

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАГОТОВКИ ПОРАЖЕННЫХ ПОЖАРОМ ДЕРЕВЬЕВ БЕНЗОПИЛОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ МОДУЛЕМ С ЛЕБЕДКОЙ

Ширнин Ю.А.¹, Ширнин А.Ю.¹, Зверев И.В.¹

¹ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола, Россия (424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, дом 3), e-mail: zvilya@rambler.ru

Предметом исследования является технология разработки пораженных пожаром древостоев, осуществляемая бензопилой и машиной, состоящей из энергетического модуля и технологического модуля с лебедкой (ТМЛ) для комбинированной трелевки деревьев. Приведена технологическая схема обработки бензомоторной пилой и ТМЛ древостоев с учетом пространственного размещения пораженных пожаром деревьев. Изложена информационно-логическая модель, подробно описывающая элементы технологического процесса. В соответствие с ней приведена математическая модель работы бензомоторной пилы и ТМЛ, критерием функционирования которой является время. Выведена формула производительности ТМЛ при его совместной работе с бензопилой. Выявлена зависимость производительности от факторов, характеризующих предмет труда, технологию и параметры ТМЛ. Изложенные в статье материалы рекомендуются к использованию в малообъемных лесозаготовительных предприятиях не только при разработке горельников, но также при освоении переувлажненных лесосек.

Ключевые слова: горельники, трелевка древесины, пространственное размещение деревьев, информационно-логическая модель, математическая модель, производительность.

MODELING OF TREE FIRE BLANKS DEFEAT CHAINSAW AND TECHNOLOGICAL MODULE WITH WINCH

Shirnin Y.A.¹, Shirnin A.Y.¹, Zverev I.V.¹

¹Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia (424000, Yoshkar-Ola, street Lenin, 3), e-mail: zvilya@rambler.ru

The subject of the research is to develop technology stand of trees affected by fire, carries out a chainsaw and machine, consisting of a power module and the process module combined with a winch for hauling trees. The technological scheme of treatment with chain saw and a technology board with a winch stands with the spatial distribution of trees affected by fire. Stated information and the logical model, which describes in detail the elements of the process. According to the mathematical model shows her work with chain saws and process module with a winch, the criterion for the operation of which is time. The formula of the performance process module with a winch when working with a chainsaw. The dependence of the performance of the factors that characterize the object of labor, technology and technological parameters of the module with a winch. Set out in Article materials recommended for use in low-volume logging enterprises not only in the development of burnt wood, but also in the development of water-logged wood-cutting areas.

Keywords: burned forests, skidding of timber, the spatial distribution of the trees, information-logical model, a mathematical model, performance.

Введение

Лесные пожары являются основной причиной повреждения и гибели лесов на значительных площадях. По данным Федеральной диспетчерской службы, на конец лета 2013 года на землях лесного фонда зафиксировано 125 пожаров на площади 73 953 га [5]. Ежегодно в России происходит более 18 тыс. лесных пожаров. Огромный вред, который приносят пожары человечеству. При лесных пожарах повреждается или полностью уничтожается растущий лес вместе с подлеском, подростом и травяным покровом, утрачивается источник получения древесины, резко снижаются водоохранно-защитные и санитарно-гигиенические свойства леса. Негативным последствием лесных пожаров является также опасность возникновения

очагов вредителей и болезней леса. Для того чтобы избежать еще большего вреда после лесного пожара, необходимо как можно быстрее очистить лес от сгоревших и поврежденных древостоев. В данной статье предлагается схема и оценивается технология разработки пораженных пожаром древостоев бензопилой и машиной с модулем для лебедочной трелевки древесины.

Цель работы: моделирование процесса трелевки древесины с использованием бензопилы и ТМЛ и оценка производительности при разработке пораженных пожаром древостоев.

