

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПРОЦЕССА ВЫВОЗКИ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ИЗ ЛЕСОСЕК

доктор технических наук, профессор **Д. Н. Афоничев**¹

кандидат технических наук, доцент **В. А. Морковин**²

кандидат технических наук, доцент **С. М. Гоптарев**²

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»,
Воронеж, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
Воронеж, Российская Федерация

Затраты на вывозку лесоматериалов зависят от природно-производственных условий осваиваемых лесосек, используемых транспортных и погрузочных средств, а также от состояния и степени развития дорог в лесосырьевой базе. В настоящее время на рынке представлено много моделей автотранспортных средств для вывозки лесоматериалов и погрузчиков, которые отличаются как эксплуатационными качествами, так и ценой. Выбрать правильный вариант технологии и организации вывозки лесоматериалов из лесосек – задача оптимизации, решение которой позволит снизить затраты на освоение лесных ресурсов. Цель данной статьи – установить критерий оптимизации комплексного процесса вывозки лесоматериалов с учетом природно-производственных условий осваиваемых лесосек и эксплуатационных свойств автопоездов и погрузчиков. Объектом исследования является комплексный процесс вывозки лесоматериалов. Предмет исследования – закономерности формирования затрат на вывозку лесоматериалов. Для достижения поставленной цели использовалась методика определения транспортных и дорожных затрат. Получены аналитические зависимости для определения удельных транспортных затрат для конкретной лесосеки, учитывающие особенности производственно-транспортной инфраструктуры этой лесосеки и используемых технических средств для вывозки и погрузки лесоматериалов. Удельные транспортные затраты для всех лесосек, осваиваемых за перспективный период, определяются как средневзвешенная величина удельных транспортных затрат по конкретным лесосекам, при этом весовые коэффициенты рассчитываются как отношения объемов вывозки из отдельных лесосек к объему вывозки за перспективный период. При расчете удельных дорожных затрат учитываются возможность использования нескольких типов временных дорог, объемы работ по возведению погрузочных пунктов разного типа. Предложенные аналитические зависимости позволяют найти из множества принятых вариантов технологии и организации вывозки лесоматериалов из лесосек оптимальный, обеспечивающий минимальную себестоимость вывозки.

Ключевые слова: вывозка лесоматериалов, себестоимость, транспортная составляющая, дорожная составляющая, удельные затраты.

OPTIMIZATION OF THE COMPLEX PROCESS OF DELIVERING TIMBER PRODUCTS FROM HARVEST AREAS

DSc (Engineering), Professor **D.N. Afonichev**¹
PhD (Engineering), Associate Professor **V. A. Morkovin**²
PhD (Engineering), Associate Professor **S. M. Goptarev**²

1 – FSBEI HE «Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great», Voronezh, Russian Federation

2 – FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation

The costs of exporting timber depend on natural and production conditions of the logging sites being harvested, transport and loading equipment used, and condition and degree of development of roads in the forest raw material base. Currently, the market presents many models of vehicles for removal of timber and unstackers, which differ both in performance and in price. To choose the right variant of technology and organization of timber transportation from logging areas is the task of optimization, the solution of which reduces the costs of developing forest resources. The purpose of this article is to establish a criterion for optimizing the integrated process for the removal of timber, taking into account natural and production conditions of the cultivated logging areas and operational characteristics of road trains and unstackers. The object of the study is a complex process of the removal of timber. Предмет исследования – закономерности формирования затрат на вывозку лесоматериалов. To achieve this goal, a methodology for determining transportation and travel costs has been used. Analytical dependencies are obtained to determine the specific transport costs for a particular cutting area, taking into account the specific features of production and transport infrastructure of this cutting area and technical means used for removal and load of timber. Specific transport costs for all felling areas that are developed for the prospective period are defined as the average weighted value of specific transport costs for specific felling areas, while weight coefficients are calculated as the ratio of volumes of removal from individual felling areas to the volume of removal for a prospective period. Possibility of using several types of temporary roads, volumes of work for the construction of loading points of various types have been taken into account when calculating specific road costs. The proposed analytical dependencies make it possible to find out optimal, ensuring a minimum cost of transportation way from the set of accepted options for technology and the organization of the removal of timber from cutting areas.

Keywords: timber transportation, cost, transport component, road component, specific costs.

