

ТАКСАЦИЯ ЛЕСНОЙ ПРОДУКЦИИ

Глава IV

ТАКСАЦИЯ КРУГЛЫХ ДЕЛОВЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

§ 7. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНОЙ ПРОДУКЦИИ

Из древесины вырабатывают разнообразнейшие виды лесной продукции, которая применяется во всех областях народного хозяйства. Отдельные виды лесной продукции принято называть сортами. Некоторые из них заготавливают непосредственно в лесу или на ближайшем лесном складе (строительные и пиловочные бревна, кряжи для выработки фанеры, дрова), другие являются продукцией первичной механической обработки древесины (шпалы, доски, брусья и т. п.).

Лесные сорта, применяемые в круглом виде (телеграфные столбы, рудничная стойка и пр.) или как полуфабрикат для дальнейшей обработки и химической переработки, называют деловыми лесоматериалами. К деловым лесоматериалам относятся все сорта, кроме дров, используемых для отопления.

По степени обработки и способам производства сорта можно разделить на следующие классы:

- 1) круглые деловые лесоматериалы, боковая поверхность которых сохраняет форму древесного ствола;
- 2) дрова — отрезки ствола, оставленные в круглом виде или расколотые на части;
- 3) пиленные лесоматериалы, получаемые путем продольной распиловки круглых лесоматериалов;
- 4) колотые лесоматериалы, вырабатываемые путем раскалывания отрезков древесного ствола (клепка, полоз, спицы для колес и т. д.);
- 5) сорта, обрабатываемые строганием (строганный шпон, используемый для облицовки мебели, и др.);
- 6) лесоматериалы, получаемые путем обработки чураков лущением (шпон различного названия);
- 7) лесопродукция из корневых и прикорневых частей деревьев (болванки для хомутов, коры для судостроения);

8) сортименты, изготавливаемые из коры древесных и кустарниковых пород (мочало, дубильное корье и т. п.).

Все эти классы сортиментов имеют различное народнохозяйственное значение.

Наибольшее количество сортиментов включают классы круглых деловых и пиленых лесоматериалов.

В класс круглых деловых сортиментов входят лесоматериалы:

а) не требующие продольной распиловки (бревна строительные, для деревянного судостроения, свай и мостов, столбов воздушных линий связи, рудничная стойка для каменноугольной и горнорудной промышленности, тонкомерные сортименты);

б) применяемые как сырье для выработки пиломатериалов и представляющие собой очищенные от сучьев отрезки ствола длиной чаще всего не менее 3 м и толщиной от 14 см и выше; их называют бревнами;

в) используемые как сырье для изготовления колотых сортиментов (кряжи для выработки клепки, обода, полоза, спиц);

г) идущие для изготовления строганых сортиментов на специальных станках (кряжи и чураки — отрезки кряжей, длина которых соответствует размерам станков), для производства строганого шпона для стружечного производства;

д) используемые как сырье для лущения (кряжи и чураки для выработки шпона);

е) применяемые как сырье для целлюлозно-бумажного производства (балансы);

ж) служащие сырьем для химической переработки дубильных экстрактов, для углежжения, сухой перегонки.

В зависимости от области применения к лесным сортиментам предъявляют определенные требования в отношении их размеров, качества, характера обработки, способов учета, хранения и пр. Все эти требования отражены в особых документах, называемых государственными общесоюзными стандартами (ГОСТ).

Под государственным общесоюзным стандартом на лесные материалы следует понимать типовой вид данного сортимента, удовлетворяющий определенным условиям и обязательный для всего Советского Союза.

Стандарты утверждаются Государственным комитетом СССР по стандартам и имеют силу закона, нормирующего отдельные виды продукции.

Сортимент, который по размерам, качеству, обработке и другим признакам соответствует установленному образцу (стандарту), называется стандартным.

Приведение ряда однородных объектов, например пиловочника, к единому образцу (стандарту) и установление качественных показателей и требований, предъявляемых к сортименту, называется стандартизацией.

§ 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ СТВОЛОВ И ИХ ЧАСТЕЙ ПО ТАБЛИЦАМ ОБЪЕМОВ ЦИЛИНДРОВ

Для определения объема бревен, кряжей и других деловых круглых сортиментов могут быть использованы рассмотренные выше формулы определения объемов стволов и их частей. Более точно, но с большей затратой труда объем круглого леса можно определить по сложным формулам.

Наиболее широко при вычислении объемов круглого леса применяется простая формула срединного сечения ($V = \gamma L$). Для упрощения работы заранее вычисляют объем бревен различной длины в зависимости от диаметра, обуславливающего величину поперечного сечения. Полученные данные сводят в таблицу (табл. 7).

7. ОБЪЕМ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ, ВЫЧИСЛЕННЫЙ
ПО ФОРМУЛЕ СРЕДИННОГО СЕЧЕНИЯ

Длина сортиментов, м	Объем сортиментов, пл. м ³ , при диаметре в верхнем отрезе, см						
	20	21	22	23	24	25	26
4	0,126	0,138	0,152	0,166	0,181	0,196	0,212
5	0,157	0,173	0,190	0,208	0,226	0,245	0,265
6	0,188	0,208	0,228	0,249	0,271	0,294	0,319
7	0,220	0,242	0,266	0,291	0,317	0,344	0,372
8	0,251	0,277	0,304	0,332	0,362	0,393	0,425

Таблицы такого рода часто называют таблицами объемов цилиндров.

Таблицы объемов цилиндров в развернутом виде, предусматривающие различные сочетания длины и толщины сортиментов, имеются в лесных справочниках.

§ 9. ТАБЛИЦЫ ОБЪЕМОВ БРЕВЕН И МЕТОД ИХ СОСТАВЛЕНИЯ

При определении объемов круглых сортиментов по табл. 7 надо измерить длину сортимента и его диаметр на середине длины. Измерение диаметра на середине длины очень трудоемко, так как для этого надо раскатать штабеля, определить середину длины бревна и снять в этом месте кору.

В широкой практике применяют таблицы объемов, требующие измерения длины сортиментов и диаметров в тонком конце — верхнем отрезе (табл. 8).

Эти таблицы имеют ряд преимуществ. Основное из них заключается в том, что для измерения диаметра в конце бревна не требуется раскатывать штабеля и снимать кору на обмеряемой части бревна. При всех последующих расчетах, связанных с распиловкой бревен на доски или использованием их в круглом виде, оперируют диаметром бревен в верхнем отрезе.

**8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА СОРТИМЕНТОВ ПО ДЛИНЕ И
ДИАМЕТРУ В ВЕРХНЕМ ОТРЕЗЕ**

Длина сортимен- тов, м	Объем сортиментов, пл. м ³ , при диаметре в верхнем отрезе, см						
	20	21	22	23	24	25	26
4,0	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23	0,25
5,0	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,30	0,32
6,0	0,24	0,26	0,28	0,31	0,33	0,36	0,39
6,5	0,26	0,28	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43
7,0	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,47
8,0	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,55

Таблицы, определяющие объем бревен по длине и диаметру в верхнем отрезе, составляют опытным путем на основе деталь-ных обмеров большого числа бревен. Диаметры обмеряют через 1 или 2 м, затем вычисляют объем каждого бревна, чаще всего по сложной формуле срединных сечений. Результаты вычислен-ных группируют по длине бревен и их диаметрам в верхнем отрезе. Для бревен, имеющих одинаковую длину и одинаковый диаметр в верхнем отрезе, складывают объемы и полученную сумму делят на число таких бревен. Полученный для данной группы бревен среднеарифметический объем вписывают в таб-лицу после выравнивания.

Допустим, что мы имеем n бревен длиной L с одинаковым диаметром в верхнем отрезе. Находим по сложной формуле срединного сечения (50) объем каждого бревна:

$$V_1 = (\gamma_1' + \gamma_2' + \gamma_3' + \dots + \gamma_t') L;$$

$$V_2 = (\gamma_1'' + \gamma_2'' + \gamma_3'' + \dots + \gamma_t'') L;$$

$$V_3 = (\gamma_1''' + \gamma_2''' + \gamma_3''' + \dots + \gamma_t''') L;$$

$$\dots$$

$$V_n = (\gamma_1^n + \gamma_2^n + \gamma_3^n + \dots + \gamma_t^n) L.$$

Табличный объем одного бревна находим по следующей формуле:

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n}{n}. \quad (79)$$

При массовом обмере бревен максимальных и минимальных размеров оказывается немного, поэтому среднеарифметические объемы, вычисленные на основании малого числа наблюдений, будут недостаточно точными, и их необходимо выравнивать гра-фически. Для этого строят график. По оси абсцисс отклады-вают диаметры бревен в верхнем отрезе, по оси ординат— среднеарифметические объемы бревен. При соединении отло-

женных на графике точек получают кривую. Если кривая окажется не плавной, а с резкими отклонениями, это значит, что среднеарифметические объемы установлены неточно и их нужно выравнять.

При выравнивании надо учитывать величину средних ошибок в определении среднеарифметических объемов бревен. Производя на графике соответствующие отсчеты, в итоге получаем таблицу, сходную с приведенной выше табл. 7 для определения объемов цилиндров. Рекомендуется вычерчивать на одном и том же графике несколько кривых, характеризующих изменение объемов бревен в зависимости от их диаметра при разной длине. Если кривые для бревен различной длины имеют общее направление, это будет свидетельствовать о надежности средних показателей.

Выравнять среднеарифметические объемы можно также аналитическим способом. В этом случае на основе опытных наблюдений составляют соответствующие эмпирические уравнения.

Ф. Корсунь нашел, что объем бревна V как функцию длины L можно определять по простой формуле $V = KL^m$ (80).

Этой же формулой можно было выразить также объем бревна как функцию толщины d . Таким образом, в конечном итоге объем бревна находится по формуле $V = KL^m d^n$ (81), постоянные которой K , m , n определяются по опытным данным, обрабатываемым способом наименьших квадратов.

Обработав результаты обмеров бревен применительно к указанной формуле, Ф. Корсунь получил, что K , m и n выражаются весьма громоздкими дробными числами. Однако в современных условиях при наличии электронных счетно-решающих машин это не является препятствием для использования данных формул при составлении объемных таблиц.

§ 10. СБЕГ СТВОЛА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОБЪЕМ БРЕВНА

Диаметры древесного ствола от комля к вершине постепенно уменьшаются. Это уменьшение, приходящееся на единицу длины ствола (чаще всего 1 м), называется сбегом. Сбег может быть абсолютным или относительным.

Абсолютный сбег равен разности между диаметрами двух сечений ствола, отстоящих одно от другого на расстоянии 1 м. Допустим, что диаметр ствола на расстоянии 1 м от комля D_1 30 см, а на расстоянии 2 м от комля D_2 29 см. Разность между этими двумя диаметрами, равная 1 см, и составляет абсолютный сбег на этом участке ствола.

При определении относительного сбega диаметр ствола, измеряемый на высоте груди, принимают за 100. Все прочие диаметры, измеряемые в разных сечениях, выражают в процентах от диаметра на высоте груди. В результате получают

процентный ряд, характеризующий относительное изменение диаметра ствола, или относительный сбеги.

На отдельных участках ствола величина сбега различна: в нижней части из-за корневых наплывов он будет довольно большим, в средней части ствола уменьшается и к вершине снова возрастает.

При оценке различий в сбеге у отдельных бревен принято устанавливать средний сбеги. Средний сбеги $S_{\text{ср}}$ равен разности между диаметрами в нижнем $D_{\text{н}}$ и верхнем $d_{\text{в}}$ отрезе, деленной на длину бревна L ,

$$S_{\text{ср}} = \frac{D_{\text{н}} - d_{\text{в}}}{n}. \quad (82)$$

У бревен, заготовленных из комлевой части ствола, на первом метре от комля довольно часто имеются корневые наплывы. При установлении среднего сбега таких бревен разность между диаметром сечения, находящегося на высоте 1 м от комля D_1 , и верхним диаметром $d_{\text{в}}$ делят на длину бревна L , уменьшенную на 1 м:

$$S_{\text{ср}} = \frac{D_1 - d_{\text{в}}}{L}. \quad (83)$$

При установлении величины среднего сбега образующие боковой поверхности бревен принимают условно за прямую. Между тем известно, что образующая древесных стволов представляет собой сочетание ряда кривых.

При распиловке бревен на доски, а также при использовании их в строительстве имеет практическое значение различие в сбеге верхней части бревен, не превышающей по длине 3 м. Различия в сбеге в остальной части бревна с производственной точки зрения интереса не представляют. При распиловке бревен на длинные доски, имеющие геометрически правильную форму (параллелепипеды), безразлично, будет ли бревно иметь форму усеченного конуса, где образующей является прямая, или форму параболоида с выпуклой образующей. В обоих случаях периферическая часть бревна окажется в отходах. На участке ствола длиной 3 м разница в диаметрах при конической и параболической форме этих участков не превышает нескольких миллиметров, т. е. находится в пределах точности обмера. Поэтому при использовании древесины в народном хозяйстве определяют лишь среднюю величину сбега.

Вопрос о величине среднего сбега изучался автором. Было тщательно обмерено свыше 4 тыс. бревен и установлено, что величина среднего сбега находится в прямой зависимости от толщины бревен. Зависимость эта характеризуется следующим уравнением:

$$S_{\text{ср}} = 0,39 + 0,021D, \quad (84)$$

где D — диаметр, см (для комлевых бревен — на расстоянии 1 м от комля, а для всех остальных — в нижнем торце).

Чтобы определить, как изменяется величина сбега у отдельных бревен, были вычислены среднеквадратические отклонения от средних норм.

Наибольшее изменение в сбеге наблюдается у крупных бревен. Это, по-видимому, объясняется тем, что бревна средней толщины заготавливают в большинстве случаев из срединных частей стволов, имеющих более правильную форму.

Среднеквадратические отклонения изменяются от 0,27 до 0,87 см. Они составляют округленно от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$, а в среднем почти равны $\frac{1}{3}$ величины абсолютного сбега. Средний коэффициент вариации равен 38,5 %, средний сбег 0,96 см на 1 м длины бревна. Следовательно, по закону нормального распределения у 68 бревен из каждых 100 расхождение со средней величиной сбега не будет превышать $\pm 0,38$ см на 1 м длины бревна, а средний сбег будет 0,59—1,33 см.

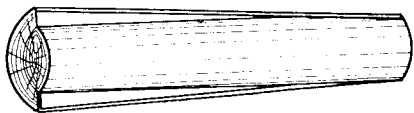


Рис. 43. Разделение бревна на цилиндрическую часть и зону сбега

Анализ опытных данных показывает, что сбег сосновых и еловых бревен изменяется примерно в одних и тех же пределах и средние величины его близки между собой. Поэтому для этих пород могут применяться одни и те же таблицы объемов бревен.

При изучении влияния сбега на объем бревна его делят на две части: боковую, или периферическую, которая называется зоной сбега, и цилиндрическую (рис. 43).

Объем цилиндрической части бревна называется цилиндрической кубатурой. Она определяется как объем цилиндра, основанием которого является верхний торец бревна, а высота равна длине бревна. У бревен, имеющих одинаковые длину и верхние диаметры, независимо от различий в их сбеге цилиндрическая кубатура будет одинаковой.

Чем больший сбег имеет бревно, тем больший процент его объема приходится на зону сбега. У бревен средней длины (6 м) на зону сбега падает 20,8 % объема бревна, у длинных (10 м) — 31,1 %, т. е. в 1,5 раза больше. У двухметровых бревен объем зоны сбега в 2,4 раза меньше, чем у бревен средней длины.

В отношении толщины бревен установлена следующая зависимость: чем бревно толще, тем объем зоны сбега (в %) меньше. Так, у шестиметровых бревен при толщине 15 см объем зоны сбега составляет 24,2 %, при толщине 25 см 19,4 %, при толщине 40 см 16,7 %.

Сбег у отдельных бревен сильно изменяется. При пользовании таблицами объемов бревен, требующими измерений верхних диаметров и длины бревен, величина этих изменений не учитывается. Следовательно, ошибки в определении объема

бревен по таким таблицам объясняются неточным учетом зоны сбега.

Так как на долю зоны сбега у коротких бревен приходится наименьшая часть их объема, неточный учет особенностей их сбега не приводит к существенным ошибкам при определении общего объема бревен. Например, у двухметровых бревен зона сбега в 2 раза большая средней дает ошибку при определении по таблицам общего объема бревен лишь на 8,7 %. У длинных же бревен всякие отклонения в величине сбега влияют на фактический объем бревен значительно больше.

При средней величине сбега 0,96 см и диаметре в верхнем отрезе 20 см срединный диаметр шестиметровых бревен будет равен $20 + 0,96 \times 3 \approx 23$ см.

Изменение сбега характеризуется отклонением $\pm 0,38$ см. Соответственно этому диаметры шестиметровых бревен средней толщины на половине их длины будут следующими: $23 \pm \pm 0,38 \times 3 = 23 \pm 1,14$ см.

Следовательно, отклонение от величины срединного диаметра бревна составляет

$$\pm \frac{1,14 \cdot 100}{23} = \pm 5\%.$$

Ошибка в определении диаметра приводит к удвоенной ошибке в определении площади круга. При учете бревен по диаметрам в верхнем отрезе срединные диаметры этих бревен находят с погрешностью $\pm 5\%$, которая в свою очередь влечет за собой удвоенную погрешность в определении срединных сечений бревен, т. е. $\pm 10\%$.

Как уже говорилось, объем бревна можно определить, умножив площадь его срединного сечения на длину. При этом способе относительная ошибка в вычислении срединного сечения вызывает такую же относительную ошибку в определении объема бревна. При средней длине бревен 6 м определение их объемов по таблицам, для пользования которыми необходимо измерять верхние диаметры и длину бревен, сопряжено с ошибками в среднем равными $\pm 10\%$. В 68 случаях из 100 ошибка в определении объемов бревен не превышает $\pm 10\%$, в 27 случаях $\pm 20\%$ и в 5 случаях $\pm 30\%$. С увеличением толщины бревен ошибки в объемах уменьшаются, с увеличением длины возрастают, с уменьшением длины падают.

При составлении таблиц объемов обмеряют бревна, имеющие разный сбег. При обработке результатов обмера сильный сбег бревен компенсируется малым. В результате оказывается, что среднеарифметические объемы, содержащиеся в таблицах объемов бревен, соответствуют их среднему сбегу. Поэтому объем бревен, имеющих средний сбег, будет определяться по таблицам наиболее точно.

Таблицы для определения объемов бревен по средним диаметрам дают возможность в известной мере учитывать особенности сбега отдельных бревен. Из двух бревен, имеющих одинаковые диаметры в верхнем отрезе, но разный сбеги, средний диаметр окажется большим у бревна с большим сбегом. Соответственно этому фактический объем у более сбежистого бревна также будет больше, чем у малосбежистого.

При пользовании таблицами для определения объемов бревен по диаметрам в верхнем отрезе различие в сбегах учесть нельзя: бревна с разным сбегом, но одинаковыми диаметрами в верхнем отрезе будут одинаковыми по объему.

Наибольшие отклонения в сбегах по сравнению с бревнами, для которых составлены таблицы, будут иметь малосбежистые и сильносбежистые бревна, поэтому при определении объемов таких бревен по таблицам получатся наибольшие ошибки. Объемы сильносбежистых бревен таблицы уменьшают, а малосбежистых — преувеличивают (рис. 44). С увеличением длины бревен в обоих случаях расхождение фактических объемов с табличными увеличивается.

Рис. 44. Схема бревен с разным сбегом

При приемке больших партий бревен, среди которых есть малосбежистые, сильносбежистые и со средним сбегом, таблицы, по которым объемы определяют по длине и верхнему отрезу, дают удовлетворительные результаты: при уменьшении объемов одних бревен перекрывается преувеличением других и в среднем получается объем, близкий к действительному. Для таксации бревен в прошлом применялся ряд таблиц объемов бревен.

Более обширный фактический материал был использован при составлении таблицы объемов бревен для разных пород под руководством лесничего А. А. Крюденера. Для сосновых и еловых бревен составлены таблицы по отдельным разрядам сбега и особые таблицы для комлевых и некомлевых бревен. В результате всестороннего изучения вопроса о таксации бревен Крюденер пришел к выводу, что для определения объемов бревен всех пород пригодна таблица объема бревен, составленная им для еловых комлевых бревен по одному среднему сбегу. В этой таблице для диаметров в верхнем отрезе через каждую четверть вершка (1,12 см) и для длины через каждый аршин (0,711 м) ствола даны объемы в кубических футах.

Таблицы объемов бревен были составлены Крюденером на основе его же таблиц объемов и сбега стволов, определяющих диаметры стволов от комля к вершине через каждые 2 аршина длины стволов.

При составлении таблиц объемов бревен стволы разных размеров он условно делил на отдельные бревна и применительно к диаметрам в разных сечениях находил их объемы. Для бревен, имеющих одинаковые длину и диаметр в верхнем отрезе, но полученных из разных стволов, находили среднеарифметические объемы.

Среднеарифметические объемы бревен и их диаметры в верхнем отрезе для бревен одной длины наносили на график, и получались кривые объемов для каждой ступени длины бревен. При окончательном определении объемов кривые выравнивали,

Таблицы объемов бревен Крюденера были переведены в 1926 г. проф. Г. М. Турским в метрические меры и с тех пор стали называться таблицами Крюденера — Турского.

§ 11. ПРОВЕРКА ТАБЛИЦ ОБЪЕМОВ БРЕВЕН

В 1928 г. было решено разработать и ввести в действие таблицы объемов бревен, обязательные для применения при отпуске и продаже леса на всей территории СССР. С этой целью Наркомзем РСФСР предпринял проверку существующих таблиц объемов бревен.

В результате опытных работ было установлено, что отклонения действительных объемов от найденных по таблицам достигают в отдельных случаях $\pm 30\%$. Таблицы объемов цилиндров при таксации бревен по среднему диаметру дают несколько меньшие отклонения: от $+18$ до -27% . При пользовании этими таблицами длина бревен на величину отклонений объемов влияет незначительно. Отклонения табличных объемов, найденных по верхнему диаметру, для бревен длиной 8,5 м увеличиваются по сравнению с данными для бревен длиной 6,5 м на $\pm 3\%$. У 33 % обмеренных бревен отклонения объемов, найденных по таблицам цилиндра, от истинных не превышают $\pm 1,5\%$, для 90 % бревен они колеблются от $+4,5$ до $7,5\%$.

При определении объемов по простой формуле среднего сечения, т. е. по таблице объемов цилиндров, объемы в среднем оказываются уменьшенными на 1 %.

Таблицы Крюденера — Турского преувеличивают объемы сосновых бревен длиной 6,5 м в среднем на 1,45 %, а объемы бревен длиной 8,5 м — на 3,34 %. Объемы словых бревен длиной 6,5 м они уменьшают на 1,16 %. При таксации сосновых и словых бревен длиной 6,5 м по таблицам Крюденера — Турского в 90 случаях из 100 величина ошибок не превышает $\pm 15\%$, а для бревен длиной 8,5 м она колеблется от $+18$ до -12% .

Вследствие различий в сбегах отдельных бревен самые совершенные объемные таблицы, требующие измерения диаметра бревен в одном сечении, неизбежно будут давать ошибки в объемах. Величина этих ошибок зависит от величины сбега отдельных бревен. Расхождения в объемах бревен, исчисленных по простой формуле среднего сечения, с истинными характеризуются среднеквадратическим отклонением, равным $\pm 4,45\%$. Для бревен длиной 6,5 м расхождения между объемами, находимыми по таблицам Крюденера — Турского, и истинными определяются среднеквадратическим отклонением, равным $\pm 9,08\%$, а для бревен длиной 8,5 м $\pm 10,95\%$ (округленно 11 %).

В практике лесозаготовок и при последующих сдачах-присмаках древесины обычно одновременно таксируется большое количество бревен. В этом

случае по мере увеличения таксируемых бревен ошибка будет уменьшаться. Согласно формуле (70) она будет равна для бревен длиной 6,5 м

$$m = \pm \frac{9}{\sqrt{n}},$$

для бревен длиной 8,5 м

$$m = \pm \frac{11}{\sqrt{n}}.$$

Если в одной из таксируемых партий имеется 10 бревен, а во второй 100, точность нахождения их объемов окажется следующей:

$$\text{при длине бревен 6,5 м } m = \pm \frac{9}{\sqrt{9}} = \pm 3,17\%;$$

$$m = \pm \frac{9}{\sqrt{100}} = \pm 0,9\%;$$

$$\text{при длине бревен 8,5 м } m = \pm \frac{11}{\sqrt{10}} = \pm 3,48\%;$$

$$m = \pm \frac{11}{\sqrt{100}} = \pm 1,1\%.$$

Проверка таблиц путем массового обмера бревен привела почти к тем же выводам, что были сделаны выше на основе анализа средних величин сбега и его изменения. В том и другом случае расхождение объемов, вычисленных по таблицам, с фактическими характеризуется среднеквадратическими отклонениями от ± 9 до ± 11 %.

Необходимо иметь в виду, что таблицы Крюденера—Турского дают систематическую одностороннюю ошибку. Для сосновых бревен длиной 6,5 м она равна +1,45 %, для еловых того же размера —1,16 % и для сосновых длиной 8,5 м +3,34 %. Поэтому при определении наиболее вероятной погрешности, полученной при нахождении объемов бревен по таблицам, надо учесть обе ошибки: вычисленную по приведенным выше формулам и систематическую, которую дают сами таблицы. В итоге получится общая ошибка в исчислении объемов.

При распиловке круглых лесоматериалов для расчета постова (расстановки пил в лесопильной раме) и расчетов выхода пиломатериалов, а также при сортировке и оценке бревен исходят из диаметра бревна в верхнем отрезе. Поэтому при лесозаготовках и последующих сдачах-приемках леса обмер верхнего диаметра бревен обязателен. При этих условиях наиболее легким и рациональным способом определения объемов бревен будет применение таблиц объемов бревен, в которых даны длина и диаметры в верхнем отрезе.

Таблицы Крюденера — Турского, принятые в качестве общесоюзного стандарта (ОСТ 4542), нами в 1944 г. графически выровнены и дополнены объемами сортиментов недостающих размеров. Частично переработанные таким образом таблицы утверждены как государственный общесоюзный стандарт (ГОСТ 2708—44).

Объемы бревен, предусматриваемые ГОСТ 2708—44, были подвергнуты математическому анализу Н. Н. Дементьевым. Для бревен разных размеров были установлены переводные коэффициенты, названные Н. Н. Дементьевым видовыми числами (отношения объема бревна к объему цилиндра, имеющего ту же длину, что бревно, и диаметр, равный диаметру бревна в верхнем отрезе).

Для бревен разной длины установлены следующие переводные коэффициенты:

Длина бревен, м	2	4	6	8	8,5
Переводные коэффициенты	1,15	1,17	1,21	1,26	1,28

Чтобы определить объем бревен, нужно эти коэффициенты умножить на объемы цилиндров:

$$V_{бр} = FgL = \frac{F\pi d^2 L}{4}, \quad (85)$$

где $V_{бр}$ — объем бревна, м³; F — переводной коэффициент; g — площадь сечения бревна в верхнем отрезе, м²; L — длина бревна, м.

Для бревен длиной 8,5 м эта формула будет иметь следующий вид:

$$V_{бр} = \frac{1,28\pi d^2 L}{4} = \frac{1,28 \cdot 3,14 d^2 L}{4} = \frac{4,02}{4} d^2 L \approx d^2 L. \quad (86)$$

Эта же формула пригодна для определения объема бревен длиной 8 м. Для более коротких бревен в формулу надо вносить поправку. Н. Н. Дементьев нашел, что эта поправка должна сводиться к уменьшению длины бревна на 0,3 м. В этом случае формула принимает следующий вид:

$$V_{бр} = d^2 (L - 0,3). \quad (87)$$

Объемы, вычисленные по формулам Н. Н. Дементьева, весьма близки к объемам ГОСТ 2708—44.

В 1975 г. вновь выявилась необходимость расширить ГОСТ 2708—44 путем включения в него объемов целого ряда сортиментов, в том числе более крупных размеров. Эти дополнения, разработанные под руководством автора учебника, были внесены и в результате составлен ГОСТ 2708—75.

Неоднократные исследования и анализ производственных материалов показывают, что таблицы объемов круглых лесных материалов при уменьшают объемы лесных сортиментов, изготавливаемых из вершинных частей стволов, в среднем на 25—35%. В связи с этим ГОСТ 2708—75 дополнен.

§ 12. ОБЪЕМЫ ВЕРШИННЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Объемы сортиментов, заготавливаемых из комлевых и срединных частей стволов, ГОСТ 2708—75 определяются с удовлетворительной точностью.

Чтобы избежать приуменьшения объемов лесоматериалов, заготавливаемых из вершинных частей стволов, казалось бы, необходимо в ГОСТ 2708—75 повысить объемы мелких сортиментов. Однако это привело бы к искусственному преувеличению объемов тонких сортиментов, заготавливаемых из комлевых и срединных частей стволов, так как при одинаковых диаметрах в верхнем отрезе сбег у вершинных сортиментов значительно больший, чем у комлевых и срединных. Это существенное различие в форме комлевых и срединных сортиментов, с одной стороны, и вершинных — с другой, исключает возможность составить единые таблицы объемов круглых лесных материалов, позволяющие определять с одинаковой точностью объемы сортиментов, заготавливаемых из разных частей стволов. Поэтому были составлены отдельные таблицы объемов вершинных лесоматериалов. В различных географических районах СССР удельный вес вершинных лесоматериалов в общем объеме лесной продукции неодинаков. Для составления таблиц в различных районах страны было обмерено 4011 вершинных сортиментов и на основе этих обмеров выведены среднеарифметические объемы вершинных сортиментов разных размеров.