Решаемые задачи: обоснование технологической схемы совместной работы бензопилы и модуля для лебедочной трелевки древесины в пораженных пожаром древостоях, составление информационно-логической и математической модели функционирования и получения

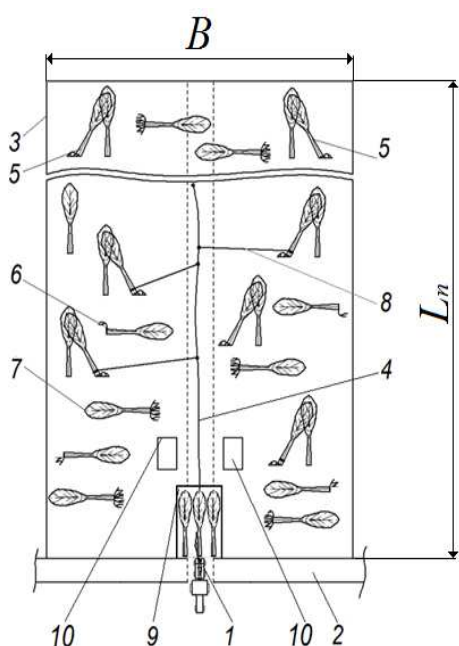


Рис. 1. Схема разработки пасеки

формулы для расчета производительности оборудования; оценка производительности при изменении параметров модели.

Конструкция технологического модуля рассмотрена в [2; 6]. Разработка пасеки осуществляется согласно схеме, представленной на рис. 1. Процесс разработки лесосеки происходит следующим образом. Машина 1 в составе энергетического модуля и ТМЛ заезжает по магистральному волоку 2 к очередной пасеке с границей 3. Машинист при помощи зажимной платформы закрепляет заднюю часть технологического модуля на дереве-мачте (ДМ). Управляя манипулятором, устанавливает на дереве-мачте отклоняющий блок, через который пропущен грузонесущий канат 4. Далее канат чокером

растаскивается вглубь пасеки.

Исследованиями [7] установлено, что расположение деревьев в пространстве после пожара можно разделить на четыре группы: зависшие 5, упавшие с несвободной корневой системой (НСКС) 6, упавшие со свободной корневой системой (СКС) 7, стоящие. Наибольшую опасность для рабочих представляют зависшие деревья, поэтому их обработка происходит в первую очередь. При этом они чокерами 8 подцепляются к грузонесущему канату. Далее происходит натяжение грузового каната при помощи лебедки, который увлекает за собой самый удаленный чокер и, следовательно, самое удаленное зависшее дерево. После натяжения каната до определенного тягового усилия, обеспечивающего безопасную работу, моторист бензопилы отделяет корневую систему (КС) от ствола этого дерева с оставлением недо-

пила. Затем он удаляется на безопасное расстояние. Снова включается лебедка, доводя натяжение

