

М., 1971.— Вып. 5.— С. 67—76. [4]. Жуков А. М. Грибные болезни лесов верхне-Приобья.— Новосибирск: Наука, 1978.— 247 с. [5]. Ирошников А. И. Селекция хвойных пород Сибири.— Красноярск: Ин-т леса и древесины, 1978.— 190 с. [6]. Ирошников А. И. Актуальные проблемы лесной генетики и селекции // Лесоведение.— 1987.— № 3.— С. 3—10. [7]. Любавская А. Я. Лесная селекция и генетика.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 285 с. [8]. Мелехов И. С. Лесоведение.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 406 с. [9]. Негруцкий С. Ф. Корневая губка.— М.: Агрпромпиздат, 1986.— 197 с. [10]. Озолин Г. П. Селекция древесных пород для защитного лесоразведения.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 152 с. [11]. Правдин Л. Ф. Научные основы селекции хвойных древесных пород.— М.: Наука, 1978.— 190 с. [12]. Правдин Л. Ф. Проблемы современной лесной генетики и селекции // Вопросы лесной генетики и фитоценологии.— М.: Наука, 1983.— С. 5—82. [13]. Селекция древесных пород / П. И. Молотков, И. П. Патлай, Н. И. Давыдова и др.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 222 с. [14]. Синадский Ю. В. Сосна. Ее вредители и болезни.— М.: Наука, 1983.— 338 с. [15]. Федоров Н. И. Биология *Fomitopsis annosa* (Fr.) Karst. и *Phellinus tremulae* Bond. et Borriss. и патологическая физиология сосны обыкновенной и осины: Автореф. дис... докт. биол. наук.— Минск, 1970.— 44 с. [16]. Чураков Б. П. Зараженность фитопатогенными грибами различных форм сосны обыкновенной в ленточных борах Алтая // Лесоведение.— 1986.— № 2.— С. 62—67. [17]. Klebahn, Kulturversuche mit Rostpilze Bericht (1916—1924) // Zeitschr. Pflankrankheit, 34, 1924.

Поступила 21 декабря 1987 г.

УДК 630\*524

## ОЦЕНКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИРОСТА И ОТПАДА ЛЕСА ПРОФ. П. В. ВОРОПАНОВА

Н. К. ТЕСЛЮК

ВНИПИЭИлеспром

В 1976—1982 гг. проф. П. В. Воропановым опубликован ряд работ по определению прироста и отпада насаждений, в которых основной упор сделан на использование в расчетах уже составленных таблиц хода роста насаждений ([1—3] и др.).

По поручению Минлесбумпрома СССР в целях сырьевого обеспечения лесозаготовок при дефиците спелых насаждений ВНИПИЭИлеспром проводил работы по определению ресурсов древесного отпада в лесах СССР. Были проанализированы методы определения древесного отпада с использованием материалов учета лесного фонда. Установлено, что теоретические предложения П. В. Воропанова во многих случаях не отражают реально происходящих процессов, хотя и подтверждаются с допустимой в лесной таксации точностью рядом таблиц хода роста и результатами измерений на постоянных пробных площадях. Поэтому они нуждаются в дальнейшем развитии. Их основу составляют сравнительно простые формулы определения текущего прироста и размеров среднего дерева в отпаде.

Сам П. В. Воропанов [2] отмечал, что «предлагаемый... метод позволяет придать истинные размеры текущего прироста по запасам всех таблицах хода роста насаждений. Его можно использовать, когда текущий прирост еще не установлен автором таблиц или когда возникают сомнения в достоверности указанных в таблицах размеров текущего прироста. Он применим также при составлении новых таблиц, когда в качестве исходных данных взяты два таксационных признака: запас и количество деревьев в насаждении».

Текущий прирост запаса древостоя в возрасте  $A$  лет за последние  $n$  лет по П. В. Воропанову определяется по формуле

$$Z_M^{\text{тек}} = Z_V^{\text{тек}} N_A = N_A (V_A - V_{A-n}), \quad (1)$$

где  $Z_V^{\text{тек}}$  — текущий объемный прирост за  $n$  лет среднего дерева в древостое возраста  $A$  лет;

$N_A$  — число деревьев в древостое возраста  $A$  лет;  
 $V_A$  и  $V_{A-n}$  — объемы среднего дерева насаждения в возрасте  $A$  и  $A-n$  лет.