Технологический процесс вывозки лесоматериалов из лесосек – комплексный технологический процесс, состоящий из трех операций: погрузка, перевозка, выгрузка. При многоступенчатой транспортно-технологической схеме эти операции повторяются столько раз, сколько ступеней, при этом смежные операции выгрузки и погрузки могут быть объединены в одну операцию – перегрузка [9, 10]. В настоящее время преобладает одноступенчатая вывозка лесоматериалов, причем в малолесных районах применяются прямая и одноступенчатая вывозка [6, 9, 10, 14]. Оптимальным является технологический процесс, который обеспечивает ми-

нимум себестоимости продукции, применительно к вывозке лесоматериалов это будет минимум себестоимости вывозки [1, 2, 3, 7, 13]

$$C = \frac{Z}{Q} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где C – себестоимость вывозки лесоматериалов, руб/м³;

Z – затраты (в рублях) на вывозку объема Q (м³).

Затраты на вывозку лесоматериалов включают транспортную Z_T и дорожную Z_D составляющие [1]

$$Z = Z_T + Z_D. \quad (2)$$

С учетом формулы (2) себестоимость вывозки лесоматериалов можно представить как сумму двух составляющих: удельных транспортных затрат c_T и удельных дорожных затрат c_D :

$$C = c_T + c_D; c_T = \frac{Z_T}{Q}; c_D = \frac{Z_D}{Q}. \quad (3)$$

Важно отметить, что удельные затраты c_T и c_D взаимосвязаны, причем увеличение составляющей c_D способствует снижению c_T , а снижение c_D увеличивает c_T . Таким образом, оптимизировать процесс вывозки следует по критерию (1), но при существующих дорожных условиях, когда лесные дороги уже построены или используются дороги общего пользования, а также установлены оптимальные параметры лесовозного уса [3, 4, 11, 12, 15] достаточно ограничиться минимизацией удельных транспортных затрат.

Если в течение определенного периода времени вывозится объем Q с затратами Z_T из n лесосек в один пункт потребления, то справедливы следующие равенства:

$$Z_T = \sum_{i=1}^n m_i Z_{Pi}; Q = \sum_{i=1}^n m_i k_{Pi} Q_{Pi}, \quad (4)$$

где m_i – количество рейсов, необходимых для вывозки лесоматериалов из i -й лесосеки;

Z_{Pi} – средние затраты на один рейс из i -й лесосеки, руб.;

k_{Pi} – коэффициент, учитывающий снижение полезной нагрузки;

Q_{Pi} – полезная нагрузка на транспортное средство при вывозке из i -й лесосеки, м³.

Количество рейсов, необходимых для вывозки лесоматериалов из i -й лесосеки, может быть определено из условия, что $Q_{Pi} = k_{Pi} m_i Q_{Li}$ (Q_{Li} – объем древесины, заготавливаемый в данной лесосеке, м³)

$$m_i = \frac{Q_{Li}}{k_{Pi} Q_{Pi}}. \quad (5)$$

Так как количество рейсов m_i – натуральное число ($m_i \in N$, N – множество натуральных чи-

сел), то учитывая, что коэффициент k_{Pi} близок к единице [1, 2], при расчете по формуле (5) целесообразно принять $k_{Pi} = 1$. После определения m_i по формуле (5) при $k_{Pi} = 1$ и округления его до меньшего целого числа, уточняется значение k_{Pi} по зависимости, следующей из формулы (5)

$$k_{Pi} = \frac{Q_{Li}}{m_i Q_{Pi}}; m_i \in N. \quad (6)$$

Полезная нагрузка на автопоезд Q_{Pi} (м³) устанавливается по следующим критериям [5].

1. Грузоподъемность автопоезда M_{Pi} (т)

$$M_{Pi} = M_{Aii} - M_T - M_{Pi}, \quad (7)$$

где M_{Aii} – принятая полная масса автопоезда для существующих природно-производственных условий, т;

M_T, M_{Pi} – массы снаряженных соответственно тягача и прицепного состава, т.

2. Допускаемая масса пачки длиномерных лесоматериалов M_D (т), обеспечивающая свес вершин за коник прицепа-ропуски не более допускаемого (для автопоезда в составе «автомобиль-тягач+прицеп-ропуск»)

$$M_D = 3 \left(\frac{1}{g} \sum_{j=1}^n P_j - M_T \right), \quad (8)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;

P_j – допускаемая статическая нагрузка на j -ю ось автомобиля-тягача, кН;

n – количество осей автомобиля-тягача.

