

Рис. 2. Изменение вероятности удаления намеченных к рубке деревьев в зависимости от вылета манипулятора при однократной обработке площадок в древостоях возраста: А — 20 лет; Б — 50 лет; В — 80 лет; 1 — по уравнению (1); 2 — (18); 3 — (19); 4 — по уравнению (20)

Результаты расчетов представлены на рис. 2.

Расчеты по уравнению (1) дают величины вероятности на максимальном вылете, т. е. минимальные значения. При вычислениях по остальным уравнениям получаются средние величины вероятности при обработке всей площадки  $F$ .

Причем все полученные данные по существу характеризуют работоспособность лесозаготовительной машины манипуляторного типа при

однократной обработке площадок  $F$  (при разовом движении манипулятора с ЗСУ по одному направлению). Установлено, что одноразовая обработка дает неудовлетворительные с лесоводственной стороны результаты.

Возможное положительное решение — двукратная и большая обработка площадок  $F$  с разных стоянок машины.

Поступила 17 апреля 1985 г.

УДК 630\*383

## НОВЫЙ СПОСОБ РАЗМЕЩЕНИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ ПУТЕЙ В СЫРЬЕВЫХ БАЗАХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Б. А. ИЛЬИН

Ленинградская лесотехническая академия

Ранее [1—5] были изложены предпосылки для разработки оптимизационного метода размещения в лесу лесовозных путей. В его основу положен весьма экономичный принцип использования дорожных конструкций с переменной единичной стоимостью строительства технологических путей (веток и усов), теоретически рассмотренный в [4] и обеспечивающий снижение единовременных затрат на постройку дорог до 40 %, а приведенных затрат — до 15 %.

Практический опыт показал, что принятое в теории непрерывное уменьшение единичной стоимости строительства ветки от пункта примыкания к магистрали в глубь массива целесообразно заменить ступенчатым с использованием на каждой ветке летнего действия нескольких видов дорожных конструкций — наиболее прочной и дорогой на головном участке, менее прочной и более дешевой на промежуточных и наиболее дешевых на глубинном участке (рис. 1).

При использовании «глубинной» схемы освоения лесного массива, при которой магистраль строится сразу на всю длину [4], применение

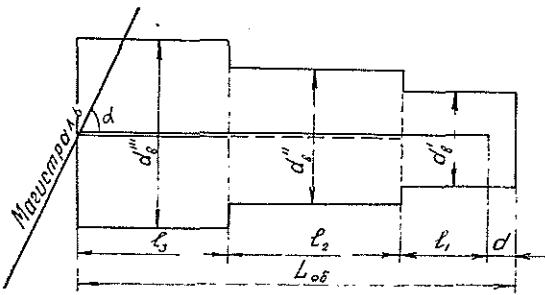


Рис. 1. Расчетная схема зоны тяготения лесных грузов к ветке, имеющей три различные дорожные конструкции

переменных по единичной стоимости дорожных конструкций на магистралях также дает весьма большой экономический эффект.

Работу по размещению лесовозных путей нужно начинать с выбора типа транспорта и дорожных конструкций для магистрали и веток. При длине веток более 10 км для них необходимо отобрать не менее трех видов конструкций с определением для каждой стоимости строительства 1 км пути и 1 м<sup>3</sup> · км полезной грузовой работы на вывозке леса (учитываются только переменные затраты, зависящие от расстояния вывозки). Часть сырьевой базы лесозаготовительного предприятия должна быть выделена для освоения в зимнее время. При этом, как правило, на ветках сезонного зимнего действия, отличающихся низкой стоимостью строительства, нецелесообразно использовать различные дорожные конструкции.

Следующий этап работы — выбор системы размещения лесовозных путей (СРЛП) в зависимости от основных размеров лесного массива:  $S_{об}$  — общей лесной площади, км<sup>2</sup>;  $A$  — длины массива, измеренной по направлению лесного грузопотока, км;  $\gamma_0$  — концентрации запасов лесного сырья на единице площади массива (с учетом прироста спелого и приспевающего леса за срок эксплуатации массива). При этом важную роль играет коэффициент формы массива, определяемый отношением:

$$m = \frac{S_{об}}{A^2}. \quad (1)$$

Выполненный в [2] анализ показал, что при  $m \leq 0,4 \dots 0,5$  и ограниченной величине  $S_{об}$  лучшей будет вильчатая система путей. Для СРЛП в елочку (или комбинированной) и с двумя расходящимися магистралями значения принятого в [2] основного оценочного параметра — средневзвешенного расстояния вывозки леса в точку выхода лесного грузопотока из лесного массива — при  $m = 1,0 \dots 2,5$  оказались весьма близкими.

