

Анализ экспериментальных данных показал, что введение системы поддресоривания прицепа-ропуска, погруженного на шасси тягача,— эффективное средство снижения динамической нагруженности его несущей системы. Лучшие результаты дает использование упругого элемента, включающего спиральные пружины с резиновым демпфером.

Поступила 10 ноября 1984 г.

УДК 630\*383

## ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНОГО ПУТИ ЛЕСОВОЗНОЙ ДОРОГИ

Б. А. ИЛЬИН, А. Г. НИКИФОРОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Как известно, при установлении направления магистрального пути новой лесовозной дороги лесной массив делят на ряд полос, перпендикулярных направлению лесного грузопотока из лесного массива. В каждой полосе находят точку, делящую запасы леса в полосе на две равные части. Соединяя эти точки, получают так называемую «экономическую» трассу магистрали, которую и принимают за основное ее направление в лесном массиве.

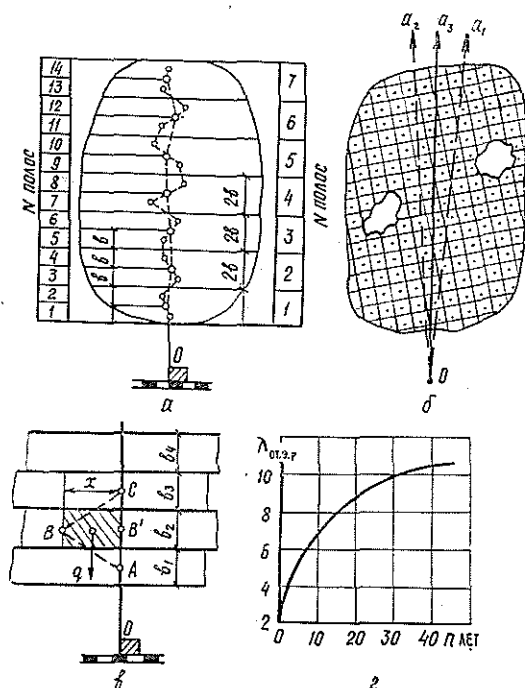


Рис. 1. Расчетные схемы и зависимости.

*a* — уменьшение извилистости «экономической» трассы магистрали при увеличении ширины полос; *b* — определение местоположения луча *Oa*, делящего запасы леса в массиве на две равные части; *c* — расчетная схема для определения координаты *x* точки *B*; *г* — зависимость коэффициента  $\lambda_{от.э.р}$  от срока действия магистрали *n*.

Такой метод обеспечивает минимальную грузовую работу по доставке леса к магистрали в пределах каждой полосы, но при неравномерном размещении запасов леса в массиве может вызвать значительную извилистость будущей магистрали.

Чтобы избежать этого, было предложено проверять целесообразность спрямления извилистых участков, исходя из того, что получаемое увеличение грузовой работы и соответствующие ему дополнительные расходы по доставке леса к магистрали будут перекрыты экономией на строительных и эксплуатационных расходах, получаемых в связи с уменьшением длины магистрали [1].

Извилистость «экономической» трассы в большой степени зависит от ширины полос, на которые делят лесной массив при решении рассматриваемой задачи. Из рис. 1, а видно, что чем шире каждая полоса и меньше их общее число, тем менее извилистой получается «экономическая» трасса. В пределе, при ширине полосы, равной длине массива, эта трасса превращается в прямую линию, делящую запасы леса в массиве на две равные части.

Рекомендуемая ширина полос за годы, истекшие после опубликования Н. М. Невеским рассматриваемого метода (позднее несколько видоизмененного инж. А. А. Ранцевым) возросла с 1—2 км [3, 4] до 8—10 км [2]. Однако вопрос об оптимальной ширине полос до настоящего времени в печати не рассматривался.

Выполненная на большом числе объектов проверка целесообразности спрямления извилистых участков магистрали показала, что для лесных массивов, не имеющих внутри границ значительных неэксплуатационных площадей, спрямление изломанных участков почти всегда выгодно, в особенности на участках, расположенных в ближайшей к нижнему складу половине лесного массива.

