

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТРЕЛЕВКИ ДРЕВЕСИНЫ В УСЛОВИЯХ НЕСПЛОШНЫХ РУБОК

Пошарников Ф.В., Абрамов В.В., Бондаренко А.В.

ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», Воронеж, Россия (394087 г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8), e-mail: tolp@vglta.vrn.ru

Для обоснования наиболее эффективной технологии трелевки необходимы достоверные показатели сравниваемых вариантов ее выполнения в конкретных условиях производства и природной среды. Существующие сегодня регрессионные зависимости для определения циклового времени трелевки не учитывают специфику работы техники на выборочных рубках ухода, а также не отражают влияние других существенных факторов (интенсивность рубки, ширина пасеки и схема ее разработки, способ трелевки и т.д.) по причине ограниченных возможностей используемого метода многофакторного планирования натурального эксперимента при их получении. Это вызывает необходимость глубокого исследования продолжительности трелевки с позиций системного подхода, для установления теоретических и экспериментальных связей расчлененных элементов затрат со всеми основными природными и технико-технологическими факторами влияния, а также друг с другом, учитывая особенности выполнения операции на выборочных рубках малого объема.

Ключевые слова: трелевка древесины, лесосека, делянка, пасека, лесозаготовительное производство.

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL SKIDDING WOOD IN A NON-CONTINUOUS CUTTING

Posharnikov F.V., Abramov V.V., Bondarenko A.V.

Voronezh State Forestry Academy, Voronezh, Russia (394 087 Voronezh, Timiryazev str., 8), e-mail: tolp@vglta.vrn.ru

To study the most effective technology necessary hauling of reliable indicators of its performance compared alternatives in the specific conditions of production and the environment. Existing regression to determine the cycle time of logging does not take into account the specifics of the technology for selective thinning, and do not reflect the impact of other significant factors (the intensity of logging, the width of the apiary and its development scheme, the method of logging, etc.) due to the limited capacity the method used multivariate field experiment planning as they arrive. This calls for a deeper study of the duration of logging with the system approach, to establish the theoretical and experimental relations dissected elements of cost to all major natural and technical and technological factors of influence, as well as with each other given the characteristics of the operation in a small volume of sample cuttings.

Key words: hauling wood, cutting area, plot, apiary, timber production.

На сегодняшний день существующие зависимости по определению продолжительности процесса трелевки не всегда адекватны в широко меняющихся лесозаготовительных условиях, так как в недостаточной степени учитывают технологические параметры работы техники, технологию разработки пасеки и формирования вала, а также таксационную характеристику древостоя и специфику малообъемной заготовки древесины [5]. В этой связи актуальным становится изучение продолжительности цикла работы трелевочной техники с учетом обозначенных недостатков.

Общее уравнение по определению времени цикла трелевки имеет следующий вид:

$$T_u = t_{ф.в.} + t_{р.в.} + t_m = t_{ф.в.} + t_{р.в.} + \frac{V_p + V_x}{V_p V_x} l_{cp}, \quad (1)$$

где T_u – продолжительность цикла работы трелевочной техники, с;

$t_{ф.в.}$ – затраты времени на формирование вoза, с;

$t_{р.в.}$ – затраты времени на разгрузку вoза, с;

t_m – транспортное время рейса, с;

l_{cp} – среднее расстояние трелевки, м;

V_p – средняя скорость рабочего хода трелевочного средства, м/с;

V_x – средняя скорость холостого хода трелевочного средства, м/с.