Из двух полученных значений массы груза выбирается меньшее – это принятая масса груза M_{Pi} . Полезная нагрузка на автопоезд Q_{Pi} вычисляется в зависимости от принятой массы груза M_{Pi} , средневзвешенной плотности лесоматериалов пачки γ (т/м³) и коэффициента, учитывающего массу кроны k_{kp}

$$Q_{Pi} = \frac{M_{Pi}}{\gamma k_{kp}}. \quad (9)$$

3. Грузовместимость грузовых устройств тягача и прицепного состава Q_B (м³)

$$Q_B = abhL_{Pi}, \quad (10)$$

где α – коэффициент полнодревесности пачки;
 b, h – соответственно ширина и высота коника или кузова, м;
 L_{Π} – расчетная длина пачки лесоматериалов, м.

Грузовместимость грузовых устройств Q_B ограничивает величину полезной нагрузки Q_{Π} и если $Q_{\Pi} > Q_B$, то полезная нагрузка принимается равной Q_B .

Максимальная степень загрузки подвижного состава обеспечивается правильным размещением пачки лесоматериалов [8].

Для конкретной i -й лесосеки удельные транспортные затраты составят

$$c_{Ti} = \frac{m_i Z_{Pi}}{Q_{\Pi i}} = \frac{m_i Z_{Pi}}{m_i k_{\Pi i} Q_{\Pi i}} = \frac{Z_{Pi}}{k_{\Pi i} Q_{\Pi i}}. \quad (11)$$

Из формулы (11) видно, что удельные транспортные затраты для конкретной лесосеки – это удельные средние транспортные затраты на один рейс. Необходимо пояснить, почему для рейса используются «средние» затраты. На лесосеке может быть несколько погрузочных пунктов, которые удалены друг от друга по протяжению лесовозного уса на некоторое расстояние [3, 4, 12], а следовательно путь для рейсов с разных погрузочных пунктов также будет разным, вследствие чего изменяются и затраты на один рейс. Средние затраты на один рейс Z_{Pi} определяются при пробеге автопоездов по усу равном средневзвешенному расстоянию вывозки по усу l_{CBVi} . Указанное расстояние l_{CBVi} при прокладке одного уса в лесосеку можно определить по следующей формуле

$$l_{CBVi} = \frac{\sum_{j=1}^{p_i} l_{vij} q_{ij}}{Q_{\Pi i}}, \quad (12)$$

где l_{vij} – расстояние по усу от j -го погрузочного пункта до ветки, км;
 q_{ij} – объем вывозки лесоматериалов из j -го погрузочного пункта, м³;
 p_i – количество погрузочных пунктов на i -й лесосеке.

Затраты на один рейс автопоезда в i -ю лесосеку равны

$$Z_{Pi} = k_{\Pi B} k_{\Pi P} (z_{Bi} + z_{\Pi Ci} + z_{\Pi i} + z_{Ci}), \quad (13)$$

где $k_{\Pi B}$ и $k_{\Pi P}$ – коэффициенты, учитывающие соответственно прочие затраты и накладные расходы;

z_{Bi} – плата водителю за рейс, руб.;

$z_{\Pi Ci}$ – затраты на эксплуатацию и восстановление автопоезда, отнесенные к одному рейсу, руб.;

$z_{\Pi i}$ – затраты на погрузку, руб.;

z_{Ci} – отчисления на зарплату специалистов и руководящих работников автотранспортной службы, руб.

$$z_{Bi} = z k_{\Pi i} Q_{\Pi i} L_i, \quad (14)$$

где z – плата водителю за единицу выполненной грузовой работы, руб/(м³ · км);

L_i – средневзвешенное расстояние вывозки лесоматериалов из i -й лесосеки, км.

$$L_i = l_{CBVi} + \sum_{e=1}^E l_{ie}, \quad (15)$$

где l_{ie} – протяженность участка дороги e -го типа на маршруте к i -й лесосеке, км;

E – количество типов дорог на маршруте к i -й лесосеке.

$$z_{\Pi Ci} = q_{Ti} z_T k_{\Sigma} + + L_{\Pi i} \left(\frac{n_{\text{ШТ}} z_{\text{ШТ}}}{l_{\text{ШТ}}} + \frac{n_{\text{ШП}} z_{\text{ШП}}}{l_{\text{ШП}}} + z_{\text{OT}} + + z_{\text{OP}} + 10^{-5} C_{\text{BT}} H_{\text{AT}} \right) + + \frac{C_{\text{БП}} H_{\text{АП}} n_{\text{П}}}{100 A_{\text{РП}} m_{Pi}}, \quad (16)$$