Из приведенного следует, что применяемый ныне метод определения направления магистрали требует внесения серьезных коррективов.

В качестве основного (исходного) направления магистрального пути (для систем лесовозных путей, имеющих одну магистраль) следует принимать прямую линию, делящую все эксплуатационные запасы леса в массиве на две равные части. Местоположение этой линии можно установить, например, методом проб, проведя от нижнего склада (рис. 1, б) луч, делящий запасы леса в массиве примерно на две равные части. После этого следует откорректировать положение луча (в один или два приема) с тем, чтобы запасы леса по обе стороны луча отличались не более чем на 5%. Полученное положение линии  $Oa$  можно принять в предварительном порядке за основное направление магистрали.

Затем следует разделить лесной массив на ряд полос, перпендикулярных линии  $Oa$ , найти в каждой полосе точку  $B$ , делящую запасы леса в полосе на равные части (рис. 1, в), подсчитать, согласно [2], в пределах каждой полосы получаемую стоимость перепробега леса по веткам и экономию от уменьшения длины магистрали при ее прокладке в полосе через точку  $B$ , т. е. по линии  $Oa$ , сравнить их между собой и на основе этого сделать вывод о целесообразности отклонения магистрали от прямой линии.

Начинать эту работу лучше с полос, ближайших к нижнему складу. В первой полосе, имеющей, как правило, небольшие запасы леса, следует принять направление магистрали по линии  $Oa$  с пересечением полосы в точке  $A$  (рис. 1, в). Согласно [2], имеем следующее условие, когда выгодно принять направление магистрали во второй и последующих полосах по прямой линии  $Oa$ :

$$L_{уд} (C_m + k_m Q_{г} \lambda_{от. в. р}) > k_b xq; \quad (1)$$

$$L_{уд} = AB + BC - AC = 2(\sqrt{x^2 + b^2} - b), \quad (2)$$

где  $L_{уд}$  — удлинение магистрали на участке  $ABC$ , км;  
 $C_m$  — стоимость постройки 1 км магистрали, р./км;  
 $k_m, k_b$  — стоимость пробега 1 м<sup>3</sup> леса на 1 км по магистрали и ветке р./(м<sup>3</sup> · км);  
 $Q_r$  — годовой объем вывозки по магистрали на участке  $AC$ , м<sup>3</sup>;  
 $\lambda_{от. э. р}$  — коэффициент учета отдаленности эксплуатационных расходов;  
 $q$  — запас товарного леса на участке полосы от точки  $B$  до точки  $B'$ , м<sup>3</sup>;  
 $b$  — ширина полосы, км;  
 $x$  — расстояние от точки  $B$  до прямой  $Oa$ , т. е. до точки  $B'$ , км.

Из рис. 1, в видно, что

$$q = 100xb\gamma, \quad (3)$$

где  $\gamma$  — запас товарного леса на 1 га общей площади участка полосы от  $B$  до  $B'$ , м<sup>3</sup>.

Подставив значение  $q$  в формулу (1), получим искомое условие целесообразности прокладки магистрали по прямой  $Oa$  в пределах данной полосы:

$$2(\sqrt{x_{пр}^2 + b^2} - b)(C_m + k_m Q_r \lambda_{от. э. р}) \geq 100k_b b\gamma x_{пр}^2, \quad (4)$$

где  $x_{пр}$  — предельное значение координаты точки  $B$  относительно оси  $Oa$ , км.

С учетом этого

$$\frac{\sqrt{x_{пр}^2 + b^2} - b}{x_{пр}^2 b} \geq A\gamma, \quad (5)$$

где

$$A = \frac{100k_b}{2(C_m + k_m Q_r \lambda_{от. э. р})}. \quad (6)$$

Решая выражение (5) относительно  $x_{пр}$ , получим:

$$x_{пр} \leq \frac{\sqrt{1 - 2Ab^2\gamma}}{Ab\gamma}. \quad (7)$$

Таким образом, если точка  $B$ , делящая запасы леса в полосе шириной  $b$  на две равные части, находится от прямой  $Oa$  на расстоянии, меньшем или равном  $x_{пр}$ , то прямая линия  $Oa$  в данной полосе является наиболее выгодным направлением магистрали.