Технология проведения несплошных рубок предполагает рассредоточенность лесоматериалов по ширине пасеки и соответственно перемещение их к волоку становится, возможно, только в единичном состоянии [2]. В связи с этим время формирования вoза разделится на подтрелевку лесоматериалов к волоку ($t_{н.л.}$) и набор вoза ($t_{н.в.}$):

$$t_{ф.в.} = t_{н.л.} + t_{н.в.}, \quad (2)$$

Время подтрелевки единичного лесоматериала к волоку техническим средством выразим следующим образом:

$$\begin{aligned} t_{н.л.}^1 &= t_{н.н.д.} + t_{о.н.д.} + t_{м.м.с.} + t_{н.м.о.} + t_{д.н.у.} + t_{н.д.в.} + t_{р.н.м.} = \\ &= t_{н.н.д.} + t_{о.н.д.} + t_{м.м.с.} + t_{н.м.о.} + \frac{V_{д.н.у.} + V_{н.д.в.}}{V_{д.н.у.} V_{н.д.в.}} l_{cp.н.} + t_{р.н.м.}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $t_{н.н.д.}$ – затраты времени на прицепку подтрелевываемой древесины, с;

$t_{о.н.д.}$ – затраты времени на отцепку подтрелевываемой древесины, с;

$t_{м.м.с.}$ – затраты времени на маневры технического средства при его установке для выполнения подтрелевки, с;

$t_{н.м.о.}$ – затраты времени на подготовку к работе технологического оборудования подтрелевочной техники (опускание щита, растормаживание лебедки, разбор прицепного оборудования), с;

$t_{д.н.у.}$ – затраты времени на доставку прицепного устройства на полупасеку, с;

$t_{н.д.в.}$ – затраты времени на перемещение древесины с полупасеки к подтрелевочному средству на волоке (технологическом коридоре), с;

$t_{p.n.m.}$ – затраты времени на разворот прибывшей техники для подтрелевки, с;

$V_{д.н.у.}$ – средняя скорость доставки прицепного устройства на полупасеку, м/с;

$V_{н.д.в.}$ – средняя скорость подтрелевки древесины, м/с;

$l_{ср.н.}$ – среднее расстояние подтрелевки, м;

$$l_{ср.н.} = \frac{b_n - b_e - 2 \sin \alpha l_{ср.хл.}}{4 \sin \alpha}, \quad (4)$$

b_n – ширина пасеки, м;

b_e – ширина волока, м;

α – угол укладки дерева относительно трелевочного волока,

$l_{ср.хл.}$ – средняя длина подтрелевываемого лесоматериала, м.

Количество приемов подтрелевки единичного лесоматериала к волоку с одной технологической стоянки m ограничивается возможностями технологического оборудования техники, шириной пасеки, а также зависит от густоты насаждения и степени его изреживания [3]. Среднее количество приемов подтрелевки лесоматериалов в необходимом объеме трелеваемого воза n зависит кроме этого от таксационной характеристики древостоя:

$$n = \frac{k}{q} = \frac{Qp}{q}, \quad (5)$$

где k – объем древесины подтрелевываемый с одной технологической стоянки, м³;

q – средний объем древесины подтрелевываемый за один прием, м³;

p – доля подтрелевываемой древесины с одной технологической позиции относительно рейсовой нагрузки технического средства Q .

Таким образом, время на подтрелевку лесоматериалов к волоку в необходимом объеме трелеваемого воза примет следующий вид:

$$t_{н.л.} = nt_{н.л.}^1 = \frac{Qp}{q} \left(t_{н.н.д.} + \frac{(V_{д.н.у.} + V_{н.д.в.})(b_n - b_e - 2 \sin \alpha l_{ср.хл.})}{4 V_{д.н.у.} V_{н.д.в.} \sin \alpha} + t_{о.н.д.} \right) + \quad (6)$$

$$+ t_{м.м.с.} + t_{н.м.о.} + t_{п.н.м.},$$

В условиях проведения несплошных рубок для подтрелевки лесоматериалов в необходимом объеме одной технологической стоянки, как правило, недостаточно, поэтому:

$$t_{n.l.}^{11} = xt_{n.c.c.} = x \left(\frac{l_{m.n.}}{V_{m.n.}} \right), \quad (7)$$

где $t_{n.c.c.}$ – время переезда подтрелевоочной техники на смежную технологическую стоянку, с;

x – количество необходимых переездов на смежные стоянки для подтрелевки лесоматериалов в необходимом объеме трелюемого воза;

$l_{m.n.}$ – среднее расстояние переезда между технологическими стоянками, м;

$V_{m.n.}$ – средняя скорость переезда на смежные технологические стоянки.