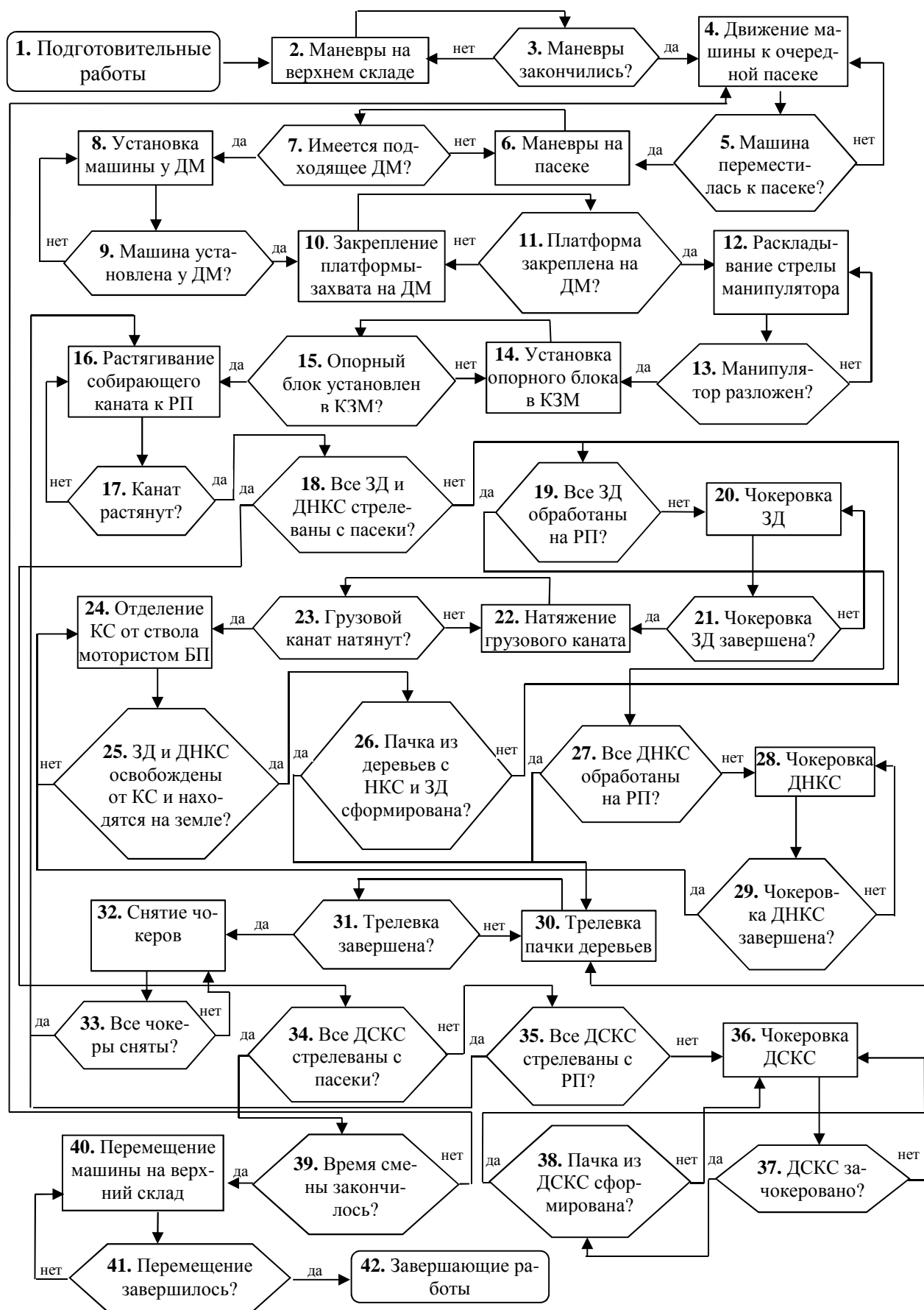


Рис. 2. Информационно-логическая модель технологического процесса

БП – бензопила; РП – рабочая позиция, площадь пасеки, обрабатываемая имеющимися чокерами; ДСКС – дерево со свободной корневой системой; ДНКС – дерево с несвободной корневая системой; ЗД – зависшее дерево; ДМ – дерево-мачта; КС – корневая система; КЗМ – клешевой захват манипулятора

каната до усилия, необходимого для разрушения недопила и приземления ствола. Таким образом происходит в количестве, равном числу чокеров, обработка всех зависших деревьев на пасеке и формирование из них пачки. Далее осуществляется трелевка пачки к магистральному волоку в штабель 9, где от них отцепляются чокеры.

Аналогичным образом осуществляется обработка упавших с НКС и СКС, а также стоящих деревьев. После того как все деревья обработаны на пасеке, машина в составе энергетического и технологического модулей передвигается на следующую пасеку.

Более подробное описание элементов технологического процесса изложено в информационно-логической модели, представленной на рис. 2. В модели блоки 18-26 отражают цикл обработки зависших деревьев, блоки 18, 25-32 отражают цикл обработки деревьев с НКС, блоки 34-38 отражают цикл обработки деревьев с СКС.

