

РАЗМЕЩЕНИЕ ЛЕСОВОЗНОГО УСА НА ЛЕСОСЕКЕ

Д.Н. АФОНИЧЕВ, доц. каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА, д-р техн. наук
 vglta@vglta.vrn.ru

Существуют различные варианты размещения лесовозного уса на лесосеке, наиболее распространены две схемы: проложение уса по середине и по краю лесосеки, но не обосновываются условия, при которых следует размещать ус по середине и по краю лесосеки [1–3]. Очевидно, что размещение уса определяется шириной лесосеки: при относительно небольшой ширине целесообразно ус разместить по краю лесосеки со стороны лесовозной магистрали. Выбор конкретного варианта размещения уса на лесосеке может быть обоснован путем сравнения затрат на устройство трелевочных волоков, погрузочных пунктов и трелевку лесоматериалов к погрузочным пунктам по рассматриваемым вариантам.

Обозначим суммарные затраты на устройство трелевочных волоков, погрузочных пунктов и трелевку лесоматериалов к погрузочным пунктам при размещении уса по краю лесосеки Z_1 (руб), а при размещении уса по середине лесосеки – Z_2 (руб). Размещение уса по краю лесосеки целесообразно, если выполняется условие

$$Z_1 < Z_2. \quad (1)$$

При несоблюдении условия (1) ус необходимо разместить по середине лесосеки.

Каждый из параметров Z_1 и Z_2 включает пять статей затрат: Z_3 – затраты на устройство погрузочных пунктов, руб; Z_4 – затраты на устройство магистральных трелевочных волоков, руб; Z_5 – затраты на трелевку по магистральным волокам, руб; Z_6 – затраты на устройство пасечных волоков, руб; Z_7 – затраты на трелевку по пасечным волокам, руб. Затраты Z_3 , Z_4 , Z_5 , Z_6 , Z_7 определяются с учетом размеров лесосеки, пасек, расположения погрузочных пунктов и параметров технологического процесса лесосечных работ [3]. Путем алгебраических построений можно получить аналитические зависимости, определяющие указанные затраты

$$Z_3 = mkK, \quad (2)$$

где m – количество погрузочных пунктов, размещаемых по одной стороне уса;

k – количество рядов пасек на лесосеке;

K – стоимость устройства одного погружочного пункта, руб.

Количество рядов пасек k зависит от размещения уса, при расположении уса по середине $k = 2$, а при расположении уса по краю лесосеки $k = 1$.

$$Z_4 = mkC_T k_{PT} (l_{II} + a - a_0), \quad (3)$$

где C_T – стоимость устройства магистрально-волокна, руб/км;

k_{PT} – коэффициент удлинения магистрального волокна;

l_{II} – расстояние между погружочными пунктами, км;

a – протяженность магистрального волокна в пределах погружочного пункта, км;

a_0 – полуширина зоны тяготения к пасечному волоку, км.

$$Z_5 = l_{MB}qb_{T_P} \quad (4)$$

где l_{MB} – среднее расстояние трелевки по магистральному волоку, км;

q – объем трелюемой древесины, м³;

b_{T_P} – стоимость трелевки древесины по магистральным волокам, руб/(м³·км).

$$Z_6 = \frac{mkk_{PII}l_{II}C_{II}}{2a_0} \left(\frac{d_y}{k} - z \right), \quad (5)$$

где k_{PII} – коэффициент удлинения пасечного волокна;

C_{II} – стоимость устройства пасечного волокна, руб/км;

d_y – ширина зоны тяготения к усу, км;

z – расстояние от уса до магистрального волокна, км.

$$Z_7 = l_{PB}qb_{PI} \quad (6)$$

где l_{PB} – среднее расстояние трелевки по магистральному волоку, км;

b_{PI} – стоимость трелевки древесины по пасечным волокам, руб/(м³·км).

Если принять, что форма лесосеки в плане прямоугольная, то объем заготавливаемой на лесосеке древесины q можно определить по формуле

$$q = 100\gamma d_y l_{II} m, \quad (7)$$

где γ – ликвидных запас древесины на 1 га, м³/га.

Средние расстояния трелевки по магистральному и пасечному волокам при размещении пасечных волоков перпендикулярно лесовозному усу, а магистральных – параллельно усу составляют

$$\begin{aligned} l_{MB} &= k_{PT}[a + 0,5(l_{\Pi} - a_0)]; \\ l_{PB} &= 0,5k_{PT}((d_y/k) - z). \end{aligned} \quad (8)$$

Суммарные затраты Z_1 при $k = 1$ составят

$$\begin{aligned} Z_1 &= mK + mC_T k_{PT}(l_{\Pi} + a - a_0) + \\ &+ 100\gamma d_y l_{\Pi} m b_{\Pi} k_{PT}[a + 0,5(l_{\Pi} - a_0)] + \\ &+ (m k_{PT} l_{\Pi} C_{\Pi} / 2a_0)(d_y - z) + \\ &+ 50\gamma d_y l_{\Pi} m k_{PT} b_{\Pi} (d_y - z). \end{aligned} \quad (9)$$