где q_{Ti} – расход топлива на один рейс в i -ю лесосеку, л;

z_T – стоимость топлива, руб/л;

k_{Σ} – коэффициент, учитывающий затраты на эксплуатационные материалы (смазочные и специальные жидкости);

$L_{\Pi i}$ – пробег автопоезда за один рейс в i -ю лесосеку, км;

$n_{\text{ШТ}}$ и $n_{\text{ШП}}$ – количество колес (шин) без запасных соответственно у тягача и прицепа;

$z_{шт}$ и $z_{шп}$ – балансовая стоимость шины соответственно тягача и прицепа, руб.;

$l_{шт}$ и $l_{шп}$ – норма пробега для шин соответственно тягача и прицепа, км;

$z_{от}$ и $z_{оп}$ – затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт соответственно тягача и прицепа, руб/км;

$C_{БТ}$ и $C_{БП}$ – балансовая стоимость соответственно тягача и прицепа, руб.;

$n_{АТ}$ и $n_{АП}$ – норма амортизационных отчислений соответственно для тягача и прицепа, %;

$n_{П}$ – количество прицепов в автопоезде;

$A_{РП}$ – количество дней работы прицепа в году;

$m_{Рi}$ – количество рейсов за один рабочий день в i -ю лесосеку.

Расход топлива за один рейс q_{Ti} можно определить на основе норм расхода на единицу пробега и грузовой работы по формуле

$$q_{Ti} = 0,01k\beta \left\{ \begin{aligned} & [q_{П} + q_{Г} (n_{П}M_{П} + M_{ПР})] L_{Pi} + \\ & + \gamma k_{сп} q_{Г} k_{П} Q_{Pi} L_i \end{aligned} \right\}, \quad (17)$$

где k – коэффициент, учитывающий дополнительный расход топлива на разогрев двигателя, при работе в зимнее время, на временных дорогах, при вывозке деревьев;

β – коэффициент, учитывающий дополнительный расход топлива на привод лебедки;

$q_{П}$ – норма расхода топлива на 100 км пробега автомобиля, л;

$q_{Г}$ – норма расхода топлива на 100 т·км грузовой работы, л;

$M_{П}$ – снаряженная масса прицепа (без груза), т;

$M_{ПР}$ – эксплуатационная масса погрузочно-разгрузочного средства, установленного на автопоезде, т.

Пробег автопоезда за один рейс L_{Pi} зависит от расстояния вывозки L_i

$$L_{Pi} = 2L_i + l_{дл} + l_{др}, \quad (18)$$

где $l_{дл}$ и $l_{др}$ – дополнительный пробег соответственно в пределах лесосеки и разгрузочного пункта, км.

$$z_{Pi} = (z_o + z'_T k'_{\text{э}} q'_T) k_{Pi} Q_{Pi} + 0,01k_{дл} z_{ПР} \tau_i + \frac{C_{БПР} n_{АПР} + c_{ГТ}}{100 A_{РПР} m'_{Рi}}, \quad (19)$$

где z_o – плата оператору погрузочного средства за единицу объема погруженных лесоматериалов, руб/м³;

z'_T – стоимость топлива для погрузочного средства, руб/л;

$k'_{\text{э}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на эксплуатационные материалы (смазочные и специальные жидкости) для погрузочного средства;

q'_T – норма расхода топлива погрузочным средством, л/м³;

$k_{дл}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время работы погрузочного средства, в том числе перемещения своим ходом;

$z_{ПР}$ – нормы затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт погрузочного средства на 100 мото-часов, руб.;

τ_i – продолжительность погрузки автопоезда, ч;

$C_{БПР}$ – балансовая стоимость погрузочного средства, руб.;

$n_{АПР}$ – норма амортизационных отчислений для погрузочного средства, %;

$c_{ГТ}$ – годовые затраты на транспортировку и перемещение погрузочного средства, руб.;

$A_{РПР}$ – количество дней работы погрузочного средства в году;

$m'_{Рi}$ – количество погрузок за один рабочий день.