Очевидно, что количество переездов x будет определяться как:

$$x = z - 1 = \frac{Q}{k} - 1. \quad (8)$$

где z – количество технологических остановок для формирования пачки необходимого объема.

При этом объем древесины подтрелевываемый с одной технологической стоянки (рис. 1) можно выразить как:

$$k = \frac{q_{za} S k_p}{10^4} = q_{za} \frac{b_n - b_e}{2} l_{o.l.} k_p 10^{-4}, \quad (9)$$

где q_{za} – запас древостоя на 1 га, м³;

S – площадь лесосеки (зоны) обрабатываемой с одной технологической стоянки, м²;

k_p – степень интенсивности проводимой рубки;

$l_{o.l.}$ – ширина обрабатываемой ленты (ограничивается возможностями технологического оборудования $l_{m.k.}$ подтрелевоочного средства и условия досягаемости лесоматериала), м.

Таким образом, учитывая вышесказанное, время $t_{n.l.}^{11}$ может быть выражено в следующем виде:

$$\begin{aligned} t_{n.l.}^{11} &= x \left(\frac{l_{m.n.}}{V_{m.n.}} \right) = \left(\frac{Q}{k} - 1 \right) \left(\frac{l_{m.n.}}{V_{m.n.}} \right) = \left(\frac{2Q10^4}{q_{za} (b_n - b_e) l_{o.l.} k_p} - 1 \right) \left(\frac{l_{m.n.}}{V_{m.n.}} \right) = \\ &= \frac{2Q10^4 l_{m.n.}}{q_{za} (b_n - b_e) l_{o.l.} k_p V_{m.n.}} - \frac{l_{m.n.}}{V_{m.n.}}, \end{aligned} \quad (10)$$

а общее уравнение определения времени на подтрелевку лесоматериалов к волоку в необходимом объеме трелюемого воза примет следующий вид:

$$t_{n.l.} = nt_{n.l.}^1 + t_{n.l.}^{11} = \frac{Qp}{q} \left(t_{n.n.d.} + t_{o.n.d.} + \frac{(V_{\delta.n.y.} + V_{n.d.e.})(b_n - b_e - 2 \sin \alpha l_{cp.xl.})}{4 V_{\delta.n.y.} V_{n.d.e.} \sin \alpha} \right) +$$

$$+ t_{m.m.c.} + t_{n.m.o.} + t_{p.n.m.} + \frac{2(t_{m.m.c.} + t_{n.m.o.})Q \cdot 10^4}{q_{za}(b_n - b_e)k_p l_{m.n.}} + \frac{2Q \cdot 10^4 l_{m.n.}}{q_{za}(b_n - b_e)l_{o.l.}k_p V_{m.n.}} - \frac{l_{m.n.}}{V_{m.n.}} \quad (11)$$

Время набора подтрелеванной с пасеки древесины для последующей ее трелевки $t_{n.e.}$ выразим следующим образом:

$$t_{n.e.} = t_{n.m.o.}^{11} + t_{o.m.} + t_{n.n.} + t_{n.m.d.} + t_{n.z.l.} + t_{z.c.e.} = t_{n.m.o.}^{11} + \frac{V_{o.m.} + V_{n.z.l.}}{V_{o.m.} \cdot V_{n.z.l.}} l_{cp.om.} +$$

$$+ t_{n.n.} + t_{n.m.d.} + t_{z.c.e.} \quad (12)$$

где $t_{n.m.o.}^{11}$ – затраты времени на подготовку к работе технологического оборудования трелевочной техники (опускание щита, растормаживание лебедки, разбор прицепного оборудования, раскрытие клещевого захвата), с;

$t_{o.m.}$ – затраты времени на оттаскивание тягово-собирающего троса вдоль волока для сбора трелеваемого воза, с;

$t_{n.n.}$ – затраты времени на переходы прицеппика при чокеровке, с;