Используя методику [3; 4], на основании информационно-логической модели составлена математическая модель (рис. 3) функционирования ТМЛ при совместной работе с бензопилой. Число блоков математической модели равно числу блоков информационно-логической модели. Для ее создания выполняется символизация параметров: n_1 – количество делянок, обработанных в течение смены; n_2 – число пасек, обработанных в течение смены; n_3 – количество пачек хлыстов, стрелеванных в течение смены; n_4 – количество зависших деревьев и деревьев с несвободной корневой системой, стрелеванных с пасеки; n_5 – количество зависших деревьев, стрелеванных с одной рабочей позиции; n_6 – количество хлыстов, стрелеванных в течение смены; n_7 – количество деревьев, отделенных мотористом БП от корневой системы; n_8 – число пачек деревьев с НКС и ЗД; n_9 – количество деревьев с СКС, стрелеванных с одной рабочей позиции; n_{10} – количество деревьев с СКС, стрелеванных с пасеки; n_{11} – количество деревьев с НКС и ЗД, стрелеванных с одной рабочей позиции; n_{12} – число пачек деревьев с СКС; z – число чокеров; L_n – длина пасеки, м ($L_n = A/2$ м); A – ширина делянки (протяженность вдоль уса), м; B – ширина пасеки, м; C – глубина делянки, м; V_{pp} – ширина площадки, обрабатываемой с рабочей позиции, м; q – средний запас леса на 1 га, м³; V_{cp} – средний объем хлыста, м³; t_{ms} – время маневров на верхнем складе, с; t_{xkm} – время движения машины к очередной пасеке, с; v – средняя скорость ТМЛ, м/с; t_{mp} – время маневров на пасеке, с; t_{dm} – время установки машины у дерева-мачты, с; t_{pz} – время закрепления платформы захвата на ДМ, с; t_{ob} – время установки опорного блока на клещевом захвате манипулятора, с; t_{sm} – время на раскладывание стрелы манипулятора, с; t_{rk} – время растаскивания собирающего каната к рабочей позиции (РП), с; l_{rk} – расстояние от ДМ до собираемого дерева, м; v_x – средняя скорость движения трелевочного каната без груза, м/с; v_g – средняя скорость движения каната с грузом, м/с; t_{zd} – время чокеровки зависших деревьев, с; t_{ngk} – время формирования пачки, с; t_{mbp} – время отделения КС от ствола бензопилой, с; t_{nks} – время чокеровки