Нами были выполнены расчеты приведенных затрат для вариантов применения СРЛП в елочку и с двумя магистралями, показавшие, что при  $0,5 < m \leq 1,5 \dots 1,8$ , как правило, выгоднее применять СРЛП в елочку, при большем значении  $m$  — с двумя магистралями. Использование последней СРЛП становится выгодным уже при  $m = 1,2 \dots 1,4$ , если одна из магистралей является дорогой зимнего действия.

После выбора СРЛП следует перейти к определению наимыгоднейшего местоположения («экономической» трассы) магистрального пути. Этот вопрос достаточно подробно рассмотрен в [5].

Размещение веток намечают на карте лесного массива, где показано наличие лесосырьевых ресурсов с различной концентрацией на единице площади (достаточно разбивка их на три градации — с небольшой, средней и высокой концентрацией) и нанесено местоположение магистрального пути. Для выполнения этого завершающего этапа работы необходимо, прежде всего, определить следующие расчетные параметры: оптимальную ширину зон тяготения запасов леса к глубинным  $d'_в$ , промежуточным  $d''_в$  и головным участкам веток —  $d'''_в$ , оптимальную длину глубинных  $l_1$ , промежуточных  $l_2$  и головных участков  $l_3$  и оптимальные углы примыкания веток к магистрали  $\alpha$ .

Расстояние  $d$  от конца веток до границы массива (см. рис. 1) можно принять равным либо половине расстояния между усами, либо  $0,5d'_в$  (в этом случае на участке  $d$  необходимо строить ус).

Значения  $d_в$  (с индексами) следует определять по несколько уточненной формуле из [4]

$$d_в = \sqrt{\frac{[(C_в + 0,67B_вr_в)\beta - (C_{ус} + k_{ус}B_{ус})]k_{с.п} - 2C_{тр.в} - 2\frac{K_{п.п}}{l_{п.п}}}{30\gamma_{лb_{ус}}}} \quad (2)$$

где  $C_в$ ,  $C_{ус}$ ,  $C_{тр.в}$  — стоимость постройки 1 км ветки, уса, магистрального трелевочного волокна (при его прокладке параллельно усу);

$B_в$ ,  $B_{ус}$  — расходы на содержание и ремонт веток, усов;

$r_в$  — срок действия участка ветки (до 8...12 лет, в зависимости от общей длины ветки);

$\beta$  — коэффициент, учитывающий частичную прокладку веток по неэксплуатационным площадям;

$k_{с.п}$  — коэффициент, учитывающий увеличение длины строящихся технологических путей при разветвлениях и ответвлениях (1,1...1,15);

$k_{ус}$  — коэффициент, учитывающий расходы на содержание усов при их повторном использовании для освоения смежных лесосек (1,33...1,67);

$K_{п.п}$  — затраты на устройство одного погрузочного пункта;

$l_{п.п}$  — среднее расстояние между погрузочными пунктами (0,1...0,2 км);

$b_{ус}$  — стоимость вывозки леса по усу, р./( $m^3 \cdot км$ );

$\gamma_{л}$  — ликвидный запас леса на 1 га зоны тяготения к данной ветке,  $m^3/га$ ;

0,67 — коэффициент, учитывающий отдаленность затрат на содержание и ремонт участка ветки.

При использовании на лесосеках систем диагонально расположенных магистральных трелевочных волокон с укрупненными погрузочными пунктами величиной  $2C_{тр.в} + \frac{2K_{п.п}}{l_{п.п}}$  можно пренебречь.

Значения оптимального угла примыкания веток к магистрали следует определять по формуле (9) в [2].

Оптимальную длину глубинного участка ветки определяют из условий равенства удельных расходов на постройку участка и вывозку леса по нему при использовании двух вариантов дорожной конструкции, выбранных для применения на промежуточном и глубинных участках (см. рис. 1):

$$\frac{C_1 l_1 + 50 \gamma_{\text{л}} d'_B l_1 (l_1 + d) b_1}{100 \gamma_{\text{л}} d'_B (l_1 + d)} = \frac{C_2 l_1 + 50 \gamma_{\text{л}} d''_B l_1 (l_1 + d) b_2}{100 \gamma_{\text{л}} d''_B (l_1 + d)},$$

откуда

$$l_1 = \frac{C_2 : d''_B - C_1 : d'_B}{50 \gamma_{\text{л}} (b_1 - b_2)} - d, \quad (3)$$

где  $C_1$ ,  $C_2$  — стоимость постройки 1 км дорожной конструкции, выбранной для применения на глубинном и промежуточном участках;

$b_1$ ,  $b_2$  — стоимость 1 м<sup>3</sup> · км полезной грузовой работы при вывозке леса для дорожных конструкций, выбранных для глубинного и промежуточного участков;

$d$  — расстояние от конца ветки до границы массива, км.