$t_{n.m.d.}$ – затраты времени на чокеровку лесоматериалов, с;

$t_{n.z.l.}$ – затраты времени на перемещение тягово-собирающего троса с зачокерованными лесоматериалами к трелевочному средству, с;

$t_{z.c.e.}$ – время затаскивание собранного воза на щит, с;

$V_{o.m.}$ – средняя скорость оттягивания каната для сбора лесоматериалов в необходимом объеме трелеваемого воза, м/с;

$V_{n.z.l.}$ – средняя скорость перемещения зачокерованных лесоматериалов по волоку к трелевочному средству, м/с;

$l_{cp.om.}$ – средняя длина оттягивания каната для сбора лесоматериалов в необходимом объеме трелеваемого воза, с.

Среднюю длину оттягивания каната при сборе лесоматериалов в необходимом объеме трелеваемого воза выразим следующим образом:

$$l_{cp.om.} = \frac{2Q \cdot 10^4}{q_{za}(b_n - b_e)k_p} \quad (13)$$

В ситуации ограниченных возможностей технологического оборудования (по необходимой длине оттягивания каната) требуемый объем трелюемого вола будет формироваться в несколько приемов:

$$c = \frac{l_{cp.om.}}{l_{m.o.}}, \quad (14)$$

где $l_{m.o.}$ – длина оттягивания тягово-собирающего троса исходя из возможностей технологического оборудования используемой техники, м.

Составляющие $t_{o.m.}$, $t_{n.z.l.}$ и $t_{n.m.o.}^{11}$, $t_{z.c.v.}$ при формировании необходимого объема трелюемого вола в несколько приемов соответственно :

$$t_{o.m.} + t_{n.z.l.} = \frac{4Q^2 \cdot 10^8 (V_3 + V_4)}{V_3 V_4 q_{za}^2 (b_n - b_e)^2 l_{m.o.} k_p^2}. \quad (15)$$

$$(t_{n.m.o.}^{11} + t_{z.c.v.})c = \frac{2(t_{n.m.o.}^{11} + t_{z.c.v.})Q \cdot 10^4}{q_{za} (b_n - b_e) k_p l_{m.o.}}, \quad (16)$$

Величины $t_{n.n.}$ и $t_{n.m.d.}$ могут быть представлены в следующем виде:

$$t_{n.n.} + t_{n.m.d.} = (t_{n.n.}^1 + t_{n.m.d.}^1) \frac{Q}{q_{xl}} = \left(t_{n.n.}^1 + \frac{l_{cp.l.}}{V_{n.ch.v.}} \right) \frac{Q}{q_{xl}}, \quad (17)$$

где $t_{n.n.}^1$ – затраты времени чокеровку единичного лесоматериала, с;

$t_{n.m.d.}^1$ – время на переходы при чокеровке, отнесенное к единичному лесоматериалу, с;

q_{xl} – средний объем заготавливаемого лесоматериала, м³;

$l_{cp.l.}$ – среднее расстояние между лесоматериалами вдоль волока (при варианте с разрубкой технологических визиров $l_{cp.l.} = l_{m.n.}$), м;

$V_{n.ch.v.}$ – средняя скорость перехода чокеровщика вдоль волока от одного лесоматериала к другому, м/с.

