кластеров лесосек ОАО «Соликамскбумпром» обеспечивает снижение времени простоев на 19,8 %, расхода топлива – на 0,048 кг/мин., а также повышение сохранности подроста и снижение негативного воздействия машин на корневые системы и почвы.

Результаты получены при выполнении поисковой научно-исследовательской работы в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

Библиографический список

1. Тетерина, М.А. Обоснование параметров обрабатывающе-транспортной системы «харвестер–форвардер» (на примере предприятий Пермского края): дис. … канд. техн. наук: 05.21.01 – М., 2009. – 332 с.
2. Якимович, С.Б. Выбор систем заготовки древесины в условиях неопределенности/С.Б.Якимович, М.А. Тетерина// Известия СПбГЛТА. Вып. 185. – СПб: СПбГЛТА, 2008. – С.263–268.
3. Обоснование ресурсосберегающих технологий лесопромышленного комплекса, адаптированных к природным условиям Пермского края, с минимизацией затрат на лесовосстановление: отчет о НИР /МарГТУ; рук. Якимович С.Б. – Гос. контракт № 01.29/07. – Йошкар-Ола, 2007 г., 500 с.
4. Азаренок, В.А. Сортиментная заготовка леса: Учеб. пособие / В.А. Азаренок, Э.Ф. Герц, А.В. Мехренцев – Уральская ГЛТА: Екатеринбург, 1999. – 134 с.
5. Патент № 2365093 РФ. Способ заготовки сортиментов машиной манипуляторного типа// Якимович С.Б., Груздев В.В., Крюков В.Н., Тетерина М.А. – Заявлено 26.02.2008. Опубликовано 27.08.2009.

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ ВЕТОК И УСОВ

Д.Н. АФОНИЧЕВ, *проф. каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА, д-р техн. наук*

dmafonichev@yandex.ru

Размещение лесовозных веток и усов в осваиваемых лесных массивах предполагает установление ширины зоны тяготения к ним и протяженность участков веток и усов различных конструкций в зависимости от грузонапряженности и местных условий таким образом, чтобы затраты на вывозку древесины и строительство дорог, отнесенные к 1 м^3 заготовленной древесины, были минимальными [1, 2]. Поиск оптимальных параметров размещения лесовозных веток и усов представляет собой сложную многовариантную задачу, решение которой осуществляется в системе автоматизированного проектирования (САПР) лесовозных автомобильных дорог [2, 3]. Существующие модели, алгоритмы и программное обеспечение САПР лесовозных автомобильных дорог не учитывают ограничений размеров лесосек и возможности комбинированного применения усов различных конструкций и магистральных трелевочных волоков [1, 3–5], что приводит к результатам проектирования, не согласующимся с лесоводственными требованиями. Для исключения указанного недостатка необходимо в математическом обеспечении САПР предусмотреть ограничения площади лесосеки A (га) и ее ширины $d_{\text{у}}$ (км)

$$A \le A_{\text{доп}};\ d_{\text{у}} \le d_{\text{Л доп}}, \qquad (1)$$

где $A_{\text{доп}}$ – допустимая в данных условиях площадь лесосеки, га;

$d_{\text{Л доп}}$ – допустимая в данных условиях ширина лесосеки, км.

Алгоритм поиска в САПР оптимальных параметров размещения лесовозных веток и усов, показанный в виде блок-схемы на рис. 1 и 2, требует ввода следующих исходных данных:

$A_{\text{доп}}$ – наибольшая допустимая площадь лесосеки, га;

A_{min} – минимальная площадь лесосеки, га;

ΔA – шаг изменения площади лесосеки, га;

$d_{\text{Л доп}}$ – наибольшая допустимая ширина лесосеки, км;

$d_{\text{у min}}$ – минимальная ширина зоны тяготения к усу (минимальная ширина лесосеки), км;

$\Delta d_{\text{у}}$ – шаг приращения ширины зоны тяготения к усу, км;

l_0 – расстояние от оси ветки до границы лесосеки, км;

L_P – длина петлевого разворота, км;

l_P – протяженность уса после погрузочного пункта, необходимая для устройства петлевого разворота, км;

γ – ликвидный запас древесины, м^3/га;

$k_{PУ}$, k_{PT}, $k_{PП}$ – коэффициенты удлинения уса, магистральных и пасечных трелевочных волоков;

k_{PB1}, k_{PB2}, k_{PB3} – коэффициенты развития глубинного, промежуточного и головного участков ветки;

β – коэффициент, учитывающий прокладку веток по неэксплуатационным площадям;

k_{O1}, k_{O2}, k_{O3} – коэффициенты, учитывающие затраты на строительство, ремонт и содержание ответвлений и разветвлений для глубинного, промежуточного и головного участков ветки;