Для суждения о точности и варьировании объемов отдельных сортиментов наряду со среднеарифметическим объемом были вычислены среднеквадратическое отклонение $\pm\sigma$, средняя ошибка $\pm m$, коэффициент вариации $\pm c$ и показатель точности $\pm p$.

Среднеарифметические объемы, положенные в основу таблиц, установлены с достаточно высокой точностью. Для большинства размеров вершинных лесоматериалов показатель точности $\pm p$ не превышал 1—3 %. По мере увеличения длины лесоматериалов точность среднеарифметических объемов уменьшается. С увеличением толщины вершинных лесоматериалов точность увеличивается. Следовательно, при определении по вновь составленным таблицам объемов более толстых сортиментов ошибка будет меньше, чем при определении объемов тонких лесоматериалов.

Как известно, при одних и тех же длине и толщине в верхнем отрезе объемы вершинных лесоматериалов бывают различны. По мере увеличения длины лесоматериалов эта разница в объемах возрастает: у 1-метровых отрезков коэффициент вариации в среднем равняется $\pm 8\%$, у 6—5-метровых $\pm 15\%$.

С увеличением толщины лесоматериалов коэффициент вариации уменьшается. У наиболее тонких сортиментов из средних по длине вершинных лесоматериалов он составляет около $\pm 30\%$, у средних сортиментов (толщиной 8—10 см) $\pm 15—20\%$ и у более толстых (14—15 см) равен $\pm 8—12\%$.

Коэффициент вариации в объемах комлевых и срединных бревен при средней их длине 6,5 м равен $\pm 9\%$. У вершинных лесоматериалов он в 1,5—2,5 раза больше. Таким образом, при определении по ГОСТ 2708—75 объемов комлевых и срединных бревен неизбежна случайная ошибка, в среднем равная $\pm 9\%$. При учете объемов вершинных лесоматериалов по новым таблицам случайная ошибка будет в 1,5—2,5 раза большей, т. е. достигнет 13—23 %.

Эта меньшая точность учета является, как известно, следствием значительных различий в форме (сбеге) вершинных сортиментов. Уточнить учет объемов, основанных на большом числе измерений, невозможно.

Единственный способ учета этих различий — переход на измерение диаметров на середине или в обоих концевых сечениях сортиментов.

Специальные исследования показали, что если на логарифмическую бумагу нанести по оси абсцисс логарифмы диаметров, а по оси ординат логарифмы среднеарифметических объемов сортиментов различной длины, получившаяся на графике линия будет близка к прямой.

Чтобы иметь объективные основания выровнять график, для всех сортиментов различной толщины на логарифмическую бумагу наносили три точки: среднеарифметический объем сортимента и объемы сортиментов, увеличенные и уменьшенные по сравнению со среднеарифметическим на тройную ошибку среднеарифметического объема. Выровненную прямую объемов проводили на логарифмическом графике с таким расчетом, чтобы она пересекла большинство точек, определяющих среднеарифметические объемы, и в то же время не выходила из полосы, отграничиваемой точками, характеризующимися тройными ошибками среднеарифметических величин.

С выровненных прямых линий были сняты отсчеты, определяющие объемы вершинных сортиментов. По этим данным строили второй график. На ось абсцисс наносили длину, а на ось ординат объем вершинных сортиментов различной толщины. В результате был получен веер кривых объемов. После незначительного выравнивания с этого графика были сняты отсчеты, определяющие объемы вершинных сортиментов толщиной в верхнем отрезе от 3 до 15 см и длиной от 1 до 7 м с интервалом по длине 0,1 и 0,25 м. Все эти объемы сведены в таблицу, которая принята в качестве дополнения к действующему ГОСТ 2708—75.

Введение отдельных таблиц для определения объемов вершинных лесоматериалов обязывает при сдачах-приемках учитывать эти лесоматериалы отдельно от прочих.

К категории вершинных следует относить лесоматериалы, имеющие на 1 пог. м длины сортимента сбег не менее 1 см и много сучков и утолщений (наплывов) вокруг них, что придает им своеобразную узловатость и неправильную геометрическую форму. Почти всегда из-за большого числа сучков они относятся к низшим сортам.

Во время раскряжевки хлыстов на сортименты на вершинные отрезки следует наносить специальные знаки. Это налагает на лесозаготовителей ответственность за правильное отношение сортимента к категории вершинных, так же как и за правильное определение сорта лесоматериалов.

ГОСТ 2708—75 уменьшает объемы вершинных лесоматериалов в среднем на 26,1 %. Если объемы по ГОСТ 2708—75 принять за 100 %, то по таблицам, составленным для вершинных лесоматериалов, объемы будут равны 135,3 %, т. е. увеличатся на 35,3 %.

В связи со значительными расхождениями в показателях этих таблиц и ГОСТ 2708—75 возникает вопрос о том, насколько увеличиваются объемы вершинных лесоматериалов по отношению к общему количеству всей заготавливаемой древесины, включая комлевые и срединные бревна.

В лесах севера и северо-востока нашей страны объем вершинных сортиментов составляет 13 % от объема ствола, в лесах средней полосы СССР — в среднем 8 % и в южных и юго-западных районах — 5 %. При таком удельном весе вершинных сортиментов введение для их учета новых таблиц вызовет следующее увеличение общего номинального объема лесной продукции (%):

Север и северо-восток СССР	35,3 × 0,13 = 4,6
Средняя полоса СССР	35,3 × 0,08 = 2,8
Юг и юго-запад СССР	35,3 × 0,05 = 1,8

Если условно принять, что на севере и северо-востоке заготавливается 40 % всей лесопроductии, в средней полосе СССР — также 40 %, на юге и юго-западе — остальные 20 %, то введение новых таблиц объемов вершинных лесоматериалов повлечет за собой номинальное увеличение объема заготовленной лесопроductии на $(4,6 \times 0,4) + (2,8 \times 0,4) + (1,8 \times 0,2) = 3,2$ %.

При сдачах-приемках правильно относятся отнесения круглых лесных материалов к категории вершинных проверяют путем частичного обмера верхних и нижних диаметров и по внешнему виду лесоматериалов.

При длине лесоматериалов от 2 до 5 м к категории вершинных относят такие лесоматериалы, у которых диаметр в нижнем отрезе не меньше суммы, полученной при сложении верхнего диаметра и уменьшенной в 100 раз длины сортимента:

$$D_{\text{ниж}} = d_{\text{верх}} + 0,01L, \quad (88)$$

где $D_{\text{ниж}}$ — диаметр вершинных отрезков в нижнем отрезе, см; $d_{\text{верх}}$ — диаметр вершинных отрезков в верхнем отрезе, см; L — длина сортиментов, м.

У вершинных лесоматериалов длиной более 5 м минимальный диаметр в нижнем отрезе равняется уменьшенной на 1 см сумме верхнего диаметра и одной сотой длины сортимента:

$$D_{\text{ниж}} = d_{\text{верх}} + 0,01L - 1. \quad (89)$$

Для упрощения счета при сдачах-приемках лесоматериалов длиной от 2 до 5 м минимально допустимый для вершинных лесоматериалов диаметр в нижнем отрезе находят путем суммирования диаметра в верхнем отрезе, выраженного в сантиметрах, с длиной лесоматериалов, определяемой в метрах. Полученное при этом число есть минимальный диаметр в сантиметрах в нижнем отрезе вершинного сортимента. Например, длина сортимента равна 5 м, а диаметр в верхнем отрезе 9 см. Этот сортимент к категории вершинных можно отнести в том случае, если его диаметр в нижнем отрезе будет не меньше $9 + 5 = 14$ см. Если сортимент имеет длину 7 м и диаметр в верхнем отрезе 9 см, то его к вершинным можно отнести при том условии, если диаметр в нижнем отрезе окажется не меньше $9 + 7 = 16$ см.

Чтобы в принимаемых партиях леса выявить долю вершинных лесоматериалов, надо, кроме верхних диаметров, обмерить у 5—10 % всех сортиментов толщиной до 15 см нижние диаметры.

При сдачах-приемках лесоматериалов, уложенных в штабеля, процент вершинных лесоматериалов устанавливают путем измерения верхних и

нижних диаметров в тех частях штабеля, которые наиболее удобны для обмера диаметров (например, верхние ряды штабеля, сортименты, уложенные по краям штабеля, непосредственно лежащие на подкладке, и т. п.).

§ 13. ОБМЕР КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Длину хвойных круглых лесоматериалов принято учитывать с градацией в 0,5 м. Доли меньше 0,5 м при обмере в расчет не принимаются. Длину лиственных кряжей (фанерных, спичечных и др.) учитывают с точностью до 0,1 м. Для измерения длины круглых лесоматериалов применяют шесты, рулетки и реже складные метры.

На лесных складах бревна или кряжи одинаковой длины обычно укладывают в отдельные штабеля. При укладке штабелей необходимо следить за тем, чтобы торцы отдельных отрезков с тыловой стороны штабеля находились по возможности в одной плоскости, т. е. не выдавались вперед или внутрь штабеля. Такая тщательная укладка даст возможность при приемках измерить длину 1—2 бревен и результаты этого измерения распространить на все бревна или кряжи, уложенные в штабель. Однако государственные общесоюзные стандарты на круглые сортименты требуют обязательной проверки длины каждого бревна или кряжа, и лишь по соглашению между приемщиком и слатчиком в отдельных случаях разрешается обмерять длину только части бревен.

При сплаве леса торцы бревен нередко разбиваются о камни, а при хранении на складах растрескиваются. Полученные из таких бревен доски, брусья и другие материалы приходится торцевать, отпиливать поврежденные концы. Чтобы после оторцовки доски имели полную стандартную длину, устанавливают припуск к длине бревен. Припуск в среднем составляет около 1 % длины бревна. Для пиловочника и строительных бревен хвойных пород установлен припуск 3 см.

При определении толщины круглых лесоматериалов форму торца принимают за круг, у которого измеряют диаметр. В действительности поперечное сечение ствола, как было сказано выше, отличается от круга, поэтому при установлении толщины бревна или кряжа измеряют в торце наибольший и наименьший поперечники и из полученных величин выводят среднее, которое называют средним диаметром.

Диаметры круглых сортиментов очень редко бывают равны целому числу сантиметров. Дробные диаметры нужно округлять до целых: если для учета толщины круглых сортиментов принята градация 1 см, доли сантиметра меньше 0,5 см отбрасывают, доли 0,5 см и больше принимают за целый сантиметр.

Стандарты на бревна предусматривают округление диаметров до четных сантиметров: нечетные целые сантиметры

увеличивают до ближайших четных, а все доли сантиметра в расчет не принимают.

Согласно учению о погрешностях измерений из-за округления диаметров до целых ступеней толщины у большей части бревен при определении диаметра допускается ошибка, равная в среднем $\frac{1}{2}$ величины ступени. При ступенях толщины 1 см ошибка составляет 0,5 см, а при учете диаметров в четных сантиметрах 1 см. Если среднюю толщину бревен принять 20 см, эти ошибки соответственно составят 2,5 и 5 % от величины диаметра.

Ошибки в диаметре влекут за собой удвоенную ошибку в объеме. Отсюда при округлении диаметров до целых сантиметров ошибка в объеме будет равна $\pm 5\%$, а при учете диаметров в четных сантиметрах $\pm 10\%$. Однако при массовом учете бревен эти ошибки будут иметь положительный и отрицательный знаки и в результате взаимно уничтожатся. Поэтому стандарты на пиловочные и строительные бревна для партий бревен не менее 100 шт. допускают обмер только одного диаметра, но при условии, что у всех бревен он будет измеряться в одном направлении. Бревна, уложенные в штабеля, лучше измерять в направлении, образующем с горизонтальной плоскостью угол примерно 45° .

При обмере бревен толщину коры не учитывают. Если верхний отрез бревна сделан на сучьях, имеющих наплывы, его обмеряют несколько отступя от места утолщения к комлю. Диаметр в этом случае измеряют мерной вилкой.

При сдаче-приемке леса обычно возникает вопрос, куда отнести размер, стоящий на грани двух смежных ступеней толщины. При учете бревен в четных сантиметрах отнесение бревен, имеющих диаметры равные нечетному числу сантиметров, в высшую ступень приводит к преувеличению объема. При средней толщине бревен 20 см увеличение диаметра на 1 см вызывает ошибку в объеме в среднем на 10 %.

В связи с этим возникает вопрос, как часто в пределах двухсантиметровой ступени толщины встречаются бревна, диаметр которых точно равен нечетному числу сантиметров.

Каждая такая ступень толщины содержит 20 ступеней дробностью 1 мм. Следовательно, из каждых 100 бревен, содержащихся в двухсантиметровой ступени толщины, на одномиллиметровую ступень приходится в среднем 5 бревен. Отсюда можно принять, что в пределах этой ступени толщины на размер, равный полному числу нечетных сантиметров без десятых долей, также приходится 5 бревен. При округлении диаметров до высших четных сантиметров в объеме каждого из этих бревен получится ошибка в среднем 10 %. Если разложить ее на все бревна, она составит 0,5 %.

Такая величина ошибки получится при бревнах диаметром 20 см, при более толстых бревнах она будет меньше.

Выше было отмечено, что припуск по длине круглых сортиментов в среднем составляет 1 % длины, а по объему 0,8 %. Последняя величина, не включаемая при приемке в кубатуру бревен, с излишком компенсирует преувеличение объемов от округления нечетных диаметров до высших четных размеров.

При приемке бревен их длину, толщину и сорт отмечают на верхнем торце мелком, краской, номераторными или маркировочными молотками. Обмер и учет бревен производят вдвоем: мерщик обмеряет мерной скобой диаметры бревен в верхнем отрезе, а счетчик записывает их в учетную ведомость, примерная форма которой приведена ниже.

Объемы сортиментов, указываемые в учетной ведомости, находят по таблицам объемов бревен (табл. 9).

9. ФОРМА УЧЕТНОЙ ВЕДОМОСТИ

Диаметр в верхнем отрезе, см	Пиловочник		Строительное бревно				Фанерный кряж					
	длиной, м											
	5		6,5		6,5		8,5		4		6	
	шт.	м ³	шт.	м ³	шт.	м ³	шт.	м ³	шт.	м ³	шт.	м ³
16												
18												
20												
и т. д.												

Поштучный обмер бревен осложняет механизацию погрузочных и транспортных работ. При массовом учете лесной продукции представляют интерес весовой способ таксации и описанный ниже точечный метод определения коэффициентов полндревесности штабелей и отдельных пачек бревен.

В последнее время методы определения объема круглых лесоматериалов изучались ЦНИИМЭ (проф. Н. Л. Леонтьевым и Б. К. Харламповичем). Они пришли к выводу, что при весовом методе нельзя одновременно учитывать количество и качество древесины. Вместе с этим масса зависит от изменяющейся влажности древесины и наличия коры на лесоматериалах. Вследствие этих недостатков они не рекомендуют весовой метод для широкого применения в практике.

Учет древесины по объему штабелей, редуцированному на коэффициенты полндревесности, названные авторы называют геометрическим способом. Так же, как и весовому, геометрическому способу они дают отрицательную оценку. Основанием для этого является то, что коэффициенты полндревесности штабелей весьма изменчивы. Они зависят от целого ряда факторов. При геометрическом способе нельзя одновременно учитывать количество и качество древесины. Этот способ может применяться при учете объемов сортиментов длиной до 2 м.

Названные исследователи отдают предпочтение выборочному методу учета, при котором вместо сплошного обмера всех лесоматериалов отбирают пробы, подвергаемые тщательной всесторонней таксации. Этот метод подлежит дальнейшему изучению в отношении уточнения численности выборок и правил их отбора.

Глава V

ТАКСАЦИЯ ДРОВ И ДРУГИХ МЕЛКИХ СОРТИМЕНТОВ

В зависимости от теплотворной способности, обуславливаемой объемной массой древесины, дрова делят на три группы: I — заготовленные из березы, бука, ясеня, граба, ильма, клена, дуба и лиственницы; II — из сосны и ольхи; III — из ели, кедра, пихты, осины, липы, тополя и ивы. Дрова, заготовленные из древесных пород, относящихся к одной группе, называют однородными, из пород относящихся к разным группам, — смешанными.

По влажности дрова делят на воздушносухие, полусухие и сырые. К воздушносухим относят дрова, содержащие влаги до 25/20 %, к полусухим — от 26/20 % до 50/33 %, к сырым — более 50/33 %*.

ГОСТ 3243—46 устанавливает следующую стандартную длину дров: 0,25; 0,33; 0,75 и 1 м. Для углежжения допускается применять дрова длиной 1,25 м. Отклонения в длине должны быть не больше ± 2 см. С согласия потребителей возможна заготовка и сдача дров длиной кратной перечисленным размерам.

Дрова толщиной от 3 до 14 см можно заготавливать в круглом виде, дрова толщиной от 15 до 25 см должны быть расколоты на две части, а от 26 до 40 см — примерно на четыре части. Поленья диаметром более 40 см нужно раскалывать на столько частей, чтобы наибольшая линия раскола по торцу не превышала 20 см. Количество круглых поленьев толщиной от 3 до 6 см не должно превышать 20 % от общей кубатуры сдаваемой партии дров.

Дрова должны быть очищены от сучьев, их можно поставлять в коре и без коры.

§ 14. ПРАВИЛА УКЛАДКИ, ОБМЕРА И ПРИЕМКИ ДРОВ

Дрова и другие мелкие сортаменты при заготовке и хранении на складах укладывают в поленицы прямоугольной формы. Нижний ряд поленьев кладут на продольные про-

* В числителе — количество влаги, имеющейся в древесине, по отношению к массе высушенной древесины, в знаменателе — по отношению к массе древесины до высушивания.

кладки, концы поленьев укрепляют кольями и клетками. Закреплять концы клетками можно в поленищах длиной более 10 м, причем на каждые 10 м длины поленища должно приходиться не более одной клетки. Поленища укладывают высотой 1; 1,5 и 2 м. Для удобства осмотра дров на лесных складах между двумя поленищами нужно оставлять проходы шириной не менее 0,8 м.

При укладке в поленища дрова рассортировывают по длине и влажности. Лицевая (передняя) сторона поленища должна быть выровнена. Если на складах, в вагоны и суда (при водных перевозках) укладывают дрова влажностью более 25/20 %, делают надбавку на усушку и усадку — по 3 см на каждый метр высоты поленища.

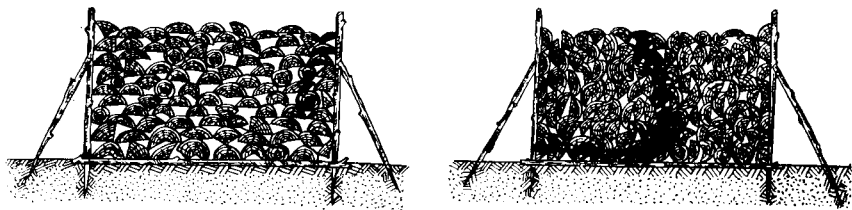


Рис. 45. Поленища рыхлой (слева) и плотной (справа) кладки

За высоту поленища принимают среднеарифметическое трех измерений, произведенных принимающим лицом в разных местах, по выбору. При измерении высоты поленища подкладку, а также надбавку на усушку в высоту не включают.

При приемке дров устанавливают, к какой из указанных трех групп теплотворной способности относится принимаемая партия.

Влажность дров определяют в лаборатории путем их взвешивания. В этом случае руководствуются массой 1 пл. м³ древесины разных пород при разной их влажности. Масса древесины, принятая в стандарте на дрова, была указана в разделе «Физические способы таксации» (см. табл. 2).

Приемка и учет по массе в тоннах допускаются только для воздушносухих дров. При приемке дров необходимо проверять правильность их укладки. В практике лесозаготовок известны два способа кладки дров (рис. 45): рыхлая («внакрышку») и плотная («в зажим»).

Первый способ заключается в том, что поленья, расколотые пополам на плахи, укладывают корой кверху, а стороной раскола вниз. При этом по всей поленище получается сеть треугольных окошечек, значительно уменьшающих ее полноту. При втором способе расколотые поленья уклады-

вают на ребро так, чтобы стороны раскола плотно прилегали одна к другой. При такой кладке поленья как бы заклиниваются, сжимают поленницу. В промежутки между крупными поленьями кладут более тонкие.

При приемке дров торцы поленьев обрызгивают известью (краской) или ставят на них клейма, чтобы по ошибке не принять на лесосеке 2 раза одни и те же поленницы.

Объем дров длиной более 3 м определяют по таблицам объемов круглых лесных материалов (ГОСТ 2708—75), более короткие дрова учитывают в складочных мерах.

§ 15. ПОЛНОДРЕВЕСНОСТЬ ПОЛЕННИЦ

Количество плотной древесины в складочном кубометре непостоянно: чем больше между поленьями пустот, тем меньше в поленнице древесной массы. Количество заключающейся в складочной мере плотной древесной массы, разделенное на объем этой складочной меры, называют коэффициентом полндревесности поленниц. Если в 1 скл. м³ дров содержится плотной массы, или собственно древесины, 0,7 м³, а остальные 0,3 м³ приходятся на пустоты между поленьями, коэффициент полндревесности принимается равным 0,7.

Чем правильнее форма ствола, из которого получены поленья, чем меньше на них сучков и чем глаже кора, тем плотнее их можно уложить. Следовательно, такая поленница будет иметь более высокий коэффициент полндревесности.

Длинные поленья плотно уложить труднее, чем короткие, так как с увеличением их длины резче проявляются неправильности формы и увеличивается число сучков на них. Поэтому поленницы из коротких дров имеют более высокий коэффициент полндревесности.

При перепиливании длинных поленьев объем поленниц уменьшается, а коэффициент полндревесности увеличивается. Уменьшение объема поленниц называют упилом. При заготовке дров очень важно установить правильные нормы упила. При перепиливании двухметровых отрезков на однометровые и однометровых на полуметровые коэффициент полндревесности увеличивается в среднем на 3%. После распиловки дров, уложенных в рыхлую поленницу, надо ожидать значительного упила, особенно если распиленные поленья будут плотно уложены. Объем же поленницы плотной укладки мало изменится при вторичной тщательной укладке после распиловки на короткие поленья.

Для упила могут быть даны лишь некоторые средние нормативы, от которых в отдельных случаях неизбежны отступления.

Коэффициент полндревесности поленницы зависит также от толщины уложенных в ней поленьев: чем толще поленья,

тем он больше и наоборот. Если расколоть поленья и снова их сложить, объем поленницы увеличится, а коэффициент полндревесности уменьшится. Разность между полученным и прежним объемом называется приколом. Чем толще поленья и чем мельче их раскалывают, тем больше прикол. В практике пользуются приблизительной средней нормой прикола 5 %. Такой прикол обычно бывает при раскалывании поленьев пополам; при более мелком раскалывании прикол возрастает до 10 %.

Дрова надо обязательно раскалывать, так как в таком виде они лучше просыхают и сохраняют свои качества. Например, оставленные в коре нерасколотые березовые дрова быстро портятся: сначала на них появляется гниль, по окраске похожая на расцветку мрамора, которая с течением времени переходит в мягкую гниль, вызывающую трухлявость древесины.

При помощи коэффициента полндревесности можно перевести объем, вычисленный в плотных кубометрах, в складочные меры. Для этого нужно количество древесины в плотных кубометрах разделить на коэффициент полндревесности. Для перевода объема поленниц из складочных кубических метров в плотные нужно умножить объем в складочных кубических метрах на коэффициент полндревесности.

При вычислении объема можно также пользоваться переводными коэффициентами. Если принять, что 1 скл. м³ дров составляет 0,7 плотного кубометра, то 1 пл. м³ содержит 1,43 скл. м³. В данном случае переводным коэффициентом является 1,43. При переводе складочных мер в плотные надо количество дров, выраженное в кубометрах, разделить на 1,43, а при переводе плотной массы в складочные меры нужно кубатуру плотной массы умножить на 1,43. В ГОСТ 3243—46 на дрова содержатся коэффициенты полндревесности для перевода складочных мер дров в плотные, которые приведены в табл. 10.

Данные табл. 10 подтверждают ранее сделанные выводы о том, что коэффициенты полндревесности с увеличением толщины поленьев увеличиваются, а с увеличением длины уменьшаются. Коэффициенты полндревесности колотых дров меньше, чем круглых. У дров хвойных пород, которые имеют более правильную форму ствола, чем лиственные породы, коэффициенты полндревесности больше.

При пользовании табл. 10 требуется, кроме длины поленьев, определить их среднюю толщину. Ее устанавливают плазмерно, иногда делают пробный обмер нескольких поленьев и из них выводят среднюю толщину.

При пользовании на практике стандартной таблицей переводных коэффициентов могут возникнуть разногласия, касающиеся плотности и тщательности кладки. В таких случаях

Древесная порода	Содержание пл. м ³ в 1 скл. м ³ при длине поленьев, м									
	0,25	0,33	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2	2,5	3

I. К р у г л ы е

Тонкие (толщиной 3—10 см)

Хвойные	0,79	0,77	0,74	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64	0,62	0,61
Лиственные	0,75	0,72	0,69	0,65	0,63	0,61	0,60	0,58	0,56	0,55

Средние (толщиной 11—14 см)

Хвойные	0,81	0,79	0,76	0,74	0,72	0,71	0,70	0,68	0,67	0,66
Лиственные	0,80	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,65	0,63	0,62

II. К о л о т ы е

(толщиной 15 см и более)

Хвойные	0,77	0,75	0,73	0,71	0,70	0,69	0,68	0,65	0,64	0,63
Лиственные	0,76	0,74	0,71	0,69	0,68	0,67	0,65	0,63	0,62	0,60

III. С м е с ь

(из круглых (40 %) и колотых (60 %))

Хвойные	0,77	0,75	0,73	0,72	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65
Лиственные	0,76	0,74	0,71	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63

П р и м е ч а н и е. При наличии в поленищах кривых и суковатых поленьев более 25 % от общего числа коэффициент уменьшается для круглых дров на 0,07, для колотых на 0,04, а для смеси круглых и колотых на 0,05.

коэффициенты полндревесности проверяют путем пробного учета. Для этого с лицевой стороны поленицы намечают прямоугольник высотой, равной высоте поленицы, и длиной вдоль поленицы не менее 8 м. Стороны прямоугольника очерчивают углем, краской или мелом. В прямоугольнике проводят диагональ, которая должна пересечь торцы не менее 60 поленьев. Длину диагонали, а затем все отрезки, получившиеся в результате пересечения диагональю торцов отдельных поленьев, измеряют с точностью до 1 см. Доли менее 3 мм откидывают, а равные 3, 4 и 5 мм принимают за 0,5 см. Длину всех отрезков складывают, сумму их делят на общую длину диагонали и получают коэффициенты полндревесности. Если найденный коэффициент окажется равным или несколько больше установленного таблицей для дров данной длины и толщины, это свидетельствует о хорошей кладке, если меньше — значит кладка плохая, рыхлая.

При закладке пробы на полндревесность для ускорения работы можно измерять на диагонали, прочерченной по торцовой стороне поленицы, не отрезки на торцах поленьев, а пустоты между этими поленьями. Сумма протяжений этих пустот, разделенная на общую длину диагонали, будет выражать ту часть, которая приходится на воздушные прослойки между поленьями. Вычтя величину этой части из единицы, получим коэффициент полндревесности поленицы.

Если длина намеченного прямоугольника занимает все протяжение между двумя соседними клетками, но диагональ пересекает менее 60 торцов поленьев, то в следующей поленице необходимо наметить дополнительный пробный прямоугольник и по его диагонали измерить пересекаемые торцы поленьев. Сумму протяжений пересекаемых торцов поленьев для обеих диагоналей делят на сумму длин этих диагоналей.

При плотности кладки, не соответствующей приведенным в табл. 10 коэффициентам полнодревесности, необходимо переложить поленицу или произвести перерасчет ее кубатуры, умножив объем, полученный при обмере, на частное от деления фактического коэффициента полнодревесности кладки на коэффициент полнодревесности, указанный в стандарте на дрова.

В складочных мерах учитывают также рудничную стойку, балансы и другие мелкие сортименты.

Рудничную стойку во время ее заготовки или позже подвергают топорной окорке, во время которой все сучки и наплывы обычно срубают заподлицо. Поэтому поленицы, сложенные из рудничной стойки, более плотнее и имеют более высокий коэффициент полнодревесности.

На заготовку балансов (сырья для выработки бумаги) используют части стволов более правильной формы, хорошо очищенные от сучьев. Кроме того, после заготовки их подвергают истой окорке с полным удалением луба. Такие поленья укладывают в поленицы плотнее, чем дрова и рудничную стойку. Поэтому коэффициент полнодревесности окоренных балансов еще выше.

Американские таксаторы Брус и Шумахер отмечают, что из-за большого количества сучков и разной расколки наиболее изменчивы коэффициенты полнодревесности дровяных полениц. Коэффициенты полнодревесности балансов более постоянны, так как их заготавливают из срединной и комлевой частей ствола, имеющих более правильную форму, и редко раскалываются.

Для определения коэффициента полнодревесности полениц из неокоренных балансов Шумахер предложил следующую формулу:

$$K = 0,84 - 0,04N, \quad (90)$$

где N — среднее число поленьев, торцы которых вписываются в кв фут ($0,0929 \text{ м}^2$) торцовой стороны поленицы.

При учете в метрических мерах формулу Шумахера можно несколько изменить, придав ей следующий вид:

$$K = 0,84 - 0,01N', \quad (91)$$

где N' — среднее число поленьев, торцы которых вписываются в площадь $61 \times 61 \text{ см}$ ($0,372 \text{ м}^2$).

В ГОСТе на кряжи и чураки для спичечного производства, для штабелей чураков длиной от 0,61 до 0,81 м принят коэффициент полндревесности 0,75, для штабелей кряжей длиной от 1,25 до 2 м—0,73.

Лесоматериалы длиной 2 м и менее учитывают в складочной мере без учета коры.