В формуле (5) значение  $A$  — комплексный коэффициент, характеризующий влияние таких факторов, как принятый тип транспорта леса (определяемый величиной строительных и эксплуатационных расходов), размер годового грузооборота и срок действия в пределах данной полосы, влияющий на коэффициент  $\lambda_{от. э. р}$ , определяемый по формуле [2] или по графику рис. 1, г:

$$\lambda_{от. э. р} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1 + E_i)^i}, \quad (8)$$

где  $E_i$  — норматив приведения затрат к расчетному году ( $E_i = 0,1$ );  
 $i$  — порядковый номер года работы дороги;  
 $n$  — срок действия лесовозной дороги, лет.

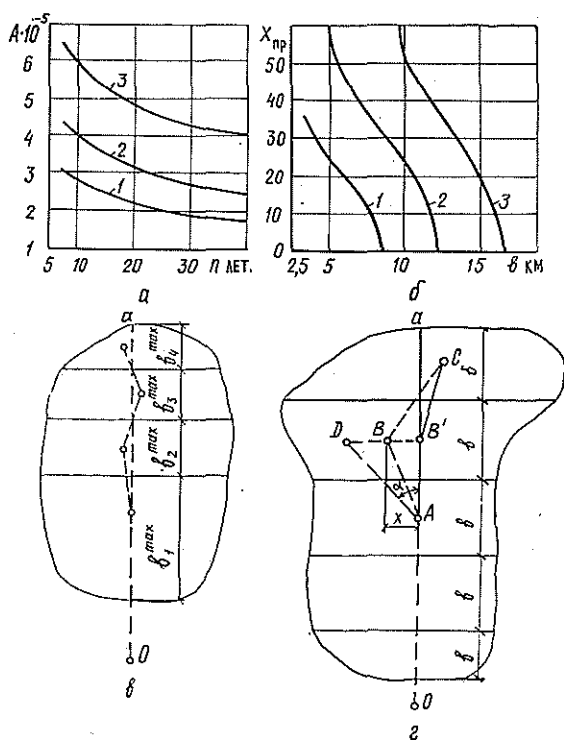


Рис. 2. Зависимости и некоторые частные примеры определения направления магистральной.

*a* — зависимость комплексного коэффициента  $A$  от срока действия магистральной в данной полосе лесного массива;  $1 - Q_r = 450$  тыс.  $m^3$ ;  $2 - Q_r = 300$  тыс.  $m^3$ ;  $3 - Q_r = 150$  тыс.  $m^3$ ; *b* — зависимость предельного значения координаты  $x_{пр}$  точки  $B$  от ширины полосы;  $1 - A = 1,75 \times 10^{-5}$ ;  $2 - A = 3,5 \cdot 10^{-5}$ ;  $3 - A = 7,0 \cdot 10^{-5}$ ; *в* — пример назначения направления магистральной при ширине полос *в тах*, определяемой по формуле (10); *г* — возможный вариант направления магистральной  $OAB'C$  с ответвлением  $AD$  для лесных массивов со сложной конфигурацией границ и весьма неравномерным размещением запасов леса.

На рис. 2, *a* представлена зависимость  $A = f(n)$  для лесовозной дороги с гравийной дорожной одеждой при  $C_m = 30\,000$  р.;  $k_m = 0,05$  р./( $m^3 \cdot km$ );  $k_b = 0,09$  р./( $m^3 \cdot km$ ); а на рис. 2, *б* — зависимость  $x_{пр} = f(b)$  для трех пространственных значений  $A$ .

