

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ МАШИНА ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ТРЕЛЕВКИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЛЕСОЗАГОТОВОК

Ширнин А.Ю.¹

¹ФГБОУ ВПО «Поволжский Государственный технологический университет», Йошкар-Ола, e-mail:

ShirninAU@volgatech.net

Предметом исследования является комбинированный способ трелевки, при котором на первом этапе трелевка к магистральному волоку осуществляется лебедкой, что исключает необходимость движение машины по пасечным волокам и сохраняет лесную среду, а на втором этапе по магистральному волоку трелевка сортиментов осуществляется трактором с грузовым отсеком (форвардером). Дан анализ известных технических решений для комбинированного способа трелевки древесины. Предложена конструкция энергоэффективной машины на базе форвардера для комбинированной трелевки в экстремальных условиях лесозаготовок. Для этой машины изложена методика расчета удельных энергозатрат на процессы лебедочной и тракторной трелевки. Произведен расчет и построены графики зависимости удельных энергозатрат в сравнении с аналогичными техническими решениями. Изложенные в статье материалы рекомендуются к использованию в малообъемных лесозаготовительных предприятиях, у которых есть лесные площади, требующие проведения рубок ухода, древостои на болотистых грунтах, в пересеченной местности и пораженные пожаром и другие.

Ключевые слова: комбинированная трелевка, экстремальные условия лесозаготовок, энергозатраты.

ENERGY EFFICIENT MACHINE FOR THE COMBINED LOGGING IN EXTREME CONDITIONS LOGGING

Shirnin A.Y.¹

¹Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, e-mail: ShirninAU@volgatech.net

The subject of the study is a combined method of logging, in which the first stage to the main hauling a die made winch that eliminates the need for machine movement of the bee portages and preserves the forest environment, and the second stage on the bandwagon a die hauling logs carried tractor with luggage compartment (forwarder). The analysis of known technical solutions for the combined method of logging timber. Proposed intercept-structure of energy-efficient cars on the basis of a forwarder for the combined logging in extreme conditions-logging. For this machine sets out the methodology of calculation of specific energy consumption in the process and tractor skidding winch. Calculated and plotted as specific energy consumption in comparison with similar technical solutions. Set out in Article materials recommended for use in low-volume logging companies have to have-toryh forest areas requiring thinning stands on marshy ground, in cross country and affected by fire and others.

Keywords: combined transportation, extreme conditions of harvesting, energy

Под комбинированным способом понимается сочетание в одном технологическом процессе двух видов трелевки: канатной и тракторной.

Под экстремальными следует понимать условия лесозаготовок при которых: возрастает опасность получения травм персоналом рабочих; увеличивается нагрузка на элементы технологического оборудования; возникают препятствия, существенно снижающие проходимость и производительность лесосечных машин; невозможно использование типовых технологических схем разработки лесосек; затруднительно получение качественной продукции и др. [6].

К таковым условиям следует отнести лесные площади, требующие проведения рубок ухода, древостои на переувлажненных грунтах, в пересеченной местности и пораженные пожаром и другие.

Цель работы: обоснование конструкции и оценка энергоэффективности машина для комбинированной трелевки в экстремальных условиях лесозаготовок.

Предмет исследования: комбинированный способ трелевки, при котором на первом этапе трелевка к магистральному волоку осуществляется лебедкой, что исключает необходимость движение машины по пасечным волокам и сохраняет лесную среду, а на втором этапе по магистральному волоку трелевка сортиментов осуществляется трактором с грузовым отсеком (форвардером).

Обрезка сучьев и раскряжевка выполняются у магистрального волока, при этом сучья используются для его укрепления.