ГОСТ 2292—74 установлены коэффициенты полндревесности для перевода складочных мер в плотные (без учета коры) при нормальной укладке лесоматериалов в штабель (табл. 11).

11. КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОЛНДРЕВЕСНОСТИ ДЛЯ ПЕРЕВОДА
СКЛАДОЧНЫХ МЕР ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ В ПЛОТНЫЕ
(БЕЗ УЧЕТА КОРЫ) ПО ГОСТ 2292—74

Порода	Коэффициенты полндревесности штабелей лесоматериалов		
	в коре	грубокоренных	без коры
Лесоматериалы длиной до 1 м			
Ель, пихта	0,71	} 0,76	0,78
Сосна	0,69		
Лиственница	0,67		
Береза и осина	0,70	} —	0,79
Липа	0,67		
Лесоматериалы длиной от 1 до 2 м			
Ель, пихта	0,69	} 0,74	0,76
Сосна	0,67		
Лиственница	0,65		
Береза и осина	0,68	} —	0,77
Липа	0,66		

Американские исследователи Е. В. Чемберлен и Н. А. Майер для определения процента объема коры P предложили следующую формулу:

$$P = 80(1 - K^2), \quad (92)$$

где K — отношение диаметра лесоматериалов без коры к диаметру в коре.

Для определения коэффициента K надо у 20—30 поленьев измерить диаметры без коры и диаметры в коре, затем сумму диаметров без коры $\Sigma d_{б/к}$ разделить на сумму диаметров в коре $\Sigma d_{в/к}$. В итоге получаем искомый коэффициент

$$K = \frac{\Sigma d_{б/к}}{\Sigma d_{в/к}}. \quad (93)$$

По данным этих исследований, коэффициент K изменяется от 0,85 до 0,95. Наименьший коэффициент имеют породы с толстой корой (каштан, дуб и др.), наибольший — с тонкой (бук, ель).

При разных значениях коэффициента K объем коры P будет равен, %:

K	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90
P	22,20	20,80	19,40	18,00	16,60	15,20
K	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	
P	13,80	12,30	10,80	9,30	7,80	

Способ определения объема коры, предложенный Чемберленом и Майером, целесообразно применять при учете неокоренных балансов и рудничной стойки.

В Чехословакии полнодревесность полениц исследовал З. Обалил, определивший при помощи километра коэффициенты полнодревесности 615 однометровых полениц чисто окоренных хвойных балансов и 697 полениц хвойных и лиственных дров в коре. Таким образом, названным автором был проделан тщательно выполненный эксперимент. Для окоренных, хорошо обработанных балансов он получил следующие результаты:

Толщина чураков, см	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Коэффициенты полнодревесности (в сотых долях единицы):										
ель — пихта	76	77	78	78	79	80	80	80	80	81
сосна	—	—	—	—	—	75	76	77	78	78

С увеличением толщины чураков коэффициенты полнодревесности возрастают. У ели и пихты коэффициенты полнодревесности выше, чем у сосны. Для дров (круглых — неколотых) Обалил установил следующие коэффициенты полнодревесности:

Толщина поленьев, см	7	8	9	10	11	12	13	14
Коэффициенты полнодревесности (в сотых долях единицы):								
хвойные	70	71	72	73	74	74	75	75
лиственные	62	64	66	68	70	72	73	74

Коэффициенты полнодревесности дров, заготавливаемых из сучковатых, неровных частей ствола, оказались более низкими, чем у балансов. Их изменение в зависимости от толщины и древесных пород имеет тот же характер, что и у балансов.

Для гладких колотых дров Обалил получил следующие коэффициенты полнодревесности:

Толщина поленьев, см	16	18	20	22	24	26	28	30
Коэффициенты полнодревесности (в сотых долях единицы):								
хвойные	71	71	72	72	73	74	74	75
лиственные	70	71	72	73	74	75	76	76

У колотых дров хвойных и лиственных пород коэффициенты полнодревесности близки между собой; с увеличением толщины поленьев они возрастают.

Коэффициенты полнодревесности, полученные Обалилом, очень близки к тем коэффициентам, которые установил Ф. Баур свыше 90 лет назад в Германии, измерив 8418 полениц. Это совпадение позволяет заключить, что полученные величины являются надежными нормативными для учета мелких сортиментов в складочных мерах.

Проф. М. Продан в курсе «Holzmesslehre» описывает точечный метод определения полнодревесности полениц. Он сводится к следующему. Торцовую сторону поленицы фотографируют. На полученный при этом фотоснимок накладывают сетку точек, нанесенных на просвечивающуюся полиэтилено-

вую пленку. По всему полю пленки точки размещены правильными рядами с одинаковым расстоянием друг от друга.

Количество точек, оказавшихся на торцовых срезах поленьев, надо разделить на общее число точек, покрывающих всю фотографию. В итоге получаем коэффициент полндревесности.

На рис. 46, заимствованном из книги проф. М. Продана, на долю торцовых срезов падает 695 точек, а общее их число равно 810.

Отсюда коэффициент полндревесности поленицы равен $K=695:810=0,858$.

Точечный метод определения полндревесности полениц и штабелей бревен в нашей стране может получить практическое применение на крупных механизированных складах и при учете древесины на железнодорожных платформах, пакетах и т. д.

В складочной мере учитывают также хворост. Из-за неправильности формы хворост не удается плотно уложить в поленицы, поэтому он имеет низкие коэффициенты полндревесности. Для толстого хвороста (диаметром 6 см) коэффициент полндревесности будет 0,4, для тонкого (диаметром 3 см) — 0,2.

Таким образом, наибольший коэффициент полндревесности имеют окоренные балансы, меньший — рудничная стойка, еще меньший — дрова и наименьший — хворост и мелкие ветки.

Глава VI

ТАКСАЦИЯ ПИЛЕННЫХ, КОЛОТЫХ, ТЕСАНЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ И ПРОЧИХ ВИДОВ ЛЕСНОЙ ПРОДУКЦИИ

§ 16. ТАКСАЦИЯ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Общие сведения

Пиломатериалы делятся на пластины, четвертины, брусья, бруски, доски, шпалы и горбыли (рис. 47).

Пластины получают при распиловке бревна по продольной оси на две симметричные части, четвертины — при

распиловке каждой пластины на две симметричные части по продольной оси.

Брусьями называют пиломатериалы толщиной и шириной более 10 см. Соответственно числу пропиленных сторон различают двух-, трех- и четырехкантные брусья, по форме поперечного сечения — остро- и тупокантные.

Бруски представляют собой также пиломатериалы, толщина которых не превышает 10 см, а ширина — двойной их толщины.

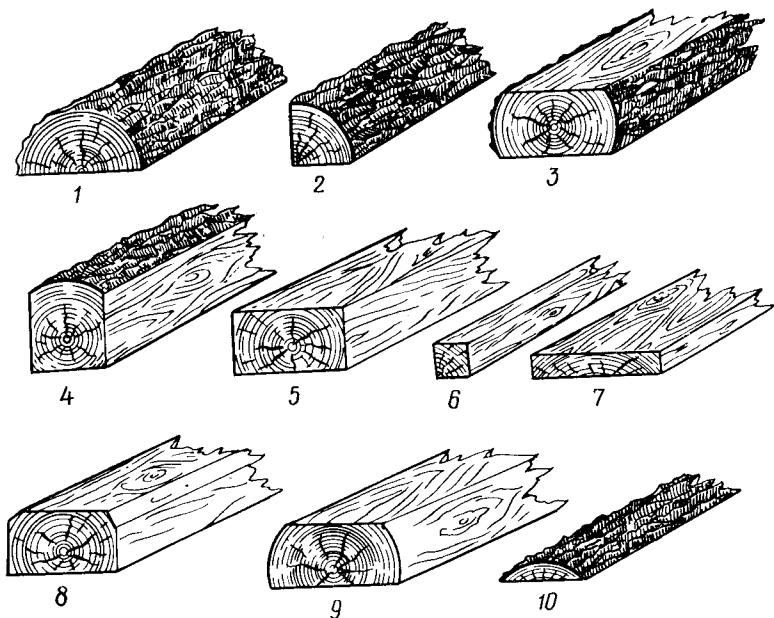


Рис. 47. Основные виды пиломатериалов:

1 — пластина; 2 — четвертина; 3 — брус двухкантный; 4 — брус трехкантный; 5 — брус четырехкантный; 6 — брусок; 7 — доска; 8 и 9 — шпалы; 10 — горбыль

К доскам относят пиломатериалы, толщина которых также не более 10 см, но ширина в 2 раза и более превышает толщину.

Широкие стороны досок и брусков называют пластями, узкие — кромками, линии пересечения пластей с кромками — ребрами.

Кромки у пиломатериалов могут быть не пропилены, либо пропилены по всей длине или части длины перпендикулярно обоим пластям. В соответствии с этим пиломатериалы разделяют на обрезные, у которых все стороны пропилены по всей длине или не менее чем на половину длины, и необрезные, у которых кромки совершенно не пропилены или пропилены менее чем на половину длины. Пиломатериалы, имеющие

щие форму геометрически правильного параллелепипеда, называются ч и с т о о б р е з н ы м и.

Остатки округленной боковой поверхности бревен на кромках пиломатериалов называют обзолами. С пластями досок обзолы могут сходиться под тупым углом (тупые обзолы) и острым углом (острые обзолы).

Шпалы представляют собой особый вид пиломатериалов, имеющий крупное поперечное сечение, и служат для укладки под рельсы железных дорог.

Шпалы разделяют на две основные категории: обрезные (А), необрезные (Б). Необрезные шпалы выпиливают только по одной из шпального отрезка, а обрезные по две и более. Из середины толстых кряжей выпиливают доску, в которую отходит сердцевина ствола. По форме и размерам поперечных сечений шпалы делятся на типы.

Шпалы в зависимости от назначения изготовляют трех типов: I — для главных путей, II — для станционных и подъездных путей, III — для подъездных путей промышленных предприятий.

Г о р б ы л я м и называют срезанную наружную часть бревна, у которой другая поверхность остается необработанной.

Выпиливаемые из твердых лиственных пород мелкие дощечки, используемые для настила полов, называются паркетом. Паркет учитывается в квадратных метрах.

На лесных складах и биржах пиломатериалы укладывают в штабеля. На больших складах и биржах доски различной длины, ширины и толщины укладывают в разные штабеля. Каждому штабелю присваивают отдельный номер и в учетных ведомостях записывают число досок в штабеле. Такой порядок сортировки и укладки досок облегчает их учет и все складские операции, связанные с реализацией пиломатериалов.

Шпалы учитывают поштучно, иногда — по объему. При сдачах-приемках шпал необходимо определить их тип при помощи трафаретов, размеры и форма которых соответствуют сечениям, установленным для каждого типа. При приемке только что заготовленных шпал необходимо давать припуски на усушку не менее 5 мм сверх установленного размера.

Шпалы при сдаче на складах должны быть уложены в штабеля на подкладках и так, чтобы можно было осмотреть все шпалы с обоих торцов и отсортировать по породам и типам. Штабеля надо укладывать в сухих местах, расположенных на возвышенностях, вдали от старых лесных материалов, строительного мусора и пр. Зимой их нужно предварительно очистить от снега, летом — скосить траву. Расстояние между штабелями должно быть 1 м с разрывом через каждые пять рядов 4 м. Площадки, на которых уложены шпалы, должны быть удобны для погрузки.

Определение объема пиломатериалов

Определить объем пиломатериалов гораздо легче, чем круглых лесоматериалов. Пиломатериалы чаще всего имеют геометрически правильную форму, поэтому объем их может быть найден путем умножения длины на толщину и ширину:

$$V = stL, \quad (94)$$

где s — ширина пиломатериалов, см; t — толщина, мм; L — длина, м.

На практике в каждом случае проделывать подобные вычисления сложно, поэтому составлены таблицы, в которых даны объемы пиломатериалов разной длины, толщины и ширины. Таблицы для определения объема пиломатериалов утверждены в качестве общесоюзного стандарта (ГОСТ 5306—64). Часть такой таблицы в качестве примера дана в табл. 12.

12. ОБЪЕМ ДОСОК И БРУСКОВ ТОЛЩИНОЙ 45 ММ,
ШИРИНОЙ ОТ 10 ДО 15 СМ И ДЛИНОЙ ДО 9 М (ПО ОСТ 4552)

Ширина брусков и досок, мм	Длина брусков и досок, м							Ширина брусков и досок, мм	
	1	4	4,5	5	6,5	7	8,5		9
	Объем, м ³								
100	0,00450	0,0180	0,0202	0,0225	0,0292	0,0315	0,0382	0,0405	100
110	0,00495	0,0198	0,0223	0,0248	0,0322	0,0346	0,0421	0,0446	110
130	0,00585	0,0234	0,0263	0,0292	0,0380	0,0410	0,0497	0,0526	130
150	0,00680	0,0270	0,0304	0,0338	0,0439	0,0472	0,0574	0,0608	150

Преимущество таблиц объемов пиломатериалов перед таблицами объемов бревен заключается в том, что по ним можно найти с некоторыми дополнительными вычислениями объемы пиломатериалов, имеющих размеры, не указанные в таблице. Если требуется, например, определить объем досок длиной 3 м, то достаточно из объема досок длиной 7 м вычесть объем досок длиной 4 м или увеличить в 3 раза объем досок длиной 1 м. Для сокращения счетных работ применяются вспомогательные таблицы, в которых показано, сколько досок разных размеров содержится в 1 м³.

Для пиломатериалов устанавливается припуск на усушку по их ширине и толщине, что необходимо учитывать при приемке. Величина этого припуска колеблется от 2,5 до 7 %, причем с увеличением ширины и толщины пиломатериалов припуск уменьшается.

Величина припуска в расчет кубатуры пиломатериалов не входит. Например, доски, имеющие фактическую ширину 205 мм, считаются шириной 200 мм. Разница 5 мм в данном случае и есть припуск на усушку.

Принятые в стандартах размеры пиломатериалов установлены для древесины, имеющей абсолютную влажность 15%. Для припусков на усушку пиломатериалов сверх их стандартных размеров установлены отдельные стандарты.

При определении кубатуры необрезных досок ширину их надо измерять на середине длины. Так как ширина необрезных досок на правой и левой сторонах может быть неодинаковой, то при обмере их надо брать среднее между шириной обеих сторон.

Объем необрезных досок определяют по их длине, ширине и толщине при помощи тех же таблиц, что и для чистообрезных пиломатериалов.

У острокантных брусьев поперечное сечение квадратное или прямоугольное, поэтому площадь его находят путем решения простой геометрической задачи. Тупокантные брусья в поперечном сечении не имеют вершин углов, поэтому площадь таких поперечных сечений оказывается меньше соответствующего квадрата или прямоугольника.

Для определения поперечного сечения тупокантного бруса надо его толщину a умножить на ширину b и из полученного произведения вычесть площадь недостающих четырех прямоугольных равнобедренных треугольников, у которых одна сторона l является гипотенузой. Площадь этих треугольников в сумме равна l^2 . Формула для определения площади поперечного сечения тупокантного бруса следующая:

$$\gamma = ab - l^2. \quad (95)$$

Объем тупокантного бруса будет равен

$$V = (ab - l^2) L. \quad (96)$$

При определении объема тупокантного бруса по этой формуле поперечное сечение берется на середине бруса.

Объем острокантного бруса может быть найден по обычным объемным таблицам пиломатериалов или по формуле (94).

Величину l^2 надо выражать в процентах от поперечного сечения острокантного бруса:

$$p = \frac{100l^2}{ab}. \quad (97)$$

В этом случае при нахождении объемов тупокантных брусьев в зависимости от величины недостающих углов с табличных объемов надо сделать соответствующую скидку в процентах.

Если у брусьев величина l (обзол) составляет более $\frac{1}{5}$ их толщины a , то площадь сечения находят по формуле

$$\gamma = \frac{u^2}{4\pi} \approx \frac{u^2}{13}, \quad (98)$$

где u — периметр сечения бруса на его середине.

При определении объемов тупокантных брусьев вместо площади срединного сечения можно брать полусумму нижнего и верхнего сечений, находимых тем же способом. Преимущество этой замены состоит в том, что измерения удобнее производить в торцах, чем на середине брусьев.

Объем горбыля определяют по следующей формуле:

$$V = g_{0,4L}L, \quad (99)$$

где L — длина горбыля; $g_{0,4L}$ — площадь поперечного горбыля, взятая на 0,4 длины от толстого конца горбыля.

Площадь поперечного сечения горбыля определяют по следующей формуле:

$$g = \frac{2}{3}at, \quad (100)$$

где a — ширина горбыля; t — толщина.

Обрезные и прямоугольные шпалы представляют собой тупо- и острокантные брусья, способы определения объемов которых описаны выше. Для определения объемов бруско-вых шпал применяют формулы срединного (34) и среднего (33) сечений.

Для нахождения площадей поперечных сечений торцовый срез надо разделить на отдельные части и определить площадь каждой из этих частей. Наиболее целесообразно в торцовый срез шпалы вписать трапецию (рис. 48), тогда определение площади поперечного сечения сведется к определению площади трапеции и двух боковых сегментов:

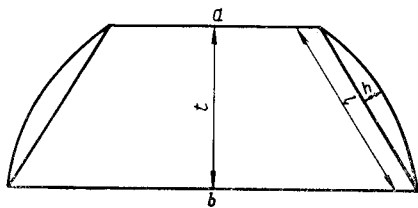


Рис. 48. Определение площади поперечного сечения шпалы

$$g = \frac{a+b}{2}t + \frac{2 \cdot 2lh}{3} = \frac{a+b}{2}t + \frac{4lh}{3}, \quad (101)$$

где a — ширина наружной постели; b — ширина внутренней постели; t — толщина шпалы; l — длина непараллельной стороны трапеции, вписываемой в поперечное сечение шпалы; h — толщина боковых сегментов.

Отходы и потери древесины

Выработка пиломатериалов неизбежно связана с отходами и потерями древесины. Выход пилопродукции зависит от степени рациональной распиловки, способа распиловки, размера бревен, их качества, размеров вырабатываемых пиломатериалов и многих других причин. По данным проф. А. Н. Песоцкого, при распиловке бревен толщиной 20—22 см на чистообрезные оторцованные доски выход пилопродукции составляет

всего 61 % общего объема бревен, отходы — 33 % и безвозвратные потери — 6 %. По отдельным видам продукции и отходов объем бревен, принятый за 100 %, распределяется следующим образом, %:

Доски длиной 4 м и более	50
» » от 1 до 3,5 м	5
Мелкие сортаменты (тарные дощечки и планки)	6
Опилки	11
Дровяные горбыли и рейки	20
Срезы торцов	2
Усушка и распыливание древесины	6

Выход пиломатериалов зависит от диаметра распиливаемых бревен. По исследованиям Ленинградской лесотехнической академии им. С. М. Кирова, из бревен разной толщины получают следующие выходы чистообрезных досок:

Диаметр бревен, см	14	16	20	24	28	32	36	40	44
Выход чистообрезных досок, %									
от объема сырья	53,1	54,8	57,6	59,4	60,6	61,5	62,3	63,1	63,9

Необходимо также иметь в виду, что пиловочник заготавливают в коре, которая не входит в кубатуру и при распиловке идет в отходы. Затем следует учитывать припуск по длине, составляющий около 1 % от объема бревен. Допускаемый же в бревнах припуск, как мы уже говорили, в кубатуру получаемых пиломатериалов также не входит.

При распиловке бревен на шпалы выход шпал составляет 52—60 %, досок 8—15 % и горбылей 7—15 %. Из 1 м³ шпального кряжа в среднем вырабатывают пять шпал.

§ 17. ТАКСАЦИЯ КОЛОТЫХ, ТЕСАНЫХ, СТРОГАНЫХ И ЛУЩЕННЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Общие сведения

К колотым сортаментам относятся клепка, болванки, колесный обод, спицы, санный полоз и бруски для специальных сортаментов. Все эти сортаменты следует считать колотыми лишь условно, так как большую часть их вырабатывают путем пиления. Выкальвание — очень трудоемкий процесс, сопровождающийся огромным количеством отходов, достигающих 88 % от объема сырья (например, при изготовлении болванок).

Клепка — это прямоугольные дощечки и бруски, предназначенные для изготовления бочек. Клепка для изготовления боковой части бочек называется боковником, для изготовления днищ — донником. Выход колотой клепки составляет около 30—40 % от объема сырья.

Болванками называют отесанные топором отрезки ствола, имеющие форму получаемых из них изделий.

Обод — это наружная деревянная часть колеса, охватывающая спицы. Обод может быть цельногнутой, т. е. выработанный из одного выколотого бруска, или в виде косяков, составленных из нескольких выколотых или выпиленных частей.

Саный полз выработывают путем отесывания пластин и четвертин.

Единицы учета и определения объема колотых и тесаных лесоматериалов

При сдаче-присмке клепки боковник и донник должны быть уложены в отдельные клетки перекрещивающимися рядами.

Приемку производят путем осмотра и обмера пробы, которая составляет до 10 % предъявленной к сдаче партии. Учитывается клепка поштучно или в плотных кубических метрах. Объем ее определяют по специальным таблицам. При определении кубатуры ширину клепки учитывают с точностью до 1 см, причем доли менее 0,5 см отбрасывают, доли 0,5 см и более принимают за целый сантиметр.

Объем болванок, как и других изделий, имеющих неправильную форму, может быть найден весовым способом: массу изделий делят на плотность данной древесной породы, что дает объем изделий в кубических метрах.

Сортименты, имеющие сложное сечение, выработывают согласно установленным стандартам, предусматривающим строго определенные размеры. Путем детальных обмеров отдельных частей таких изделий исчисляют их объем, который является постоянной величиной и указывается в самом стандарте.

Приемку обода производят путем поштучного осмотра и обмера. Допускается также выборочная приемка — обмер пробы, составляющей не менее 5 % от сдаваемой партии. Учет обода ведут комплектами: по одному колесу, по паре колес, по станам (четыре колеса). Саный полз учитывают парами.

§ 18. ТАКСАЦИЯ ПРОЧИХ ВИДОВ ЛЕСНОЙ ПРОДУКЦИИ

Один из ценнейших видов продукции, получаемых из твердолиственных пород, — строганый шпон. Он изготавливается путем строгания чураков на специальных станках и служит для облицовки мебели.

Высушенные листы строганого шпона укладывают по видам и сортам в пачки. Ширину фанерных листов измеряют с точностью до 1 см посередине длины среднего листа пачки, причем доли менее 0,5 см отбрасывают, а доли 0,5 см и более принимают за целый сантиметр. Длину шпона измеряют с точ-

ностью до 0,1 м; доли менее 5 см отбрасывают, а доли 5 см и более принимают за 0,1 м. Толщину шпона измеряют на расстоянии 25 см от концов листа. Учитывают шпон в квадратных метрах.

Наиболее распространенным сортиментом является фанера. Ее учитывают в кубических и квадратных метрах. Объем отдельного листа определяют с точностью до 0,00001 м³, а объем партии фанеры — до 0,01 м². Площадь отдельного листа фанеры учитывают с точностью до 0,01 м², площадь партии листов — до 0,5 м². Результат измерений записывают в виде дроби: в числителе — объем, в знаменателе — площадь листов фанеры.

Из древесины получают также древесный уголь, используемый в металлургической промышленности, для кузнечных горнов, газогенераторов и для бытовых нужд. Выход угля составляет 50—60 % от объема пережигаемой древесины. Насыпной кубический метр соснового угля имеет массу 135—145 кг, елового — 120—130 кг.

Широко используется также кора многих древесных пород: для дубления кожи (кора дуба), изготовления тарных материалов (березы и других пород), укупорочных материалов, теплоизоляционных плит (пробкового дуба, амурского бархата), для получения мочала (липы). Из коры некоторых древесных пород вырабатывают ценные химические вещества: деготь (кора березы) и др.

Кору, намеченную к отправке по железной дороге, прессуют в кипы массой до 80 кг. Учеты ведут по массе (в тоннах). Влажность коры не должна превышать 20 %.

Средний выход коры с 1 пл. м³ древесины разных пород следующий, кг:

Дуба:	
в сыром состоянии	32—40
в воздушносухом состоянии	20—24
Ели:	
в сыром состоянии	40—48
в воздушносухом состоянии	25—27
Березы (верхний слой — береста)	13
Липы:	
луба	45
воздушносухого мочала	26—32
Бархата амурского	4

Масса 1 пл. м³ дубовой коры в свежем состоянии 0,22 т, в воздушносухом 0,13 т, еловой коры соответственно 0,56 и 0,28 т. Масса 1 пл. м³ пробки 25 кг.

ТАКСАЦИЯ РАСТУЩИХ ДЕРЕВЬЕВ ПРИ ПОМОЩИ ОБЪЕМНЫХ ТАБЛИЦ

Глава VII

ТАКСАЦИЯ РАСТУЩИХ ДЕРЕВЬЕВ

§ 19. ОСОБЕННОСТИ ТАКСАЦИИ РАСТУЩИХ ДЕРЕВЬЕВ

При определении объемов отдельно растущих деревьев или их совокупности следует учитывать не только количественные, но и качественные различия объектов. Изучение вопроса о свойствах ошибок показывает, что отдельные деревья и их совокупности являются резко различными объектами учета.

В совокупностях преобладающая часть их имеет средние размеры. По мере уклонения в ту и другую сторону от средних размеров число деревьев соответственно уменьшается. Деревья наибольших и наименьших размеров составляют незначительную часть совокупности. В распределении деревьев в совокупностях по размерам наблюдается определенная статистическая закономерность.

Распределение деревьев в совокупностях по размерам чаще всего характеризуется линией, которая в курсе вариационной статистики называется кривой нормального распределения (см. рис. 1). Зная средние размеры деревьев и используя опытные данные, определяющие среднеквадратические отклонения от средних размеров, можно составить наиболее вероятные ряды распределения в совокупности деревьев по размерам.

Таксация леса чаще всего имеет дело с большими количествами (множествами): деревьев, бревен и т. п. При учете этих множеств каждая входящая в их состав первичная единица наблюдений, называемая вариантом, может измеряться с некоторым округлением, а отсюда и со значительными ошибками.

Так, при учете растущих деревьев диаметры измеряют по четырехсантиметровым ступеням толщины, поэтому получают их округленные значения. При толщине деревьев 20 см это округление может привести к ошибке, которая составит для отдельных стволов до 10 % их толщины. При подсчете площади поперечного сечения эта ошибка будет в 2 раза больше, т.е.

достигнет 20 %. Ошибка при определении высоты отдельных деревьев близка к 10 %. Соответственно этому при грубых способах учета растущих деревьев суммарная ошибка в объеме отдельных деревьев может составить 15—20 % и более. Однако вследствие закона больших чисел ошибки эти у отдельных деревьев будут с разными знаками, и поэтому точность суммарного результата учета окажется удовлетворительной.

Объектами таксации могут быть также отдельные срубленные и растущие деревья, отдельные заготовленные из них сортименты и т. п. При учете отдельных деревьев нельзя допускать таких грубых округлений и случайных ошибок, которые терпимы при учете большого количества стволов, бревен и т. п. Если отдельное дерево или отдельный участок леса — совершенно обособленные объекты учета, не связанные с остальными деревьями и участками, взаимного компенсирования, или нейтрализации, ошибок при их учете не происходит.

Предположим, что в качестве типичного образца срублено одно дерево и объем его найден с погрешностью $\pm 5\%$. В таксируемом участке имеется 500 аналогичных деревьев. Умножив объем срубленного дерева на общее число их, находим объем, или запас, всех 500 деревьев. Таким образом, ошибка в объеме срубленного дерева автоматически распространится и на все остальные деревья.

Следовательно, отдельное дерево, являющееся типичным образцом, характеризующим большое число аналогичных деревьев, должно таксироваться с предельной точностью. В этом случае нельзя ограничиваться одним измерением диаметра с точностью ± 2 см, как это делается при обычном перечете растущих деревьев, а необходимо измерить его на протяжении ствола несколько раз.

Чтобы найти с возможно большей точностью объем отдельно растущего дерева, необходимо измерить его диаметр на высоте груди в нескольких направлениях и вывести среднее. Далее надо определить высоту и тем или иным способом установить диаметры ствола на половине и четверти его высоты.

Таким образом, лесная таксация как научная дисциплина должна располагать для таксации совокупностей методами массового упрощенного учета, основывающегося на простейших изменениях, и наряду с этим для таксации отдельных взятых деревьев и их частей, а также отдельных лесных участков — методами точного учета.

§ 20. ВИДОВЫЕ ЧИСЛА

В поисках наиболее рациональных способов определения объемов древесных стволов и закономерностей их изменения еще в начале XIX в. было признано целесообразным, как уже говорилось, объем стволов сравнивать с объемами цилиндров.

В результате был получен особый коэффициент, названный видовым числом. Введение в лесную таксацию видовых чисел (1800 г.) связано с именем Паулзена (I. Chr. Paulsen).

Видовое число есть отношение объема ствола к объему цилиндра, имеющего одинаковые со стволом высоту и площадь сечения.

В немецкой таксационной литературе такое определение понятия видовое число было дано Тишендорфом (Tischendorf W. Lehrbuch der Holzmassenermittlung. Berlin, 1927).

Оно не охватывает всех возможных случаев нахождения видового числа. В связи с этим Отто Диттмар предложил следующее его определение: «Видовое число как редуцирующий фактор объема — в самом общем виде есть отношение фактического объема ствола к объему цилиндра, имеющего одинаковую со стволом высоту и основание, равное площади сечения, взятой на любой высоте в нижней части ствола».

Это определение также нельзя считать исчерпывающим все случаи нахождения видовых чисел. Имея это в виду, рассматриваемому понятию можно было бы дать следующее уточненное определение, охватывающее все возможные случаи нахождения видового числа.

Видовое число есть отношение объема дерева или его части к объему цилиндра, имеющего высоту, равную высоте дерева, и основание, равное площади сечения ствола, взятой на той или иной высоте (h) в нижней части ствола.