λ_B – коэффициент, учитывающий отдаленность затрат на вывозку по ветке;

c – коэффициент, учитывающий часть объема вывозки древесины, приходящуюся на дни с высокой влажностью грунтов;

a – расстояние от начала магистрального волока до границы пасеки, км;

a_1 – расстояние от места погрузки до границы пасеки, км;

a_2 – дополнительный пробег трелевочного трактора в пределах погрузочного пункта, км;

$a_П$ – ширина зоны тяготения к пасечному волоку, км;

z – расстояние от уса до магистрального волока, км;

$Q_П$ – полезная нагрузка на автопоезд, м^3;

$k_{исп}$ – коэффициент использования полезной нагрузки;

$b_{УХ}$ – стоимость пробега автопоезда по усу без груза, руб./км;

C_{B1}, C_{B2}, C_{B3} – единовременные затраты на постройку 1 км глубинного, промежуточного и головного участков ветки, руб./км;

B_{B1}, B_{B2}, B_{B3} – ежегодные затраты на содержание и ремонт 1 км глубинного, промежуточного и головного участков ветки, руб./км;

C_T, $C_П$ – стоимость устройства магистрального и пасечного волоков, руб./км;

b_T, $b_П$ – стоимость трелевки древесины по магистральным и пасечным волокам, руб./(м^3·км);

$C_{УП}$, $C_{УГ}$ – стоимость строительства и содержания 1 км уса с покрытием и грунтового (снежно-уплотненного), руб./км;

$b_{УП}$, $b_{УГ}$ – стоимость вывозки древесины по усу с покрытием и грунтовому (снежно-уплотненному), руб./(м^3·км);

K – стоимость устройства погрузочного пункта, руб.

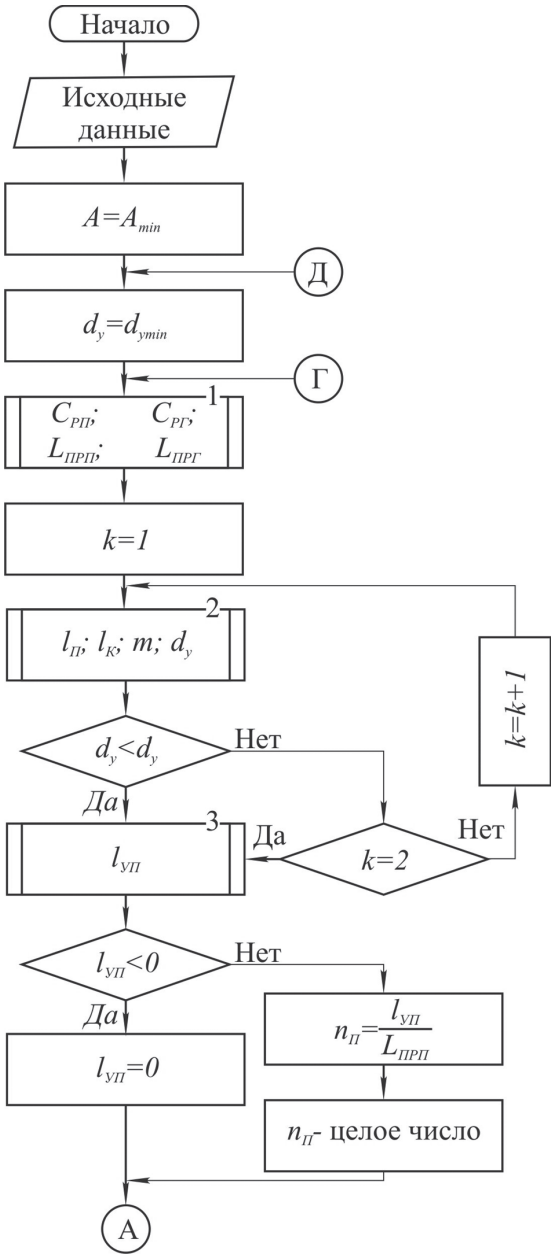


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета в САПР оптимальных параметров размещения лесовозных веток и усов (начало)