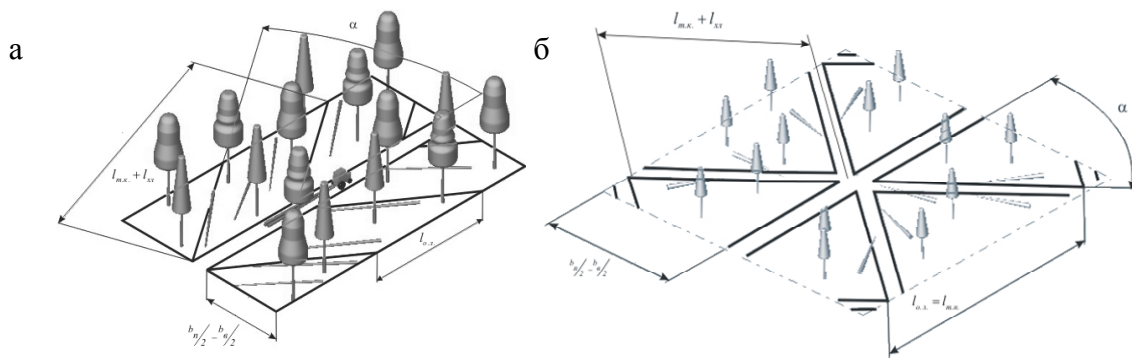


Рисунок 1. Исследуемые варианты разработки пасеки: а – без технологических визиров; б – с разрубкой технологических визиров

Таким образом, на основании вышесказанного время набора подтрелевой с пасеки древесины для последующей ее трелевки можно выразить следующим образом:

$$\begin{aligned}
 t_{н.в.} &= t_{н.м.о.}^{11} + t_{о.м.} + t_{н.н.} + t_{н.м.д.} + t_{н.з.л.} + t_{з.с.в.} = & (18) \\
 &= \frac{2Q \cdot 10^8 (V_{о.м.} + V_{н.з.л.})}{V_{о.м.} V_{н.з.л.} q_{за}^2 (b_n - b_e)^2 l_{м.о.} k_p^2} + \frac{(t_{н.м.о.}^{11} + t_{з.с.в.}) 10^4}{q_{за} (b_n - b_e) k_p l_{м.о.}} + \frac{t_{н.ч.}^1}{2q_{хл}} + \frac{l_{ср.л.}}{2V_{н.ч.в.} q_{хл}}.
 \end{aligned}$$

Затраты времени на разгрузку вoза можно выразить следующим образом:

$$t_{р.в.} = t_{с.н.д.} + t_{р.л.} + t_{н.с.к.} + t_{м.о.} + t_{м.в.}, \quad (19)$$

где $t_{с.н.д.}$ – время сброса пачки деревьев на погрузочную площадку, с;

$t_{р.л.}$ – затраты времени на расчокерoвку лесоматериалов, с;

$t_{н.с.к.}$ – затраты времени на подъем щита и сматывание собирающего каната, с;

$t_{м.о.}$ – продолжительность маневров трелевочного средства при выполнении окучивания лесоматериалов на погрузочной площадке, с;

$t_{м.в.}$ – продолжительность маневров трелевочного средства при выравнивании комлей лесоматериалов, с.

В результате проведенного исследования продолжительности трелевки получен математический аппарат для создания имитационных моделей [1, 4, 6] по определению производительности различных вариантов трелевочной техники, в широко меняющихся условиях производства и природной среды позволяющий в полной мере изучить характер воздействия и степень значимости различных факторов влияния с последующим их обоснованием для оптимизации.

Список литературы

1. Абрамов В. В. Имитационное моделирование работы трелевочных средств на выборочных рубках: деп. рукопись / Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 2008. – 96 с.
2. Абрамов В. В. Трелевка леса в малолесных районах России : деп. рукопись / Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 2005. – 63 с.
3. Абрамов В.В. Обоснование оптимальных параметров работы трелевочных средств на несплошных рубках // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 1. – С. 76-79.
4. Абрамов В.В. Разработка и обоснование эффективной технологии трелевки в малолесных районах: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Воронеж, 2009. –16 с.
5. Пошарников Ф.В., Абрамов В.В. Выполнение трелевки в условиях постоянного и непрерывного лесопользования // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – МГУЛ, 2008. – №6. – С. 108-111.
6. Пошарников Ф.В., Абрамов В.В., Бондаренко А.В. Моделирование природных условий горной местности при исследовании первичного транспорта леса // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 2. – С. 25-29.

Рецензенты:

Никулин С.С., д.т.н., профессор, профессор кафедры инженерной экологии и техногенной безопасности ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж.

Казаров К.Р., д.т.н., профессор, профессор кафедры сельскохозяйственных машин ФГОУ ВПО «Воронежский ГАУ», г. Воронеж.