Применение термина «видовое число» следует рассматривать как попытку охарактеризовать при его помощи вид дерева, его внешнюю форму и степень приближения этой формы к правильному стереометрическому телу — цилиндру. Однако видовые числа, найденные для всего дерева вместе с кроной, не дают представления о действительной форме ствола, а имеют лишь значение некоторого переводного коэффициента для вычисления общего объема дерева.

Видовое число, найденное для древесного ствола, действительно служит наглядным показателем его формы.

Согласно приведенным выше определениям видовое число находят по формуле

$$f_n = \frac{V_n}{V_{ц}}. \quad (102)$$

В этой формуле в качестве числителя может быть взят объем всего дерева V_b , объем ствола V_s , или просто V , объем сучьев V_a , объем крупной древесины всего дерева V_{7b} , объем крупной древесины ствола V_7 , объем крупной древесины сучьев V_{7a} , объем коры V_h и т. д. Соответственно приведенным величинам получаются видовые числа: f_b , f_s (или f), f_a , f_{7b} , f_7 , f_{7a} . При определении видовых чисел объемы могут быть взяты с корой и без коры.

В последнем случае к принятым символам добавляется буква u , например V_u или f_u .

Длина h отрезка ствола от земли до поперечного сечения, служащего основанием для построения цилиндра, может быть выражена в абсолютных или относительных величинах.

Чаще всего отрезок h берут длиной 1,3 м. Видовые числа, представляющие собой отношение объема ствола к объему цилиндра, имеющего со стволом одинаковые высоту и площадь основания, получили название старых видовых чисел. Они определяются по следующей формуле:

$$f = \frac{V_s}{V_{ц}}. \quad (103)$$

Соответственно этой формуле объем ствола будет равен

$$V_s = fV_{ц}. \quad (104)$$

Старые видовые числа могут быть найдены не только для ствола, но и для дерева, взятого в целом, для сучьев и т. д.

Когда поперечное сечение, служащее основанием для построения цилиндра, берется на высоте, выраженной в долях общей высоты дерева ($b=0, jH$), получают видовые числа, относящиеся к категории нормальных. Свыше 100 лет назад проф. Пресслером они были названы истинными видовыми числами.

Отношение $0, j$ берется равным $0,05 = 1/20$ или $0,10 = 1/10$. В последнем случае получаем видовые числа Гогенадля, также названные им истинными.

Если за основание цилиндра взять поперечное сечение у шейки ствола (на границе его перехода в корни), то получим видовое число, называемое абсолютным. Оно было предложено Ринкером. В комлевой части древесные стволы имеют корневые наплывы, искажающие форму ствола и затрудняющие установление площади поперечных сечений. При этом величина корневых наплывов весьма изменчива. Вследствие этих причин абсолютные видовые числа в практике лесного хозяйства не нашли применения.

Допустим, что имеется древесный ствол, совпадающий по форме с параболоидом высотой H и диаметром основания D . Объем параболоида определяется по следующей формуле:

$$V_{п} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{H}{2}. \quad (105)$$

За основание цилиндра, с которым сравнивается древесный ствол, принимается сечение ствола на высоте груди. Объем этого цилиндра составит

$$V_{ц} = \frac{\pi d^2}{4} H. \quad (106)$$

Видовое число для ствола с формой параболоида можно найти по следующей простой формуле:

$$f = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{ц}}}. \quad (107)$$

Из курса математики известно, что у параболоидов квадраты диаметров относятся друг к другу как расстояние от вершины параболоида до сечений, в которых измерены эти диаметры. Соответственно этому для ствола, имеющего форму параболоида, можно написать пропорцию

$$D^2 : d^2 = H : (H - h),$$

где D — диаметр основания; d — диаметр на высоте груди; h — высота на уровне груди (1,3 м от основания ствола).

На основании этой пропорции получаем следующие уравнения:

$$D^2 = \frac{d^2 H}{H - h}; \quad V_{\text{п}} = \frac{\pi d^2 H \cdot H}{4 \cdot 2 (H - h)}. \quad (108)$$

Подставив в формулу (107) вместо $V_{\text{п}}$ и $V_{\text{ц}}$ их значения из формул (108) и (106), получим

$$f = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{1 - \frac{h}{H}} \right). \quad (109)$$

Применительно к изложенным выше расчетам для древесного ствола с формой конуса видовое число будет равняться

$$f = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{1 - \frac{h}{H}} \right). \quad (110)$$

Кривая служащая образующей древесного ствола, как мы знаем, характеризуется уравнением (13) $y^2 = Ax^m$.

Поэтому формуле, определяющей старое видовое число, можно придать следующий вид:

$$f = \frac{1}{m + 1} \left(\frac{1}{1 - \frac{h}{H}} \right)^m. \quad (111)$$

Анализируя эту формулу, можно заключить, что при одной и той же форме ствола старые видовые числа будут различными по величине из-за разной высоты деревьев. Согласно формуле (111) для древесных стволов параболической формы при разной высоте их видовые числа будут следующими:

Высота ствола, м	. . . . .	10	15	20	25	30
Видовое число	. . . . .	0,575	0,550	0,535	0,530	0,522

Отсюда можно заключить, что при одной и той же форме стволов с увеличением их высоты видовые числа уменьшаются.

Для устранения выявленного недостатка старых видовых чисел в приведенной выше формуле изменяющееся с высотой отношение h/H заменили постоянной величиной $1/20$. В этом случае формула для определения видового числа примет такой вид:

$$f = \frac{1}{m+1} 1,05^m. \quad (112)$$

Видовые числа, найденные по этой формуле, получили название **нормальных видовых чисел**.

Для параболоидов любой высоты нормальное видовое число будет постоянной величиной, равной 0,526.

Однако применение нормальных видовых чисел затруднено тем, что каждый раз необходимо устанавливать отношение $H:20$ и затем уже измерять на этой части высоты диаметр ствола. Кроме того, исследования показали, что нормальные видовые числа изменяются в широких пределах и установить закономерность их изменения не менее трудно, чем старых видовых чисел. Нормальные видовые числа не получили широкого практического применения.

Поэтому были предложены постоянные видовые числа для стволов определенной формы, названные **абсолютными видовыми числами**. При их вычислении площадь сечения ствола на высоте груди принималась за основание как древесного ствола, так и цилиндра. Высота ствола и цилиндра принималась равной фактической высоте ствола, уменьшенной на 1,3 м.

При этом способе вычисления видового числа оно будет равно для стволов, имеющих форму параболоида,

$$f = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 \frac{H}{2}}{\frac{\pi}{4} D^2 H} = \frac{1}{2};$$

для стволов конусообразной формы

$$f = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 \frac{H}{3}}{\frac{\pi}{4} D^2 H} = \frac{1}{3};$$

для нейлоидов

$$f = \frac{1}{4};$$

для всех тел вращения, характеризующихся уравнением (13),

$$f = \frac{1}{m+1}. \quad (113)$$

Положительной стороной абсолютных видовых чисел является то, что они не зависят от высоты и остаются постоянными для определенной формы ствола.

Однако абсолютные видовые числа имеют существенный недостаток, заключающийся в том, что они не характеризуют частей ствола, распо-

женных ниже высоты груди. Чем короче ствол, тем бóльшая часть его объема приходится на нижнюю часть. Для устранения этого недостатка объем части ствола, расположенной ниже высоты груди, определяют отдельно и складывают с кубатурой ствола, находямой с помощью абсолютных видовых чисел. Были также попытки вычислить по диаметру на высоте груди диаметр дерева у основания и по нему определить площадь основания ствола и цилиндра, а затем уже и абсолютное видовое число. Однако вычисление видовых чисел этим способом вызывало большие затруднения, вследствие чего абсолютные видовые числа в таксационной практике применения не нашли.

В. Гогенадль вывел видовые числа, названные им истинными числами.

Объем ствола он определял по следующей формуле, предусматривающей разделение ствола на пять секций длиной по $0,2L$, где L — общая длина ствола. В этом случае объем ствола будет равен

$$V = \frac{\pi}{4} L 0,2 (d_{0,1}^2 + d_{0,3}^2 + d_{0,5}^2 + d_{0,7}^2 + d_{0,9}^2). \quad (114)$$

Эту формулу преобразуют путем умножения на $d_{0,1}^2$ выражения, вынесенного за скобки, и деления на эту же величину квадратов диаметров, заключенных в скобки. После преобразования формула примет следующий вид:

$$V = \frac{\pi}{4} d_{0,1}^2 L 0,2 \left[1,000 + \left(\frac{d_{0,3}}{d_{0,1}} \right)^2 + \left(\frac{d_{0,5}}{d_{0,1}} \right)^2 + \left(\frac{d_{0,7}}{d_{0,1}} \right)^2 + \left(\frac{d_{0,9}}{d_{0,1}} \right)^2 \right]. \quad (115)$$

Отношения диаметров на разной высоте к диаметру на $0,1L$ обозначим через η_{σ} , тогда получим

$$\eta_{0,1} = \frac{d_{0,1}}{d_{0,1}}; \quad \eta_{0,3} = \frac{d_{0,3}}{d_{0,1}}; \quad \eta_{0,5} = \frac{d_{0,5}}{d_{0,1}};$$

$$\eta_{0,7} = \frac{d_{0,7}}{d_{0,1}}; \quad \eta_{0,9} = \frac{d_{0,9}}{d_{0,1}}.$$

Эти величины введем в нашу формулу. Тогда она примет следующий вид:

$$V = \frac{\pi}{4} d_{0,1}^2 L 0,2 (1,000 + \eta_{0,3}^2 + \eta_{0,5}^2 + \eta_{0,7}^2 + \eta_{0,9}^2). \quad (116)$$

Выражение $\frac{\pi}{4} d_{0,1}^2 L$ есть объем цилиндра $W_{0,1}$, имеющего диаметр равный толщине ствола на $0,1$ его высоты.

Согласно формуле (104), объем ствола V равен произведению видового числа f на объем цилиндра $V_{ц}$.

Следовательно, выражение $0,2 (1,000 + \eta_{0,3}^2 + \eta_{0,5}^2 + \eta_{0,7}^2 + \eta_{0,9}^2)$ и будет видовым числом. Это видовое число Гогенадль назвал истинным и обозначил $\lambda_{0,1}$. Оно равняется

$$\lambda_{0,1} = 0,2 (1,000 + \eta_{0,3}^2 + \eta_{0,5}^2 + \eta_{0,7}^2 + \eta_{0,9}^2) = \frac{V}{W_{0,1}}. \quad (117)$$

Объем ствола определяется по следующей формуле:

$$V = W_{0,1} \lambda_{0,1} = \frac{\pi}{4} d_{0,1}^2 L \lambda_{0,1}. \quad (118)$$

О. Диттмар (ГДР), изучая истинные видовые числа, пришел к выводу, что для установления их с точностью 2 % достаточно в насаждении произвести обмер диаметров у 20 стволов на 0,5 и 0,1 их высоты.

По исследованиям Кренна и Продана, между истинным видовым числом $\lambda_{0,1}$ и отношением $\eta_{0,5}$ существует следующая линейная зависимость:

$$\lambda_{0,1} = 0,894 \eta_{0,5} - 0,126. \quad (119)$$

В технике таксационных вычислений наибольшее распространение получили старые видовые числа. В результате многочисленных наблюдений собран материал, позволяющий установить средние величины видовых чисел, а также зависимость между ними и диаметрами стволов в разных сечениях.

Из предыдущего изложения видно, что определение истинных видовых чисел Гогенадля ($\lambda_{0,1}$) базируется на поперечном сечении ствола, отстоящем от шейки ствола на 0,1 высоты дерева. В основе старых видовых чисел лежит поперечное сечение, находящееся на высоте 1,3 м от шейки ствола.

С увеличением высоты деревьев соответственно увеличивается расстояние от основания ствола до сечения $g_{0,1}$, служащего основанием для определения видового числа Гогенадля. У 20-метровых деревьев это сечение $g_{0,1}$ находится на высоте равной 2 м, а у деревьев высотой 25 м расстояние от шейки ствола до базисного сечения оказывается 2,5 м. Что касается местоположения поперечного сечения, используемого в качестве основы для определения старых видовых чисел, то оно остается постоянным, всегда равным 1,3 м. В связи с этим у деревьев разной высоты отношение между диаметрами ($q_n = d_{1,3}/d_{0,1}$) базисных сечений, используемых для определения старого и истинного видовых чисел, оказывается величиной переменной. Это отношение проф. М. Продан называет коэффициентом напыла и его обозначает через q_n .

С увеличением высоты деревьев коэффициент напыла q_n соответственно увеличивается. Между коэффициентом напыла и высотой дерева имеется тесная связь.

Увеличение, толщины деревьев также связано с ростом коэффициентов напыла. Эта зависимость характеризуется уравнениями:

$$d_{1,3} = d_{0,1} q_n; \quad (120)$$

$$d_{0,1} = \frac{d_{1,3}}{q_n}. \quad (121)$$

Применительно к этим уравнениям Е. Альтерр получил следующие коэффициенты напыла для ели:

$d_{1,3}$, см	14	20	30	40	50	60	70	80
$d_{0,1}$, см	14	19	28	37	45	52	59	66
q_n	1,00	1,02	1,06	1,09	1,12	1,16	1,19	1,21

В приведенной выше формуле, определяющей связь истинных и старых видовых чисел, диаметр на одной десятой высоты дерева заменяем отно-

шением $d_{1,3}/q_H$, тогда получим следующую формулу, определяющую старое видовое число:

$$f = \lambda_{0,1} = \frac{d_{0,1}^2}{d_{1,3}^2} = \lambda_{0,1} \frac{d_{1,3}^2}{q_H^2} \left(\frac{1}{d_{1,3}^2} \right) = \frac{\lambda_{0,1}}{q_H^2}. \quad (122)$$

Применительно к этой формуле проф. М. Проданом составлена таблица универсальных истинных и старых видов чисел (табл. 13).

13. УНИВЕРСАЛЬНАЯ ТАБЛИЦА ИСТИННЫХ И СТАРЫХ ВИДОВЫХ ЧИСЕЛ [44]

$\lambda_{0,1}$	q_H						
	0,96	1,00	0,04	1,08	1,12	1,16	1,20
0,400	0,434	0,400	0,370	0,343	0,319	0,297	0,278
0,420	0,456	0,420	0,388	0,360	0,335	0,312	0,292
0,440	0,477	0,440	0,407	0,377	0,351	0,327	0,306
0,460	0,499	0,460	0,425	0,394	0,367	0,342	0,314
0,480	0,521	0,480	0,444	0,412	0,383	0,357	0,333
0,500	0,543	0,500	0,462	0,429	0,399	0,372	0,347
0,520	0,564	0,520	0,481	0,446	0,415	0,386	0,361
0,540	0,586	0,540	0,499	0,463	0,430	0,401	0,315
0,560	0,608	0,560	0,518	0,480	0,446	0,416	0,389
0,580	0,629	0,580	0,536	0,497	0,462	0,431	0,403
0,600	0,651	0,600	0,555	0,514	0,478	0,446	0,417
0,620	0,673	0,620	0,573	0,532	0,494	0,461	0,431
0,640	0,694	0,640	0,592	0,549	0,510	0,476	0,444
0,660	0,716	0,660	0,610	0,566	0,526	0,490	0,458
0,680	0,738	0,680	0,629	0,583	0,542	0,505	0,472

Проф. М. Продан считает, что лучшими показателями формы стволов являются отношения

$$\eta_{0,5} = \frac{d_{0,5}}{d_{0,1}} \quad \text{и} \quad q_H = \frac{d_{1,3}}{d_{0,1}},$$

позволяющие более точно находить видовые числа.

Формула $f = \frac{\lambda_{0,1}}{q_H^2}$ и составленная на ее основе табл. 13 устанавливают правильное соотношение между истинными и старыми видовыми числами. Они служат прочной базой для составления массовых таблиц.

Проф. М. Продан полагает возможным в пределах древостоев определенных категорий для всех ступеней толщины устанавливать единое истинное видовое число $\lambda_{0,1}$. В таком случае принимается единая средняя форма стволов.

При этом ошибки в нахождении объемов находятся в пределах 1—5 %.

Объем ствола в зависимости от истинных и старых видовых чисел определяется по следующим формулам:

$$V = \frac{\pi}{4} d_{0,1}^2 L \lambda_{0,1}; \quad V = \frac{\pi}{4} d_{1,3}^2 L f.$$

Следовательно,

$$\frac{\pi}{4} d_{0,1}^2 L \lambda_{0,1} = \frac{\pi}{4} d_{1,3}^2 L f.$$

Отсюда

$$f = \frac{\frac{\pi}{4} d_{0,1}^2 L \lambda_{0,1}}{\frac{\pi}{4} d_{1,3}^2 L} = \lambda_{0,1} \frac{d_{0,1}^2}{d_{1,3}^2}. \quad (123)$$

Эта формула характеризует связь старых видовых чисел с истинными.

В СССР наибольшее распространение получили старые видовые числа. В результате многочисленных наблюдений собран материал, позволяющий установить средние величины видовых чисел, а также зависимость между ними и диаметрами стволов в разных сечениях.

§ 21. ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ИЗМЕНЕНИИ ВИДОВЫХ ЧИСЕЛ

Видовые числа как мы уже отмечали, изменяются в больших пределах. Поэтому необходимо выяснить зависимость этих изменений от различных факторов.

В 40-х годах прошлого столетия таксатором Варгасом были составлены таблицы средних видовых чисел. Полученные им величины назвали числами полндревесности; термин «видовое число» был введен позднее.

Варгас распределял все деревья на классы высоты с интервалом между ними 5 футов (1,5 м). В пределах класса высоты он сгруппировал деревья по возрасту и для каждой из этих групп выводил средние видовые числа. Для сосны, ели, березы и осины он вычислил средние видовые числа в зависимости от их высоты. С увеличением высоты видовые числа для всех четырех пород закономерно уменьшаются.

Анализ средних видовых чисел, вычисленных Варгасом, и сравнение их с русскими и западноевропейскими данными исследований, проведенными позднее, приводит к заключению, что общий ход изменения видовых чисел и общий их характер для каждой породы Варгас установил правильно. В ходе дальнейших исследований были уточнены лишь некоторые частности.

Определение видовых чисел связано с вычислением объемов стволов и соответствующих им цилиндров, что требует значительных затрат труда. Для сокращения вычислений, естественно, понадобилось установить соотношения между видовыми числами и диаметрами.

Из предыдущего известно, что видовое число — есть частное от деления объема ствола на объем цилиндра. Объем ствола можно вычислить по простой формуле среднего сечения (34)

$$V_s = \gamma h,$$

где h — высота ствола; γ — площадь сечения ствола на середине высоты,

Объем цилиндра определяют по следующей простой формуле:

$$V_{\text{ц}} = gh,$$

где g — площадь основания цилиндра; при вычислении старого видового числа она равна площади сечения ствола на высоте груди.

Подставив полученные величины в формулу видового числа (107), получим

$$f = \frac{V_s}{V_{\text{ц}}} = \frac{\gamma h}{gh} = \frac{\frac{\pi}{4} \delta^2 h}{\frac{\pi}{4} D^2 h} = \frac{\delta^2}{D^2}, \quad (124)$$

где δ — диаметр ствола на середине высоты; D — диаметр на высоте груди.

При вычислении по этой формуле старого видового числа для ствола, имеющего высоту 2,6 м, площадь сечения на высоте груди g совпадает с площадью сечения на середине ствола: $g = \gamma$. Видовое число в этом случае будет равно единице ($f = 1$). С увеличением высоты ствола срединная площадь сечения будет находиться все выше от площади сечения на высоте груди и соответственно будет уменьшаться старое видовое число.

Формула (124) весьма проста, легко применима на практике и позволяет делать теоретические обобщения в отношении видовых чисел. Однако необходимо иметь в виду, что в ее основе лежит объем ствола, найденный по простой формуле срединного сечения, которая дает по отношению к отдельным стволам значительные ошибки.

§ 22. КОЭФФИЦИЕНТЫ ФОРМЫ СТВОЛА И ИХ СВЯЗЬ С ВИДОВЫМИ ЧИСЛАМИ

Для характеристики формы древесных стволов помимо видовых чисел, пользуются соотношениями диаметров ствола, взятых на различной высоте. Отношение любого диаметра ствола к диаметру на высоте груди d/D называется коэффициентом формы.

Для решения таксационных задач чаще всего вычисляют коэффициенты формы по диаметрам у шейки корня (d_0), на одной четверти ($d^{1/4h}$) и трех четвертях ($d^{3/4h}$) высоты ствола. Коэффициенты формы принято обозначать буквой q с цифрой в соответствии с указанным выше месторасположением диаметра, взятого для вычисления коэффициента формы (q_0, q_1, q_2, q_3).

Заменим в формуле (124) отношение диаметра на половине высоты к диаметру на высоте груди коэффициентом формы и получим

$$f = \frac{\delta^2}{D^2} q_2^2 \quad (125)$$

Таким образом, между видовыми числами и коэффициентами формы q_2 выявляется определенная зависимость: видовое число равно квадрату коэффициента формы.

При изучении связи видовых чисел с коэффициентами формы для отдельных пород между этими двумя величинами установлена средняя разница. Для сосны она равна 0,20, для ели и липы 0,21, для бука, осины и черной ольхи 0,22. Соответственно этим цифрам для стволов высотой 18 м и больше зависимость между видовыми числами и коэффициентами формы может быть представлена следующими уравнениями:

для сосны

$$f = q_2 - 0,20; \quad (126)$$

для ели и липы

$$f = q_2 - 0,21; \quad (127)$$

для бука, осины и черной ольхи

$$f = q_2 - 0,22. \quad (128)$$

Обозначив разность между коэффициентом формы и видовым числом через C , все уравнения можно заменить следующей простой формулой:

$$f = q_2 - C. \quad (129)$$

По этой формуле можно определить видовые числа с погрешностью, не превышающей 5 %.

Изучение вопроса о видовых числах показало, что они зависят от коэффициента формы и высоты стволов. Наглядное представление об этой зависимости дает рис. 49.

При построении этого графика по оси абсцисс откладывалась высота ствола, а по оси ординат видовые числа. Для стволов с коэффициентами формы, различающимися на 0,04, на графике построено шесть кривых. Кривые показывают, что с увеличением высоты стволов видовые числа уменьшаются, а увеличение видовых чисел вызывает увеличение коэффициентов формы.

Кривые на графике отображают гиперболическую зависимость и характеризуются уравнением следующего вида:

$$y = a + bx^2 + \frac{c}{xL}, \quad (130)$$

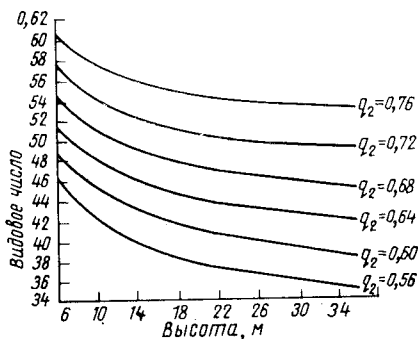


Рис. 49. Зависимость видовых чисел от высоты стволов и коэффициентов формы

где y — видовое число; x — коэффициент формы; L — высота ствола; a, b, c — некоторые постоянные коэффициенты.

Австрийский лесовод Шиффель [45] нашел, что для ели постоянный коэффициент b равняется 0,66, коэффициент $a = 0,14$ и коэффициент $c = 0,32$. Подставив эти величины в приведенное выше уравнение, Шиффель получил следующую формулу для определения видовых чисел:

$$f = 0,66q_2^2 + \frac{0,32}{q_2h} + 0,14. \quad (131)$$

Подобные формулы Шиффель вывел также для лиственницы, сосны и пихты. Однако опыт показал, что по формуле Шиффеля могут быть найдены видовые числа для всех пород с ошибкой до $\pm 3\%$.

А. Шиффель составил объемные таблицы, определяющие объемы стволов в зависимости от диаметра на высоте груди, высоты деревьев и коэффициента формы q_2 . Эти же таблицы содержат данные о длине крон и связи их с формой ствола. Объемные таблицы А. Шиффеля наиболее детализированы, позволяют объективно учесть индивидуальные особенности формы и размер деревьев. Благодаря этому по одним и тем же таблицам можно находить объемы деревьев в разных географических районах.

Проф. М. Продан в статье «Австрийские работы из области таксации и учения о приросте» констатирует, что исследования А. Шиффеля о форме и объемах древесных пород оказали преимущественное влияние на развитие таксационных работ в России и США.

Проф. М. Продан указывает, что в США разработаны объемные таблицы, определяющие объемы деревьев как функцию их высоты, диаметра на высоте груди и коэффициента формы q_2 . Он обращает внимание на то обстоятельство, что установленные А. Шиффелем соотношения между коэффициентами формы позволяют сделать сравнение старых исследований с новейшими данными о форме древесных стволов. При этом функции Шиффеля, раскрывающие соотношения между видовыми числами и коэффициентами формы, объемы деревьев определяют очень точно.

По мнению проф. М. Продана, прогресс в таксационной науке, последовавший со времени Шиффеля, заключается в использовании идеи истинных коэффициентов формы и истинных видовых чисел. С помощью их представилась возможность надежно определить единую форму ствола и геометрические свойства кривых ствола. Таким образом, работы Шиффеля являются первой ступенью современного учения о форме ствола.

Все это вместе взятое дало основание проф. М. Продану прийти к выводу, что прежние австрийские таксационные работы по настоящему времени остаются актуальными, не потерявшими своего теоретического и практического значения.

Советский исследователь проф. Б. А. Шустов предложил следующую формулу для определения связи между видовым числом и коэффициентом формы:

$$f = 0,60q_2 + \frac{1,04}{q_2h}. \quad (132)$$

В СССР для главнейших древесных пород установлены следующие средние величины коэффициентов формы: для сосны 0,65, березы 0,66, дуба 0,68, ели и осины 0,70.

Соответственно этим средним коэффициентам формы видовые числа для отдельных древесных пород будут определяться по следующим формулам:

для сосны

$$f = 0,419 + \frac{0,49}{h}; \quad (133)$$

для березы

$$f = 0,428 + \frac{0,48}{h}; \quad (134)$$

для дуба

$$f = 0,445 + \frac{0,47}{h}; \quad (135)$$

для ели и осины

$$f = 0,463 + \frac{0,46}{h}. \quad (136)$$

Зная высоту дерева, можно легко найти по этим формулам видовые числа.

Вопрос о закономерностях в изменении видовых чисел изучал проф. М. Е. Ткаченко. Всесторонне проанализировав причины, влияющие на величину видовых чисел, он установил, что разница в изменении диаметра на высоте груди в 1 см может повлечь за собой погрешность при вычислении видового числа, составляющую 5 %.

В итоге своих исследований проф. Ткаченко пришел к заключению, что стволы хвойных и лиственных деревьев, растущих в насаждениях при любых естественноисторических условиях, подчиняются одному закону: при равной высоте и равных отношениях диаметра на половине высоты дерева к диаметру на высоте груди стволы деревьев всех пород имеют близко равные видовые числа. Основываясь на этом законе, он составил таблицу всеобщих видовых чисел (табл. 14).

14. ВСЕОБЩИЕ ВИДОВЫЕ ЧИСЛА, ВЫЧИСЛЕННЫЕ
ПРОФ. М. Е. ТКАЧЕНКО

Высота, м	Видовые числа при коэффициенте формы q_2					
	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
12	0,405	0,438	0,471	0,509	0,550	0,592
16	0,389	0,422	0,457	0,498	0,540	0,584
20	0,379	0,412	0,450	0,491	0,534	0,579
24	0,371	0,406	0,444	0,485	0,529	0,575
28	0,364	0,401	0,439	0,481	0,527	0,575
32	0,359	0,396	0,436	0,479	0,524	0,573
36	0,356	0,393	0,433	0,476	0,522	0,561

На основании данных табл. 14 можно заключить, что для стволов деревьев всех пород, выросших в насаждениях при самых разнообразных условиях местопроизрастания и имеющих одинаковый коэффициент формы, с увеличением высоты видо-

вые числа уменьшаются. Для стволов высотой до 20 м это уменьшение идет вначале быстро, затем медленно. При одной и той же высоте стволов видовые числа с увеличением коэффициента формы закономерно увеличиваются. Видовые числа зависят от коэффициентов формы больше, чем от высоты.

По всеобщей таблице, составленной проф. Ткаченко, можно найти видовые числа для стволов любой породы, высоты и коэффициента формы.

Таблица всеобщих видовых чисел проф. Ткаченко и формула Шиффеля показывают закономерное изменение видовых чисел в зависимости от высоты стволов и коэффициентов формы q_2 .

Видовые числа, найденные по таблицам проф. Ткаченко и вычисленные по формуле Шиффеля, близки между собой. Таблица проф. Ткаченко имеет недостаток, заключающийся в том, что принятая в ней градация коэффициентов формы 0,05 слишком велика. Поэтому при пользовании таблицей неизбежна интерполяция, осложняющая нахождение видовых чисел и приводящая к ошибкам при их вычислении. Определение видовых чисел по формуле Шиффеля также связано с громоздкими вычислениями.

Чтобы устранить эти недостатки, кафедра лесной таксации Московского лесотехнического института (канд. с.-х. наук В. Джурджу) разработала номограмму, позволяющую найти видовое число по коэффициенту формы и высоте без каких-либо дополнительных вычислений (рис. 50).

Если дерево имеет высоту 25 м и коэффициент формы 0,65, то в этом случае согласно номограмме видовое число будет равно 0,44. Такой же результат дает и применение формулы Шиффеля.