Эта формула соответствует формуле ОСТ 56—73—84 [4] для определения периодического текущего прироста запаса древостоя по наличным деревьям

$$Z_{M_A}^n = M_A - m_{A-n}, \quad (2)$$

где  $M_A$  — запас древостоя в настоящее время;

$m_{A-n}$  — запас наращивания (запас этих же деревьев  $n$  лет назад).

Это соответствие наблюдается, если в формуле запаса наращивания принять, что объем среднего дерева в остающейся части насаждения ( $V_{A-n}^{\text{ост. ч}}$ ) равен объему среднего дерева всего насаждения, например, в возрасте  $A-n$  лет ( $V_{A-n}$ ):  $V_{A-n}^{\text{ост. ч}} = V_{A-n}$ .

Тогда

$$m_{A-n} = V_{A-n}^{\text{ост. ч}} N_A = V_{A-n} N_A,$$

а

$$\begin{aligned} Z_{M_A}^n &= M_A - m_{A-n} = M_A - V_{A-n} N_A = N_A V_A - V_{A-n} N_A = \\ &= N_A (V_A - V_{A-n}) = Z_{M}^{\text{тек}}. \end{aligned}$$

Однако между  $V_{A-n}^{\text{ост. ч}}$  и  $V_{A-n}$  могут иметь место различные соотношения. В молодом древостое  $V_{A-n}^{\text{ост. ч}}$  больше, чем  $V_{A-n}$ , так как в это время отпадают отставшие в росте угнетенные деревья, имеющие относительно малые объемы стволов. В старовозрастных насаждениях ветром вываливаются больше всего выделяющиеся из общего полога деревья, сильно парусящие за счет большей высоты и более широкой кроны. Поэтому при вывале крупномерных деревьев в предстоящие  $n$  лет  $V_{A-n}^{\text{ост. ч}}$  меньше, чем  $V_{A-n}$ . Очевидно, что соответствие формул (1), (2) может иметь место в более старших насаждениях, чем молодняки.

Другая формула периодического текущего прироста запаса древостоя, определяемого по деревьям, составляющим древостой  $n$  лет назад, имеет вид:

$$Z_{M_{A-n}}^n = M_A - M_{A-n} + M_n^{\circ}, \quad (3)$$

где  $M_{A-n}$  — запас древостоя  $n$  лет назад;

$M_n^{\circ}$  — запас деревьев отпада за прошедшие  $n$  лет.

Для сравнения с формулой (1) П. В. Воропанова выразим в ней  $M_{A-n}$  как произведение  $N_{A-n} V_{A-n}$ . В свою очередь, число деревьев, составляющих древостой  $n$  лет назад ( $N_{A-n}$ ), складывается из оставшихся ( $N_A$ ) и отпавших ( $N_n^{\circ}$ ) деревьев:  $N_{A-n} = N_A + N_n^{\circ}$ . Тогда

$$M_{A-n} = V_{A-n} (N_A + N_n^{\circ}) = N_A V_{A-n} + N_n^{\circ} V_{A-n}.$$

Запас отпада  $M_n^{\circ}$  складывается из запаса отпавших деревьев, еще росших  $n$  лет назад ( $M_{A-n}^{\circ}$ ), и текущего прироста на них до момента отпада ( $Z_n^{\circ}$ ):

$$M_n^{\circ} = M_{A-n}^{\circ} + Z_n^{\circ} \text{ или } M_n^{\circ} = N_n^{\circ} V_{A-n}^{\circ} + Z_n^{\circ}.$$

Подставляя эти выражения в формулу (3), получаем:

$$Z_{M_{A-n}}^n = M_A - M_{A-n} + M_n^0 = N_A V_A - N_A V_{A-n} - N_n^0 V_{A-n} + \\ + N_n^0 V_{A-n}^0 + Z_n^0$$

или

$$Z_{M_{A-n}}^n = N_A (V_A - V_{A-n}) + N_n^0 (V_{A-n}^0 - V_{A-n}) + Z_n^0. \quad (4)$$