Таким же способом можно определить и оптимальную длину промежуточного участка, сравнив применение на нем вариантов дорожных конструкций, выбранных для промежуточного и головного участков, и учитывая при этом, что по этому участку будет вывозиться и лес, тяготеющий к глубинному участку в объеме:

$$M = 100 \gamma_{\text{л}} d'_B (l_1 + d).$$

При этом

$$\frac{C_2 l_2 + (50 \gamma_{\text{л}} d''_B l_2^2 + M l_2) b_2}{100 \gamma_{\text{л}} d''_B l_2 + M} = \frac{C_3 l_2 + (50 \gamma_{\text{л}} d'''_B l_2^2 + M l_2) b_3}{100 \gamma_{\text{л}} d'''_B l_2 + M},$$

откуда

$$l_2 = \frac{-q + \sqrt{q^2 - 4ac}}{2a}, \quad (4)$$

где

$$a = 50 000 \gamma_{\text{л}}^2 d''_B d'''_B (b_2 - b_3); \quad (5)$$

$$q = 100 \gamma_{\text{л}} [d''_B C_2 - d'_B C_3 + M (d''_B b_2 - d'_B b_3) + 0,5 (d''_B b_2 - d'''_B b_3)]; \quad (6)$$

$$c = M [(b_2 - b_3) M + C_2 - C_3]; \quad (7)$$

$C_3$  — стоимость постройки 1 км головного участка;

$b_3$  — стоимость пробега леса (т. е. его вывозки) по головному участку, р./ (м<sup>3</sup> · км).

Характер зависимостей  $d_B$ ,  $l_1$  и  $l_2$  от  $\gamma_{\text{л}}$  показан на рис. 2. Влияние параметра  $\gamma_{\text{л}}$  очень значительно, и поэтому при размещении веток следует пользоваться величинами  $d_B$ ,  $l_1$  и  $l_2$ , вычисленными для трех указанных выше значений концентрации запасов спелого леса на единице площади.

Согласно рис. 1, длину головных участков веток  $l_3$  находят из выражения:

$$l_3 = L_{06} - (l_1 + l_2 + d), \quad (8)$$

где  $L_{06}$  — расстояние от намечаемого пункта примыкания ветки к магистрали до фактической границы массива, измеренной по прямой, проведенной под оптимальным углом  $\alpha$ .

Из формулы (8) видно, что при  $L_{06} \leq l_1 + l_2 + d$  отпадает необходимость в применении дорожной конструкции, предназначенной для головных участков.

Следующая стадия работы — размещение на карте лесного массива оптимальных зон тяготения к различным участкам веток, имеющих

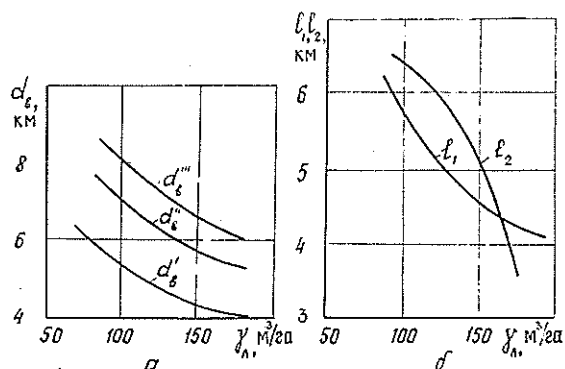


Рис. 2. Графики зависимостей: а — оптимальной ширины зоны тяготения к глубинному ( $d_s''$ ), промежуточному ( $d_s'''$ ) и головному ( $d_s'$ ) участкам, имеющим дорожные конструкции со стоимостью строительства 1 км соответственно 12, 18 и 24 тыс. р., от запаса товарного леса на 1 га; б — оптимальной длины участков — глубинного ( $l_1$ ) и промежуточного ( $l_2$ ) при стоимости их строительства 12 и 18 тыс. р./км от запаса леса на 1 га зоны тяготения

вид прямоугольников размерами  $d_s' l_1$ ,  $d_s'' l_2$  и  $d_s''' l_3$ . Сначала следует разместить вдоль магистрали с обеих ее сторон прямоугольники  $d_s''' l_3$  под углом  $\alpha$  с непосредственным их примыканием друг к другу (рис. 3). Протяжение  $l_3$  при этом определяют по формуле (8), а значения  $d_s'''$  вычисляют по формуле (2) или принимают по графику (рис. 2, а), подготовленному для данного лесного массива.

После этого следует разместить вдоль границ массива зоны тяготения к глубинным участкам веток, т. е. прямоугольники  $d_s' l_1$ , также располагая их под углом  $\alpha$ . В промежутках между зонами тяготения леса к головным и глубинным участкам нужно разместить зоны тяготения промежуточных участков веток. Неэксплуатационные участки массива при размещении зон тяготения следует обходить так, чтобы они оставались за пределами этих зон.