А. Н. Карпов пришел к выводу, что при определении видового числа коэффициент формы должен возводиться в разную степень в зависимости от полндревесности и высоты ствола. Соответственно этому А. Н. Карпов придал приведенной выше формуле (124) следующий вид:

$$f = q_2^x. \quad (137)$$

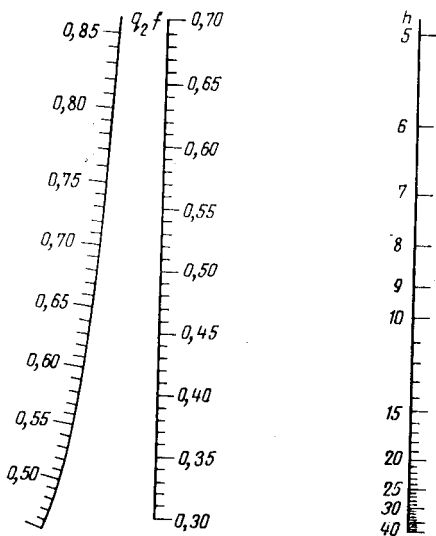


Рис. 50. Номограмма для определения видового числа по высоте деревьев h и коэффициенту формы q_2

Связь показателя степени x с высотой стволов и величиной коэффициентов формы оказалась следующей:

$$x = \pi q_2 \frac{H - 2,6}{H - 1,3}. \quad (138)$$

Вычислим по формуле А. Н. Карпова видовые числа для стволов разной высоты. У ствола № 1 высотой 15 м коэффициент формы будет 0,73, у ствола № 2 высотой 20 м — 0,68, у ствола № 3 высотой 25 м — 0,63. Найдем показатели степени у этих трех деревьев:

$$x_1 = \pi 0,73 \frac{15 - 2,6}{15 - 1,3} = 3,14 \cdot 0,73 \frac{12,4}{13,7} = 2,06;$$

$$x_2 = \pi 0,68 \frac{20 - 2,6}{20 - 1,3} = 3,14 \cdot 0,68 \frac{17,4}{18,7} = 1,99;$$

$$x_3 = \pi 0,63 \frac{25 - 2,6}{25 - 1,3} = 3,14 \cdot 0,63 \frac{22,4}{23,7} = 1,88.$$

Подставляем найденные значения в формулу, предложенную А. Н. Карповым, и получим следующие видовые числа для рассматриваемых деревьев:

$$f_1 = q_2^{2,06} = 0,73^{2,06} = 0,52;$$

$$f_2 = q_2^{1,99} = 0,68^{1,99} = 0,46;$$

$$f_3 = q_2^{1,88} = 0,63^{1,88} = 0,42.$$

Видовые числа, найденные по этим формулам, близки к соответствующим данным таблицы всеобщих видовых чисел проф. М. Е. Ткаченко.

На основании исследований проф. Ткаченко можно прийти к заключению, что влияние всех природных факторов (климата, почвы, условий местопроизрастания, типов леса, породы дерева, бонитета, полноты насаждений и др). сказывается на высоте и коэффициентах формы древесных пород. Однако при самых разнообразных сочетаниях природных факторов, но одинаковых высоте и коэффициентах формы деревьев видовые числа оказываются близкими.

§ 23. ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ИЗМЕНЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ФОРМЫ

Выявившаяся связь коэффициентов формы с видовыми числами имеет важное значение, так как позволяет устанавливать видовые числа, найти которые труднее, чем коэффициент формы.

Закономерное изменение объемов стволов в зависимости от различных факторов наиболее наглядно выявляется при сличении относительных величин, характеризующих объемы. Такими величинами являются видовые числа и сопряженные с ними коэффициенты формы. Так как видовые числа наиболее просто

определяются через коэффициенты формы, последние также следует всесторонне изучить.

Многочисленные исследования показали, что коэффициенты формы изменяются в больших пределах. Чтобы выявить закономерность этих изменений, прежде всего нужно установить, как зависят коэффициенты формы от диаметров и высоты стволов. Эту зависимость можно выявить, лишь установив средние величины коэффициентов формы для стволов разных диаметров и высоты.

Связь средних значений коэффициентов формы с высотой стволов у ели, по данным проф. В. К. Захарова, характеризуют следующие цифры:

Высота ствола, м . . .	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Коэффициент формы	0,730	0,726	0,719	0,705	0,698	0,684	0,668	0,661	0,625

С увеличением высоты стволов коэффициенты формы уменьшаются. Такая же зависимость наблюдается и у других древесных пород.

В. И. Левин связь коэффициентов формы q_2 с высотой деревьев в таежной зоне выразил следующими уравнениями:

для сосны

$$q_2 = 0,641 + \frac{0,908}{h}; \quad (139)$$

для ели

$$q_2 = 0,647 + \frac{0,898}{h}. \quad (140)$$

Между диаметрами стволов и коэффициентами формы, по данным проф. Д. И. Товстолеса, существует следующая зависимость:

Диаметр стволов, см	8	16	24	32	40
Коэффициент формы	0,684	0,665	0,653	0,646	0,642
Диаметр стволов, см	48	56	64	72	80
Коэффициент формы	0,639	0,637	0,635	0,633	0,630

С увеличением диаметров стволов коэффициенты формы отя и незначительно, но уменьшаются. Наибольшее изменение коэффициентов формы наблюдается в низших ступенях толщины, по мере увеличения диаметров разница в коэффициентах формы постепенно сглаживается.

Следовательно, величина коэффициентов формы зависит от диаметра и от высоты ствола. При всех прочих равных условиях с увеличением диаметров увеличивается и высота деревьев. Связь этих двух элементов характеризуется высоким коэффициентом корреляции r , равным 0,95 и даже более. Поэтому приведенные выше данные проф. Д. И. Товстолеса о зависимости коэффициентов формы от диаметров стволов

одновременно отображают связь коэффициентов формы с высотой стволов.

Проф. А. В. Тюрин [31] характеризует связь коэффициентов формы с диаметрами стволов для березы следующей формулой:

$$q_2 = 0,665 - 0,0011D, \quad (141)$$

где D — диаметр на высоте груди в сантиметрах.

Чтобы упростить способы таксации леса, необходимо найти среднее значение коэффициента формулы и использовать его для определения древесных запасов.

При пользовании общим средним коэффициентом формы для всех образующих насаждение стволов в низших ступенях толщины, где деревья более низкие, коэффициенты формы окажутся приуменьшенными, а в высших ступенях толщины — преувеличенными. В соответствии с этим и запасы древесины в низших ступенях толщины будут несколько приуменьшены, а в высших — преувеличены. Однако эти отклонения в запасах будут взаимно погашаться, и по насаждению в целом результат будет более или менее точным.

Вопрос об изменчивости коэффициентов формы изучался проф. В. К. Захаровым, Ф. П. Моисеенко, А. В. Тюриным, А. И. Кондратьевым, и др. В результате установлено, что у отдельных деревьев разных пород коэффициент формы изменяется в значительных пределах: от 0,45 до 0,87. Большая часть стволов имеет средний коэффициент формы. Значения его, приближающиеся к предельным, встречаются у весьма незначительного числа стволов.

Средний коэффициент формы q_2 , по данным В. К. Захарова, оказался равным $0,676 \pm 0,0034$, среднеквадратическое отклонение $\sigma = \pm 0,079 \pm 0,0024$, коэффициент вариации $\left(C = \frac{100\sigma}{q_2}\right) = 11,8\%$ и показатель точности $p = 0,5\%$.

Изучая этот же вопрос, проф. А. В. Тюрин пришел к выводу, что форма стволов изменяется в любом насаждении примерно в такой же мере, как и на больших площадях целой страны.

Среднеквадратическое отклонение от средней величины коэффициента формы для сосны, по данным Ф. П. Моисеенко, составляет 0,056, коэффициент вариации или изменчивости, $\pm 8,5\%$.

Изменчивость коэффициента формы для ели Ф. П. Моисеенко определил $\pm 8,8\%$, проф. А. В. Тюрин для березы $\pm 8,1\%$, проф. В. К. Захаров для сосны $\pm 5,2\%$, проф. А. И. Кондратьев для сосны $\pm 5,4$ до $\pm 6,4\%$. Цифры, характеризующие изменчивость коэффициентов формы отдельных древесных пород, как мы видим, сравнительно близки.

Фактическое распределение числа стволов по классам формы проф. А. В. Тюрин и Ф. П. Моисеенко сравнили с теоретиче-

ским распределением, установленным по закону кривой нормального распределения. Совпадение действительного и теоретического рядов позволяет характеризовать распределение стволов по классам формы применительно к свойствам кривой нормального распределения.

Основываясь на законе нормального распределения, можно заключить, что из каждых 100 таксируемых деревьев у 68 коэффициенты формы будут отличаться от их средней величины (для сосны равной 0,66) не более чем на $\pm 8,5\%$, у 27 деревьев — от $\pm 8,5$ до $\pm 17\%$, у 5 деревьев — от ± 17 до $\pm 25,5\%$.

При одновременной таксации многих деревьев средняя ошибка в определении коэффициента формы тем меньше, чем больше их число. Величину этой ошибки можно определить по формуле (70). Для 9 деревьев она будет

$$m_{q_2} = \frac{\pm \sigma}{\sqrt{n}} = \frac{\pm 8,5}{\sqrt{9}} = \pm 2,8\%,$$

для 100 одновременно таксируемых деревьев

$$m_{q_2} = \frac{\pm \sigma}{\sqrt{n}} = \frac{\pm 8,5}{\sqrt{100}} = \pm 0,85\%.$$

Для главнейших древесных пород коэффициент изменчивости формы d_2 в среднем близок к $\pm 8\%$.

В производственных условиях чаще всего ведется таксация большого числа деревьев. Поэтому при учете формы стволов нет необходимости определять форму отдельных стволов, так как средние коэффициенты формы дают достаточно точные результаты.

По данным проф. В. К. Захарова, объем 550 стволов дуба, имеющих диаметры от 32 до 132 см, вычисленный по среднему коэффициенту формы, отличался от объема, вычисленного по двухметровым секциям, на $-0,28\%$, а от объема, определенного по классам формы, на $+0,48\%$.

Таксируемые в одном и том же лесном массиве насаждения часто существенно различаются по таксационным показателям и условиям местопроизрастания. Поэтому очень важно знать, как изменяется коэффициент формы для отдельных насаждений. Ф. П. Моисеенко нашел, что изменчивость среднего коэффициента формы у кленовых насаждений равна 3% , у черноольховых — $2,6\%$, у сосновых — $3,5\%$, у еловых — $3,4\%$.

Распределение средних коэффициентов формы для отдельных насаждений как и для отдельных стволов, близко к кривой нормального распределения.

Ф. П. Моисеенко изучил также средние коэффициенты формы у насаждений, одинаковой высоты, но произрастающих в разных географических районах: в западном районе водоохранной

зоны, куда входят БССР, Смоленская и Брянская области, и в восточном (Пермская обл.). Для западного района им установлен средний коэффициент формы у сосны 0,667, ели 0,685, для восточного — соответственно 0,665 и 0,676. Разница в средних коэффициентах формы в двух районах, находящихся довольно далеко друг от друга, составила 1,5—2 %, т. е. оказалась меньше, чем у отдельных насаждений, находящихся в одном и том же районе.

Близкие значения средних форм стволов в лесах разных районов дают возможность применять для них единые нормативы и общие табличные показатели.

§ 24. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВИДОВЫХ ЧИСЕЛ

Практическое значение видовых чисел заключается главным образом в том, что они являются одним из расчетных элементов, позволяющих составлять объемные таблицы для таксации растущих деревьев. Однако, как мы увидим дальше, объемные таблицы можно составить и без видовых чисел. Поэтому некоторые исследователи считают, что учение о видовых числах — пройденный этап в лесной таксации и современная таксация может отказаться от него.

Это мнение все же следует считать ошибочным. Определяя при таксационных расчетах объемы древесных стволов, весьма важно знать их конкретную математическую зависимость от объемообразующих факторов. Такими факторами являются площадь поперечного сечения, высота и полнодревесность (форма) стволов, оцениваемая степенью приближения к форме цилиндра. Эти три объемообразующих фактора, умноженные один на другой, дают объем ствола:

$$V_c = gfh. \quad (142)$$

При помощи этой простой формулы можно выявить, как изменение каждого объемообразующего фактора влияет на величину объема древесного ствола. Во всех этих расчетах наиболее сложен учет формы древесных стволов. Применение видовых чисел дает возможность отразить и этот фактор.

Проф. Б. А. Шустов нашел, что в формуле $V_c = gfh$ произведение gf можно для стволов любой формы заменить величиной $0,534 d_m d_{1/2} h$, где d_m — диаметр ствола на высоте груди, а $d_{1/2} h$ — диаметр на половине высоты ствола. Соответственно этому он предложил следующую формулу для определения объемов стволов:

$$V_c = 0,534 d_m d_{1/2} h. \quad (143)$$

Эта формула дает более точные результаты, чем формула срединного сечения.

Основываясь на формуле $V_c = gfh$, немецкий лесовод Денцин вывел упрощенную формулу для ориентировочного определения объемом стволов. Он принял видовое число f равным 0,5, а наиболее распространенную высоту деревьев 25—26 м. В этом случае произведение fh называемое видовой высотой, будет составлять $0,5 \times 25 = 12,5$ и $0,5 \times 26 = 13$, а в среднем 12,75.

Площадь поперечного сечения ствола равняется

$$g = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{3,14}{4} D^2 = 0,785D^2.$$

Диаметры стволов обычно измеряют в сантиметрах, а площади поперечных сечений стволов — в квадратных метрах. Чтобы линейные меры привести в соответствие с мерами площади, формуле, определяющей площадь поперечного сечения ствола, нужно придать следующий вид:

$$g = \frac{0,785D^2}{10\,000}.$$

Для нахождения объема ствола площадь поперечного сечения умножаем на видовую высоту:

$$V_c = \frac{0,785 \cdot 12,75D^2}{10\,000} = \frac{10D^2}{10\,000} = \frac{D^2}{1000} = 0,001D^2. \quad (144)$$

Формула Денцина дает более точные результаты для стволов сосны высотой 30 м, ели и дуба — 26 м.

При увеличении и уменьшении высоты на каждый метр в объемы, определяемые по формуле Денцина, надо вносить следующие поправки: для сосны $\pm 3\%$, для ели $\pm 3-4\%$, для дуба $\pm 5\%$. Plusовые поправки вносят при увеличении высоты, минусовые — при уменьшении.

Н. Н. Дементьев при среднем коэффициенте формы 0,65 принял видовое число равным 0,425. Подставив эту величину в общую формулу объема ствола (142), он получил довольно простую формулу, дающую в то же время достаточно точные результаты,

$$V_c = ghf = \frac{\pi d^2}{4} 0,425h = \frac{3,14 \cdot 0,425d^2h}{4} = \frac{1,3345}{4} d^2h = d^2 \frac{h}{3}. \quad (145)$$

Для стволов, имеющих другие коэффициенты формы, в высоту ствола вносится поправка k :

$$V = d^2 \frac{h \pm k}{3}. \quad (146)$$

На каждые 0,5 коэффициента формы величина поправки равна 3. При коэффициенте формы 0,7 поправка будет с положительным знаком:

$$V = d^2 \frac{h + 3}{3}, \quad (147)$$

при коэффициенте формы 0,6 — с отрицательным:

$$V = d^2 \frac{h - 3}{3}. \quad (148)$$

Объемы, вычисленные по таблицам, близки к объемам, найденным по формулам Н. Н. Дементьева.

Зная средние значения коэффициентов формы, можно по приведенным выше формулам или по таблице видовых чисел проф. М. Е. Ткаченко найти видовые числа для стволов разных размеров. Умножая их на соответствующие объемы цилиндров, получим объемы древесных стволов разных размеров. Такие расчеты можно выполнить 1 раз и результаты вычислений свести в таблицы. Схема построения таблицы видовых чисел дана в табл. 15.

15. СХЕМА ВЫЧИСЛЕНИЯ ВИДОВЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ СТВОЛОВ РАЗНЫХ ДИАМЕТРОВ И ВЫСОТЫ

Диаметр стволов на высоте груди, см	Высота стволов, м				
	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5
d_1	f'_1	f'_2	f'_3	f'_4	f'_5
d_2	f''_1	f''_2	f''_3	f''_4	f''_5
d_3	f'''_1	f'''_2	f'''_3	f'''_4	f'''_5

По такой же форме составляют таблицу объемов цилиндров, исходя из их высоты и диаметров оснований.

Глава VIII

ОБЪЕМНЫЕ ТАБЛИЦЫ И ОБЪЕМНЫЕ ТАРИФЫ

§ 25. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При таксации насаждений деревья сравнительно близких размеров принято объединять в ступени толщины, разделы и классы. Для таких относительно однородных категорий выводятся средние показатели, характеризующие размеры, форму и объемы входящих в них деревьев.

Ряды числовых величин, составленные по определенной системе, показывающие средние объемы деревьев отдельных древесных пород различной толщины, высоты и формы, называются массовыми или объемными таблицами¹.

Старейшими массовыми таблицами являются «Erfahrungstabellen», опубликованные в 1804 г. одним из основоположников научного лесоустройства немецким лесоводом Гартигом.

Эти таблицы показывают надземные массы (объемы) буковых деревьев. За истекший период во многих странах мира опубликовано множество массовых таблиц, имеющих разную конструкцию. За это время накопился большой опыт по их составлению и применению в практике лесного хозяйства.

Бетрам Хуш отмечает, что на составление объемных (массовых) таблиц и совершенствование методов их построения специалистами по лесной таксации затрачено много труда и времени. В результате составлено большое число таблиц, в разной мере пригодных для практики.

Общая цель всех методов составления объемных таблиц остается одной и той же— найти наиболее близкие объемы для деревьев определенных размеров. Однако наличие многих путей к этой цели осложняет ее решение.

Далее Бетрам Хуш указывает на необходимость классификации методов составления объемных таблиц. При этом он исходит из необходимости составления стандартных объемных таблиц.

Для лучшего усвоения различий в объемных таблицах и технике их составления Б. Хуш рекомендует следующую классификацию, разделяющую названные таблицы на однородные группы или классы.

I. Объемные таблицы, определяющие объемы деревьев как произведение объемообразующих факторов: площади сечения ствола g , высоты h и видового числа f : $V = ghf$. К этому классу объемных таблиц относятся:

а) таблицы с одним входом ($d_{1,3}$) и таблицы, разделяющие деревья на разряды высот: русские временные объемные таблицы, таблицы проф. М. М. Орлова, таблицы Союзлеспрома и др.;

б) таблицы с двумя входами ($d_{1,3}$ и h): баварские объемные таблицы, общегерманские таблицы (конец XIX в.), таблицы Крюденера (удельные таблицы);

в) таблицы с тремя входами ($d_{1,3}$, h и q_2), таблицы А. Шиффеля, таблицы Мааса.

II. Американские графические методы составления массовых таблиц.

¹ В ряде европейских стран в учебниках по лесной таксации и дендрометрии таблицы объемов деревьев называются «Массовыми таблицами». Термин «массовые» имеет разное толкование. Однако двухвековой период его применения не дает нам возможности полностью исключить его из учебника.

III. Объемные таблицы, основанные на решении функции

$$V = f(d_{1,3}, h, q_2).$$

IV. Объемные таблицы, полученные путем математического анализа образующей древесного ствола.

В практике советского лесного хозяйства наиболее широкое применение получили таблицы, относящиеся к первому классу. Соответственно этому обстоятельству в последующем изложении рассмотрению таблиц, отнесенных к первому классу, уделяется наибольшее внимание.

Одной из характерных черт объемных таблиц первого класса является то, что содержащиеся в этих таблицах объемы стволов V получены путем умножения объемов цилиндров $V_c = gh$ на видовые числа f . Последние играют роль своеобразных редуционных коэффициентов, обращающих объемы цилиндров в объемы стволов.

Метод составления объемных таблиц, использующий видовые числа в качестве редуционных коэффициентов при переходе от объемов цилиндров к объемам стволов, в лесной таксации применялся на протяжении 150 лет.

Однако в последние десятилетия математические средства, используемые в лесной таксации, значительно расширились. При составлении различного рода таксационных нормативов и таблиц начинают применять счетно-решающую технику.

В результате происходящих изменений в лесной таксации приходится прийти к выводу, что при составлении объемных таблиц видовое число сыграло свою роль как фактор, значительно облегчающий составление таблиц. При этом следует иметь в виду, что определение самого видового числа в лесу при текущих таксационных работах слишком трудоемко. В настоящее время, когда мы уже умеем выравнивать непосредственно объем стволов как функцию высоты и диаметра на высоте груди ($d_{1,3}$), обходной путь через видовое число имеет историческое значение.

Однако было бы ошибкой всю теорию и технику определения видовых чисел исключить из курса лесной таксации. При этом не следует забывать, что в основе всех ныне применяемых в нашей стране объемных и сортиментных таблиц, служащих главнейшим нормативом при учете древесных запасов, лежат видовые числа. Они нас вооружают простейшим методом нахождения объемов. Наконец, применение видовых чисел в лесной таксации составляет эпоху в ее развитии и исходит из истоков этой дисциплины.

В свете сказанного новое математическое направление в технике составления объемных таблиц не должно исключать таксационных методов, выработанных более чем за 150-летний период.

Надо иметь в виду, что видовым числом, как простейшим редуционным коэффициентом, до последнего времени пользуются в наших отечественных таксационных работах при самых разнообразных расчетах.

Анализируя методы составления массовых таблиц, проф. М. Продан указывает, что во всех странах по различным методам построены свои массовые таблицы для основных древесных пород. При их составлении чаще всего применяют графическое выравнивание и определение объемов по соответствующим уравнениям. Наличие в методах составления объемных таблиц этого общего методического приема следует учитывать при изучении техники составления массовых таблиц.

Что касается стран Западной Европы и США, то из последующего изложения мы увидим, что там при составлении лесных тарифов, заменивших объемные таблицы, объемы деревьев находят как функцию их диаметров и высот $V = f(d_{1,3}, h)$.

Объемные таблицы делятся на общие и местные.

Если в основу таблиц положены материалы, собранные в лесах определенного района, такие таблицы называют местными.

Таблицы, построенные на материалах, полученных с обширной лесной территории, именуют общими объемными таблицами.

Проф. М. Продан в своем курсе «Holzmesslehre» отмечает, что многие исследования показали, что объемные таблицы, составленные для крупных районов, дают вполне удовлетворительные результаты.

При определении объема отдельных деревьев с помощью объемных таблиц ошибка достигает 10—15%. При определении запаса всего насаждения ошибки в среднем составляют $\pm 6\%$ и при экстремальных формах достигают $\pm 10\%$.

Не исключены случаи систематических ошибок, когда средняя форма стволов, лежащая в основе таблиц, не соответствует форме стволов таксируемых древостоев.

Учет назначаемых в рубку деревьев и заготовленной из них лесопродукции должен производиться с одинаковой точностью. В связи с этим точность объемных таблиц должна быть близкой к точности объемных таблиц, служащих для определения кубатуры заготовленных бревен (ГОСТ 2708—75).

При пользовании объемными таблицами, как и ГОСТ 2708—75 заготовленной продукцией, необходимо измерение двух размеров. Разница заключается в том, что у бревен измеряются длина и толщина в верхнем отрезе, а у стоящего дерева — высота и диаметр ствола на 1,3 м над землей.

Объемными таблицами пользуются при разных таксационных и хозяйственных расчетах, а таблицами — для определения кубатуры при реализации готового лесного продукта —

бревен и кряжей. Поэтому было бы нелогично требовать от объемных таблиц точности больше той, какую обеспечивают таблицы объемов круглых лесоматериалов (ГОСТ 2708—75).

Как известно, ГОСТ 2708—75 применяют для всех древесных пород. Поэтому возникает вопрос, нельзя ли составить для всех древесных пород одни универсальные объемные таблицы? Оказывається, это сделать очень трудно. ГОСТ 2708—75 дает объемы окоренных частей стволов (бревен), в то время как объемные таблицы прежде всего содержат числовые показатели, определяющие массу целых стволов в коре, количество и распределение которой по стволу у разных древесных пород резко отличается. Кроме того, объемные таблицы указывают также массу ветвей кроны, которая является специфической для отдельных древесных пород.

Весьма вероятно, что в будущем может встать вопрос о составлении общих объемных таблиц для небольших групп древесных пород, как например ель и пихта, сосна и кедр, дуб и ильм и т. п. Однако общность показателей этих групп пока недостаточно изучена.

Применительно к изложенной выше классификации рассмотрим отдельные типы объемных таблиц. При этом методы их составления нами излагаются в историческом плане соответственно развитию теории и техники лесной таксации.

§ 26. БАВАРСКИЕ ОБЪЕМНЫЕ ТАБЛИЦЫ

С середины XIX в. и по 1888 г. в дореволюционной России применялись объемные таблицы, опубликованные в 1846 г. баварским казенным лесным управлением. Составление этих таблиц было крупным вкладом в таксационную технику. Они основаны на большом фактическом материале и построены для своего времени по весьма совершенной методике.

Проф. М. Продан подчеркивает, что первыми хорошо обоснованными таблицами, являются баварские объемные таблицы.

Материалы для составления этих таблиц получены были на основании обмера в лесах Баварии 40 220 деревьев. В основе этих таблиц лежали таблицы средних видовых чисел.

При выведении средних показателей для деревьев может быть найден среднеарифметический объем и вынесен в соответствующий ряд объемных таблиц. Однако в этом случае для составления таблиц требуется огромный экспериментальный материал и исключается возможность провести анализ, вскрыть ошибки в средних величинах, выяснить зависимость объемов от отдельных таксационных показателей: диаметра, высоты, видового числа и коэффициентов формы. Чтобы обнаружить закономерности в изменении объемов деревьев и вместе с тем выявить влияние на них отдельных таксационных показателей, чаще всего табличные показатели получают путем умножения объемов цилиндров разных размеров на соответствующие видовые числа. Видовые числа для деревьев смежных размеров обычно близки между собой, поэтому число наблюдений для их получения резко сокращается. Если для того или иного размера деревьев среднее видовое число будет установлено ошибочно, то сопоставление его с видовыми числами деревьев

смежных размеров позволяет легко обнаружить допущенную ошибку. Отсюда становится понятным значение таблицы видовых чисел для составления объемных таблиц и наличие тесной связи между таблицами видовых чисел и объемными. Изложенные теоретические соображения использованы при составлении баварских объемных таблиц.

В баварских таблицах для ели, пихты, сосны, лиственницы и бука даны объемы средневозрастных (60—90 лет) и старых (более 90 лет) деревьев. Для спелых деревьев березы и дуба составлено по одной таблице: для березы в возрасте 35—75 лет, для дуба — около 150 лет.

Объемы деревьев в баварских таблицах даны по 2-сантиметровым ступеням толщины, а по высоте приняты ступени дробностью 0,5 м.

Баварские объемные таблицы часто называют таблицами с двумя входами. Одним из них является диаметр на высоте груди $d_{1,3}$, а вторым — высота деревьев h , подлежащая определению у каждого учитываемого дерева при пользовании этими таблицами.

Основной недостаток баварских объемных таблиц заключается в том, что не для всех размеров деревьев было произведено одинаковое количество первичных обмеров, в результате чего получились показатели разной степени точности. К тому же обилие табличных показателей привело к громоздкости таблиц.

Проф. М. Продан в своем курсе «Holzmesslehre» отмечает, что влияние возраста деревьев на форму стволов оказывается незначительным. Поэтому в новых объемных таблицах возраст как объемобразующий фактор не учитывается. Объемные таблицы по ступеням возраста для таксации насаждений, возраст которых точно не определен, оказываются неудобными. Это обстоятельство, отмечаемое проф. М. Проданом, имеет особое значение для наших лесов, довольно часто разновозрастных, причем возраст таких насаждений в процессе их таксации установлен весьма приближенно.

По мнению проф. М. Продана, форма стволов в большей мере зависит от бонитета и полноты, чем от возраста. Влияние возраста деревьев на форму стволов оказывается незначительным. Поэтому в новых массовых таблицах возраст как объемобразующий фактор не учитывается. В них объемы даются как функция высот и диаметров.

К концу прошлого века в Германии были составлены таблицы Груднера и Шваппаха на основе обмеров 141 150 деревьев. Эти таблицы находят применение по настоящее время. По конструкции они близки к баварским таблицам.

§ 27. РУССКИЕ ВРЕМЕННЫЕ ОБЪЕМНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Вследствие изложенных соображений баварские объемные таблицы по своей конструкции не отвечали практике русского лесного хозяйства. Поэтому 100 лет назад выявилась необходимость составления объемных таблиц на основе материалов,

собранных в русских лесах. При этом требовались таблицы возможно простые по своей конструкции, пригодные для применения в малоизученных и лишь частично известных русских лесах.

В 1886 г. казенным лесным управлением были изданы массовые таблицы, которые, несмотря на длительное время их составления и обсуждения в печати, были названы временными объемными таблицами.

16. ОБЪЕМЫ СТВОЛОВ СОСНЫ И ДУБА
ПО РУССКИМ ОБЪЕМНЫМ ВРЕМЕННЫМ ТАБЛИЦАМ

Разряд	Сосна				Дуб			
	Высота		Объем		Высота		Объем	
	в аршинах	в метрах	в кубических футах	в кубометрах	в аршинах	в метрах	в кубических футах	в кубометрах
I	35	24,9	47	1,3	38	27,0	59	1,7
II	28 $\frac{1}{2}$	20,2	39	1,1	32	22,7	52	1,5
III	22 $\frac{1}{2}$	16,0	32	0,9	28	19,9	47	1,3
IV	—	—	—	—	24	17,1	43	1,2

Во временных объемных таблицах для деревьев сосны, ели, дуба, березы и ольхи толщиной от 2 вершков (9 см) даны объемы стволов без вершин. Для каждой ступени толщины в зависимости от размеров деревьев было установлено для дуба четыре разряда, для прочих пород — три. В табл. 16 приведены в качестве примера данные для деревьев сосны и дуба, имеющих диаметр на высоте груди 9 вершков (40 см.).