Продолжительность погрузки автопоезда τ_i зависит от типа применяемого погрузочного средства и полезной нагрузки на автопоезд Q_{Pi} .

$$\tau_i = \tau_o + \tau_{П} \frac{\gamma k_{сп} k_{П} Q_{Pi}}{q_{ПР} k_{ПР}} + \tau_{К}, \quad (20)$$

где τ_0 – время на установку погрузочного средства в рабочее положение, ч;

τ_{II} – время погрузки одного пакета, захватываемого погрузочным средством, ч;

q_{II} – грузоподъемность погрузочного средства, т;

k_{II} – коэффициент использования грузоподъемности погрузочного средства;

τ_K – время на установку погрузочного средства в транспортное положение после погрузки, ч.

$$z_{Ci} = z' k_{II} Q_{II} L_i, \quad (21)$$

где z' – отчисления на зарплату специалистов и руководящих работников автотранспортной службы от единицы выполненной грузовой работы, руб/(м³ · км).

Подставим выражение (13) в формулу (11) и с учетом зависимостей (14) и (21) получим

$$c_{Ti} = k_{II} k_{II} \left[L_i (z + z') + \frac{z_{II} + z_{II}}{k_{II} Q_{II}} \right]. \quad (22)$$

Удельные транспортные затраты, определенные по формуле (22), зависят главным образом от удаленности лесосеки, а следовательно будут разными для различных лесосек. Удельные транспортные затраты c_T при количестве лесосек n , осваиваемых за перспективный период, определяются как средневзвешенная величина удельных транспортных затрат по конкретным лесосекам, при этом весовые коэффициенты рассчитываются как отношения объемов вывозки из отдельных лесосек к общему объему вывозки за перспективный период.

Дорожная составляющая затрат на вывозку лесоматериалов из лесосек Z_D (в рублях) включает следующие затраты: на эксплуатацию и восстановление дорог всесезонного действия, на строительство и содержание дорог сезонного действия, на зарплату специалистов и руководящих работников дорожной службы, и определяется по формуле

$$Z_D = k_{II} k_{II} (Z_{ДВ} + Z_{ДС} + Z_{СД}), \quad (23)$$

где $Z_{ДВ}$ – затраты на эксплуатацию и восстановление дорог всесезонного действия, руб.;

$Z_{ДС}$ – затраты на строительство и содержание дорог сезонного действия, руб.;

$Z_{СД}$ – зарплата специалистов и руководящих работников дорожной службы, руб.

Затраты на эксплуатацию и восстановление дорог всесезонного действия зависят от их протяженности, объема и средневзвешенного расстояния вывозки лесоматериалов.

$$Z_{ДВ} = 10^{-3} Q (c_{МС} M_D + c_{ДР} T_D + z_M) + 0,01 \sum_{e=1}^E n_{Де} c_{Де} l_e, \quad (24)$$

где Q – объем вывозки лесоматериалов за год или сезон, м³;

$c_{МС}$ и $c_{ДР}$ – стоимость соответственно одной машино-смены дорожных машин и одного человеко-дня дорожных рабочих, руб.;

M_D – потребность машино-смен дорожных машин для содержания и ремонта постоянных дорог на 1000 м³ вывезенных лесоматериалов в зависимости от среднего расстояния вывозки;

T_D – потребность человеко-дней дорожных рабочих для содержания и ремонта постоянных дорог на 1000 м³ вывезенных лесоматериалов в зависимости от среднего расстояния вывозки;

z_M – расходы на материалы для содержания и ремонта постоянных дорог на 1000 м³ вывезенных лесоматериалов, руб.;

$n_{Де}$ – норма амортизационных отчислений для дороги всесезонного действия e -го типа, %;

$c_{Де}$ – стоимость 1 км дороги всесезонного действия e -го типа, руб/км;

l_e – протяженность эксплуатируемых дорог всесезонного действия e -го типа, км.

Затраты на строительство и содержание дорог сезонного действия зависят от объемов строительства данных дорог по типам покрытий (в километрах), объема вывозки лесоматериалов.

$$Z_{ДС} = \sum_{k=1}^K l_{Ск} (c_{МС} M_{СДк} + c_{ДР} T_{СДк} + z'_{Мк}) + 10^{-3} \sum_{k=1}^K Q_{Ск} (c_{МС} M'_{СДк} + c_{ДР} T'_{СДк} + z''_{Мк}) + \sum_{s=1}^S K_{Плс} c_{Плс}, \quad (25)$$

где $l_{Ск}$ – объем строительства дорог сезонного действия k -го типа, км;

$M_{СДк}$ – потребность машино-смен дорожных машин для строительства 1 км дороги k -го типа;

$T_{СДк}$ – потребность человеко-дней дорожных рабочих для строительства 1 км дороги k -го типа;