На рис. 3 видно, что при размещении зон тяготения на карте отдельные небольшие эксплуатационные площади (на рис. 3 они заштрихованы) могут оказаться за пределами зон. Их следует присоединять к ближайшей зоне.

Закончив размещение зон тяготения, в пределах каждой из них прокладывают посередине экономические трассы веток, намечая разветвления и ответвления путей, необходимые для соединения глубинных участков с промежуточными и промежуточных с головными.

Усы следует размещать в пределах отводимых в рубку лесосек, по мере необходимости и с учетом санитарного состояния леса, в процессе эксплуатации лесного массива.

Изложенный метод размещения лесовозных путей в сырьевых базах леспромхозов обычного типа, разработанный на кафедре сухопутного транспорта леса ЛТА, отличается высокой экономичностью и позволяет учитывать местные условия и особенности транспортного освоения, в частности фактическое наличие ресурсов сырья с различной концентрацией на единице площади, неэксплуатационных и труднодоступных площадей и др., а также обоснованно назначать и устанавливать минимальное число развилок и ответвлений. Он пригоден не только

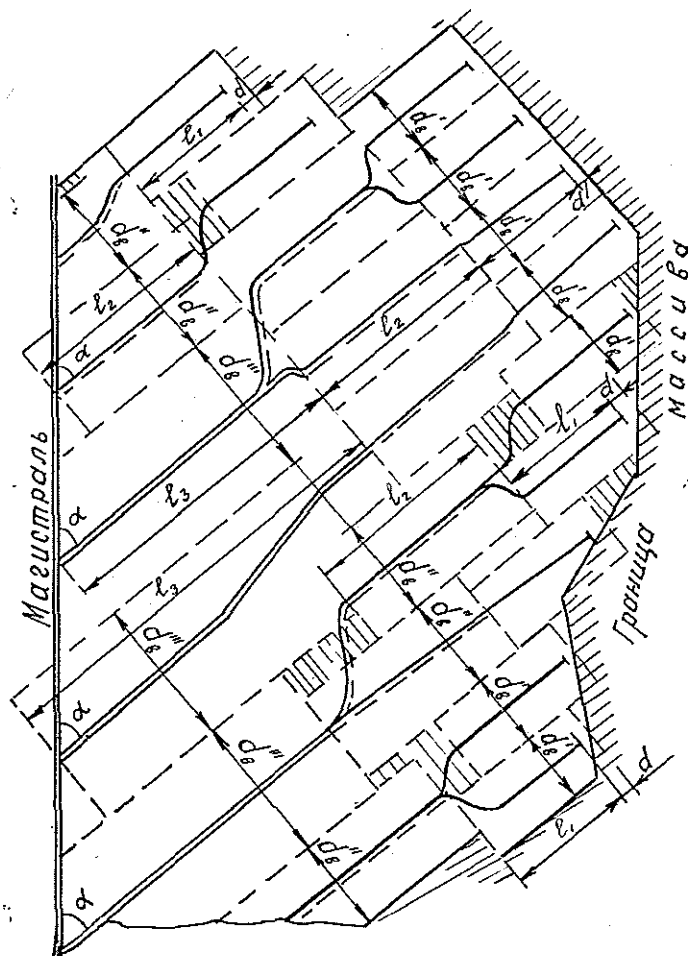


Рис. 3. Пример размещения зон тяготения к веткам в участке лесного массива (система путей в елочку). В пределах зон двойной линией показаны экономические трассы головных участков веток, линией с пунктиром — промежуточных, одиночной линией — глубинных и соединения участков веток различных рангов в единую систему

для размещения лесовозных путей во вновь осваиваемых лесных массивах, но и при проектировании отдельных веток и удлинении магистралей в действующих предприятиях. Метод позволяет широко использовать ЭВМ, в частности в диалоговом режиме, и в то же время доступен при ручном счете.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ильин Б. А. О размещении сети лесовозных дорог в лесных массивах // Лесн. журн.— 1981.— С. 55—61.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Ильин Б. А. Развитие и выбор систем размещения лесовозных путей в лесных массивах // Там же.— 1983.— № 5.— С. 43—49. [3]. Ильин Б. А. Выбор и размещение дорожных конструкций на технологических путях лесовозных дорог // Там же.— 1985.— № 4.— С. 41—46. [4]. Ильин Б. А., Кувалдин Б. И., Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 384 с. [5]. Ильин Б. А., Никифоров А. Г. Обоснование направления магистрального пути лесовозной дороги // Лесн. журн.— 1986.— № 4.— С. 34—38.— (Изв. высш. учеб. заведений).