Наглядное представление о построении русских объемных таблиц дает рис. 51. На схеме показано распределение деревьев в трех древостоях. При одних и тех же диаметрах деревьев высота их резко различается. Древостой, имеющий наибольшую высоту, надо было таксировать по объемным таблицам I разряда, предусматривающим при большей высоте и большие объемы; древостой, имеющие меньшую высоту, — по таблицам III разряда, а занимающие промежуточное положение — по таблицам II разряда.

В отличие от западноевропейских русские объемные таблицы содержат данные о сбеге древесных стволов. В них указаны диаметры и объемы двухаршинных отрубков, на которые может быть разделен ствол. По ним можно найти размеры и вычислить объемы отдельных сортиментов, заготавливаемых из деревьев разных размеров. Таким образом, на основании русских объемных таблиц можно составить сортиментные таблицы, дающие не только общие объемы стволов, но и распределение их на части, находящие различное применение в народном хозяйстве.

По своей конструкции русские временные объемные таблицы значительно проще баварских, в которых для одного диаметра деревьев дается до 30 высот. Русские временные объемные таблицы благодаря своей исключительной простоте получили широкое распространение в практике лесного хозяйства.

Деление в таблице насаждений на разряды не вызывает затруднений при пользовании ими и не требует обмера высот у большого числа деревьев.

Вследствие большого колебания высот деревьев (до 20 м) деления на три интервала, соответствующего трем разрядам объемных таблиц, недостаточно.

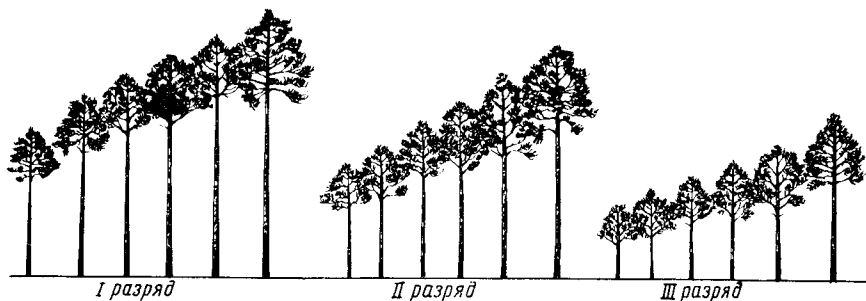


Рис. 51. Соотношение диаметров и высот в древостоях трех разрядов объемных таблиц

Русские временные объемные таблицы — пройденный этап развития таксационной техники, однако идея составления таблиц по разрядам высот легла в основу составления современных объемных таблиц. В них также даются разряды высот, но вместо трех или четырех разрядов имеются семь и даже больше. Таблицы сбегая, разработанные в дополнение к русским временным объемным таблицам, оказались весьма полезным таксационным пособием и являются неотъемлемой частью современных таблиц.

§ 28. ОБЪЕМНЫЕ ТАБЛИЦЫ ШИФФЕЛЯ ПО ТРЕМ ВХОДАМ

С 1899 по 1908 г. в Австрии лесоводом Шиффелем были составлены объемные таблицы для лиственницы, сосны, ели и пихы. В них объемы деревьев даны не только в зависимости от высоты и толщины стволов, но и от их полндревесности, характеризуемой коэффициентом формы. В основе этих таблиц лежат зависимости между видовыми числами, коэффициентами формы и высотами, выраженные рассмотренной выше формулой (131) Шиффеля.

В таблицах Шиффеля деревья разделены на пять классов формы в зависимости от полноты насаждений. К I классу относятся деревья свободного стояния, имеющие очень сбежистую форму ствола и наименьший коэффициент формы, ко II классу — редкие насаждения, в которых стволы имеют значительную сбежистость, к III классу — насаждения со средней сомкнутостью и средней полндревесностью стволов, к IV классу — полные сомкнутые насаждения, состоящие из полндревесных деревьев, и к V классу — очень густые насаждения с деревьями максимально полндревесной формы. Для каждой категории полноты насаждений в зависимости от высоты деревьев установлены разные коэффициенты формы.

Исходный классификационный признак в объемных таблицах Шиффеля — высота деревьев. Каждая таблица содержит объемы для стволов определенной высоты, но разного диаметра на высоте груди, разной полноты и соответственно этому с разными коэффициентами формы ствола и длиной крон. Объемы даны для всего дерева, для ствола и отдельно для крупной древесины. Кроме того, указаны диаметры на четверти, половине и трех четвертях высоты дерева.

Таблицы Шиффеля являются общими. В них для деревьев одинаковой высоты и диаметра, но с разными коэффициентами формы дается до семи объемных показателей (табл. 17).

Из табл. 17 видно, что таблицы Шиффеля предусматривают различия в диаметрах на половине высоты 0,8—1 см. При различии коэффициентов формы на 0,02 разница в объемах стволов составляет около 4 %.

Применение на практике таблиц Шиффеля весьма затруднительно, так как определить диаметры на половине высоты с точностью до 0,8 см невозможно.

Из-за сложности построения и излишней дробности показателей объемные таблицы Шиффеля практического применения не получили, однако ценность их заключается в том, что при их составлении был использован новый метод и вскрыты закономерности, выявляющие влияние на объемы стволов различий в их форме. Некоторые методические приемы, предложенные Шиффелем, применяются при составлении современных объемных таблиц.

17. ОБЪЕМЫ СТВОЛОВ ПО ТАБЛИЦАМ ШИФФЕЛЯ ДЛЯ СОСНЫ
ВЫСОТОЙ 25 М И ДИАМЕТРОМ НА ВЫСОТЕ ГРУДИ 40 СМ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЭФФИЦИЕНТА ФОРМЫ

Коэффициент формы	Диаметр на половине высоты, см	Объем стволов, м ³	Коэффициент формы	Диаметр на половине высоты, см	Объем стволов, м ³
0,68	27,2	1,48	0,60	24,0	1,26
0,66	26,4	1,42	0,58	23,0	1,20
0,64	25,6	1,37	0,56	22,0	1,15
0,62	24,8	1,32			

В 1904—1913 гг. удельным ведомством России, владевшим наиболее ценными лесами, велись работы по составлению новых объемных таблиц. Было срублено и обмерено свыше 108 тыс. деревьев. Масштабы работ превосходили все, что было сделано в этой области в зарубежных странах.

Новые таблицы составили 20 отдельных томов. Построение их отличалось чрезвычайной сложностью, объемы деревьев вычислялись в зависимости от семи факторов: 1) породы дерева, 2) области роста, 3) типа насаждений, 4) типа деревьев, 5) возраста, 6) высоты и 7) диаметра на высоте груди.

Удельные объемные таблицы не получили широкого применения на практике, но так как они построены на основе большого количества фактических данных, их используют в таксационных исследованиях в качестве контрольных материалов при изучении форм и размеров деревьев.

Длительный опыт применения объемных таблиц показал, что лучшими являются таблицы, составленные на основании данных о высоте, диаметре и полндревесности ствола, характеризующейся коэффициентами формы. Такие таблицы дают близкие к действительным объемы деревьев.

Обязательное требование, предъявляемое к таблицам,— предельная простота их построения. В этом отношении лучшими были русские временные объемные таблицы, которые в свое время нашли широкое практическое применение, несмотря на большие погрешности получаемых по ним результатов.

§ 30. ОБЪЕМНЫЕ ТАБЛИЦЫ ПРОФ. М. М. ОРЛОВА

Пытаясь сочетать достаточную точность таблиц с простотой построения, проф. М. М. Орлов и Б. А. Шустов составили объемные таблицы для сосны по классам бонитета.

Деление на классы бонитета является основой классификации лесов при таксации и лесоустройстве. Этот вопрос будет рассмотрен в следующей главе курса.

В конечном счете проф. М. М. Орлов и Б. А. Шустов составили 21 таблицу. Для каждого класса бонитета даны по три таблицы, указывающие объемы стволов разной полндревесности: 1) для наибольших объемов стволов, имеющих соответственно более высокие коэффициенты формы; 2) для средних объемов стволов со средними коэффициентами формы; 3) для сильноосбежистых стволов с наименьшими коэффициентами формы.

В лесной таксации долгое время существовало мнение, что нужны лишь местные объемные таблицы, отражающие особенности формы стволов. После составления таблиц по коэффи-

циентам формы стволов эта точка зрения в значительной мере была поколеблена. Однако унификация, неизбежная в общих объемных таблицах, не исключает учета своеобразия деревьев. Установление разрядов таблиц, в данном случае классов бонитета и трех классов формы, позволяет множество местных признаков обобщить в несколько универсальных технических категорий. Чем больше появлялось местных объемных таблиц, тем яснее становилось, что между ними и всеобщими таблицами имеется значительное сходство.

Объемные таблицы, составленные проф. М. М. Орловым, были названы бонитетными. Это обязывало учитывать при пользовании ими возраст и среднюю высоту насаждений. Следует отметить, что деревья одинаковой толщины, произрастающие в насаждениях одного бонитета, в разном возрасте имеют разную высоту.

По исследованиям проф. А. В. Тюрина, деревья осины в возрасте 85 лет диаметром 24 см по условиям местопроизрастания, относящимся к I бонитету, имеют высоту 25 м и объем $0,54 \text{ м}^3$, деревья 65 лет того же диаметра — высоту 23 м и объем $0,5 \text{ м}^3$, деревья 45 лет — соответственно 21 м и $0,46 \text{ м}^3$. Если бы мы устанавливали бонитет по высоте и возрасту, деревья всех этих насаждений нужно было бы отнести к I бонитету, т. е. таксировать по одной таблице. В этом случае объемы деревьев диаметром 24 см во всех трех насаждениях получились бы одинаковыми. Таким образом, объемы деревьев в более старых насаждениях оказались бы приуменьшенными, а в более молодых — преувеличенными.

Исследования кафедры лесной таксации Московского лесотехнического института (А. В. Вагин) показали, что с увеличением возраста древостоя на один класс (для хвойных 20 лет) разряд высот повышается на 0,3 разряда, а коэффициенты формы стволов уменьшаются за этот же период на 0,003. Поэтому при пользовании бонитетными объемными таблицами класс бонитета таксируемого насаждения устанавливают не по возрасту и высоте, а по диаметрам на высоте груди и высоте. При совпадении обмеренной высоты с табличными данными для деревьев I бонитета таксируемое насаждение относят к I бонитету, при совпадении с данными для II бонитета — ко II бонитету и т. д. В нашем примере при сопоставлении фактических высот с табличными (диаметр 24 см) деревья высотой 25 м будут таксироваться по таблицам для I бонитета, высотой 23 м — для II бонитета, высотой 21 м — по таблицам для III бонитета.

Если руководствоваться соотношением диаметров и высоты, можно выбрать таблицу, показатели которой будут наиболее близки к объемам таксируемого насаждения.

Так как при пользовании объемными таблицами насаждения разного возраста, относящиеся по условиям роста к одному классу бонитета, фактически таксируют по таблицам, состав-

ленным для разных классов бонитета, во избежание путаницы проф. Н. В. Третьяков предложил бонитетные таблицы называть, как и раньше, «Таблицами по разрядам высот».

§ 31. ОБЪЕМНЫЕ ТАБЛИЦЫ СОЮЗЛЕСПРОМА

Составление новых всеобщих объемных таблиц, названных таблицами Союзлеспрома, было поручено для сосны проф. Д. И. Товстолесу, ели — проф. В. К. Захарову, дуба — проф. Б. А. Шустову, березы и осины — проф. А. В. Тюрину. Руководил работой проф. М. М. Орлов.

Таблицы Союзлеспрома построены по разрядам, подобно русским временным объемным таблицам, но число разрядов принято большее и, кроме того, для каждого разряда высот составлены по три таблицы вместо одной (в зависимости от формы стволов).

Была принята следующая методика составления объемных таблиц:

1. На основе анализа фактических данных о размерах деревьев устанавливали число разрядов таблиц.

2. Для каждого из принятых разрядов по отдельным ступеням толщины находили графическим способом высоту деревьев.

3. Для деревьев, имеющих разные диаметры на высоте груди и высоту, принятую, для каждого разряда, определяли коэффициенты формы стволов.

4. Используя связь коэффициентов формы с видовыми числами (см. предыдущую главу), находили видовые числа для деревьев разных диаметров и высоты. Умножая их на объемы цилиндров, имеющих диаметры и высоту одинаковые с установленными размерами деревьев разных разрядов, получали их объемы. Этот способ определения объемов стволов основной при составлении объемных таблиц.

5. Для отдельных разрядов высоты применительно к ступеням толщины, т. е. диаметрам на высоте груди, и высоте стволов находили диаметры ствола в сечениях, взятых у его основания, на четверти, половине и трех четвертях высоты ствола. Соответственно этим диаметрам и высоте ствола строили кривую, показывающую изменение толщины ствола от его основания до вершины.

6. С помощью этого графика находили диаметры стволов разных размеров на высоте 1; 3; 5; 7; 9 м и выше от основания ствола, которые являлись средними для двухметровых отрезков. Объемы этих отрезков находили по таблицам объемов цилиндров, складывали и в результате получали общий объем стволов для отдельной высоты и отдельных ступеней толщины.

Для составления объемных таблиц были использованы произведенные при лесоустройстве обмеры модельных деревьев:

сосны — 2716, ели — 4299, дуба — 5542, березы — 998, осины — 478.

В качестве примера приводим объемные таблицы для сосны средней формы ($q_2=0,65$), составленные проф. Д. И. Товстоле-сом (табл. 18).

18. ВЫСОТА h , М, ОБЪЕМ В КОРЕ V , М³, СТВОЛОВ СОСНЫ ПО РАЗРЯДАМ ВЫСОТ ПРИ СРЕДНЕМ КОЭФФИЦИЕНТЕ ФОРМЫ $q_2 = 0,65$ (ПО Д. И. ТОВСТОЛЕСУ)

Диаметр на высоте груди в коре, см	Разряды высот							
	Iб		Iа		I		II	
	h	V	h	V	h	V	h	V
4	11	0,008	10	0,007	9	0,006	7	0,005
8	15	0,040	14	0,036	12	0,031	11	0,028
12	19	0,112	18	0,102	16	0,088	14	0,079
16	24	0,233	22	0,221	20	0,185	18	0,169
20	28	0,423	26	0,389	23	0,327	21	0,300
24	31	0,644	28	0,584	25	0,511	23	0,469
28	33	0,926	30	0,839	27	0,732	25	0,671
...
76	39	7,560	35	6,770	32	6,700	29	5,500
80	39	8,370	35	7,470	32	6,720	29	6,110
		III		IV		V		Vа
4	6	0,005	5	0,004	5	0,004	4	0,003
8	9	0,026	8	0,024	7	0,022	6	0,019
12	13	0,076	12	0,070	10	0,063	8	0,053
16	16	0,162	15	0,147	12	0,131	10	0,111
20	19	0,282	17	0,264	14	0,225	11	0,195
24	21	0,436	19	0,406	15	0,347	12	0,302
28	22	0,628	20	0,584	16	0,501	13	0,432
...
76	—	—	—	—	—	—	—	—
80	—	—	—	—	—	—	—	—

В таблицах предусмотрены объемы стволов диаметром на высоте груди от 4 до 80 см. Как видно из табл. 18, у деревьев одинакового диаметра, произрастающих в разных условиях, высота резко различается. Например, деревья диаметром на высоте груди 28 см имеют высоту от 13 до 33.

Проф. Товстолес установил в объемных таблицах восемь разрядов высот. Наиболее толстые деревья (диаметром 76 и 80 см) оказываются также и более высокими. Высота их колеблется от 29 до 39 м. Такие крупные деревья могут встретиться лишь в насаждениях, которые будут таксироваться по таблицам Iб, Iа, I и II разрядов высот. В насаждениях низших разрядов высот деревья крупных размеров не встречаются.

Проф. Д. И. Товстолес составил еще две аналогичные таблицы объемов стволов низшей ($q_2=0,59$) и высшей ($q_2=0,71$) формы.

Объемные таблицы для других древесных пород составлены по такой же форме, что и для сосны.

Число таблиц, требуемых для каждой древесной породы, устанавливалось в зависимости от высоты встречающихся в природе деревьев.

Проф. Товстолес, составляя объемные таблицы для сосны, нашел, что в разных условиях местопроизрастания у деревьев средней толщины (24—28 см) разница в высоте может быть 20 м и более. Установив интервалы в высоте деревьев смежных разрядов 2—3 м, он принял для сосны восемь разрядов высот.

Проф. А. В. Тюрин, изучая тот же вопрос в применении к осине, таких резких колебаний высоты не обнаружил. По его данным, в разных условиях произрастания при одинаковых диаметрах дерева осины имеют максимальную разницу в высоте 9—10 м, поэтому для осины он установил лишь пять разрядов высот.

В объемных таблицах Союзлеспрома по отдельным породам установлено следующее число разрядов высот: для сосны — восемь, для дуба и ели — семь, для березы — шесть, для осины — пять.

Очень важным вопросом является установление высот по отдельным ступеням толщины. Составители объемных таблиц Союзлеспрома решали его по-разному.

Прежде всего они руководствовались принятой шкалой деления насаждений на классы бонитета, широко используя при этом рассматриваемые ниже закономерности в строении насаждений.

Наиболее удачный метод для установления соотношения между высотами и диаметрами деревьев применил проф. Д. И. Товстолес. Деревья, послужившие материалом для составления таблиц, он разделил по классам бонитета, т. е. по существу на разряды таблиц, а деревья, относящиеся к одному классу бонитета, — на ступени толщины (табл. 19). В этой таблице n — число деревьев; штрихи, стоящие сверху, показывают разряд таблиц, а внизу — порядковый номер ступени толщины.

19. СХЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ ПО РАЗРЯДАМ ТАБЛИЦ И СТУПЕНЯМ ТОЛЩИНЫ, ПРИНЯТАЯ ПРОФ. Д. И. ТОВСТОЛОСОМ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ ОБЪЕМНЫХ ТАБЛИЦ

Разряд таблиц	Степень толщины, см							и т. д.
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	
I	n'_1	n'_2	n'_3	n'_4	n'_5	n'_6	n'_7	
II	n''_1	n''_2	n''_3	n''_4	n''_5	n''_6	n''_7	
III	n'''_1	n'''_2	n'''_3	n'''_4	n'''_5	n'''_6	n'''_7	
и т. д.								

Вычислив среднеарифметическую высоту деревьев, относящуюся к одному разряду таблиц и одной ступени толщины, проф. Д. И. Товстолес получил таблицу соотношения высот и диаметров деревьев по разрядам, составленную по такой же схеме, что и табл. 19.

Найденные высоты h он умножил на площади сечений g соответствующих ступеней толщины и составил график, откладывая по оси ординат произведения hg , а по оси абсцисс — соответствующие им площади сечений g (рис. 52).

При соединении отложенных точек получалась слегка ломаная линия, которую, не допуская больших погрешностей, можно было заменить прямой.

Соответственно площадям сечений отдельных ступеней толщины на графике (на прямой высот) были отсчитаны значения hg , разделены на величину g и в результате получена выравненная высота деревьев отдельных ступеней толщины. Эту выравненную высоту записывали в таблицу аналогичную табл. 19.

Для согласования высот с принятой в СССР общей шкалой деления насаждений на классы бонитетов полученные на прямой высоты деревьев наносили на график по ступеням толщины. На таких графиках между отдельными кривыми получалось разное расстояние. Это объясняется тем, что обычно не все пробные площади, послужившие материалом для составления графиков, закладывали точно в середине данного класса бонитета. Поэтому в соответствии с построенными кривыми проводили другие кривые, согласованные с общей шкалой деления насаждений на классы бонитета.

Объемные таблицы составлены для трех классов формы стволов (за исключением осины, для которой проф. Тюрин считал возможным ограничиться одним средним классом формы).

После обработки фактического материала, положенного в основу таблиц, были найдены среднеарифметические коэффициенты формы стволов и пределы изменения их у отдельных деревьев. Амплитуды колебаний делились на три части и для каждой из них был установлен средний коэффициент формы, характеризующий полнодревесность стволов соответствующего класса (табл. 20).

В пределах каждого класса формы стволов и класса бонитета (разряда таблиц) средневзвешенные коэффициенты формы q_1, q_2, q_3 для каждой ступени толщины умножали на среднюю

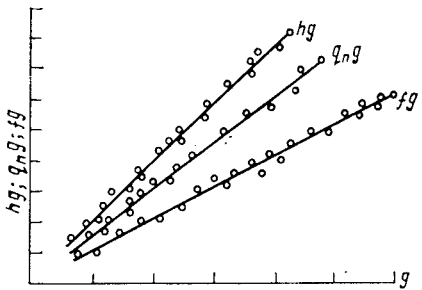


Рис. 52. График линейной зависимости высот, коэффициентов формы и видовых чисел от площади поперечных сечений стволов

для ступени площадь сечения. Найденные произведения ($q_n g$) наносили на график и получали слегка ломаные линии, которые после соответствующего выравнивания заменили наиболее вероятными прямыми линиями. По этим прямым линиям отсчитывали значения $q_n g$ и, разделив их на g , находили уточненные величины q_n .

20. КОЭФФИЦИЕНТЫ ФОРМЫ СТЕЛОВ, ПРИНЯТЫЕ
ПРИ СОСТАВЛЕНИИ ОБЪЕМНЫХ ТАБЛИЦ СОЮЗЛЕСПРОМА

Порода	Значение коэффициентов формы стволов для классов			Порода	Значение коэффициентов формы стволов для классов		
	высшей формы	средней формы	низшей формы		высшей формы	средней формы	низшей формы
Сосна	0,71	0,65	0,59	Береза	0,75	0,66	0,57
Ель	0,80	0,70	0,60	Осина	—	0,70	—
Дуб	0,78	0,68	0,58				

Проф. Д. И. Товстолес нашел, что коэффициент формы для сосны возрастает от высшего бонитета к низшему, проф. В. К. Захаров, составлявший таблицы для ели, также установил зависимость коэффициентов формы от высоты стволов: с увеличением высоты коэффициенты формы уменьшаются.

Коэффициент формы q_2 зависит и от диаметра ствола на высоте груди: до диаметра 20 см коэффициент формы уменьшается быстро, а в более высоких ступенях толщины медленнее. Это дало основание проф. Д. И. Товстолесу в объемные таблицы для сосны ввести для разных ступеней толщины разные коэффициенты формы.

Для трех древесных пород — сосны, ели и дуба в процессе обработки материалов была выявлена связь коэффициентов формы с высотой деревьев, что получило соответствующее отражение в составленных таблицах. Для березы и осины эта связь не была обнаружена, и поэтому для них приняли единый средний коэффициент формы вне зависимости от высоты деревьев.

Вопрос о зависимости коэффициентов формы от высоты и диаметра ствола был подвергнут детальному анализу проф. И. В. Третьяковым в его работе «Методика составления массовых таблиц сбег и объемов для древостоев ценных пород Северного Кавказа» (1937).

Он доказал, что с увеличением высоты деревьев коэффициенты формы уменьшаются, но считал, что для осины, березы и ольхи в отдельных случаях изменение коэффициентов формы при изменении диаметров весьма незначительно.

При помощи таблицы коэффициентов формы можно установить диаметр деревьев на соответствующей высоте по следующей простой формуле:

$$d_n = q_n D. \quad (149)$$

Так, у дерева высотой 24 м и диаметром на высоте груди 32 см диаметры на разной высоте ствола будут:
у основания ствола $d_0 = 1,21 \cdot 32 = 38,7$ см,
на высоте 6 м ($1/4$ высоты) $d_6 = 0,867 \cdot 32 = 27,7$ см,
на высоте 12 м ($1/2$ высоты) $d_{12} = 0,695 \cdot 32 = 22,2$ см,
на высоте 18 м ($3/4$ высоты) $d_{18} = 0,433 \cdot 32 = 13,9$ см.

Аналогичным способом определяли диаметры на разной высоте стволов для деревьев разной высоты и разных диаметров на высоте груди при составлении объемных таблиц. На основе этих данных строили кривые сбега, по которым находили диаметры на середине двухметровых отрезков. По этим диаметрам определяли объемы отрезков. Сумма объемов отрезков дает общий объем ствола.

На основе объемных таблиц Союзлеспрома многими исследователями были составлены сортиментные таблицы. Этими таблицами пользуются при учете запасов древесины в лесах СССР. Производственные материалы о таксации лесосек показывают, что при правильном пользовании объемными таблицами Союзлеспрома запасы определяются с точностью, вполне удовлетворяющей запросы практики.

Широко применяются таблицы, составленные для деревьев среднего класса формы; таблицы для крайних классов формы (наиболее полнодревесных и наиболее сбежистых стволов) применения на практике не получили.

За время, прошедшее после составления объемных таблиц, вопрос об изменении коэффициентов формы изучен достаточно глубоко. Многими исследователями доказано, что в одном и том же насаждении коэффициенты формы изменяются почти в тех же пределах, что и в больших совокупностях насаждений.

Казалось бы, что при таком положении для наибольшей точности таксации следовало в пределах одного и того же насаждения делить деревья на три категории и для каждой из них применять одну из таблиц, составленных для трех классов формы. Но такая таксация была бы весьма затруднительной, так как потребовала бы обмера диаметров у растущих деревьев на половине и в лучшем случае на четверти их высоты. Однако при нахождении общего запаса больших множеств деревьев это не дало бы значительного уточнения, так как в общей массе преобладают деревья средней формы.

Объемные таблицы Союзлеспрома, как мы уже говорили, предусматривают от 5 до 8 разрядов высот. Такое число града-

ций в соотношении высоты и диаметров позволяет найти в таблицах близкие показатели для самых разнообразных насаждений, встречающихся в природе.

§ 32. ТАБЛИЦЫ СБЕГА

Таблицы сбегая служат дополнением к объемным таблицам. При их составлении широко используют графический метод. Для каждого разряда высот на миллиметровой бумаге по оси абсцисс откладывают высоту деревьев, предусматриваемую данным разрядом высот, и находят точки, соответствующие диаметру основания ствола (для нашего случая 38,7 см) на высоте груди (32 см), на четверти высоты (27,7 см), на половине высоты (22,2 см), на три четверти высоты (13,9 см) и вершине ствола (рис. 53). От этих точек по оси ординат откладывают диаметры ствола. Через концы отложенных диаметров проводят кривые линии, характеризующие образующую древесного ствола. Затем через каждые 2 м высоты ствола проводят вертикальные линии, в результате чего ствол оказывается разделенным на двухметровые отрезки. Посередине этих отрезков, т. е. на высоте от нижнего сечения на 1; 3; 5; 7 м и т. д. (с учетом масштаба), отсчитывают диаметры и записывают их в таблицу сбегая.

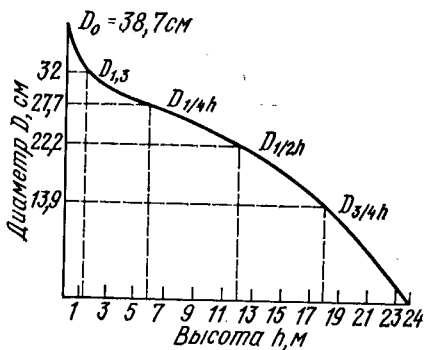


Рис. 53. Кривая сбегая древесных стволов

Проф. В. К. Захаров для уточнения сбегая стволов ели высотой от 16 м дополнительно вычислил еще три коэффициента формы $(\frac{q_1}{8} h, \frac{q_3}{8} h, \frac{q_5}{8} h)$, определил по ним диаметры и отложил на графике сбегая. Однако он пришел к выводу, что необходимости в этих промежуточных точках нет, так как особенности кривой сбегая достаточно характеризуются шестью основными точками (см. рис. 53).

Для составления таблиц сбегая ствола без коры на графике сбегая в тех же сечениях величину диаметров ствола уменьшают на двойную толщину коры. Полученные точки снова соединяют главной кривой, характеризующей образующую ствола без коры. Затем определяют диаметры двухметровых отрезков и вносят их в таблицу. По срединным диаметрам этих отрезков вычисляют их объемы с помощью таблиц объемов цилиндров.

Объемы двухметровых отрезков записывают в таблицу сбегая под цифрами, определяющими величину диаметров этих отрез-

21. ОБЪЕМ И СБЕГ СТВОЛОВ СОСНЫ В НАСАЖДЕНИЯХ IV РАЗРЯДА
ПРИ СРЕДНЕМ КОЭФФИЦИЕНТЕ ФОРМЫ $q_2 = 0,65$

Диаметр на высоте груди, см	Высота, м	Объем ствола, м ³ , в коре и без коры	$d', V',$ d'', V''	Диаметр, см, и объем, м ³ , двухметровых отрезков в коре (d' и V') и без коры (d'' и V'') на высоте, м											Объем коры, % от объема ствола	Объем сучьев, % от объема ствола																																															
				1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21																																																	
				Д													V	D	S																																												
12	12	0,070	d'	12,5	10,3	9,0	7,8	6,0	2,2	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}																																					
		0,024	V'	0,017	0,013	0,010	0,005	0,0008	}																		}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}																				
		11,4	d''	9,8	8,6	7,4	5,6	1,8																																				}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	
		0,020	V''	0,015	0,012	0,009	0,005	0,0005																																																							}
16	15	0,147	d'	16,6	14,1	12,6	11,4	9,9	7,8	4,2	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}																																			
		0,043	V'	0,031	0,025	0,020	0,015	0,010	0,003	}																			}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}																		
		15,0	d''	13,4	12,0	10,9	9,4	7,3	3,7																																					}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}
		0,035	V''	0,028	0,023	0,019	0,014	0,008	0,002																																																						
20	17	0,264	d'	20,7	18,1	16,4	14,9	13,5	11,6	9,2	5,4	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}																																				
		0,067	V'	0,052	0,042	0,035	0,029	0,021	0,013	0,005	}																	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}																				
		18,2	d''	17,8	14,5	14,2	12,9	11,1	8,7	4,9																																		}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}			
		0,052	V''	0,050	0,033	0,032	0,026	0,019	0,012	0,004																																																			}	}	}
40	22	1,30	d'	41,3	36,8	33,7	31,4	29,3	27,0	24,4	21,1	17,4	11,6	4,6	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}																																				
		0,268	V'	0,213	0,178	0,155	0,135	0,115	0,094	0,070	0,048	0,021	0,003	0,003														}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}																							
		36,6	d''	33,9	32,3	30,3	28,4	26,3	23,7	20,5	16,9	11,2	4,0	4,0																											}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}										
		0,211	V''	0,181	0,164	0,145	0,127	0,109	0,089	0,066	0,035	0,020	0,003	0,003																																								}	}	}	}	}	}	}	}	}	}
44	22	1,60	d'	45,3	40,6	37,3	34,7	32,3	29,8	27,1	23,7	19,8	14,1	6,7	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}																																				
		0,323	V'	0,259	0,219	0,189	0,164	0,140	0,116	0,089	0,062	0,032	0,007	0,007														}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}																							
		40,2	d''	37,5	35,4	33,3	31,2	29,0	26,4	23,1	19,2	13,5	6,1	6,1																											}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}	}										
		0,254	V''	0,221	0,197	0,175	0,153	0,132	0,110	0,084	0,058	0,029	0,006	0,006																																								}	}	}	}	}	}	}	}	}	}

ков. Объем оставшейся вершины ствола, длина которой меньше 2 м, находят по формуле объема конуса. Сложив объемы двухметровых отрезков и объем вершины, получают объемы ствола в коре и без коры.