$z'_{Мк}$ – затраты на материалы для строительства 1 км дороги k -го типа, руб/км;

K – количество типов дорог сезонного действия;

$Q_{Ск}$ – объем вывозки лесоматериалов по дорогам сезонного действия k -го типа, м³;

$M'_{СДк}$ – потребность машино-смен дорожных машин на 1000 м³ вывезенных лесоматериалов для содержания дороги k -го типа;

$T'_{СДк}$ – потребность человеко-дней дорожных рабочих на 1000 м³ вывезенных лесоматериалов для содержания дороги k -го типа;

$z''_{Мк}$ – расходы на материалы для содержания дороги k -го типа на 1000 м³ вывезенных лесоматериалов, руб.;

$K_{Плс}$ – количество устраиваемых погрузочных пунктов s -го типа;

$c_{Плс}$ – затраты на устройство и содержание погрузочного пункта s -го типа, руб.;

S – количество типов погрузочных пунктов.

$$Z_{СД} = Q z'_{СД} + \sum_{k=1}^K l_{Ск} z_{СДк}, \quad (26)$$

где $z'_{СД}$ – отчисления на зарплату специалистов и руководящих работников дорожной службы от 1 м³ вывезенных лесоматериалов, руб/м³;

$z_{СДк}$ – отчисления на зарплату специалистов и руководящих работников дорожной службы от 1 км построенных дорог сезонного действия k -го типа, руб/км.

Удельные дорожные затраты $c_{Д}$ найдем из формулы (3) с учетом зависимостей (23) – (26)

$$c_{Д} = 10^{-3} k_{ПЗ} k_{НР} \left[c_{МС} M_{Д} + c_{ДР} T_{Д} + z_{М} + z'_{СД} + \sum_{k=1}^K q_{Ск} (c_{МС} M'_{СДк} + c_{ДР} T'_{СДк} + z''_{Мк}) \right] + \frac{k_{ПЗ} k_{НР}}{Q} \left[\sum_{k=1}^K l_{Ск} (c_{МС} M_{СДк} + c_{ДР} T_{СДк} + z'_{Мк} + z_{СДк}) + 0,01 \sum_{e=1}^E n_{Де} c_{Де} l_e + \sum_{s=1}^S K_{Плс} c_{Плс} \right],$$

где $q_{Ск}$ – доля объема вывозки лесоматериалов по дорогам k -го типа.

Анализ полученных зависимостей показывает, что удельные дорожные затраты зависят от структуры используемой дорожной сети, объема вывозки лесоматериалов и объемов строительства дорог сезонного действия разных типов. Затраты на эксплуатацию и восстановление дорог всепогодного действия не зависят от параметров процесса вывозки лесоматериалов, в тоже время затраты на строительство и содержание дорог сезонного действия и зарплата специалистов и руководящих работников дорожной службы зависит от указанных параметров, причем данная зависимость выражается в объемах строительства дорог сезонного действия разных типов, которые определяются типажом применяемого подвижного состава и величиной полезной нагрузки на автопоезд.

Предложенные аналитические зависимости позволяют найти из множества принятых вариантов технологии и организации вывозки лесоматериалов из лесосек оптимальный, обеспечивающий минимальную себестоимость вывозки.