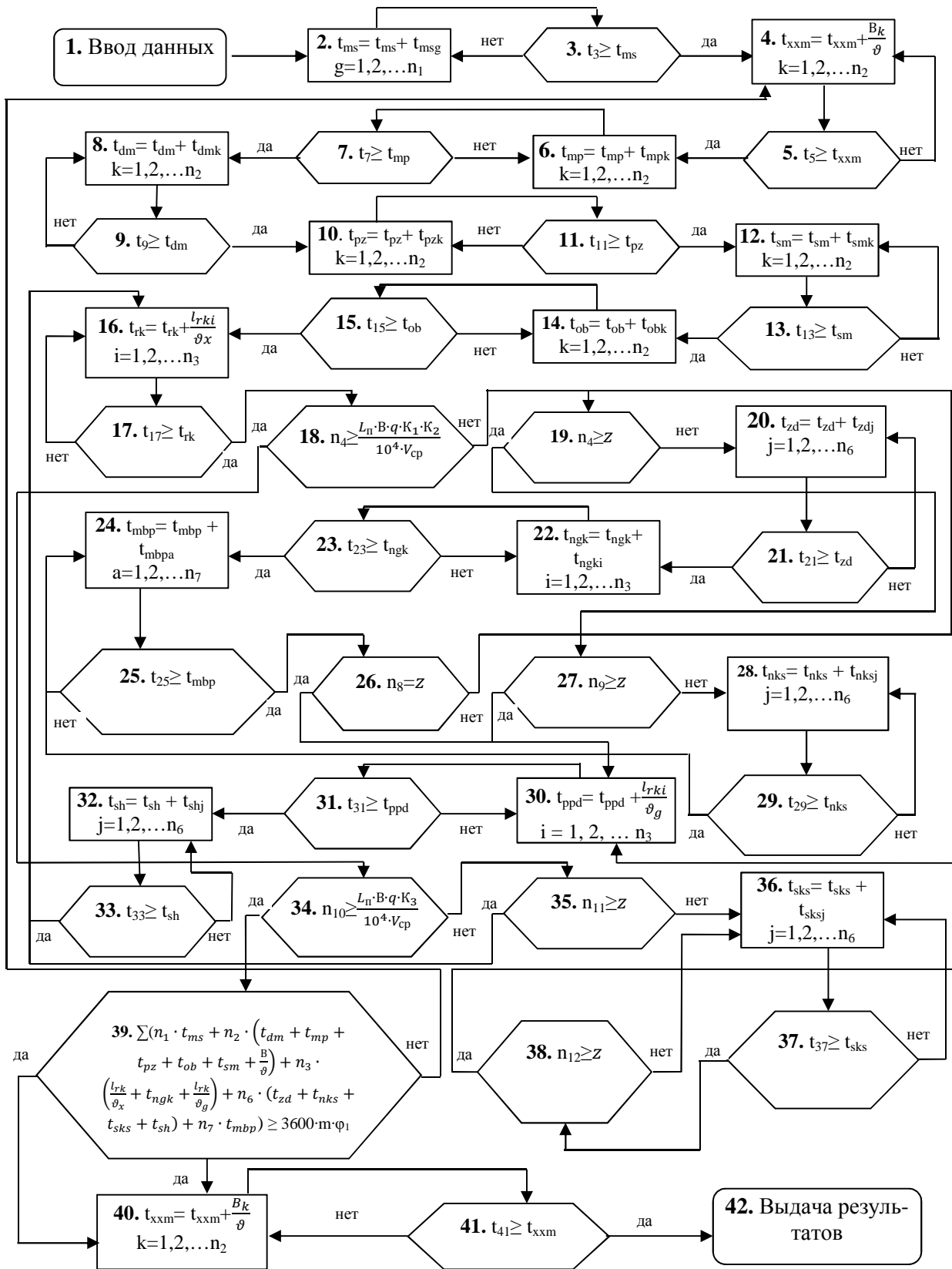


Рис. 3. Математическая модель технологического процесса

ДНКС, с; t_{ppd} – время подрелевки пачки деревьев, с; t_{sh} – время снятия чокеров, с; t_{sks} – время чокеровки ДСКС, с; K_1 – доля зависших деревьев, ($K_1 = 0,24$); K_2 – доля деревьев с НКС, ($K_2 = 0,19$); K_3 – доля деревьев с СКС, ($K_3 = 0,22$); K_4 – доля стоящих деревьев, ($K_4 = 0,35$). Значения $K_1 - K_4$ получены на основе исследований авторов [6].

Время на отделение мотористом бензопилы КС от ствола найдется по формуле

$$t_{\text{mbp}} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4 \cdot \varphi_{\text{ч.п.}} \cdot \Pi_{\text{ч.п.}}}, \quad (1)$$

где d_0 – средний диаметр дерева в плоскости пропила, м; $\varphi_{\text{ч.п.}}$ – коэффициент использования производительности чистого пиления; $\Pi_{\text{ч.п.}}$ – производительность чистого пиления бензопилы, м²/с.

Средний диаметр дерева в плоскости пропила и диаметр на половине высоты ствола ($d_{0,5H}$, м) определяются соответственно по формулам [1]

$$d_0 = \frac{d_{0,5H}}{f_c}, \quad (2) \quad d_{0,5H} = 0,14 \cdot V_{\text{cp}} + 0,1, \quad (3)$$

где f_c – переходной коэффициент ($f_c = 0,66$).

