 50 экз.)

---

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»  
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37  
Тел.: 8(343)262-96-10. Редакционно-издательский отдел

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ»  
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2  
Тел.: 8(343)362-91-16