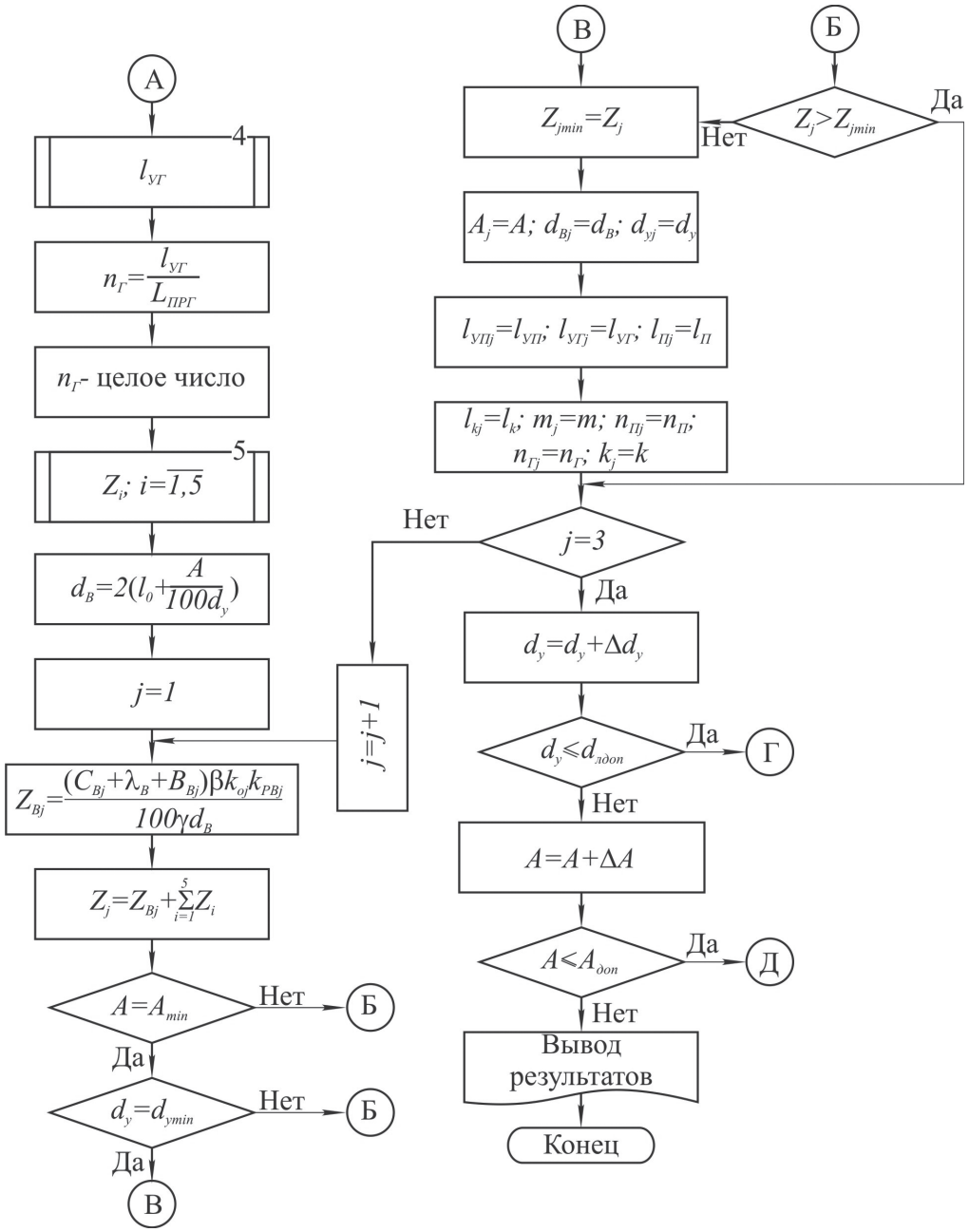


Рис. 2. Блок-схема алгоритма расчета в САПР оптимальных параметров размещения лесовозных веток и усов (окончание)

В представленном алгоритме блок 1 (рис. 1) осуществляет расчет стоимости устройства и содержания петлевых разворотов $C_{РП}$, $C_{РГ}$ и оптимальных расстояний $L_{ПРП}$ и $L_{ПРГ}$ между петлевыми разворотами

$$C_{РП}=L_P C_{УП};\ C_{РГ}=L_P C_{УГ}. \quad (2)$$

$$L_{ПРП}=0,1\sqrt{\frac{k_{исп}Q_П L_P C_{УП}}{\gamma d_y b_{УХ} k_{РУ}}};$$

$$L_{ПРГ}=0,1\sqrt{\frac{k_{исп}Q_П L_P C_{УГ}}{\gamma d_y b_{УХ} k_{РУ}}}. \quad (3)$$

Блок 2 (рис. 1) определяет расстояние между погрузочными пунктами $l_П$, расстояние от последнего погрузочного пункта до границы зоны тяготения ветки l_K

$$l_П=0,14\sqrt{\frac{kK}{\gamma b_T k_{РТ} d_y}};$$

$$l_K=\frac{k_{РУ}(C_{УГ}+B_{УГ})+\frac{kK}{l_П}+k_{РТ}C_T(k-1)}{100\gamma d_y(k_{РТ}b_T-k_{РУ}b_{УГ})}+0,5l_П. \quad (4)$$