Подставляя значение из формул (2) и (3) в выражение (1), получим формулу для определения времени работы моториста БП при отделении КС

$$t_{\text{mbp}} = \frac{\pi \cdot (0,212 \cdot V_{\text{cp}} + 0,152)^2}{4 \cdot \varphi_{\text{ч.п.}} \cdot \Pi_{\text{ч.п.}}}. \quad (4)$$

Количество делянок, обработанных в течение смены (n_1), определяется по формулам

$$n_1 = \frac{\Pi_{\text{см}}}{M \cdot n_{13}} = \frac{\Pi_{\text{см}}}{M} \cdot \frac{10^4 \cdot V_{\text{cp}} \cdot z}{A \cdot C \cdot q}, \quad (5)$$

где $\Pi_{\text{см}}$ – сменная производительность, м³/см; M – объем трелюемой пачки, м³ ($M = V_{\text{cp}} \cdot z$)

$$n_2 = \frac{\Pi_{\text{см}}}{M \cdot n_{14}} = \frac{\Pi_{\text{см}}}{M} \cdot \frac{2 \cdot 10^4 \cdot V_{\text{cp}} \cdot z}{A \cdot B_{\text{п}} \cdot q}, \quad (6) \quad n_3 = \frac{\Pi_{\text{см}}}{z \cdot V_{\text{cp}}}, \quad (7)$$

$$n_6 = \frac{\Pi_{\text{см}}}{V_{\text{cp}}}, \quad (8) \quad n_6 = \frac{\Pi_{\text{см}} \cdot K_2 \cdot K_3}{V_{\text{cp}}}. \quad (9)$$

Время, затрачиваемое в течение смены на выполнение всех действий, суммируется и сравнивается в блоке 39 со временем смены ($3600 \cdot m \cdot \varphi_1$). Взаимосвязь затрат времени и количества стреланных пачек дает возможность определить производительность машины. В момент окончания смены выражение (блок 39) можно записать в виде

$$n_1 \cdot t_{\text{ms}} + n_2 \cdot \left(t_{\text{dm}} + t_{\text{mp}} + t_{\text{pz}} + t_{\text{ob}} + t_{\text{sm}} + \frac{1_p}{\vartheta} + \frac{1_s}{\vartheta} \right) + n_3 \cdot \left(\frac{1_{\text{rk}}}{\vartheta_x} + t_{\text{ngk}} + \frac{1_{\text{rk}}}{\vartheta_g} \right) + n_6 \cdot (K_1 \cdot t_{\text{zd}} + K_2 \cdot t_{\text{nks}} + K_3 \cdot t_{\text{sks}} + t_{\text{sh}}) + n_7 \cdot t_{\text{mbp}} = 3600 \cdot \varphi_1 \cdot m \quad (10)$$

Подставим значение n_1 , n_2 , n_3 , n_6 , n_7 с учетом n_{13} , n_{14} соответственно из формул (4), (5), (6), (7), (8), (9) в выражение (10), получим

$$\frac{\Pi_{\text{см}}}{V_{\text{cp}} \cdot z} \cdot \frac{10^4 \cdot V_{\text{cp}} \cdot z}{A \cdot C \cdot q} \cdot t_{\text{ms}} + \frac{\Pi_{\text{см}}}{V_{\text{cp}} \cdot z} \cdot \frac{2 \cdot 10^4 \cdot V_{\text{cp}} \cdot z}{A \cdot B_{\text{п}} \cdot q} \cdot \left(t_{\text{dm}} + t_{\text{mp}} + t_{\text{pz}} + t_{\text{ob}} + t_{\text{sm}} + \frac{B}{\vartheta} \right) + \frac{\Pi_{\text{см}}}{V_{\text{cp}} \cdot z} \cdot \left(\frac{1_{\text{rk}}}{\vartheta_x} + t_{\text{ngk}} + \frac{1_{\text{rk}}}{\vartheta_g} \right) + \frac{\Pi_{\text{см}} \cdot z}{V_{\text{cp}}} \cdot (K_1 \cdot t_{\text{zd}} + K_2 \cdot t_{\text{nks}} + K_3 \cdot t_{\text{sks}} + t_{\text{sh}}) + z \cdot (K_1 + K_2 + K_3) \cdot \frac{\pi \cdot (0,212 \cdot V_{\text{cp}} + 0,152)^2}{4 \cdot \varphi_{\text{ч.п.}} \cdot \Pi_{\text{ч.п.}}} = 3600 \cdot \varphi_1 \cdot m \quad (11)$$