При трелевке древесины с использованием лебедки на пути движения трелеваемой пачки неизбежно встречаются различные препятствия в виде валежников, пеньков, неровностей почвы и т.д. Поэтому предпочтительней трелевку пачки хлыстов (деревьев) осуществлять с приподниманием ее переднего конца. Для этого необходимо высокое расположение опорного блока для тягового каната. Данная машина должна обладать возможностью быстрой перенастройкой оборудования с лебедочной трелевки на тракторную, обеспечивая высокую производительность, экологичность и умеренные энергозатраты.

Разработаны следующие технические решения для комбинированной трелевке древесины, в которых лебедка располагается на специальном технологическом модуле [2, 3]. В первом техническом решении [2] на технологическом модуле располагается лебедка и складчатая рама для поднятия опорного блока, выполненная в виде пантографа, которая металлоемка и громоздка. Во втором [3] – опорный блок устанавливается на грейферный захват манипулятора. При этом затрачивается значительное время на запасовку и снятие тягового каната с опорного блока.

Предлагаемый вариант технического решения (рис. 1) заключается в том, что к энергическому модулю 1 с манипулятором 2, на конце которого установлен клещевой захват 3 присоединяется технологический модуль 4 с грузовым отсеком 5, лебедкой 6, устройством 7 для крепления опорного блока 8, грузовым канатом 9 и чокерами 10, крюками 11 и 12 для подвешивания соответственно устройства 7 (рис. 2) и чокеров (рис. 3) на время, когда машина осуществляет второй этап трелевки.

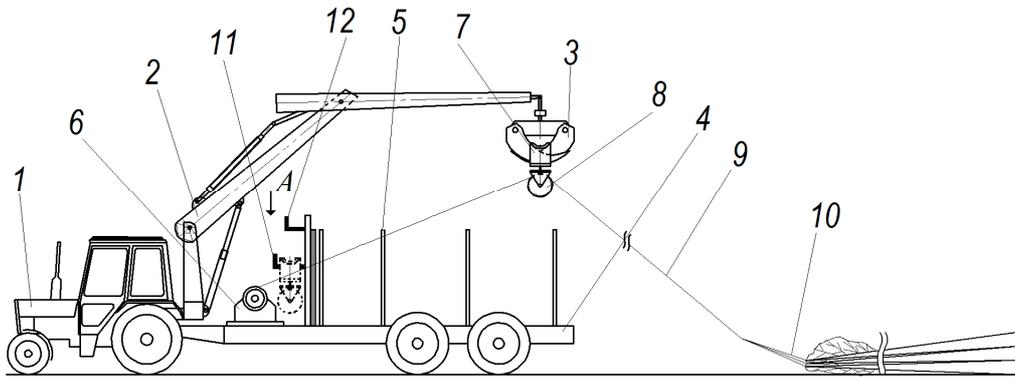


Рис. 1. Машина для комбинированной трелевки лесоматериалов

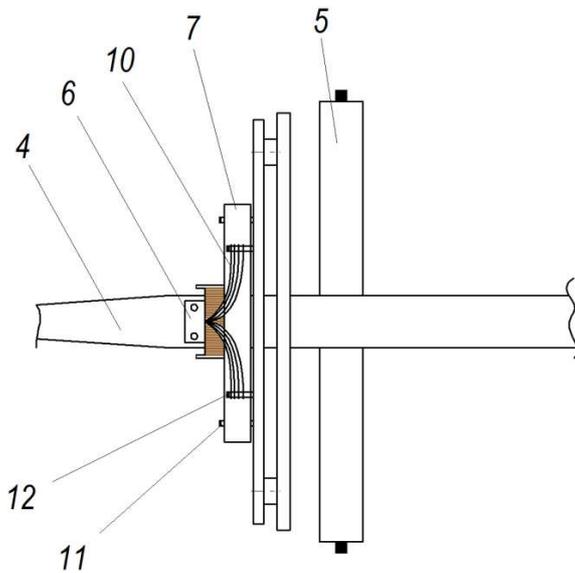


Рис. 2. Вид сверху на размещение устройства для крепления опорного блока в транспортном положении

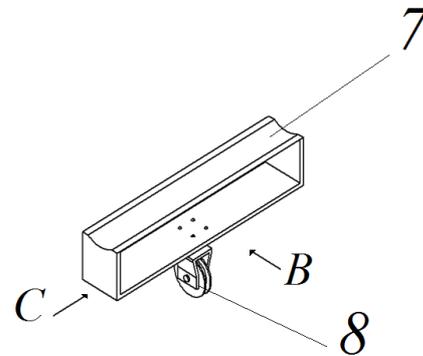


Рис. 3. Устройство для крепления опорного блока в клещевом захвате манипулятора

Работа осуществляется следующим образом. Машина заезжает по магистральному волоку к очередной пасеке с поваленными деревьями (хлыстами) или с небольшими пачками, подготовленными валочно-пакетирующей машиной, чокеровщик снимает чокера с крюков 12 и устройство 7 для крепления опорного блока 8 с крюков 11, далее оператор, управляя манипулятором 2, захватывает клещевым захватом 3 устройство для крепления опорного блока, через который пропущен грузонесущий канат 9 и поднимает его на необходимую высоту. При расторможенной лебедке чокера вместе с концом грузонесущего каната опускаются на поверхность под собственным весом и растаскиваются чокеровщиком по пасечному волоку до места формирования пачки деревьев (хлыстов). Затем чокерами 10 чокеруются поваленные деревья (хлысты); включается установленная на технологическом модуле лебедка на наматывание грузонесущего каната, деревья (хлысты) формируются в пачки и подтрелевываются к магистральному волоку, где их отцепляют и оставляют для дальнейшей обработки. Далее цикл повторяется до тех пор, пока не будут подтрелеваны к

магистральному волоку все деревья или небольшие пачки с пасеки. Машина лесозаготовительная переезжает к другой пасеке и цикл подтрелевки повторяется выше описанным способом с других пасек. После обработки всех пасек оператор манипулятором опускает клещевой захват, путем его раскрытия освобождает устройство для крепления опорного блока. Далее чокеровщик и оператор укладывают на соответствующие крюки крепление для опорного блока и чокара. Машины готова к трелевке сортиментов.

За это время в соответствии с технологическим процессом деревья очищаются от сучьев, а хлысты раскряжевываются любым из известных способов. После обрезки сучьев и раскряжевки подтрелеванной древесины с пасек, примыкающих к магистральному волоку, машина осуществляет погрузку сортиментов клещевым захватом в грузовой отсек технологического модуля и трелевку их на верхний склад или лесопогрузочный пункт.

По сравнению с работой других конструкций машин [4, 5] появились новые технологические элементы обусловленные выше описанной конструкцией, а именно: снятие с крюков устройство для крепления опорного блока (УКОБ), приведение манипулятора из рабочего положение в положение для захвата УКОБ, приведение манипулятора в рабочее положение для осуществления первого этапа трелевки, приведение манипулятора из рабочего положение в положение для освобождения захвата от УКОБ, установка в транспортное положение УКОБ.

Наряду с другими преимуществами предлагаемое техническое решение должно существенно экономить энергозатраты на процессы. Ниже приводится методика их расчета.

Удельные затраты энергии (УЗЭ, кВт ч/м³) на снятие с крюков УКОБ

$$\mathcal{E}_{\text{с.к.}} = \frac{(G_{\text{уоб}} + G_{\text{ч}} + q_{\text{к}} \cdot s + G_{\text{раб}}) \cdot \rho \cdot W_{\text{ч}} \cdot \psi_{\text{ч}} \cdot 10^4}{3600 \cdot q \cdot A \cdot B}, \quad (1)$$