Библиографический список

1. Алябьев, В. И. Организация автоматизированного управления лесопромышленным производством [Текст] / В. И. Алябьев, В. К. Курьянов, В. Н. Харин. – Воронеж, 1999. – 196 с.
2. Алябьев, В. И. Организация вывозки древесины [Текст] / В. И. Алябьев. – М., 1995. – 126 с.
3. Афоничев, Д. Н. Оптимизация размещения внутриплощадочных дорог в сырьевых базах лесозаготовительных предприятий [Текст] / Д. Н. Афоничев // Природопользование: ресурсы, техническое обеспечение: межвуз. сб. науч. тр. – Воронеж, 2007. – Вып. 3. – С. 36–42.
4. Афоничев, Д. Н. Размещение лесовозного уса на лесосеке [Текст] / Д. Н. Афоничев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2009. – № 3. – С. 92–94.
5. Афоничев, Д. Н. Расчет полезной нагрузки автомобильного подвижного состава на вывозке древесины с учетом вместимости устройств для размещения груза [Текст] / Д. Н. Афоничев // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте: межвуз. сб. науч. тр. – Воронеж, 2008. – Вып. 3. – С. 61–65.
6. Заложных, В. М. Прямая вывозка древесины из лесосеки до потребителя [Текст] / В. М. Заложных // Лесозаготовка: межвуз. сб. науч. тр. / Сибирский государственный технологический университет. – Красноярск, 1998. – С. 65–69.
7. Рыбников, П. С. Дифференцированный расчет себестоимости автомобильной вывозки древесины [Текст] / П. С. Рыбников; Воронежская государственная лесотехническая академия. – Воронеж, 2011. – 20 с. – Деп. в ВИНТИ 20.07.2011, № 352-B2011.
8. Смирнов, М. Ю. Рациональные способы и параметры загрузки автомобильных поездов на вывозке лесоматериалов [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.01; защищена 11.10.11 / М. Ю. Смирнов. – Йошкар-Ола, 2011. – 399 с.
9. Сушков, С. И. Сухопутный транспорт леса [Текст] / С. И. Сушков, С. М. Гоптарев, А. С. Сушков. – Воронеж, 2015. – 141 с.
10. Транспорт леса [Текст] : учеб. в 2-х т. Т. 1. Сухопутный транспорт / под ред. Э. О. Салминена. – М.: Академия, 2009. – 368 с.
11. Larsson, G. Economic design of motor truck haul road system in forest areas [Text] / G. Larsson, O. Rudstam. – Stockholm, 1968. – 168 p.
12. Larsson G. Studies on Forest road planning [Text] / G. Larsson. – Stockholm, 1959. – 156 p.
13. Mathematical model of statistical Identification of car transport Informational [Text] / A. V. Skrypnikov, S. V. Dorokhin, V. G. Kozlov, E. V. Chernyshova // Provision Journal of Engineering and Applied Sciences. – January, 2017. – Vol. 12. – P. 511–515.
14. Rowman, J. New look at optimum road dentle topography [Text] / J. Rowman, R. Hessian // Transportaion resarch record. – 1983. – № 898. – P. 14–18.
15. Tan, J. Planning a forest road network by spatial data handling-network routing system [Text] / J. Tan. – Helsinki, 1992. – 226 p.

References

1. Alyab'ev V. I., Kur'yanov V. K., Harin V. N. *Organizaciya avtomatizirovannogo upravleniya lesopromyshlennym proizvodstvom* [The organization of automated control of the forest industry]. Voronezh: Voronezhskaya gosudarstvennaya lesotekhnicheskaya akademiya, 1999, 196 p.
2. Alyab'ev V. I. *Organizaciya vyvozki drevesiny* [Organization of transportation of the wood]. Moscow: Moskovskij gosudarstvennyj universitet lesa, 1995, 126 p.
3. Afonichev D. N. *Optimizaciya razmeshcheniya vnutriploshchadочnyh dorog v syr'evyh bazah lesozagotovitel'nyh predpriyatij* [Optimization of placement of internal roads in raw material bases of logging enterprises] *Природопользование: ресурсы, техническое обеспечение* [Environmental management: resources,

technical support]. Voronezh: Voronezhskaya gosudarstvennaya lesotekhnicheskaya akademiya, 2007. Vol. 3, pp. 36–42.

4. Afonichev D. N. *Razmeshchenie lesovoznogo usa na lesoseke* [Placement of the timber moustache on the cutting area] *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik* [Bulletin of Moscow state forest University – Forest Herald]. 2009. № 3, pp. 92–94.

5. Afonichev D. N. *Raschet poleznoj nagruzki avtomobil'nogo podvizhnogo sostava na vyvozke drevesiny s uchetom vmestimosti ustrojstv dlya razmeshcheniya gruzha* [Calculation of the useful load of automotive rolling stock for the transportation of wood subject to the capacity of the device for placement of cargo] *Perspektivnye tekhnologii, trans-portnye sredstva i oborudovanie pri proizvodstve, ehkspluatatsii, servise i remonte* [Advanced technologies, vehicles and equipment in production, operation, service and repair]. Voronezh: Voronezhskaya gosudarstvennaya lesotekhnicheskaya akademiya, 2008. Vol. 3, pp. 61–65.

6. Zalozhnyh V. M. *Pryamaya vyvozka drevesiny iz lesoseki do potrebitelya* [Direct export of wood from the cutting area to the consumer] *Lesoehkspluatatsiya* [Forest exploitation]. Krasnoyarsk: Sibirskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet, 1998, pp. 65–69.