Решая уравнение (11) относительно $\Pi_{см}$, находим выражение для определения производительности трелевочной машины

$$\Pi_{см} = \frac{3600 \cdot \varphi_1 \cdot m \cdot V_{ср} \cdot z}{\left(\frac{10^4 \cdot V_{ср} \cdot z}{A \cdot C \cdot q} \cdot t_{ms} + \frac{2 \cdot 10^4 \cdot V_{ср} \cdot z}{A \cdot B \cdot q} \cdot \left(t_{dm} + t_{mp} + t_{pz} + t_{ob} + t_{sm} + \frac{B}{\vartheta} \right) + \frac{l_{rk}}{\vartheta_x} + t_{ngk} + \frac{l_{rk}}{\vartheta_g} + z \cdot (K_1 \cdot t_{zd} + K_2 \cdot t_{nks} + K_3 \cdot t_{sks} + t_{sh}) + z \cdot (K_1 + K_2 + K_3) \cdot \frac{\pi \cdot (0,212 \cdot V_{ср} + 0,152)^2}{4 \cdot \varphi_{ч.п.} \cdot \Pi_{ч.п.}} \right)} \quad (12)$$

Расчет выполнен при следующих исходных данных: $\varphi_1 = 0,8$; $m = 8$ час; $V_{ср} = 0,25$ м³; $z = 10$; $A = 45$ м; $C = 400$ м; $q = 150$ м³/га; $B = 20$ м; $l_{rk} = 60$ м; $\vartheta_x = 1$ м/с; $\vartheta_g = 0,5$ м/с; $t_{ms} = 60$ с; $t_{dm} = 20$ с; $t_{mp} = 90$ с; $t_{pz} = 10$ с; $t_{ob} = 5$ с; $t_{sm} = 10$ с; $t_{ngk} = 10$ с; $t_{zd} = 20$ с; $t_{nks} = 20$ с; $t_{sks} = 20$ с; $t_{sh} = 15$ с; $\vartheta = 0,8$ м/с; $\Pi_{ч.п.} = 0,05$ м²/с; $\varphi_{ч.п.} = 0,6$.