Из этого преобразованного выражения видно, что формула (1) П. В. Воропанова входит составной частью в формулу текущего прироста насаждения (3), (4). К ней добавляются величины  $K = N_n^0 (V_{A-n}^0 - V_{A-n})$  и  $Z_n^0$ . Величина  $Z_n^0$  всегда положительна (текущий прирост на отпавших деревьях), а  $K$  может быть разной по знаку. Если отпадают в основном крупномерные деревья ( $V_{A-n}^0 > V_{A-n}$ ), она положительна, а если угнетенные тонкомерные ( $V_{A-n}^0 < V_{A-n}$ ) — отрицательна. Если же объем среднего дерева отпада равен объему среднего дерева насаждения ( $V_{A-n}^0 = V_{A-n}$ ), то истинный текущий прирост по формуле (3) больше, чем по формуле (1) П. В. Воропанова, на величину  $Z_n^0$ . Это же наблюдается, когда отпадают в основном крупномерные деревья.

При нормальном росте постепенно усыхают преимущественно угнетенные тонкомерные деревья, их прирост  $Z_n^0$  очень мал и своей положительной величиной не может перекрыть отрицательной в этом случае величины  $K$ . Тогда истинный текущий прирост по формулам (3), (4) получается меньше, чем по формуле (1), т. е. при нормальном росте насаждений формула П. В. Воропанова завышает прирост. К периоду спелости многие крупные деревья могут поражаться и отпадать быстрее, чем находящиеся под их защитой деревья меньших размеров. В этом случае может быть верной и формула П. В. Воропанова.

Можно отметить следующие противоречия при определении П. В. Воропановым объема среднего дерева в отпаде ( $V_A^0 = V_{A-n}$  — объем среднего дерева отпада в возрасте  $A$  лет равен объему среднего дерева насаждения в возрасте  $A - n$  лет):

согласно этому выражению, объем среднего отпавшего дерева не возрастает при увеличении рассматриваемого  $n$ -летнего периода;

в древостое прирастают только остающиеся деревья, а отпадающие не прирастают и внезапно отпадают в самом начале  $n$ -летнего периода;

наоборот, средний прирост одного дерева исчислен П. В. Воропановым не по остающейся части древостоя, а через разницу средних объемов деревьев всего древостоя, т. е. в предположении, что и отмирающие деревья прирастают.

Все это и привело к неправильному выражению объема среднего дерева отпада. Хотя П. В. Воропанов и приводит для иллюстрации данные из семи таблиц хода роста, однако они во многих случаях не подтверждают его теоретических выводов. Например, по табл. В. Д. Арещенко для осины БССР Ia класса бонитета  $V_{A-n} = 1,16 \text{ м}^3$  в возрасте 65 лет, а  $V_A^0 = 1,59 \text{ м}^3$  в возрасте 70 лет при  $n = 5$  лет. Разница в  $0,43 \text{ м}^3$  более чем существенна. Такие примеры наблюдаются многократно.

Отпад по методу П. В. Воропанова определяется умножением процентов отпада для различных древесных пород на общие запасы стволовой древесины, данные по которым имеются в материалах периодически повторяемых учетов лесного фонда

$$M_1^0 = MP^0, \quad (5)$$

где  $M_1^o$  — объем ежегодного древесного отпада стволовой древесины в коре;

$M$  — общий запас стволовой древесины;

$P^o$  — процент отпада по породам и группам возраста.

Проценты отпада установлены П. В. Воропановым по имеющимся таблицам хода роста высокополнотных насаждений, а данные учетов лесного фонда являются смешанными значениями для насаждений различных полнот, встречающихся в природе. Правомерность использования процентов отпада для насаждений неопределенной полноты должна быть соответствующим образом обоснована. Поэтому разберем этот вопрос в методическом плане. Запас фактического насаждения выразим формулой

$$M^{\Phi} = \Pi M_n, \quad (6)$$

где  $\Pi$  — полнота фактического насаждения;

$M_n$  — запас нормального насаждения (при полноте 1,0).

Подставляя в формулу (3) выражение П. В. Воропанова (1) и (6), получаем:

$$\begin{aligned} M_n^o &= Z_{M_{A-n}}^n - M_A + M_{A-n} = Z_M^{\text{тек}} - M_A + M_{A-n} = \\ &= N_A V_A - N_A V_{A-n} - M_A + M_{A-n} = M_A - N_A \frac{M_{A-n}}{N_{A-n}} - M_A + \\ &+ M_{A-n} = \frac{1}{\Pi} \left( M_A^{\Phi} - \frac{N_A}{N_{A-n}} M_{A-n}^{\Phi} - M_A^{\Phi} + M_{A-n}^{\Phi} \right) = \\ &= \frac{1}{\Pi} M_n^{\text{оф}} = M_{A-n} \left( 1 - \frac{N_A}{N_{A-n}} \right), \end{aligned}$$

т. е. отпад в фактическом насаждении равен отпаду в нормальном насаждении, умноженному на полноту. Отсюда, в свою очередь, вытекает, что процент отпада не зависит от полноты:

$$P^o = \frac{M_1^o}{M} = \frac{M_1^{\text{оф}} \Pi}{M^{\Phi} \Pi} = \frac{M_1^{\text{оф}}}{M^{\Phi}}. \quad (7)$$

Очевидно, из-за упрощенности формулы П. В. Воропанова (1) такой вывод не соответствует реальности. В редкостойных насаждениях, например садового типа, отпада почти нет из-за отсутствия угнетения, конкуренции, достаточности всех внешних факторов для жизнедеятельности каждого дерева. Процент отпада приближается здесь к нулю. Проверка по таблицам хода роста А. И. Тюрина, В. И. Левина, И. И. Гусева и Д. А. Миловановича для сосны III класса бонитета показывает, что существенные различия в процентах отпада из-за полноты действительно есть. Например, в возрасте древостоя 90 лет минимальный процент равен 0,98 (И. И. Гусев), а максимальный — 1,47 (А. И. Тюрин), в 140 лет минимум — 0,50 (А. И. Тюрин), максимум — 0,90 (В. И. Левин) и т. д.

Для ориентировочных расчетов величины отпада как ресурса промежуточного пользования применение процентов отпада допустимо только для высокополнотных насаждений (полнота 0,8...1,0, в среднем около 0,9), в которых и проводятся рубки ухода. Запас ежегодного отпада в высокополнотных насаждениях

$$M_{0,9}^o = M_{0,9} P^o, \quad (8)$$

где  $M_{0,9}$  — запас высокополнотных насаждений.

По материалам учетов лесного фонда нельзя непосредственно определить долю запасов высокополнотных насаждений. Там приводятся лишь площади покрытых лесом земель, занятых насаждениями разной полноты. Ориентировочно можно провести вычисления на основе следующих допущений. Обозначим запас на 1 га лесного фонда при нормальной полноте как  $M_n$ . Тогда запас высокополнотных насаждений лесного фонда определится по формуле

$$M_{0,9} = 0,9M_n F_{0,9},$$

где  $F_{0,9}$  — площадь под высокополнотными насаждениями.

Запас всего лесного фонда равен сумме запасов высоко-, средне- и низкополнотных насаждений и соответственно выражается следующим образом:

$$M = M_{0,9} + M_{0,6} + M_{0,35} = 0,9M_n F_{0,9} + 0,6M_n F_{0,6} + 0,35M_n F_{0,35}.$$

Поэтому

$$\frac{M_{0,9}}{M} = \frac{0,9F_{0,9}}{0,9F_{0,9} + 0,6F_{0,6} + 0,35F_{0,35}},$$

а

$$M_{0,9}^0 = M_{0,9} P^0 = \frac{0,9P^0 M F_{0,9}}{0,9F_{0,9} + 0,6F_{0,6} + 0,35F_{0,35}}. \quad (9)$$

Определенная таким путем величина отпада в высокополнотных насаждениях, являющаяся своего рода расчетным размером промежуточного пользования, в 2—3 раза меньше данных, полученных П. В. Воропановым для всего лесного фонда. Например, в европейско-уральской части СССР ежегодный древесный отпад в коре составляет в хвойных насаждениях 63,2 млн м<sup>3</sup>, в твердолиственных — 15,4 млн м<sup>3</sup>, в мягколиственных — 67,2 млн м<sup>3</sup>. Эти цифры должны уточняться введением поправок на существенную долю низкопродуктивных насаждений низших классов бонитета, на низкий выход ликвидной древесины и т. п.