Суммарные затраты Z_2 при $k = 2$ составят

$$\begin{aligned} Z_2 &= 2mK + 2mC_T k_{PT}(l_{\Pi} + a - a_0) + \\ &+ 100\gamma d_y l_{\Pi} m b_{\Pi} k_{PT}[a + 0,5(l_{\Pi} - a_0)] + \\ &+ (m k_{PT} l_{\Pi} C_{\Pi} / 2a_0)(d_y - 2z) + \\ &+ 25\gamma d_y l_{\Pi} m k_{PT} b_{\Pi} (d_y - 2z). \end{aligned} \quad (10)$$

Неравенство (1) легко привести к виду

$$Z_2 - Z_1 > 0. \quad (11)$$

С учетом формул (9) и (10) после преобразований неравенство (11) примет вид

$$\begin{aligned} mK + mC_T k_{PT}(l_{\Pi} + a - a_0) - zm k_{PT} l_{\Pi} C_{\Pi} / 2a_0 - \\ - 25\gamma l_{\Pi} m k_{PT} b_{\Pi} d_y^2 > 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Так как $m > 0$ и $a_0 > 0$, то обе части неравенства (12) без изменения знака можно разделить на m и умножить на a_0

$$\begin{aligned} 2a_0 K + 2a_0 C_T k_{PT}(l_{\Pi} + a - a_0) - \\ - zk_{PT} l_{\Pi} C_{\Pi} - 50a_0 \gamma l_{\Pi} m k_{PT} b_{\Pi} d_y^2 > 0. \end{aligned} \quad (13)$$

Полученное неравенство легко решается относительно d_y

$$d_y^2 < (2a_0 K + 2a_0 C_T k_{PT}(l_{\Pi} + a - a_0) - zk_{PT} l_{\Pi} C_{\Pi}) / 50a_0 \gamma l_{\Pi} m k_{PT} b_{\Pi} \quad (14)$$

Ширина зоны тяготения к усу d_y величина положительная, а поэтому из обеих частей неравенства (14) можно извлечь квадратный корень без изменения знака неравенства

$$d_y < \sqrt{\frac{2a_0 K + 2a_0 C_T k_{PT} \times \\ \times (l_{\Pi} + a - a_0) - zk_{PT} l_{\Pi} C_{\Pi}}{50a_0 \gamma l_{\Pi} m k_{PT} b_{\Pi}}}. \quad (15)$$

Формулу (15) можно упростить заменой $a_{\Pi} = 2a_0$ (a_{Π} – ширина зоны тяготения к пасечному волоку, км) и выносом числовой константы из-под корня, тогда размещение уса по краю лесосеки целесообразно при соблюдении условия

$$d_y < 0,2 \sqrt{\frac{a_{\Pi} K + a_{\Pi} C_T k_{PT} \times \\ \times (l_{\Pi} + a - 0,5a_{\Pi}) - zk_{PT} l_{\Pi} C_{\Pi}}{a_{\Pi} \gamma l_{\Pi} m k_{PT} b_{\Pi}}}. \quad (16)$$

Из полученного выражения (16) видно, что на размещение уса влияют три группы факторов: технологические параметры (a_{Π}, l_{Π}, a, z), экономические показатели (K, C_T, C_{Π}, b_{Π}) и природные условия (k_{PT}, k_{PT}, γ). Исследуем влияние ширины пасеки l_{Π} и ликвидного запаса древесины γ на ширину зоны тяготения к усу d_{yK} , при которой $Z_1 = Z_2$, а следовательно согласно формулам (11) – (16)

$$d_{yK} = 0,2 \sqrt{\frac{a_{\Pi} K + a_{\Pi} C_T k_{PT} \times \\ \times (l_{\Pi} + a - 0,5a_{\Pi}) - zk_{PT} l_{\Pi} C_{\Pi}}{a_{\Pi} \gamma l_{\Pi} m k_{PT} b_{\Pi}}}. \quad (17)$$

Следует учесть, что $l_{\Pi} = na_{\Pi}$ где n – целое число, тогда формула (17) преобразуется к виду

$$d_{yK} = 0,2 \sqrt{\frac{K + C_T k_{PT}[a + a_{\Pi}(n - 0,5)] - \\ - nzk_{PT} C_{\Pi}}{na_{\Pi} \gamma k_{PT} b_{\Pi}}}. \quad (18)$$

Примем в соответствии с [1] следующие значения: $K = 35$ руб, $C_T = 30$ руб/км, $C_{\Pi} = 10$ руб/км, $b_{\Pi} = 0,55$ руб/(м³·км) (экономические показатели приняты в базовом уровне), $a_{\Pi} = 0,016$ км, $a = 0,03$ км, $z = 0,05$ км. Для равнинной местности можно принять $k_{PT} = 1,15$, $k_{PT} = 1,2$. Ликвидный запас древесины γ примем в интервале 50–250 м³/га с шагом изменения 50 м³/га, при этом малые значения γ соответствуют лесосекам при проведении рубок ухода за лесом. Расстояние между погрузочными пунктами l_{Π} может изменяться в достаточно широком диапазоне [1–4], а поэтому примем значение $n = l_{\Pi} / a_{\Pi}$ в интервале от 1 до 12.

На рисунке представлены графики зависимости $d_{yK} = f(\gamma)$. Множество значений d_{yK} , расположенных выше кривых графиков, показанных на рисунке, согласно (16) соответствует условию размещения уса по середине лесосеки, а соответственно множество значений d_{yK} , расположенных ниже кривых графиков – условию размещения уса по краю лесосеки.