Количество погрузочных пунктов m составляет

$$m = \frac{k}{l_П}\left(\frac{A}{100d_y} - l_K\right) + 1. \quad (5)$$

Значение m округляется до целого числа и уточняется величина $l_П$ по формуле

$$l_П = \frac{k}{m-1}\left(\frac{A}{100d_y} - l_K\right). \quad (6)$$

Условная ширина зоны тяготения к усу d'_y равна

$$d'_y = 0,2\sqrt{\frac{a_П(K + C_T k_{PT} l_П) - C_П k_{PП} l_П z}{a_П \gamma l_П b_П k_{PП}}}. \quad (7)$$

Протяженность уса с покрытием $l_{УП}$ (рис. 1, блок 3) рассчитывается по формуле

$$l_{УП} = \frac{cA}{100d_y} + l_0 + l_P - l_П. \quad (8)$$

Протяженность грунтового уса $l_{УГ}$ (рис. 2, блок 4) равна

$$l_{УГ} = \frac{A}{100d_y} - l_{УП} + l_0 - l_K + l_P. \quad (9)$$

Блок 5 (рис. 2) определяет следующие затраты (руб./м^3):

– на строительство и содержание усов, отнесенные к 1 м^3 вывезенной древесины Z_1;

– на вывозку 1 м^3 древесины по усу Z_2;

– на устройство погрузочных пунктов и магистральных трелевочных волоков, отнесенные к 1 м^3 вывезенной древесины Z_3;

– на трелевку 1 м^3 древесины по магистральным волокам Z_4;

– на трелевку древесины по пасечным волокам и устройство пасечных волоков Z_5.

$$Z_1 = \frac{k_{PУ}}{A\gamma}\{l_{УП} C_{УП} + l_{УГ} C_{УГ} + C_{PП} n_П + C_{PГ} n_Г\}, \quad (10)$$

где $n_П$, $n_Г$ – количество петлевых разворотов с покрытием и грунтовых.

$$Z_2 = \frac{100d_y k_{PУ}}{A} \times$$

$$\times\left\{\begin{array}{c} l_K[l_{УП} b_{УП} + b_{УГ}(l_{УГ} - l_P - a_1)] + \\ + P[l_{УП} b_{УП} + b_{УГ}(0,5(l_П + P) - l_P - a_1)] + \\ + H b_{УП}[l_0 - a_1 + 0,5(H - l_П)] \end{array}\right\}, \quad (11)$$

где $P = \frac{A(1-c)}{100d_y} - l_K$; $H = \frac{Ac}{100d_y}$.

$$Z_3 = \frac{1}{A\gamma}\{k_{PT} C_T[l_K - a + (l_П - a)(m-1)] + mK\}. \quad (12)$$

$$Z_4 = \frac{100d_y k_{PT} b_T}{A}\left\{l_K\left(a_2 + \frac{l_K - a}{2}\right) + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{A}{100d_y} - l_K\right)\left(a_2 + \frac{l_П - a}{2}\right)\right\}. \quad (13)$$

$$Z_5 = \frac{k_{PП}}{A}\left\{\begin{array}{c} \frac{C_П}{\gamma a_П}[(d_y - kz)(\frac{A}{100d_y} - l_K) + \\ + d_y l_K] + \frac{50 b_П}{k}[(d_y - kz)^2 \times \\ \times(\frac{A}{100d_y} - l_K) + d_y^2 l_K] \end{array}\right\}. \quad (14)$$

Реализация алгоритма позволяет получить следующие оптимальные параметры размещения лесовозных веток и усов, которые соответствуют минимальным суммарным удельным затратам на строительство, ремонт и содержание ветки, строительство и содержание усов, вывозку по усам, устройство погрузочных пунктов, трелевочных волоков и трелевку древесины:

A_j – площадь лесосеки, га;

d_{Bj} – ширина зоны тяготения к ветке, км;

$d_{Уj}$ – ширина зоны тяготения к усу, км;

$l_{УПj}$, $l_{УГj}$ – протяженность уса с покрытием и грунтового, км;

$l_{Пj}$ – расстояние между погрузочными пунктами, км;

l_{Kj} – расстояние от последнего погрузочного пункта до границы зоны тяготения ветки, км;

m_j – количество погрузочных пунктов;

k_j – положение уса на лесосеке (при $k_j = 1$ ус прокладывается по краю, при $k_j = 2$ ус прокладывается посередине);

$n_{Пj}$, $n_{Гj}$ – количество петлевых разворотов с покрытием и грунтовых.

Индекс j обозначает принадлежность к участкам ветки: $j = 1$ – глубинный участок; $j = 2$ – промежуточный участок; $j = 3$ – головной участок.

Разработанный алгоритм позволяет найти оптимальные параметры размещения лесовозных веток и усов, которые соответствуют требованиям по ограничению площади и ширины лесосек, и дополняет математическое обеспечение САПР лесовозных автомобильных дорог.