Аналогичные расчеты были выполнены для всех размеров деревьев, предусмотренных соответствующим разрядом, и полученные показатели сведены в одну таблицу сбега стволов для каждого разряда высот. Пример построения таблицы сбега приведен ниже (табл. 21).

Объемы стволов, полученные путем построения таблиц сбега, проверяются по формуле (140). Чтобы можно было применить эту формулу, надо найти видовые числа для стволов разных размеров. Видовые числа можно вычислить по формуле (131) или найти по таблице видовых чисел, составленной проф. М. Е. Ткаченко (см. табл. 14).

Более надежным способом установления видовых чисел следует считать обмеры и вычисление объемов по двухметровым отрезкам деревьев, послужившие основанием для составления объемных таблиц. Найденные видовые числа должны быть графически выравнены. Для этого на основе видовых чисел, установленных для каждого ствола, используемого при составлении объемных таблиц, находят для каждой ступени толщины средневзвешенные видовые числа f и умножают их на среднюю площадь ступени толщины g . Полученные произведения fg откладывают на графике по оси ординат, а на оси абсцисс — соответствующие им площади сечений (см. рис. 52). Выравнив ломаные линии, получают прямые, по которым делают отсчеты fg для всех ступеней толщины. Разделив fg на площади сечений g , находят выравненные величины f .

Для проверки полученных данных их надо сопоставить с ранее найденными видовыми числами. Если видовые числа, полученные разными способами, будут близкими между собой, значит расчеты сделаны правильно. Окончательно установив видовые числа, определяют объемы стволов.

Между объемами стволов, найденными двумя способами, получаются некоторые, хотя и незначительные, расхождения. За истинный следует принять объем, находимый по формуле (140). Полученную неувязку в объемах надо распределить по отдельным двухметровым отрезкам пропорционально их объемам и соответственно этим поправкам исправить диаметры отрезков.

После того как будут установлены объемы стволов для всех разрядов высот и всех ступеней толщины, нужно все их проверить и взаимно увязать. Для этого строят еще один график. По оси абсцисс откладывают площади сечений деревьев отдельных ступеней толщины, а по оси ординат — соответствующие объемы для разных разрядов высот. При таком построении получают ряд расходящихся прямых линий, постепенно переходящих при приближении к началу координат в слегка кривые линии.

Симметричное расположение прямых линий на графике показывает, что все вычисления и построения, сделанные при составлении объемных таблиц и таблиц сбега древесных стволов, правильны.

В таблицах сбега (табл. 21) приводится также объем коры и объем сучьев в процентах от объема ствола в коре.

Таблицы сбега повторяют содержание объемных таблиц, так как в первых трех графах в них даются диаметры деревьев на высоте груди, высота этих деревьев и объемы стволов.

§ 33. ЧИСЛА СБЕГА

Форму древесных стволов немецкие ученые Гогенадль (1924), Кренн, Продан и Диттмар характеризуют коэффициентами, названными ими числами сбега. Для получения чисел сбега ствол делят на 10 равных частей и в верхнем сечении каждой из них измеряют диаметры. Отношения этих диаметров к диаметру на 0,1 высоты ствола называют числами сбега.

По исследованиям этих ученых, числа сбега у каждой породы являются вполне определенными величинами, не зависящими от высоты ствола.

В Болгарии Г. Сираков составил таблицы сбега на основе определения чисел сбега.

Проф. В. К. Захаров (1967) изучал форму древесных стволов также путем деления их на части равные 0,1 высоты ствола. Он принял диаметр на 0,1 высоты ствола ($0,1 H$) за 100 %. Остальные диаметры на относительной высоте (на $0,2 H$; $0,3 H$ и т. д. до $0,9 H$) он выражал в процентах от диаметра на $0,1 H$.

$$\left(\frac{d_n}{d_{0,1H}} 100 \right).$$

Таким образом, предложение В. К. Захарова повторяет идею Гогенадля. В практическом использовании оно детализирует метод Гогенадля.

В результате своих исследований проф. Захаров пришел к выводу, что у стволов одной древесной породы, но разных размеров относительные диаметры $\left(\frac{d_n}{d_{0,1H}} 100 \right)$ на одинаковой относительной высоте стволов одинаковы. Они не зависят от диаметра на высоте 1,3 м и от абсолютной высоты стволов, а также от условий среды. Относительные диаметры носят стабильный характер (табл. 22).

В связи с этим проф. Захаров выдвинул гипотезу о единстве средней формы отдельных древесных стволов, выраженной в относительных величинах. Гипотезу В. К. Захарова подверг тщательной проверке И. И. Гусев [10]. В итоге он пришел к выводу, что она верна лишь в пределах отдельных разрядов высот. Числа сбега или относительные диаметры оказываются близ-

22. ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ДИАМЕТРЫ ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ
ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД [14]

Порода	Относительные диаметры, % от диаметра на 0,1 Н при относительной высоте дерева										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Береза	185,7	100	89,5	82,3	75,0	65,9	55,5	42,3	26,4	12,2	0
Дуб	169,4	100	92,2	83,6	76,4	67,2	55,6	40,9	26,3	12,0	0
Ясень	162,3	100	91,3	83,5	77,1	69,8	60,0	46,4	30,0	12,8	0
Сосна	140,9	100	91,6	84,4	78,3	71,8	64,6	55,4	43,3	25,0	0
Черная ольха	169,9	100	92,5	85,5	79,7	72,6	63,2	51,6	34,7	17,0	0
Осина	147,9	100	93,6	87,4	81,8	75,4	66,5	54,3	36,5	21,1	0
Ель	165,9	100	95,0	89,2	83,7	76,2	66,9	56,4	42,3	28,3	0

кими между собой у деревьев отдельных разрядов. Поэтому проф. И. И. Гусев считает весьма емким размерным показателем разряд высот, который достаточно полно отражает факторы, оказывающие влияние на форму древесного ствола.

Донг Ши Хиен (Вьетнам), проверяя гипотезу В. К. Захарова, пришел к выводу, что нередко встречаются случаи, когда форма ствола зависит от его диаметра, высоты и среды. Однако эта зависимость всегда слабая.

Донг Ши Хиен пришел к выводу, что при составлении таблиц сбега по обмерам диаметров на десятых долях общей высоты стволов (метод проф. В. К. Захарова и др.) требуется моделей в 2 с лишним раза меньше, чем при старых методах. Это преимущество свидетельствует о том, что при определении объема и запаса лучше применять вместо старого видového числа истинное видовое число.

Соответственно относительным диаметрам В. К. Захаров нашел относительные объемы ствола длиной в 0,1 его высоты.

Относительные объемы отдельных частей ствола длиной в 0,1 их высоты приведены на рис. 54.

Относительные диаметры и объемы частей стволов длиной в 0,1 их высоты проф. Захаров использует в качестве основы при составлении таблиц объема и сбега древесных стволов.

Как и в ранее рассмотренной методике, составление таблиц объема и сбега стволов начинается с определения числа разрядов таблиц и соотношения между высотами и диаметрами стволов на высоте груди.

Между диаметром на высоте груди (1,3 м) и диаметрами на 0,1 Н и 0,5 Н проф. Захаров установил зависимость, характеризующуюся следующими уравнениями:

$$d_{0,1} = 0,86d_{1,3} + 2,08; \quad (150) \quad d_{0,5} = 0,642d_{1,3} + 0,9. \quad (151)$$

С помощью этих уравнений не представляет труда найти диаметры в сантиметрах на 0,1 и 0,5 высоты для деревьев разных ступеней толщины. В табл. 22 были даны диаметры (%)

основных древесных пород для сечений ствола через 0,1 его высоты. Зная диаметр на 0,1 H в сантиметрах и в процентах, можем получить диаметры в линейных мерах для всех сечений через 0,1 высоты дерева. Все эти диаметры наносим на график (рис. 55). Получившийся на графике веер прямых характеризует сбег стволов всех ступеней толщины. Подобные построения можно произвести для стволов в коре и без коры.

Располагая данными абсолютного сбega по всем ступеням толщины, нетрудно построить образующую древесного ствола соответственно заданной высоте и диаметру на высоте груди (рис. 56).

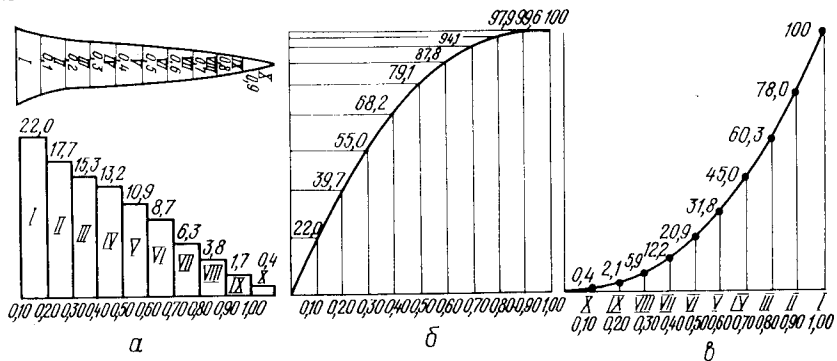


Рис. 54. Распределение объемов стволов по сечениям длиной 0,1 их общей высоты, % от общего объема ствола:

a — расположение секций ствола и их относительный объем; b — объемы секций ствола нарастающим итогом от основания к вершине, $в$ — то же от вершины к основанию

Разделив образующую на части, соответствующие двухметровым отрезкам ствола, отсчитываем по масштабу диаметры на середине двухметровых отрезков. Полученные величины выравниваем путем повторного построения графика, аналогичного графику на рис. 55, и найденные таким путем уточненные диаметры ствола (в коре и без коры) записываем в форму таблиц сбega.

Одновременно с таблицами сбega составляем объемные таблицы. Эту задачу решаем следующим образом. Ранее найденные диаметры на половине высоты делим на диаметры на высоте груди. В итоге находим коэффициент формы

$$q_2 = \frac{d_{0,5}}{D_{1,3}}$$

Соответственно заданной высоте дерева и найденному коэффициенту формы q_2 по формуле Шиффеля

$$f = 0,66q_2^2 + \frac{0,32}{q_2h} + 0,14$$

определяем видовое число ствола. Такие вычисления проделываем для деревьев всех ступеней толщины. Умножая получен-

ные видовые числа на площади сечений на высоте груди и высоту стволов, получаем их объемы ($V=fgh$).

Найденные таким путем объемы сравниваем с данными, полученными по таблицам сбега. Если они совпадают, значит объемные таблицы составлены правильно.

В. К. Захаров изучил изменчивость диаметров на разной высоте у деревьев, относящихся к одной ступени толщины, и пришел к выводу, что при составлении таблиц объемов и сбега

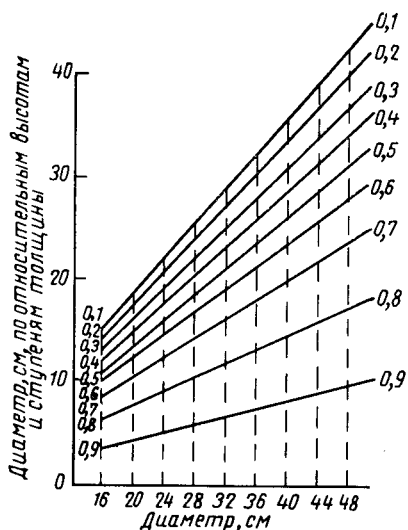


Рис. 55. График сбега стволов сосны, см, по ступеням толщины и относительным высотам

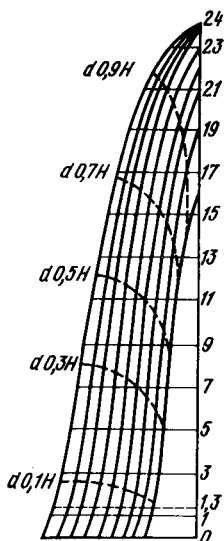


Рис. 56. Образующие древесных стволов

применительно к разработанной им методике для каждой четырехсантиметровой ступени толщины можно ограничиться обмером от 8 до 12 стволов. Всего для составления таблиц сбега определенной породы требуется обмерить 150 стволов. Предложенная им методика значительно упрощает технику составления таблиц.

§ 34. ПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЪЕМНЫМИ ТАБЛИЦАМИ И ТАБЛИЦАМИ СБЕГА

При определении объемов стволов по объемным таблицам необходимо знать, какой таблицей пользоваться. В первую очередь для этого нужно определить разряд таксируемого насаждения. Для этого обмеряют высоту у деревьев разной толщины и строят кривую высот. По оси абсцисс откладывают диаметры

деревьев, а по оси ординат — соответствующие им высоты. Получив ряд точек, проводят кривую с таким расчетом, чтобы она пересекала наибольшее их число. По этой кривой отсчитывают высоты для каждой ступени толщины и сравнивают их с табличными. Насаждение относят к тому разряду, высоты которого для большей части ступеней толщины окажутся наиболее близкими к установленным по графику.

Вопрос о точности построения кривой высот подробно рассмотрен М. Проданом. Он указал, что при среднем квадратическом отклонении высоты в 10 % для получения точности до 1 % нужно сделать 169 измерений.

Анализируя свойства кривой высот, М. Продан установил следующее:

1. Кривая высот молодого насаждения высших бонитетов поднимается довольно круто; у старых, низкобонитетных насаждений она пологая.

2. С увеличением возраста насаждений характер кривой высот меняется; из плавной она становится ступенчатой.

3. Кривую высот следует рассматривать как кривую состояния и отличать ее от кривой роста в высоту.

При выборочном хозяйстве, находящемся в равновесии, кривая высот совпадает с кривой развития насаждения.

При таксации леса возникает вопрос о том, сколько в каждой ступени толщины нужно измерить высот, чтобы построить точный график высот. Ответ на этот вопрос дал Ф. Корсунь на основе тщательного обмера высоты у 1000 деревьев в однородном 55-летнем еловом насаждении. Обработав материал методом наименьших квадратов и построив ряд графиков, Ф. Корсунь пришел к выводу, что в однородных одновозрастных еловых насаждениях достаточно измерить высоты в каждой ступени толщины у двух деревьев в разных частях насаждения.

В насаждениях, состоящих из нескольких ярусов, может оказаться, что высоты отдельных ступеней толщины будут совпадать с высотами, принятыми в разных разрядах. В этих случаях для уточнения результатов таксации отдельные части насаждений можно таксировать по разным таблицам.

После того как установлен разряд высот, находят по таблице объемы стволов и умножают их на число стволов в насаждении. Сложив полученные произведения, находят общий объем всех таксируемых стволов.

Выше было отмечено, что таблицы, составленные по разрядам высот, и другие объемные таблицы в зависимости от сбегавших стволов разделяют на классы формы. При пользовании такими дифференцированными таблицами следует установить, какую из них нужно применить в каждом случае. Для этого у деревьев, срубленных в качестве моделей, обмеряют диаметры на половине высоты, вычисляют по ним коэффициенты формы и по

коэффициентам устанавливают, к какому классу формы относится дерево.

При массовой таксации обычно пользуются таблицами, составленными для стволов средней формы.

Исследования проф. В. К. Захарова, установившие закономерный характер распределения числа стволов насаждения по коэффициентам формы (выражаемый кривой нормального распределения), подтвержденные Ф. П. Моисеенко и другими таксаторами, создали теоретическую предпосылку, позволившую отказаться от таксации по классам формы и пользоваться лишь таблицами для среднего класса.

Объемные таблицы, для применения которых требуется измерение лишь одной величины (например, диаметров стволов — русские временные объемные таблицы), называют т а б л и ц а м и с о д н и м в х о д о м; таблицы типа баварских, требующие измерения диаметра и высоты, — с д в у м я в х о д а м и; таблицы, требующие определения диаметра, высоты и коэффициентов формы, — с т р е м я в х о д а м и.

Определение объемов стволов по формулам. Наряду с американскими исследователями Шумахером и Доссантосом Холлом, основываясь на анализе кривых видовых чисел, мы предложили видовой число разделить на две части: постоянную и переменную, зависящую от высоте деревьев. При этом была получена следующая формула, определяющая видовой число:

$$f_i = K + \frac{3K}{h}. \quad (152)$$

В этой формуле K — постоянная величина, а $3K/h$ — переменная, зависящая от высоты деревьев.

Характерной особенностью этого уравнения является то, что числитель переменной части видовой числа в 3 раза больше постоянного коэффициента.

У сосны, лиственницы, березы, осины и ольхи коэффициент K оказался равным 0,40, а у ели, пихты, кедра, бука, дуба, ильма и ясеня — 0,42. Соответственно такому значению коэффициента K для двух приведенных групп древесных пород видовой число определяются следующими уравнениями:

$$f_1 = 0,40 + \frac{1,20}{h}; \quad (153)$$

$$f_2 = 0,42 + \frac{1,26}{h}. \quad (154)$$

Умножив обе половины этих формул на высоту (h), получим следующие уравнения:

$$f_1 h = 0,40h + 1,20; \quad (155)$$

$$f_2 h = 0,42h + 1,26. \quad (156)$$

В общем виде они имеют следующую выражение:

$$fh = Kh + 3K. \quad (157)$$

Эти уравнения прямой линии свидетельствуют о том, что видовые высоты имеют линейную зависимость от высот деревьев. С увеличением последних они возрастают.

Согласно приведенной формуле у первой группы древесных пород при высоте деревьев 22 м видовая высота оказывается равной $f_1h = 0,40 \times 22 + 1,20 = 10$ м, а у второй группы древесных пород этой величины видовая высота достигает при высоте деревьев 21 м

$$f_2h = 0,42 \times 21 + 1,26 = 10,08 \text{ м.}$$

Указанные высоты деревьев назовем базовыми. При этих высотах формула, определяющая объемы стволов, оказывается предельно простой: $V = fhg = 10g$. Площадь сечения g ствола выразим через диаметр ($g = \pi d^2/4$) и его введем в нашу формулу. Тогда она примет следующий вид:

$$V = 10g = 10 \cdot \pi/4d^2 = 7,85d^2.$$

Выше было отмечено, что видовые высоты имеют линейную зависимость от высот деревьев. С увеличением последних на каждый метр высоты деревьев видовая высота возрастает на 0,40 м. Это увеличение видовой высоты влечет за собой приращение объема ствола, равное $\Delta_V = 0,40g(h_d - h_b)$. В этой формуле Δ_V обозначает приращение объема ствола, h_d — заданную высоту ствола и h_b — базовую высоту ствола.

С учетом величины приращения Δ_V наши формулы, определяющие объемы стволов, примут следующие выражения:

$$V_1 = 7,85d^2 + 0,40 \cdot \frac{3,14}{4} d^2 (h - 22) = d^2 (0,31h + 1,0); \quad (158)$$

$$V_2 = 7,85d^2 + 0,40 \cdot \frac{3,14}{4} d^2 (h - 21) = d^2 (0,31h + 1,4). \quad (159)$$

Применение этих формул иллюстрируем примером.

Допустим, что таксируемое дерево имеет диаметр на высоте груди 20 см, а высоту 18 м, тогда объем этого дерева согласно формуле (158) будет равен

$$V_c = d^2 (0,31h + 1,0) = 0,20^2 (0,31 \cdot 18 + 1,0) = 0,263 \text{ м}^3.$$

Объем ели того же диаметра и высоты по формуле (159) будет равен

$$V_e = d^2 (0,31h + 1,4) = 0,20^2 (0,31 \cdot 18 + 1,4) = 0,279 \text{ м}^3.$$

Бетрам Хуш в своем курсе „Forest mensuration and statistics“ отмечает, что для определения объема дерева, зависящего от диаметра, высоты и видового числа, предложено большое число формул. Уже само наличие боль-

шого количества формул свидетельствует о трудности нахождения какого-либо единого решения.

Все эти формулы американский ученый Спурр подверг сравнительному изучению и попытался их классифицировать. При этом он выделял в отдельный класс формулы, не требующие при их применении измерения показателей, характеризующих форму стволов.

В отдельную группу выделены логарифмические уравнения, определяющие объемы деревьев. В числе первых из этих уравнений Спурр приводит логарифмическую формулу Ф. Корсуня:

$$V = K (d_{1,3} + 1)^n h^m; \lg V = \lg K + n \lg (d_{1,3} + 1) + m \lg h. \quad (160)$$

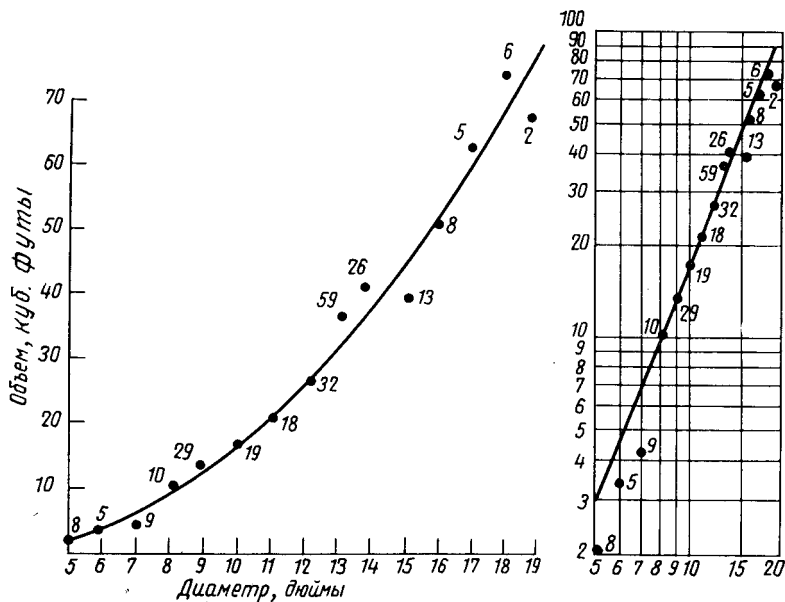


Рис. 57. Замена кривой объемов прямой линией, построенной в логарифмической сетке (по Б. Хушу)

Логарифмические формулы применяются для превращения нелинейных уравнений в линейную форму, наиболее удобную для решения наименьших квадратов.

Рис. 57 характеризует замену кривой объемов прямой линией объемов, построенной на логарифмической бумаге. По оси абсцисс отложены диаметры деревьев на высоте груди в дюймах, а по оси ординат — объемы в кубических футах. Отдельные точки графика означают номера модельных деревьев.

§ 35. НОМОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОМ И СБЕГА СТВОЛОВ

Объемные таблицы и объемные тарифы могут быть заменены соответствующими номограммами. Вместе с этим с помощью номограмм составляются объемные таблицы и объемные тарифы необходимой конструкции. Эта задача автором учебника впервые решалась в конце 30-х и начале 40-х годов.

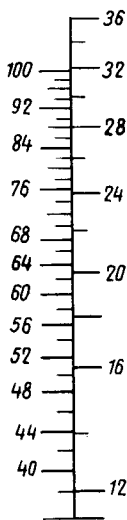
Для построения номограммы была использована основная формула, определяющая объем ствола,

$$V = ghf.$$

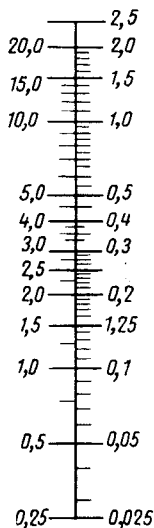
По исследованиям автора, видовое число ствола равняется

$$f = K + \frac{3K}{h}.$$

Диаметр ствола на
высоте груди, см



Объем ствола, м³



Высота, м

Породы

Ель, пихта, бук, кедр, шльм, дуб, ясень	сосна, лиственница, береза, осина, ольха
---	---

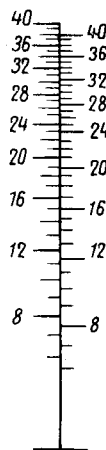


Рис. 58. Номограмма для определения объема стволов по диаметру $d_{1,3}$ и высоте ствола при делении основных древесных пород на две группы

Соответственно этому уравнению формула, определяющая объем ствола, будет следующей:

$$V = gh \left(K + \frac{3K}{h} \right) = g(3K + Kh). \quad (161)$$

Прологарифмировав уравнение $V = g(3K + Kh)$ и разделив обе половины уравнения пополам, получили следующее математическое выражение, на основе которого вычислены необходимые данные для номограммы объемов древесных стволов:

$$0,51gV = \frac{\lg g + \lg(3K + Kh)}{2}. \quad (162)$$

Приведенное математическое выражение рассматривалось как уравнение, определяющее длину срединной линии трапеции. Величины, входящие в уравнение, откладывали в соответствующую

щем масштабе на параллельных осях. В результате была построена номограмма (рис. 58). Построение номограммы в принципе сходно с построением шкал логарифмической линейки. В том и другом случае на соответствующие шкалы нанесены ло-

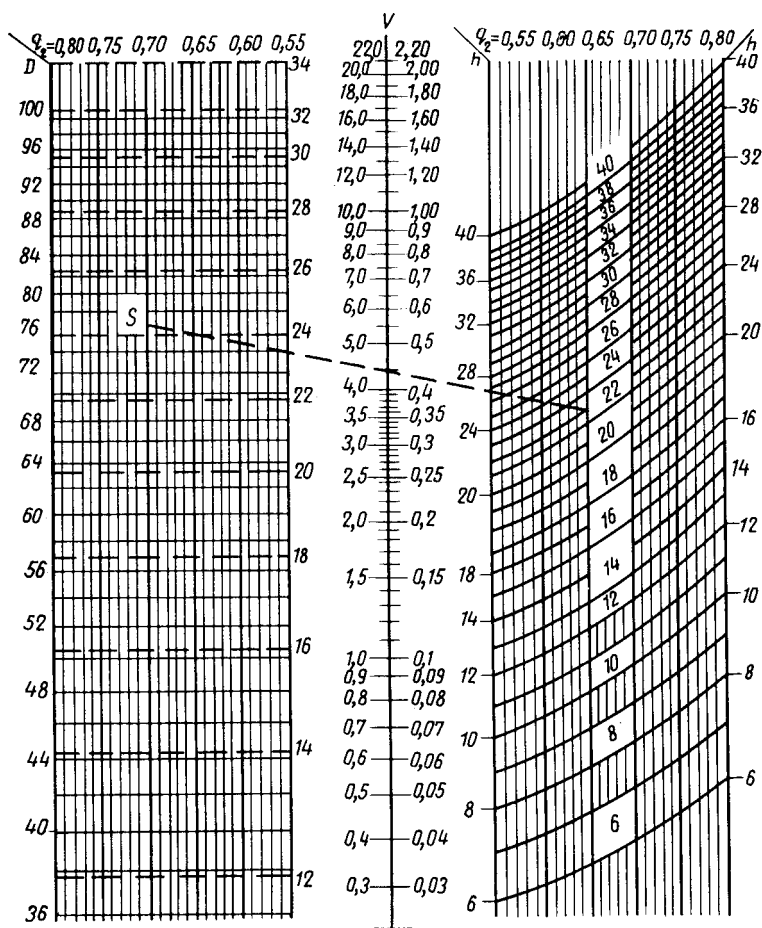


Рис. 59. Номограмма для определения объемов стволов по диаметру, высоте и коэффициенту формы

гарифмы чисел, а против делений, определяющих эти логарифмы, указаны числа.

Пользование номограммой предельно просто. Допустим, что нам надо найти объем сосны диаметром 24 см и высотой 20 м. На номограмму накладываем линейку с таким расчетом, чтобы ее край на левой шкале отсекал деление 24 см, а на правой крайней шкале деление 20 м. В этом случае средняя часть ли-

нейки на срединной шкале отсечет деление 0,40. Этому числу и будет равняться объем ствола в данном случае.

Рассмотренная нами номограмма позволяет определять объемы стволов средней формы.

