



УДК 630*372/.375

Ю. А. Ширнин, А.Ю. Ширнин

Марийский государственный технический университет

Ширнин Юрий Александрович родился в 1946 г., окончил в 1973 г. Марийский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и оборудования лесопромышленных производств Марийского государственного технического университета. Имеет около 250 печатных работ в области технологии и оборудования лесопромышленных производств.
E-mail: yushirnin@rambler.ru



Ширнин Александр Юрьевич родился в 1981 г., окончил в 2003 г. Марийский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности МарГТУ. Имеет 10 печатных работ по исследованиям трелевки древесины.
E-mail: kirsanov@marstu.mari.ru



КОМБИНИРОВАННАЯ ТРЕЛЕВКА ДРЕВЕСИНЫ СО СМЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МОДУЛЯМИ

Обоснованы технология и режимы работы трелевочной машины с двумя сменными технологическими модулями. Выявлена зависимость сменной производительности от параметров машины и лесосеки.

Ключевые слова: трелевочная машина, технологический модуль, складчатая рама, производительность.

Истощение лесного фонда, особенно на европейской территории России, создает необходимость вовлекать в эксплуатацию заболоченные и горные лесные массивы, где ограничены возможности использования колесных и гусеничных движителей. Одним из вариантов освоения таких лесосек может стать применение на трелевке канатных установок.

Проведены значительные исследования по созданию мобильных лебедочных установок [1–3], с помощью которых мачты устанавливаются на базовом тракторе. Они могут быть эффективны при освоении горных лесов, однако при небольших расстояниях трелевки требуется определенное время на монтаж оборудования. Перемещение мастерских участков при использовании таких установок сопряжено со значительными затратами времени и поэтому неэффективно на равнинной местности. Подобная технология используется также и за рубежом.

В литературе [2, 5] нашло отражение применение комбинированной трелевки. В Швеции выпускается агрегат НИАБ 5-15, осуществляющий лебедочную трелевку с помощью дистанционного пульта. Основным недостатком таких устройств является низкое размещение тягового каната, что не исключает упора хлыстов в пни и другие препятствия, а также нарушения лесной среды.

Исследованиям трелевки на переувлажненных грунтах посвящен ряд работ. В частности, в [6] длина пасеки обосновывается предельным числом проходов трелевочного трактора по волоку.

В связи с этим стали актуальными вопросы ограничения перемещений трелевочных машин в лесной среде, повышения доступности заболоченных и горных лесосек за счет использования комбинированного способа трелевки, под которым в нашем случае понимается сочетание в одном технологическом процессе двух видов трелевки: канатной и тракторной.

Целью настоящей работы является обоснование способа и режимов функционирования трелевочной машины со сменными технологическими модулями, разработанной в МарГТУ [4]. Поставлены следующие задачи: описать устройство технологических модулей, вывести формулу и рассчитать производительность в зависимости от параметров машины и лесосеки, дать необходимые рекомендации.

Лесозаготовительная машина имеет энергетический модуль 1 (рис. 1). К ней шарнирно (позиция 2) могут быть присоединены два технологических модуля. Первый (рис. 1, а) состоит из шасси 9, платформы 8, на которой находятся лебедка 3 с грузонесущим канатом 6 и чокерами 7 и складчатая рама 5, выполненная в виде пантографа. В основании рамы одна опора установлена шарнирно, а вторая с возможностью изменения положения в горизонтальной плоскости с помощью гидроцилиндра, шарнирно соединенного с рамой. В верхней части пантографа смонтирован грузовой блок 4. Второй модуль (рис. 1, б) состоит из шасси 13, платформы 12, на которой устанавливаются манипулятор 10 и грузовой отсек 11.

Комбинированная трелевка осуществляется следующим образом. Машина 1 заезжает по магистральному волоку к очередной пасеке с поваленными бензомоторной пилой деревьями, которые могут быть очищены от сучьев, например также бензопилой. Оператор, управляя гидроцилиндром складчатой рамы, изменяет положение опоры, поднимая на заданную высоту опорный блок 4, через который пропущен грузонесущий канат 6. Последний растаскивают по пасечному волоку до места формирования пачки

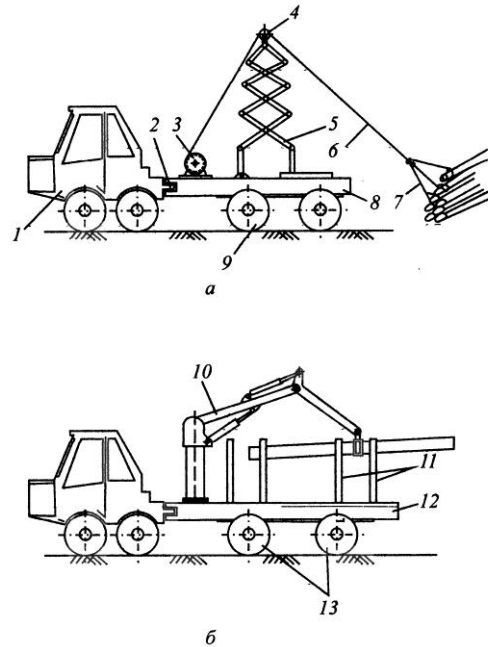


Рис. 1. Машина с модулем, оборудованном лебедкой и складчатой рамой (а) и грузовым отсеком (б)

хлыстов. Хлысты прицепляют чокерами 7, установленную на технологическом модуле лебедку 3 включают на наматывание грузонесущего каната, пачку хлыстов подтрелевывают к магистральному волоку и освобождают. Цикл повторяют до тех пор, пока не будут подтрелеваны с пасеки к магистральному волоку все деревья или пачки на длину грузонесущего каната.

После окончания трелевки всех доступных деревьев машина переезжает к другой пасеке, и цикл повторяется, пока не будет подтрелевана вся древесина с пасек, примыкающих к магистральному волоку. Далее хлысты раскряжевывают любым из известных способов. В это время на верхнем складе меняют технологические модули машины.

Машина с модулем для трелевки сортиментов работает в режиме форвардера (см. рис. 1, б). Сортименты грузят захватом манипулятора 10 в грузовой отсек 11 и трелюют по магистральному волоку на верхний склад.

Схема разработки лесосеки описанной машиной представлена в работе [8]. С использованием изложенных в ней методов информационно-логического и математического моделирования получена формула для определения производительности первого этапа трелевки:

$$P_{\text{см}} = \frac{3600\varphi_1 m M}{\frac{10^4 V_{\text{ср}} z}{ABq} \cdot \left(\frac{2l}{U_x} + t_{\text{м.с}} \right) + \frac{2 \cdot 10^4 V_{\text{ср}} z}{AB_{\text{п}} q} \left(t_{\text{м.л}} + t_{\text{р.с.р}} + \frac{B_{\text{п}}}{U_x} \right) + \frac{l_{\text{к}}}{U_{\text{р}}} + \frac{l_{\text{к}}}{U_{\text{т}}} + z(t_{\text{ч.х}} + t_{\text{с.ч}})}, \quad (1)$$

где φ_1 – коэффициент использования времени смены;

m – продолжительность смены, ч;

M – объем пачки, трелеваемой машиной, м³;

$V_{\text{ср}}$ – средний объем хлыста, м³;

z – число чокеров;

A – ширина делянки (протяженность вдоль уса), м;

B – длина делянки (магистрального волока), м;

q – средний запас леса на 1 га, м³;

l – расстояние от верхнего склада до первой пасеки, м ($l = b/2 + c$, где b – ширина пасеки, м; c – расстояние от верхнего склада до пасеки, м);

U_x – средняя скорость трелевочной машины без груза, м/с;

$t_{\text{м.с}}$ – время маневров на верхнем складе, с;

$B_{\text{п}}$ – длина пасеки, м;

$t_{\text{м.л}}$ – время маневров на лесосеке, с;

$t_{\text{р.с.р}}$ – время на раскладывание складчатой рамы, с;

$l_{\text{к}}$ – средняя длина растаскивания каната на пасеке, м;

$U_{\text{р}}, U_{\text{т}}$ – средняя скорость движения трелевочного каната без груза и с грузом, м/с;

$t_{\text{ч.х}}$ – время чокеровки хлыстов, с;

$t_{\text{с.ч}}$ – время снятия чокеров, с.

Зависимость сменной производительности трелевочной машины от средней длины растаскивания каната на пасаке и ширины деланки, рассчитанная по формуле (1), представлена рис. 2. Расчет выполнен при следующих исходных данных: $t_{с.ч} = 20$ с; $t_{ч.х} = 15$ с; $t_{м.л} = 90$ с; $t_{р.с.р} = 15$ с; $t_{м.с} = 60$ с; $z = 8$; $U_T = 2$ м/с; $U_p = 0,5$ м/с; $U_x = 0,8$ м/с; $B_{п} = 40$ м; $q = 200$ м³; $V_{ср} = 0,25$ м³; $l = 35$ м; $A = 200$ м; $B = 400$ м; $\varphi_1 = 0,8$; $m = 8$ ч; $M = 2$ м³.

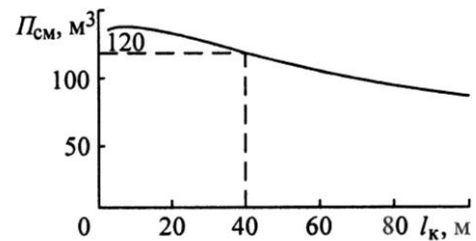


Рис. 2. График сменной производительности ($P_{см}$) трелевочной машины на подтрелевке в зависимости от средней длины растаскивания каната на пасаке (l_k)

Анализ графика рис. 2 и уравнения (1) показывает, что при увеличении средней длины растаскивания каната на пасаке производительность трелевочной машины сначала растет, достигая максимального значения, а затем медленно уменьшается. При небольших длинах растаскивания каната время на перемещение машины между пасаками значительно, поэтому наблюдается резкий рост производительности. В дальнейшем возрастает доля времени на растаскивание каната и трелевку хлыстов и производительность падает.

Машина со вторым технологическим модулем, оборудованным грузовым отсеком, работает как форвардер. В работе [8] представлена формула его сменной производительности по описанной выше технологии:

$$P_{см} = \frac{3600\varphi_1 m M}{\frac{B}{2U_x} + t_{м.л} + t_{р.т} + \frac{M}{Q_{п}} t_{д.з.у} + \frac{B}{2U_{г}}}, \quad (2)$$

где B – длина деланки ($B/2$ – среднее расстояние трелевки), м;
 $t_{р.т}$ – время на приведение технологического оборудования из транспортного в рабочее состояние, и наоборот, с;
 $Q_{п}$ – объем древесины, захватываемой и погружаемой в грузовой отсек манипулятором за один прием, м³;
 $t_{д.з.у}$ – время на доставку рейферного захвата к сортиментам, их захват и укладку в формирующее устройство, с;
 $U_{г}$ – скорость трелевочной машины с грузом, м/с.

Зависимость сменной производительности форвардера от длины деланки, рассчитанная по формуле (2), представлена на рис. 3. Расчет выполнен при следующих исходных данных: $U_{г} = 0,5$ м/с; $U_x = 2$ м/с; $t_{д.з.у} = 200$ с; $Q_{п} = 1,5$ м³; $M = 4$ м³; $t_{р.т} = 30$ с; $\varphi_1 = 0,8$; $m = 8$ ч.

Анализ графика и уравнения (2) показывает, что производительность форвардера уменьшается с увеличением длины делянки, т. е. с ростом среднего расстояния трелевки.

Графики на рис. 2 и 3 следует использовать для определения рационального режима работы трелевочной машины с двумя технологическими модулями. Например, при максимальной длине растаскивания каната на пачке $l_k = 40$ м сменная производительность трелевочной машины с модулем, оборудованным лебедкой, равна $P_{см} = 120$ м³. При длине делянки 400 м сменная производительность форвардера $P_{см} = 60$ м³. Возможны два варианта рациональных режимов работы машины: 1) целую смену работает модуль с лебедкой на трелевке хлыстов, следующие две смены – модуль с грузовым отсеком; 2) одну треть смены трелюются хлысты к магистральному волоку, две трети смены форвардер трелюет сортименты на верхний склад. В обоих случаях производительность равна 40 м³.

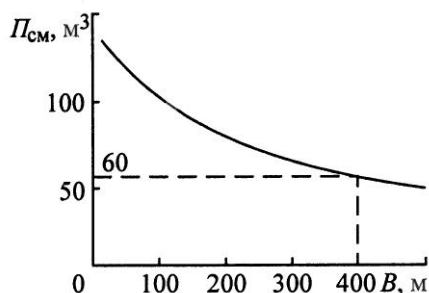


Рис. 3. График сменной производительности ($P_{см}$) форвардера в зависимости от длины делянки (B)

Выводы

1. Предложенная конструкция модуля для трелевки хлыстов со складчатой рамой позволяет за короткий срок устанавливать опорный блок, благодаря чему пачка трелюется с приподнятым передним концом на значительные расстояния (до 80 м) и повышается производительность [7].

2. Модульный принцип обеспечивает интенсивную работу энергетического модуля и максимальную загрузку машины на втором этапе трелевки.

3. Полученные формулы и графики зависимости производительности от параметров машины и лесосеки дают возможность прогнозировать результаты работы модулей на двух стадиях комбинированной трелевки и обосновывать рациональный технологический процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гарькуша, В.Н.* Теоретические основы определения параметров мобильных средств и технологических процессов для освоения горных лесов [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.01 / В.Н. Гарькуша. – Краснодар, 2002. – 43 с.

2. *Дроздовский, Г.П.* Технология и оборудование заготовки сортиментов при разработке заболоченных лесосек [Текст] / Г.П. Дроздовский, М.В. Коломина // Рациональное использование лесных ресурсов: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию со дня рождения Ю.Я. Дмитриева. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. – С. 108–110.

3. Мобильные короткодистанционные канатные установки [Текст]: экспресс-информ. / Л.А. Занегин [и др.]. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1984. – 28 с.
4. Пат. 2348146 РФ, МКИ⁷ А 01 G23/00. Машина для трелевки [Текст] / Ширнин Ю.А., Ширнин А.Ю., Богатырева Е.А., Аказова О.В.; заявитель и патенто-обладатель Марийск. гос. техн. ун-т. – № 2007127930/12; заявл. 20.07.2007; опубл. 10.03.2009, Бюл. № 7. – 5с.
5. Сортиментная заготовка леса [Текст]: учеб. пособие /В.А. Азаренок, Э.Ф. Герц, А.В. Мехренцев ; Урал. гос. лесотехн. акад. – Екатеринбург, 1999. – 129 с.
6. Цыгарова, М.В. Повышение эффективности освоения лесосек с переувлажненными грунтами путем обоснования рациональной технологии (в условиях Республики Коми) [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / М.В. Цыгарова. – СПб., 1998. – 21 с.
7. Ширнин, А.Ю. Экспериментальные исследования канатной подтрелевки [Текст] /А.Ю. Ширнин // Лесн. вестн. – 2006. – № 1. – С. 72–75.
8. Ширнин, Ю.А. Методика обоснования режимов работы технологических модулей при комбинированной трелевке древесины [Текст] / Ю.А. Ширнин, А.Ю. Ширнин // Вестн. Марийск. гос. техн. ун-та. Сер. Лес. Экология. Природопользование. – Йошкар-Ола, 2008. – № 2 – С. 51–59.

Поступила 24.08.09

Yu.A. Shirnin, A.Yu. Shirnin
Mari State Technical University

Combined Skidding of Wood with Replacement Technological Units

Technology and operating modes of the skidding machines with two replacement technological units are justified. The dependence of replacement productivity on the machine parameters and cutting area is revealed.

Keywords: skidding machine, technological unit, folded frame, productivity.