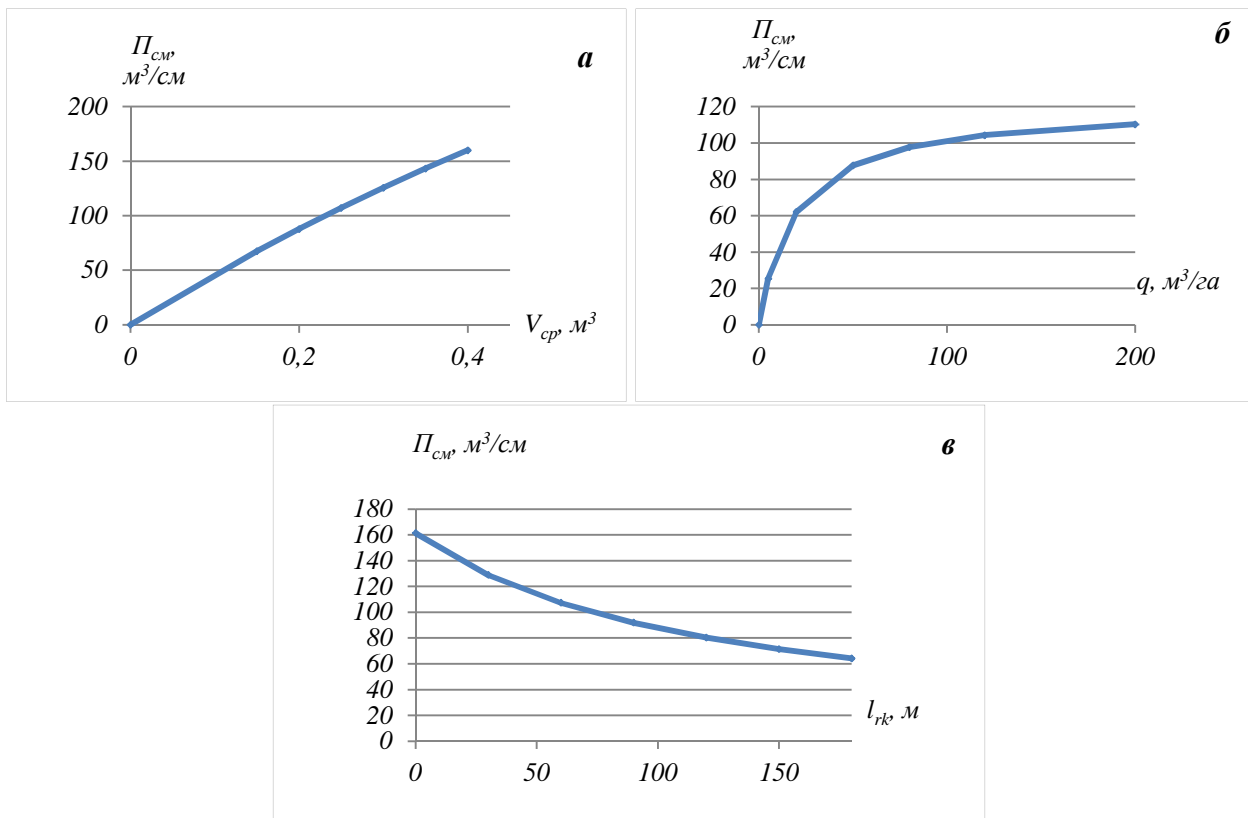


Рис. 4. Графики зависимости сменной производительности ($\Pi_{см}$) оборудования от: а – среднего объема хлыста $V_{ср}$ (м³); б – среднего запаса леса на 1 га, q (м³ / га); в – средней длины растаскивания каната l_{rk} (м),

Выводы. Представленная технологическая схема рекомендуется к использованию при разработке горельников. Последовательная разработка информационно-логической и математической моделей позволяет избежать грубых ошибок при описании технологического процесса и получения формулы производительности. Производительность оборудования при совместной работе ТМЛ с бензопилой возрастает при увеличении запаса леса на 1 га и среднего объема хлыста и снижается при росте средней длины растаскивания каната на паче.

Статья подготовлена в рамках научно-исследовательской деятельности ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет» по заданию Министерства образования и науки РФ № 7.1846.2011. по теме «Разработка основных технико-технологических подходов к внедрению и реализации промышленной технологии освоения лесных участков на базе комплексного решения задач технологического процесса лесосечно-лесовосстановительных работ с совмещенным лесовосстановлением».

Список литературы

1. Лесное ресурсоведение : учебник / Ю.А. Ширнин, И.В. Григорьев, А.И. Жуков [и др.] / под. ред. проф. Ю.А. Ширнина. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2012. – 356 с.
2. Машина для трелевки : свидетельство № 112592 Рос. Федерация. № 2010129675/13; заявл. 15.07.2010; опубл. 20.01.2012, Бюл. № 2.
3. Рукомойников К.П. Имитационное моделирование взаимосогласованной работы комплектов адаптивно-модульных лесных машин // Вестник МГУЛ «Лесной вестник». – 2013. - № 3 (95). – С. 154-159.
4. Рукомойников К.П. Обоснование технологии работ по трелевке лесоматериалов с труднодоступных участков на территории квартала // Вестник МГУЛ «Лесной вестник». – 2007. - № 1 (50). – С. 132-134.
5. Федеральное агентство лесного хозяйства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rosleshoz.gov.ru/forest_fires (дата обращения: 08.11.2013).
6. Ширнин А.Ю. Исследование технологии комбинированной трелёвки древесины // Лесной вестник. – 2005. - № 6. – С. 90-98.
7. Ширнин Ю.А., Зверев И.В., Моржанов А.Ю. Пространственное размещение деревьев на пораженных пожаром лесных территориях // Вестник МГУЛ «Лесной вестник». - 2012. - № 6 (89). – С. 176-180.

Рецензенты:

Войтко П.Ф., д.т.н., профессор, декан лесопромышленного факультета, ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола.

Царев Е.М., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола.