

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА СТВОЛА И ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА РАСТУЩИХ ДЕРЕВЬЕВ

О. А. ТРУЛЛЬ

(Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова)

Продуктивность отдельных деревьев или насаждений характеризуется степенью накопления запаса. Быстрое накопление объема отдельного дерева или совокупности деревьев свидетельствует о высокой продуктивности. В насаждениях или у отдельных деревьев, произрастающих на бедных по плодородию почвах, процесс накопления древесины в результате жизнедеятельности камбияльного слоя протекает медленно. Деревья в этих условиях имеют низкую продуктивность.

Ежегодное наращивание древесины на здоровых и частично на ослабленных стволах называется текущим приростом по запасу. Его определение производится в расчете на один год, однако n -летний период исследования может изменяться в пределах от 1 до 10 лет. В молодняках I класса возраста этот период составляет 1—3 года, в молодняках II класса возраста и средневозрастных насаждениях — 5 лет, в насаждениях старших возрастов — 10 лет. Уместно отметить, что выбор величины n -летнего периода не имеет существенного значения в тех случаях, когда годовые кольца на всем поперечном сечении или в зоне периода исследования однородны. В этом случае текущий прирост, получаемый как разница в объемах теперь и год назад, равен текущему приросту, получаемому как разность объемов теперь и n лет назад, деленная на число лет в n -летнем периоде.

Определение текущего прироста как разности объемов древесных стволов теперь и год назад может широко применяться при исследовании молодняков I класса возраста, при исследовании влияния удобрений или мелиораций на рост деревьев и насаждений, а также в ряде других случаев, когда ширина годового кольца четко выражена и доступна для измерения совершенными методами.

Известно, что в молодом возрасте накопление текущего прироста идет более энергично, чем у деревьев старших возрастов. Однако установление динамики текущего прироста отдельного ствола связано с рядом затруднений. Достаточно сказать, что для определения текущего прироста отдельного ствола Δv необходимо знать его объем V_{oc} теперь и n лет V_{a-n} назад.

Установить объем ствола на корню в настоящее время, а тем более n лет назад с высокой точностью очень трудно. В целом ряде случаев при установлении текущего прироста отдельных стволов, а по ним и целых насаждений прибегают к рубке деревьев. Текущий прирост на срубленных стволах устанавливается на основе полного или неполного анализа ствола. В тех случаях, когда необходимо установить динамику текущего прироста по отдельным периодам на протяжении всего возраста дерева, прибегают к полному анализу ствола. Когда необходимо узнать текущий прирост только за текущий период жизни дерева, останавливаются

на неполном анализе ствола с последующим его определением на основе секционной формулы срединного сечения. Эта формула требует ряда замеров диаметра, в том числе n лет назад, с применением приростного бурава или другого инструмента. Секционная формула срединного сечения дает хорошую точность определения текущего прироста (3—4%) отдельного ствола, требует множества замеров и пригодна только для срубленных стволов. Для растущих стволов она технически непригодна.

Решая задачу определения объемного текущего прироста для растущих стволов, мы пришли к выводу о необходимости такой формулы, где были бы такие удобные показатели, как диаметр, высота ствола и коэффициент объемности. С этой целью рассмотрим структуру формулы объема правильных тел вращения

$$V = \frac{G \cdot H}{m+1} \quad (1)$$

В данной формуле в числителе дан объем цилиндра с диаметром у основания, а в знаменателе — показатель формы образующих правильных тел вращения m . Заменяя площадь сечения через диаметр у основания, получим, что $V = 0,785 HD^2 : (m+1)$. Величину $0,785 : (m+1) = C$ назовем коэффициентом объемности. Общая формула определения объема правильных тел вращения примет вид:

$$V = C \cdot H \cdot D^2 \quad (2)$$

В формуле (2) объем зависит от высоты и диаметра, которые легко измеряются в натуре, а также от коэффициента объемности. Коэффициенты объемности для правильных тел вращения могут быть вычислены, так как m общеизвестны. Подставляя эти значения в формулу коэффициента объемности

$$C = \frac{0,785}{m+1} \quad (3)$$

получаем следующие их значения: цилиндр — $C_0 = 0,785$; кубический параболоид — $C_{0,67} = 0,471$; параболоид второго порядка — $C_1 = 0,393$; конус — $C_2 = 0,262$; нейлоид — $C_3 = 0,196$. Коэффициенты объемности даны с индексами, соответствующими показателям формы.

Применение коэффициентов объемности позволяет решать и обратную задачу. Исходя из формул (1—3), можно вычислять показатель формы правильных тел вращения с промежуточными значениями:

$$m = \frac{0,785}{C} - 1 \quad \text{или} \quad m = \frac{1}{1,273 C} - 1 \quad (4)$$

Подставляя в формулу (4) заданные значения C , получаем различные показатели формы. Из формулы (4) и табл. 1 видно, что коэффициент объемности зависит только от показателя формы образующей правильного тела вращения. Коэффициент объемности может быть вычислен косвенно без определения m по соотношению:

$$C = \frac{V}{1,273 \cdot G \cdot H} = \frac{V}{HD^2} \quad (5)$$

а также по формуле текущего прироста

$$\Delta v = C (HD^2 - hd^2),$$

откуда

$$C = \frac{\Delta v}{HD^2 - hd^2} \quad (6)$$

Для правильных тел вращения показатель формы константная величина, задаваемая следующим уравнением:

$$m = 2 (\lg D - \lg d) : (\lg H - \lg h).$$

Рассмотрим, в каком соотношении находится коэффициент объемности с видовым числом ствола. Преобразованием формул (1, 2) можно установить, что

$$C = 0,785 f. \quad (7)$$

Проведенный выше анализ базируется на свойствах правильных тел вращения при определении диаметра или площади сечения у их основания, отсюда и видовое число в формуле (7) в своей основе имеет цилиндр с диаметром, равным диаметру у основания правильного тела вращения. Такое видовое число в лесной таксации называется абсолютным видовым числом.

Таблица 1

Значения *m* и *C* правильных тел вращения

<i>m</i>	3,00	2,00	1,91	1,80	1,71	1,62	1,53	1,45	1,38	1,31
<i>C</i>	0,196	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34
<i>m</i>	1,24	1,18	1,12	1,07	1,01	1,00	0,96	0,91	0,87	0,83
<i>C</i>	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43
<i>m</i>	0,78	0,74	0,71	0,67	0,66	0,64	0,60	0,57	0,48	0,45
<i>C</i>	0,44	0,45	0,46	0,47	0,47	0,48	0,49	0,50	0,53	0,54

Измерение диаметров у основания практически неудобно. Заметим, что структура формулы (7) является общим случаем. Соотношение *C* и *f* остается константным при любых других условиях, когда диаметр измеряется на любой высоте. В этих случаях необходимо брать другие показатели объемности *C_n* и видового числа *f_n*. При изменении *C_n* и *f_n* коэффициент 0,785 всегда остается неизменным. Покажем это на примере параболоида второго порядка, когда диаметры измеряются на любых относительных высотах, равных 0, *nH*, в частности на 0,5*H*. Нормальное видовое число определяется по формуле

$$f_{0,n} = \frac{1}{m+1} [1 : (1 - 0,n)^m]. \quad (8)$$

По отношению к нашему примеру нормальное видовое число примет значение

$$f_{0,5} = 0,5 \cdot \frac{1}{1 - 0,5} = 0,5 \cdot 2 = 1,$$

т. е. доказывается, что формула объема $V = G_{0,5} \cdot H \cdot f_{0,5}$ превращается в простую формулу срединного сечения

$$V = G_{0,5} \cdot H = \gamma \cdot H.$$

В свою очередь показатель объемности можно записать:

$$C_{0,5} = \frac{G \cdot H}{m+1} : HD^2_{0,5} = \frac{0,785}{m+1} \cdot \frac{D^2_0}{D^2_{0,5}} = 0,785.$$

Формула (2) превращается в формулу объема с индексами 0,5, т. е. при измерении диаметра на половине ствола

$$V = C_{0,5} \cdot H \cdot D_{0,5}^2. \quad (9)$$

Подставляя значения $f_{0,5} = 1$ и $C_{0,5} = 0,785$ в формулу (7), мы видим, что равенство не нарушается, а коэффициент 0,785 является константной величиной для любых сечений. Для определения объемов стволов по указанным сечениям необходимо знать соответствующие им коэффициенты объемности C_n , которые могут быть вычислены по основным базовым диаметрам, взятым на относительных или абсолютных высотах (D_0 ; $D_{1,3}$; $D_{0,05H}$; $D_{0,1H}$; $D_{0,15H}$; $D_{0,25H}$; $D_{0,3H}$; $D_{0,35H}$; $D_{0,45H}$; $D_{0,5H}$; $D_{0,55H}$; $D_{0,65H}$; $D_{1,7H}$; $D_{0,75H}$... $D_{0,95H}$) исходя из показателя формы.

Таким образом, формула (7) является общей для всех коэффициентов объемности C_n и различных видов видовых чисел. В общем виде ее можно записать так:

$$C_n = 0,785 f_n. \quad (10)$$

Данная формула справедлива не только для правильных тел вращения, но и для древесных стволов различных пород.

Необходимо отметить, что древесный ствол тоже является телом вращения и отличается от правильных тел вращения тем, что его образующая не носит константного характера. Образующая древесного ствола имеет переменное значение показателя формы в процессе роста и развития. Так, значения различных C_n и f_n зависят только от степени изменчивости показателя формы древесных стволов. Для определения объема и текущего прироста стволов растущих на корню деревьев применим формулы:

$$V = C_{1,3} \cdot H \cdot D_{1,3}^2, \quad (11)$$

$$\Delta v = C_{1,3} (HD_{1,3}^2 - hd_{1,3}^2). \quad (12)$$

Для этого необходимо знать значения коэффициента объемности $C_{1,3}$ при базовом диаметре на высоте груди теперь и n лет назад и соответствующие им высоты. В данных формулах необходимо соблюдать размерность величин, для чего диаметры выражаются в метрах.

Процент объемного текущего прироста стволов стоящих на корню деревьев рекомендуется определять по формуле

$$P_{\Delta v} \approx \frac{100}{n} \cdot \frac{HD_{1,3}^2 - hd_{1,3}^2}{hd_{1,3}^2}. \quad (13)$$

Для правильных тел вращения $P_{\Delta v}$ не зависит от показателя формы, для древесных стволов при незначительном n этой зависимостью можно пренебречь. Исходя из общих теоретических положений, рассмотренных выше, объем ствола растущего на корню дерева, а также его прирост можно определять по формулам (2) и (6) при предварительном знании коэффициента C , определенного опытным путем.

В данной работе коэффициент объемности $C_{1,3}$ определен опытным путем по формуле

$$C_{1,3} = \frac{\Sigma \Delta v}{\Sigma HD_{1,3}^2 - \Sigma hd_{1,3}^2}. \quad (14)$$

Для вычисления $C_{1,3}$ использовался диаметр на высоте груди теперь и 5 лет назад, а также текущий прирост за этот период у 94 учетных стволов, обработанных по форме полного анализа ствола.

Так как форма древесного ствола изменяется в процессе роста и развития, то изменяется и коэффициент $C_{1,3}$, поэтому исследование его производилось в зависимости от возраста на учетных стволах, взятых в культурах сосны Ia класса бонитета (по общепониманной шкале), произрастающих на свежих супесчаных почвах, в борах зеленомошниках Корневской лесной дачи Ленинского лесничества в Гомельской области.

Учетные стволы взяты в насаждениях с полнотой 0,9 и охватывают возрасты от 5 до 50 лет. На каждой пробной площади бралось по 4—6 стволов с представительством по классам толщины. Так как число учетных стволов составило 94, а полный анализ произведен по пятилетиям, то расчетное число учетных стволов составило 437. На основании этого материала были вычислены средние значения коэффициента объемности $C_{1,3}$ (табл. 2) через текущий прирост и через объемы стволов. Значения $C_{1,3}$, вычисленные через текущий прирост и через объемы стволов, дают разные закономерности изменения. Так, коэффициент $C_{1,3}$, вычисленный через объемы, дает плавную гиперболическую линию, коэффициент $C_{1,3}$, вычисленный по приросту, дает кривую с точкой кульминации в 20 лет. Основываясь на этих данных, мы рекомендуем при исчислении объема и текущего прироста на растущих стволах пользоваться разными коэффициентами. Сравнивая коэффициенты объемности $C_{1,3}$, помещенные в табл. 2, со всеобщими коэффициентами объемности

Таблица 2

Средний коэффициент объемности $C_{1,3}$ стволов сосны, взятых в культурах Ia класса бонитета

Возраст, лет	$C_{1,3}$ по приросту, формула (14)	$C_{1,3}$ по запасу, формула (5) (без коры)	Варьирование $C_{1,3}$ по формуле (5), %
10	0,442	0,464	14,0
15	0,443	0,446	9,5
20	0,452	0,441	7,2
25	0,437	0,437	6,7
30	0,431	0,432	5,8
35	0,413	0,424	5,3
40	0,401	0,425	4,8
45	0,403	0,422	4,6

(табл. 3), полученными на базе всеобщих видовых чисел и формулы (7), мы видим, что они несколько завышены, что объясняется большей полндревесностью объемов стволов без коры в сопоставлении с объемами стволов в коре. Данные, помещенные в табл. 2, отображают полндревесность стволов сосны Ia класса бонитета без коры, что следует из анализа древесных стволов.

В заключение необходимо отметить, что формула

$$V = C_n H D_n^2,$$

а также формула по определению текущего прироста могут с успехом применяться при таксации стоящих на корню деревьев.

Всёобщие коэффициенты объемности С1.3 отдельных стволов по высотам и коэффициентам формы Q₂

Высота, м	Коэффициент формы																	
	0,55	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,80
12	0,318	344	349	354	360	364	370	376	382	386	393	400	405	412	419	425	432	445
14	0,311	337	342	348	352	358	368	370	376	382	389	395	401	407	414	421	427	461
16	0,305	331	337	342	348	353	359	365	371	378	385	391	397	404	411	418	424	458
18	0,301	327	333	339	345	350	356	363	369	376	382	388	395	401	408	414	422	456
20	0,298	324	330	336	341	348	353	360	366	373	379	385	393	399	406	412	419	455
22	0,294	321	327	333	339	345	351	357	363	371	377	383	390	396	403	410	417	452
24	0,291	319	325	330	337	342	349	355	361	368	374	381	388	395	401	408	415	451
26	0,288	316	323	328	334	340	346	352	360	365	373	379	385	393	400	407	414	450
28	0,286	315	321	327	333	338	345	351	358	364	371	378	385	392	399	407	414	451
30	0,283	313	319	325	331	337	343	350	356	363	370	377	384	391	398	405	412	451