7. Rybnikov P. S. *Differencirovannyj raschet sebestoimosti avtomobil'noj vyvozki drevesiny* [Differential costing car removals]; Voronezhskaya gosudarstvennaya lesotekhnicheskaya akademiya. Voronezh, 2011, 20 p. Dep. in VINITI 20.07.2011, № 352-V2011.

8. Smirnov M. Yu. *Racional'nye sposoby i parametry zagruzki avtomobil'nyh poezdov na vyvozke lesomaterialov. dis. ... d-ra tekhn. nauk* [Rational ways and download options road trains for hauling timber: dissertation for the degree of doctor of technical Sciences]. Joshkar-Ola: Marijskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2011, 399 p.

9. Sushkov S. I., Goptarev S. M., Sushkov A. S. *Suhoputnyj transport lesa* [Land transport of forest]. Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet imeni G.F. Morozova, 2015, 141 p.

10. Salminen Eh. O. *Transport lesa* [Forest transport]. T. 1. *Suhoputnyj transport* [Land transport]. – Moscow: Akademiya, 2009? 368 p.

11. Larsson G., Rudstem O. Economic design of motor truck haul road system in forest areas. Stockholm, 1968, 168 p.

12. Larsson G. Studies on Forest road planning. Stockholm, 1959, 156 p.

13. Skrypnikov A. V., Dorokhin S. V., Kozlov V. G., Chernyshova E. V. Mathematical model of statistical Identification of car transport Informational. Provision Journal of Engineering and Applied Sciences. – January, 2017. Vol. 12, pp. 511–515.

14. Rowman J., Hessier R. New look at optimum road dentle topography. Transportaion rescarch record. – 1983, № 898, pp. 14–18.

15. Tan J. Planning a forest road network by spatial data handling-network routing system. Helsinki, 1992, 226 p.

Сведения об авторах

Афоничев Дмитрий Николаевич – заведующий кафедрой электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», доктор технических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: dmafonichev@yandex.ru.

Морковин Владимир Александрович – доцент кафедры промышленного транспорта, строительства и геодезии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: kafedra_prom_transporta@list.ru.

Гоптарев Сергей Михайлович – доцент кафедры промышленного транспорта, строительства и геодезии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: serg-goptarev@mail.ru.

Information about authors

Afonichev Dmitrii Nikolaevich – head of the Department of electrical engineering and automation Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great», doctor of technical Sciences, Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: dmafonichev@yandex.ru.

Morkovin Vladimir Aleksandrovich – associate Professor of the Department of industrial transport, building and geodesy Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», candidate of technical Sciences, associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: kafedra_prom_transporta@list.ru.

Goptarev Sergey Mihaylovich – associate Professor of the Department of industrial transport, building and geodesy Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», candidate of technical Sciences, associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: serg-goptarev@mail.ru.

DOI: 10.12737/article_5b240610787eb9.84551258

УДК 674*061

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАСТИЛОВ ДЕРЕВЯННЫХ ДЛЯ ЛЮДСКОГО ХОДА (ТРАПОВ), ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

доктор технических наук, доцент **О.Н. Бурмистрова**¹
старший преподаватель **М.А. Михеевская**¹
студент **Е.В. Михеевский**¹

1 – ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта, Российская Федерация

В Российской Федерации основными лесобразующими породами являются ценные хвойные насаждения (преимущественно лиственница, сосна и ель) – 76%, мягкие лиственные насаждения (преимущественно береза и осина) занимают 22% площадей, остальная территория приходится на насаждения твердолиственных пород. Использование древесины для производства рудничной стойки и, как следствие, настилов для людского хода (трапов) в горнорудных предприятиях обуславливается рядом её преимуществ относительно других материалов, например, железобетона или железа. Древесина легко обрабатывается при подгонке линейных размеров, необходимой при установке креплений, а также обладает большей эластичностью при небольшой объёмной массе. Ещё одним преимуществом применения древесины на горнорудных предприятиях является относительная низкая цена по сравнению с вышеуказанными материалами. Кроме того, древесина обладает ещё одним уникальным свойством – издавать звук при растрескивании, предупреждающий об осадке грунта или предстоящем обвале. От качества древесины зависит долговечность рудничной стойки и настилов и безопасность передвижения подземных рабочих горнорудных предприятий (проходчиков, крепильщиков, бригад комбайнёров). Изготовление настилов деревянных для людского хода (трапов) из древесины ценных хвойных пород идёт в разрез с принципами рационального использования природных ресурсов. В статье произведён расчёт расхода