Предлагаемые формулы могут быть использованы для определения прироста древостоев, а также отпада по материалам учета лесного фонда областей и экономических районов с учетом породного состава лесов. В целом методика П. В. Воропанова по исправлению существующих таблиц хода роста насаждений должна дополняться натурными исследованиями фактических размеров отпада и текущего прироста на отпадающих деревьях с учетом местных специфических особенностей.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Воропанов П. В. Расчет размеров среднего дерева в отпаде насаждения // Лесн. журн.—1976.—№ 6.—С. 22—25.—(Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Воропанов П. В. Размеры истинного текущего прироста по запасу, получаемые по таблицам хода роста насаждений // Лесн. хоз-во.—1978.—№ 11.—С. 53—57. [3]. Воропанов П. В. О нормативно-технической базе для расчета промежуточного пользования в сосновых молодняках европейской части СССР // Лесн. журн.—1982.—№ 6.—С. 42—48.—(Изв. высш. учеб. заведений). [4]. ОСТ 56—73—84. Таксация и лесоустройство. Прирост древесины в древостое. Классификация и символика, основные расчетные формулы. Термины и определения.—М.: Гослесхоз СССР, 1984.—8 с.

Поступила 8 октября 1986 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630\*37 : 625.711.84

МЕТОДИКА УЧЕТА ПРИВЕДЕННЫХ МАСС ПОКРЫТИЯ  
ПРИ ОЦЕНКЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ С ДОРОГОЙ

А. В. ЖУКОВ, С. С. МАКАРЕВИЧ, Л. Ф. ДОРОНИН,  
К. Б. АБРАМОВИЧ, Е. А. БОРОДИЧ

Белорусский технологический институт

В настоящее время, в связи с повышением интенсивности, скорости движения и грузоподъемности автопоездов, все более актуальной становится оценка динамического взаимодействия транспортных средств и дороги, при котором в колебания вовлекается значительный объем материалов, составляющих дорожную конструкцию.

Как свидетельствует анализ литературных источников, при изучении вертикальной динамики транспортных средств, в частности лесовозных автопоездов, как правило, не учитывают упругие свойства дорожных материалов и их приведенные массы. Анализ исследований, выполненных рядом авторов [1—3, 8], показывает, что способы определения приведенных масс могут быть различными и до настоящего времени они окончательно не разработаны.

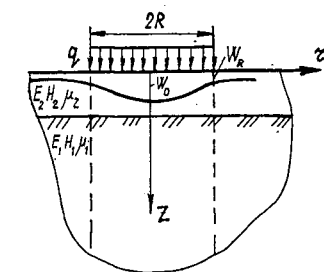


Рис. 1. Расчетная схема определения приведенных масс

Рассмотрим предложенный нами способ определения приведенной к колесам авто-транспортного средства массы двухслойной

дорожной конструкции, представленной однородным упруговязким слоем и полупространством, на которую действует постоянная во времени вертикальная нагрузка, равномерно распределенная по площади круга радиусом  $R$  (рис. 1).

Примем, что в колебаниях участвует только масса слоев дорожной конструкции в виде цилиндра, расположенного под отпечатком колеса. Перемещения в центре обозначим  $W_0$ , а на краю отпечатка  $W_R$ . Тогда перемещение в произвольной точке  $0 \leq r \leq R$  на поверхности можно аппроксимировать уравнением прямой

$$W_r = W_0 - kr, \tag{1}$$

где  $k = \frac{W_0 - W_R}{R}$ .

Изменение перемещений по глубине выразим экспонентой, т. е.:

$$W_z = W_r e^{-\lambda z}, \tag{2}$$

где  $\lambda$  — постоянный коэффициент.

Учитывая (1) и (2), можно записать:

$$W_{zr} = e^{-\lambda z} (W_0 - kr). \tag{3}$$