С учетом того, что при размещении веток в лесном массиве эксплуатационная площадь последнего разделяется на отдельные зоны тяготения к веткам, ширину каждой полосы целесообразно принимать равной оптимальному расстоянию между ветками у мест их примыкания к магистральной. Таким образом,

$$b = \sqrt{\frac{C_b - C_{ус}}{30\gamma b_{ус}}}, \quad (9)$$

где  $C_b$  — стоимость постройки и содержания (за срок службы) 1 км головного участка ветки, р./км;

$C_{ус}$  — стоимость постройки и содержания 1 км уса, р./км;

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

Из формулы (7) и рис. 2, *б* видно, что координата  $x_{пр} = 0$  при

$$1 - 2Ab^2\gamma = 0,$$

откуда можно получить такую ширину полосы  $b_{max}$ , при которой наиболее выгодное положение магистрали в каждой полосе определяется точками  $B$ , делящими запасы леса в каждой полосе на две равные части:

$$b_{max} = \sqrt{\frac{1}{2A\gamma}} = \frac{0,71}{\sqrt{A\gamma}}. \quad (10)$$

Из формулы (7) и рис. 2, б видно, что чем выше стоимость постройки 1 км магистрали и ее грузооборот в данной полосе, тем выгоднее вариант прямолинейного направления по линии  $Oa$ . Большое влияние имеет срок действия данного участка магистрали. Чем он выше, тем больше значение коэффициента  $\lambda_{от.э.р}$  и, следовательно, величина  $x_{пр}$ , характеризующая предельную асимметрию расположения запасов леса в данной полосе, при которой еще целесообразно принять направление магистрали по линии  $Oa$ .

Например, при  $b = 8$  км;  $C_m = 30\,000$  р.;  $k_m = 0,05$  р./( $m^3 \cdot км$ );  $k_b = 0,09$  р./( $m^3 \cdot км$ );  $Q_r = 300$  тыс.  $m^3$ ;  $n = 40$  лет, при котором  $\lambda_{от.э.р} = 10,78$ ;  $\gamma = 120$   $m^3/га$  по формуле (6) получим, что  $A = 2,34 \cdot 10^{-5}$  и по формуле (7)  $x_{пр} = 37,4$  км. Таким образом, лишь при расстоянии от точки  $B$  (рис. 1, в) до  $B'$  на прямой  $Oa$ , большем или равном 37,4 км, целесообразно отказаться в данной полосе от направления магистрали через точку  $B'$  в пользу точки  $B$ , т. е. случай в практике маловероятный.

Однако при очень неправильной конфигурации границ лесного массива и весьма неравномерном размещении запасов леса в некоторых полосах значение координаты  $x_{пр}$  точки  $B$  может быть значительным и, в частности, превосходить ширину полосы  $b$ . В таком случае целесообразен вариант постройки ответвления  $AD$  от магистрали (рис. 2, г) под оптимальным углом  $\alpha$  [2] для освоения запасов леса в левой (по рисунку) части полосы, без захода основной магистрали в точку  $B$ . Лучшим будет вариант с минимальными приведенными затратами.

Если в приведенном примере принять  $Q_r = 150$  тыс.  $m^3$  и  $n = 8$  лет, при котором  $\lambda_{от.э.р} = 6,43$ , то  $A = 5,75 \cdot 10^{-5}$  и  $x_{пр} = 6,2$  км. В этом случае, если точка  $B$  расположена от линии  $Oa$  на расстоянии, равном или более 6,2 км, выгоднее пересечь данную полосу магистралью не в точке  $B'$ , а в точке  $B$ .

Для систем размещения путей в лесу на базе одной магистрали (т. е. в елочку), как правило, более целесообразно использовать комбинированную схему размещения путей с заменой одного магистрального пути в последней полосе двумя диагонально расположенными ответвлениями [2].

В этом случае участок магистрали в полосе, проложенный указанным способом, будет совместной границей зон тяготения запасов леса к обоим диагональным веткам.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ильин Б. А. Проектирование и организация лесозаготовительных предприятий.— М.: Гослесбумиздат, 1955. [2]. Ильин Б. А., Кувалдин Б. И. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог.— М.: Лесн. пром-сть, 1982. [3]. Невеский Н. М. Новые методы составления планов эксплуатации лесных массивов. М.: Гослестехиздат, 1930. [4]. Невеский Н. М. Лесовозные железные дороги.— М.: Гослестехиздат, 1934.