Однако в практике лесного хозяйства может возникнуть необходимость определения объемов стволов при разных видовых

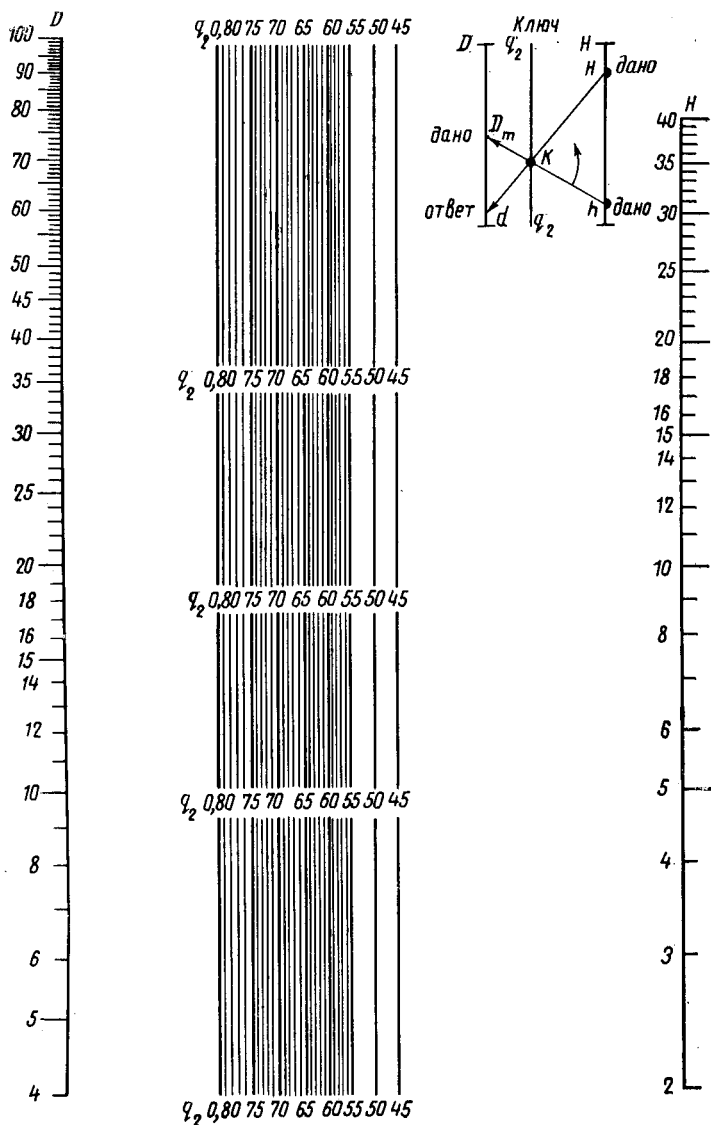


Рис. 60. Номограмма для определения сбега древесных стволов

числах. Имея в виду это обстоятельство, автор учебника разработал вторую номограмму, позволяющую находить объемы стволов, имеющие разные диаметры, высоты и видовые числа.

При составлении этой номограммы использована закономерность в изменении видовых чисел в зависимости от высоты и коэффициента формы, выраженная формулой Шиффеля.

Для нахождения объема ствола по этой номограмме (рис. 59) необходимо знать его диаметр на высоте груди, высоту и коэффициент формы. В левой сетке номограммы находят место пересечения линий заданного диаметра и коэффициента формы, а соответственно этим величинам в правой сетке — место пересечения кривых и вертикальных линий. На номограмму накладывают линейку с таким расчетом, чтобы край ее пересекал найденные точки. Точка, в которой линейка пересечет срединную шкалу, и покажет искомый объем ствола. На рисунке пунктирной линией показано положение линейки, при котором определяется объем ствола диаметром 24 см и высотой 22 м с коэффициентом формы 0,65. Средняя шкала показывает, что объем ствола этих размеров равен $0,43 \text{ м}^3$.

Таблицы сбega, составленные для стволов разных размеров и форм, очень громоздки. Поэтому мы считаем целесообразным заменить их номограммой (рис. 60). Предварительно были найдены уравнения, характеризующие образующую древесных стволов разной формы, затем путем логарифмирования этих уравнений и последующих геометрических построений составлена номограмма, в которой сочетаются все числовые показатели таблиц сбega.

При пользовании номограммой надо знать высоту ствола H , диаметр на высоте груди D и коэффициент формы q_2 . Допустим, что у таксируемого дерева эти показатели оказались следующими: $D=40$ см, $H=25$ см и $q_2=0,65$. По этим данным требуется определить диаметр поперечного сечения, находящегося на расстоянии 7 м от комля, или 18 м от вершины дерева. На номограмму кладут линейку с таким расчетом, чтобы ее левый конец на шкале диаметров D отсек деление, соответствующее заданному диаметру ствола на высоте груди, а правый конец на шкале высот H пересек деление, определяющее расстояние от заданного сечения до вершины ствола, в нашем примере равное $25-7=18$ м.

К краю линейки на срединную линию, соответствующую заданному коэффициенту формы q_2 , ставят острие карандаша и поворачивают вокруг него линейку до тех пор, пока ее правый конец не пересечет деления, определяющего заданную высоту ствола, т. е. 25 м. Левый конец линейки в этом случае совпадает с искомым диаметром ствола на расстоянии 7 м от комля. Диаметр окажется равным 32 см. Ключ к пользованию номограммой показан на схеме.

Номограммы позволяют находить объемы деревьев, имеющие разные диаметры, высоту и полндревесность, характеризуемую коэффициентами формы. Наряду с этим нами даны отдельные номограммы, заменяющие таблицы сбega. Таким образом, рассматриваемый вопрос у нас разработан более детально, чем в США.

§ 36. ОБЪЕМНЫЕ ТАРИФЫ

Практика русского лесного хозяйства в последней четверти XIX в. пришла к необходимости построения объемных таблиц по разрядам высот.

В целесообразности такого решения задачи в последние годы убедилась и западноевропейская практика лесного хозяйства. В курсе «Holzmesslehre» проф. М. Продана рассматривается вопрос о единственных, или объединенных, кривых высот (Einheits-höhenkurve — ЕНК), предложенных Видеманном, Лангом и др. (рис. 61). При этом указывается, что вместо фактической кривой высот каждого насаждения целесообразно при вычислении запаса с помощью объемных таблиц использовать единственную кривую высот (ЕНК). Последняя по своей идее является не чем

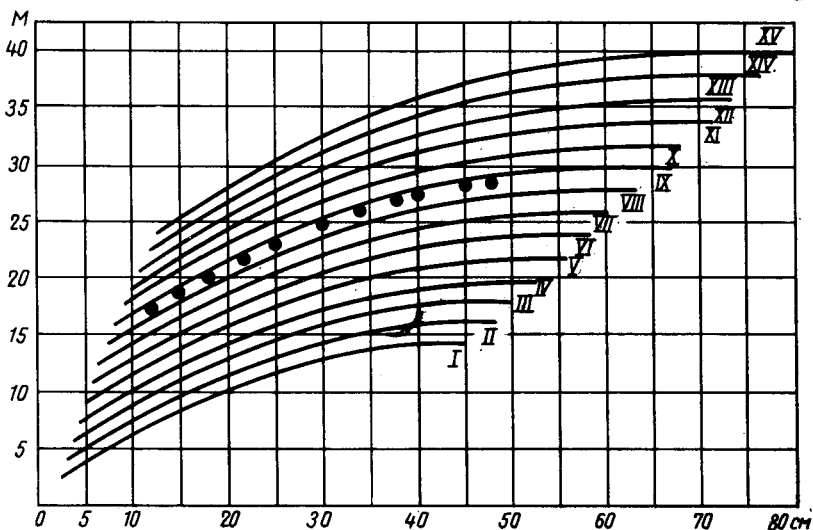


Рис. 61. Единственные кривые высот (ЕНК); I—XV — номера кривых

иним, как графиком высот для отдельного разряда, установленным в русских временных объемных таблицах в 80-х годах прошлого столетия. Таким образом, в разработке единственных кривых ЕНК приоритет принадлежит нашей отечественной таксационной технике.

Проф. М. Профан отмечает, что при вычислении запасов по объемным таблицам ЕНК должна быть «повешена» на средние диаметры и высоту таксируемого насаждения. После этого высоты для деревьев, относящихся к отдельным ступеням толщины, находят по единственной (нормальной) кривой высот. По заключению проф. М. Продана, отклонения фактической кривой высот от ЕНК в одновозрастных насаждениях не превышают $\pm 1-5\%$.

В развитие идеи ЕНК Лаером разработан метод рядов видовых высот и соответственно построена кривая видовых высот. В основу предложения Лаера положена ЕНК Видеманна и видовые числа для крупной древесины,

принятые в массовых таблицах Грунднера — Шваппаха. Они дают для каждой древесной породы hf как функцию диаметра.

Умножая площади сечения g по ступеням толщины на соответствующие hf и суммируя полученные результаты, в конечном итоге находят запас насаждения.

Построение рядов видовых высот показало, что у разных пород эти ряды подобны. У хвойных насаждений видовые высоты с увеличением диаметров деревьев могут уменьшаться.

Раздельное вычисление g и hf служит дополнительным контролем при определении объемов деревьев, так как g — математически точно определяемая величина, hf в смежных ступенях толщины близки между собой и имеют по всему диапазону размеров толщины незначительное закономерное изменение. Кривая видовых высот hf получается плоская и почти горизонтальная. Опыт показал, что принятие для всех размеров толщины деревьев одного среднего значения hf ведет к нахождению запаса насаждения, весьма близкого к запасу, определяемому по hf для отдельных ступеней толщины. Точность метода рядов видовых высот примерно равна точности ЕНК ($\pm 1-5\%$).

Опираясь на ЕНК и ряды hf , Шпиккер (Spiecker) построил единственные кривые объемов (Einheitsmassenkurven — ЕМК) для различных древесных пород. Такого рода объемы даны по ступеням средней высоты насаждений, и с учетом этого им присвоены соответствующие номера. С кривой объемов можно отсчитать объем одного ствола соответствующей ступени толщины.

Для одной и той же древесной породы при разной высоте деревьев ЕМК вычисляют путем умножения на постоянный коэффициент. Например, значения ряда объемов $F80$ в 2 раза больше величин ряда $F40$ (рис. 62). Таким образом, по одному стандартному ряду объемов можно находить объемы другого ряда, редуцируя при этом данные первого ряда на коэффициент, определяющий номер интересующего нас ряда объемов.

Шпиккер свои ЕМК для крупной древесины построил на основании уравнения

$$V = a + bg. \quad (163)$$

Объемы деревьев весьма часто рассматривают как функцию диаметров [$V=f(d_{1,3})$]. В этом случае исходят из допущения, что у каждой ступени толщины высота постоянна. Соответственно этому кривые высот оказываются также постоянными. При таком допущении можно построить таблицы, определяющие объемы в зависимости от одного диаметра.

Таксация отдельных насаждений по таким таблицам дает хорошие результаты. По этому принципу объединением многих

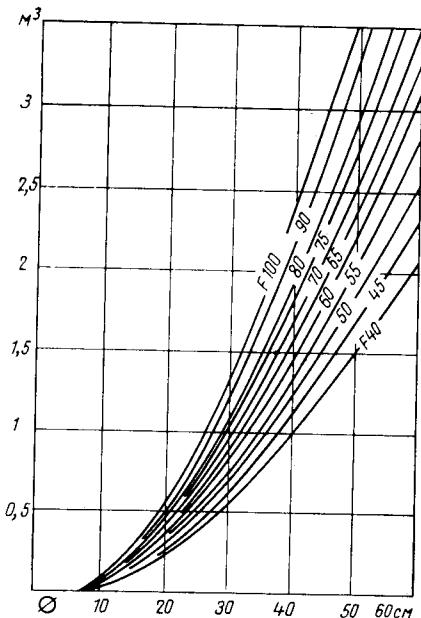


Рис. 62. Объемные тарифы

насаждений можно построить так называемые локальные тарифы.

При однородности условий местопроизрастания тарифы можно построить и для большого района. Например, проф. М. Проданом построены тарифы для условий юга ФРГ для насаждений выборочного хозяйства. Тарифы по детализированным разрядам высот составили Крутч и Лойтч. Эти тарифы основаны на ЕНК и на значениях видовых чисел, взятых из объемных таблиц. Названные авторы построили веср кривых (разрядов) единственных высот и соответственно 15 кривых объемных тарифов. Кривые объемов строились как функция древесной породы, диаметра и высоты. Тарифы Крутч—Лойтча хорошо выравнены. Они выведены из одного ряда с помощью редуционных коэффициентов. В дальнейшем Крутч подобным образом построил тарифы для 10 разрядов высот для разновозрастных насаждений. Для английских хвойных пород Гуммель построил единственные тарифы применительно к методике Шпиккера, основываясь на уравнении $V = a + bg$.

Проф. Кренн (ФРГ) пришел к выводу, что применение на практике ЕНК, ЕМК и рядов hf ведет к схематизации нахождения запаса насаждения, что хотя и незначительно, но уменьшает точность решения задачи. Имя это в виду, он разработал тарифы, обеспечивающие высокую точность определения запасов, удобное и надежное вычисление прироста насаждения. Тарифы Кренна определяют объем средних деревьев насаждения. Они основаны на выявлении для средних деревьев связей объема с диаметром, высоты с диаметром и видового числа с диаметром

$$V = f(d), h = f(d), F = f(d).$$

Проф. Кренн для деревьев равного среднего диаметра и высоты принял градации в объемах 12%, установив при этом три разряда объемов.

Для вычисления запаса насаждения по тарифам проф. Кренна сначала необходимо сделать перечет деревьев и затем найти среднюю высоту. Далее вычисляется средний диаметр. Соответственно высоте и среднему диаметру находят тариф насаждения, показывающий объем среднего дерева. Общий запас насаждения определяют путем умножения объема среднего дерева на число деревьев, оказавшихся при перечете. Сравнительное изучение точности запасов показало, что метод тарифов проф. Кренна и метод объемных таблиц одинаково точны.

Во Франции широкой известностью пользуются тарифы Альгана. Они удобны для практического применения. При пользовании ими необходимо выбрать лишь номер тарифа.

У хвойных пород Альган обнаружил следующие закономерности: дерево удесятерит свой объем, если его диаметр изменится с 20 до 50 см, с 25 до 65 см и с 30 до 80 см. Дерево увеличивает свой объем в 5 раз, если его диаметр изменится с 35 до 70 см. Дерево утраивает свой объем, если диаметр изменится с 60 до 100 см. Дерево удваивает свой объем, если диаметр изменится с 20 до 25 см, с 30 до 40 см, с 45 до 60 см и с 65 до 90 см.

Альган построил 20 тарифов (№ 1, 2, ..., 20) таким образом, что от любого тарифа до следующего дерева, имеющего диаметр 45 см, увеличивает свой объем на 0,001 м³.

№ тарифов	1	2	3	18	19	20
Объем деревьев в 0,001 м ³	0,9	1,0	1,1	2,6	2,7	2,8

Эти тарифы приведены в учебнике проф. Ж. Парде.

Номер тарифа деревьев бука при диаметре 45 см равен высоте, уменьшенной на 8 м.

При построении тарифов приняты 5-сантиметровые ступени толщины. Для каждой из них даются высоты и объемы всего дерева, включая и крону.

Французы установили закономерность, согласно которой объем деревьев ели и пихты диаметром 50 см равен высоте, деленной на 10: $V_{50}=h:10$. Эта же формула определяет объем лиственницы при диаметре 55 см.

§ 37. СОВРЕМЕННЫЕ ЗАПАДНОЕВРОПЕЙСКИЕ И АМЕРИКАНСКИЕ ОБЪЕМНЫЕ ТАБЛИЦЫ, ОБЪЕМНЫЕ ТАРИФЫ И МЕТОДЫ ИХ СОСТАВЛЕНИЯ

Графические методы. При составлении объемных таблиц в США широко используют графические построения.

В курсе „Forest mensuration and statistics” его автор Бетрам Хуш указывает, что составителю объемных таблиц приходится иметь дело с тремя переменными. Соотношение трех переменных может быть отображено в виде криволинейной поверхности, которую не представляется возможным изобразить графически в двух измерениях. При этом следует иметь в виду, что графическое решение становится непрактичным при наличии более трех переменных. Трудности для графического построения можно избежать, решая сначала задачу по установлению соотношения между двумя переменными при постоянстве третьей переменной.

После того как будет построена выровненная направляющая линия для одной независимой переменной, процедура повторяется с тем расчетом, чтобы получить выровненную направляющую для другой независимой переменной.

Следует отметить, что на вычерчивании этих кривых сказывается субъективное влияние исполнителя. Однако для последнего руководящим моментом является то обстоятельство, что объем в пределах класса высоты (Volume, Cubic Feet) изменяется как квадрат диаметра и что расстояние между кривыми изменяется прямо пропорционально высоте (Height Class feet) для каждого диаметра дерева на высоте груди ($d_{1.3}$, b , h , Inches). Вследствие этого кривые образуют гармонический ряд, стремящийся к аналогичным направлениям в пространстве. Отступления от этого правила оказываются обусловленными главным образом недостатком фактического материала.

В результате указанных графических построений получается гармоничный веер прямых линий, так как при одном и том же диаметре между объемом и высотой имеется линейная зависимость. В действительности благодаря варьированию формы стволов эта связь может оказаться криволинейной. С конечного графика снимают объемы. Их сводят в табулярную, или табличную, форму.

Другой графический метод был разработан Мейером. Он назван местом соотношения объемов и диаметров. Этот метод оказался пригодным для составления объемных таблиц, выраженных в досковых футах, для многих древесных пород.

Он исходит из предположения, что объемы V , выраженные в досковых футах, в пределах класса высоты характеризуются уравнением $V=ad+bd^2$, где d — диаметр на высоте груди, a и b — постоянные. При нанесении на график объемов, определяемых по этой формуле, получаем параболу, проходящую через начало координат.

Если обе половины приведенного уравнения поделить на диаметр d , то тогда получим следующее уравнение прямой линии:

$$\frac{V}{d} = a + bd. \quad (164)$$

При построении графика для каждого диаметра находят отношение V/d . По существу это означает, что мы определяем отношения постоянных

a и b на высоте дерева. Эти три два отношения легко графически, так как a и b оказываются линейно связанными с высотой:

$$V = a + bfd^2h, \quad (165)$$

где V — объем; d — диаметр на высоте груди; f — видовое число и h — высота дерева.

В этом и в других уравнениях для определения объема дерева следует находить постоянные a и b . Этот метод вызывает необходимость определения независимых переменных и объема ряда деревьев, используемых в качестве исходного материала.

Опираясь на результаты обмера деревьев, методом наименьших квадратов находят независимые постоянные уравнения. Хотя одно и то же модельное уравнение может сохраняться для большого числа древесных пород и условий местопроизрастания, параметры постоянных все же могут меняться.

Спурр нашел, что комбинированная формула $V = a + bd^2h$ дает весьма удовлетворительные результаты.

Приведенное выше изложение новых западноевропейских и американских методов построения объемных таблиц позволяет заключить, что при решении указанной задачи между объемообразующими факторами определяют функциональные зависимости, выражаемые соответствующими уравнениями.

Проф. М. Продан указывает, что, исходя из уравнения $V = ghf$, можно вывести многочисленные математико-статистические связи объема деревьев и запаса насаждения с коэффициентами формы, высотой, видовым числом, видовой высотой и диаметром на высоте груди. Эти связи позволяют определить объем деревьев и запас насаждения как функцию от указанных признаков и представить ее в виде графиков, объемных таблиц и тарифов.

М. Продан в результате всестороннего анализа приходит к выводу, что дисперсия значений, определяющих запас насаждений, равна 1—6%, а в среднем 3%. Такая величина дисперсии обеспечивает приемлемые для практики результаты.

В ряде стран почти одновременно был предложен аналитический способ составления объемных таблиц. Он опирается на выявление непосредственной связи объема V с объемообразующими факторами соответственно функции $V = f(d_{1,3}, h, q_2)$.

В 1935 г. в Чехословакии Ф. Корсунь внес предложение выравнять массу ствола как функцию диаметра ($d_{1,3}$) по формуле

$$V = kd_{1,3}^n, \quad (166)$$

или

$$V = kd_{1,3}^{m+n} \lg d_{1,3}, \quad (167)$$

Постоянные этих формул определялись способом наименьших квадратов.

Применительно ко второй из этих формул Ф. Корсунь составил местные массовые таблицы (тарифы) для карпатских девственных лесов. Позднее, совершенствуя методику составления массовых таблиц, Ф. Корсунь подверг критическому разбору формулу

$$V = h^m d_{1,3}^n k, \quad (168)$$

приведенную в американском учебнике по лесной таксации Bruce D. and Schumacher F. Forest mensuration. New-York — London, 1942.

Согласно этой формуле при $d_{1,3} = 0$ объем ствола также $V_0 = 0$, что теоретически неверно. В связи с этим Ф. Корсунь предложил модифицированную формулу

$$V = kh^m (d_{1,3} + 1)^n, \quad (169)$$

которую и применил при составлении объемных таблиц для самой главной древесной породы Чехословакии — сли. Постоянные k , m , n этой формулы были вычислены способом наименьших квадратов.

Проф. М. Продан отмечает, что наиболее употребительные уравнения и составленные по ним таблицы с двумя входами ($d_{1,3}$ и h) при установлении для отдельных пород некоторой средней формы. Уравнения и таблицы, в которых объем находится как функция одного $d_{1,3}$ или g , могут быть использованы для отдельных насаждений или для отдельных пород в пределах небольших районов.

§ 38. ОБЪЕМНЫЕ ТАБЛИЦЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ОБРАЗУЮЩЕЙ ДРЕВЕСНОГО СТВОЛА

Это направление в составлении таблиц выявилось после 1960 г. При составлении объемных таблиц Гейжбель применяет три кривые. В качестве основной использует кривую, правильно отображающую форму срединной части ствола. Эта кривая даст преувеличение в верхней части ствола и уменьшение у основания. Две дополнительные кривые вносят исправления в верхнюю часть ствола и в его основании.

В. Джурджу составил таблицы объемов стволов и их частей с помощью электронно-счетных машин на основе образующей ствола с аргументом в 15-й степени. Интегрирование даст уравнение объема в 31-й степени.

Применение электронных счетно-решающих машин, позволяющих в кратчайшие сроки производить вычисления по сложнейшим степенным формулам, коренным образом меняет технику составления таксационных таблиц, используемых при таксации леса в качестве нормативов. В этом случае исследователю нет необходимости в целях упрощения расчетов ограничиваться элементарными уравнениями, приближенно отображающими зависимость между таксационными величинами. Свои выводы он может основывать на массовом материале, учитывающем множественные связи.

§ 39. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА СУЧЬЕВ, КОРЫ И ВСЕЙ БИОМАССЫ

Объем сучьев может быть найден физическими способами измерения. В таксационной практике его определяют по объемным таблицам, в которых обычно объем сучьев выражен в процентах по отношению к объему ствола в коре.

У деревьев одной породы одинаковых высоты и диаметра процент объема сучьев с увеличением коэффициента формы уменьшается. С увеличением диаметра деревьев наблюдается увеличение процента объема сучьев. Проф. А. В. Тюрин предложил следующую формулу для определения процента объема сучьев у сосны:

$$p_a = 10 + 0,1d. \quad (170)$$

Эта формула дает удовлетворительные результаты в том случае, если с увеличением диаметра деревьев d коэффициент формы уменьшается.

Объем коры срубленных деревьев может быть найден как разность объемов ствола в коре и без коры. Объем коры, как и объем сучьев, часто выражают в процентах от объема ствола в коре.

С увеличением коэффициента формы при тех же высоте и диаметре процент коры уменьшается. Например, по таблицам Союзлеспрома у сосны высотой 29 м и диаметром на высоте груди 36 см кора при коэффициенте формы 0,71 составляет 10 %, при коэффициенте формы 0,65 12 %, при коэффициенте формы 0,59 15 %.

С увеличением диаметра и высоты, но при том же коэффициенте формы процент коры также уменьшается. Зависимость толщины коры от коэффициентов формы и диаметра на высоте груди d для стволов березы проф. А. В. Тюрин характеризует следующими уравнениями:

при коэффициенте формы 0,75

$$2K = 0,1d - 0,4, \quad (171)$$

при коэффициенте формы 0,66

$$2K = 0,1d - 0,1, \quad (172)$$

при коэффициенте формы 0,57

$$2K = 0,1d + 0,2, \quad (173)$$

где $2K$ — двойная толщина коры на высоте груди, см.

В табл. 23 приведены данные о проценте коры у отдельных древесных пород.

23. ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ДИАМЕТРОМ ДЕРЕВА И ПРОЦЕНТОМ КОРЫ

Порода	Процент коры при диаметре ствола на высоте груди, мм						
	16	20	24	28	32	36	40
Дуб	21	21	19	17	17	16	16
Сосна	13	13	13	13	12	12	12
Ель	11	11	10	10	10	10	9

С ухудшением условий местопроизрастания процент коры несколько увеличивается. Например, в массовых таблицах для дуба Iа разряда высоты кора составляет 15 %, в I и II разрядах — 17 %, III разряде — 18 %, IV разряде — 19 %, V разряде — 20 %.

В Чехословакии тщательное исследование объема коры и сучьев у ели провел Ф. Корсунь. Он определял у 200 деревьев объем в коре и без коры с повторным обмером по однометровым отрубкам; а объем сучьев находил с помощью ксилметра.

В своих расчетах он исходил из следующей простой формулы:

$$K = 100 \frac{V_{в/к} - V_{б/к}}{V_{в/к}}. \quad (174)$$

В развернутом виде объемы сортиментов можно выразить следующими уравнениями:

$$V_{в/к} = \frac{\pi D^2}{4} L \text{ и } V_{б/к} = \frac{\pi d^2}{4} L,$$

где L — длина бревен; D — диаметр в коре на середине длины сортимента; d — диаметр без коры в том же сечении.

Подставив в формулу (174) объемы, выраженные в зависимости от диаметра и длины сортиментов, получим следующую формулу:

$$K = 100 \frac{\frac{\pi}{4} D^2 L - \frac{\pi}{4} d^2 L}{\frac{\pi}{4} D^2 L} = 100 \frac{D^2 - d^2}{D^2}. \quad (175)$$

Разница диаметров в коре и без коры равна двойной толщине коры, где t означает толщину коры.

Соответственно этому формуле, определяющей процент коры, можно придать такой вид:

$$K = 100 \frac{D^2 - (D - 2t)^2}{D^2} = 400 \frac{t}{D} \left(1 - \frac{t}{D}\right). \quad (176)$$

Величина $\left(1 - \frac{t}{D}\right)$ близка к единице. В связи с этим, если пренебречь некоторой погрешностью, формула, определяющая процент коры, будет следующей:

$$K = 400 \frac{t}{D}. \quad (177)$$

Таким образом, процент коры равняется толщине коры, увеличенной в 400 раз и поделенной на величину диаметра сортимента.

На основе учета объема коры у 200 деревьев ели Ф. Корсунь пришел к выводу, что у толстых бревен кора составляет 10 %, у бревен средней толщины 11 %, у жердей от 12 до 15 %, в поленицах у колотых поленьев 9—11 %, у круглых поленьев от 10 до 13 % и, наконец, у хвороста 18 %.

В результате обработки полученных данных Ф. Корсунь предложил следующую формулу:

$$p_k = 12 - 0,12D. \quad (178)$$

По его данным, средний объем коры у ели равен 9,7 %.

Ф. Корсунь, обработав данные Флюри, получил уравнение, близкое к (178),

$$p_k = 11 - 0,04D. \quad (179)$$

Корсунь нашел, что процент объема сучьев зависит от отношения диаметра ствола к его высоте. Эту зависимость он выразил следующей формулой:

$$p_c = 17,4 \frac{D}{h} + 5,3. \quad (180)$$

где h — высота дерева, м.

Чтобы установить отношение диаметра к высоте D/h , надо диаметр D брать в 100 раз большим, т. е. число сантиметров в диаметре делить на число метров в высоте, не приводя эти величины к одной мере. Отношение D/n у ели меняется от 0,66 до 1,83, в среднем же равно 0,94. В среднем объем сучьев равен 10,7 % от объема ствола в коре.

В конечном итоге Корсунь пришел к следующим выводам:

1. Процент коры уменьшается с увеличением диаметра на высоте груди. При увеличении диаметра на 10 см количество коры уменьшается на 1 %.

2. С увеличением отношения диаметра на высоте груди к высоте дерева на 0,1 количество сучьев увеличивается на 2 %.

Данные об объеме коры и сучьев, полученные другими авторами, близки к данным Ф. Корсуни.

В последнее время возрос интерес к определению общих объемов деревьев, включая корни, пни, сучья, хвою и листья. Общие объемы, включающие все части отдельного дерева и целых насаждений, принято называть общей биологической массой.

Ее определение является довольно сложной задачей. Корни, пни, сучья и зеленые части деревьев по своей форме далеки от правильных стереометрических тел. Поэтому для нахождения их объемов исключается возможность применения законов стереометрии. Объемы корней, сучьев и зеленых частей дерева можно определить лишь путем применения километрического и вссового способов.

Корни, ветви, хвоя и листья, взятые в небольших количествах, сначала подлежат взвешиванию. После этого их погружают в воду. В итоге погружения находят их объем. Зная массу названных частей дерева и плотность древесины (допу-

стим, 1 дм³), путем деления первой величины на вторую определяют объем интересующих нас частей дерева. В конечном итоге находят общую биомассу дерева и целого насаждения.

При решении этой довольно сложной задачи важное значение имеет отбор проб изучаемых частей дерева. При этом надо добиться такого положения, чтобы отобранные пробы были типичны и представляли собой точно установленную часть от общего количества корней и зеленых частей дерева. Помимо анатомических особенностей каждой древесной породы ее плотность зависит от влажности. Последняя у срезанных частей дерева довольно быстро меняется. Это обстоятельство также следует учитывать при решении рассматриваемой задачи.

Учет всей биомассы является новой, малоизученной таксационной задачей. Для кардинального решения этой задачи необходимы специальные исследования, опирающиеся на массовый экспериментальный материал.

Объем корней и зеленой части дерева зависит от их размеров и условий местопрорастания. В итоге новых исследований должны быть найдены соответствующие зависимости (корреляционные связи) и посредством их установлены методы производственной таксации всей биомассы.