где $G_{\text{уоб}}$ – сила тяжести УКОБ, кН; $G_{\text{раб}}$ – сила тяжести рабочего, кН; $q_{\text{к}}$ – сила тяжести 1-го погонного метра каната, кН/м; s – длина трелевочного каната, помещенного в устройство для крепления опорного блока, м; $G_{\text{ч}}$ – сила тяжести чокеров, кН; ρ – расстояние от место снятия до место захвата УКОБ, м; Q – объем древесины на делянке, м³ ($Q = S \cdot q$, где S – площадь делянки, м²; $S = A \cdot B$, A – ширина делянки, м; B – длина делянки, м); $W_{\text{ч}}$ – коэффициент сопротивления движению рабочих, снимающих УКОБ с крюков; $\psi_{\text{ч}}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии за счет непроизводительных движений рабочих, снимающих УКОБ и несущих его до места захвата.

УЗЭ на захват грейфером УКОБ и приведение манипулятора в рабочее положение

$$\mathcal{E}_{\text{з.г.}} = \frac{2 \cdot (G_{\text{с}} \cdot l_{\text{х.п.с}} \cdot \beta_{\text{с}} + G_{\text{р}} \cdot l_{\text{х.п.р}} \cdot \beta_{\text{р}} + G_{\text{г}} \cdot l_{\text{х.п.к}} \cdot \beta_{\text{г}}) \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_{\text{гз}} \cdot q \cdot A \cdot B}, \quad (2)$$

где $G_{\text{с}}$, $G_{\text{р}}$, – силы тяжести соответственно стрелы и рукояти манипулятора, кН; $G_{\text{г}}$ – сила тяжести грейферного захвата, кН; $\beta_{\text{с}}$, $\beta_{\text{р}}$, $\beta_{\text{г}}$ – коэффициенты, учитывающие увеличение

расхода энергии за счет трения в шарнирах соответственно стрелы, рукояти и грейферного захвата манипулятора; $l_{х.п.с}$, $l_{х.п.р}$, $l_{х.п.к}$ – ход поршня гидроцилиндра соответственно стрелы, рукояти и привода клещевин, м; $\eta_{гз}$ – КПД передачи энергии от двигателя к грейферному захвату.

УЗЭ на установку в транспортное положение УКОБ и манипулятора

$$\mathcal{E}_{з.г.} + \mathcal{E}_{с.к.} = \frac{2 \cdot (G_c \cdot l_{х.п.с} \cdot \beta_c + G_p \cdot l_{х.п.р} \cdot \beta_p + G_r \cdot l_{х.п.к} \cdot \beta_r) \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_{гз} \cdot q \cdot A \cdot B} + \frac{(G_{уб} + G_q + q_k \cdot s + G_{раб}) \cdot \rho \cdot W_q \cdot \psi_q \cdot 10^4}{3600 \cdot q \cdot A \cdot B}. \quad (3)$$

УЗЭ: на переход машины между пасаками ($\mathcal{E}_{п.м}$), на установку машины на рабочую позицию ($\mathcal{E}_{у.м}$), на растаскивание каната ($\mathcal{E}_{р.к}$), на чокеровку и снятие чокеров со стволов на формирование и трелевку пачки ($\mathcal{E}_т$), (в кВт ч/м³) изложены в [4, 5]. С учетом этого общая сумма УЗЭ на первую стадию трелевки в расчете на 1м³ подтрелеванной древесины составит

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{общ} = \mathcal{E}_{п.м} + \mathcal{E}_{у.м} + 2 \cdot \mathcal{E}_{с.к.} + 2 \cdot \mathcal{E}_{з.г.} + \mathcal{E}_{р.к} + 2 \cdot \mathcal{E}_ч + \mathcal{E}_т = & \frac{G_m \cdot W_m \cdot \psi_m \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_m \cdot c \cdot q} + \frac{G_m \cdot \psi_m \cdot r \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_m \cdot \Delta \cdot c \cdot q} + \\ & 2 \cdot \frac{(G_{уб} + G_q + q_k \cdot s + G_{раб}) \cdot \rho \cdot W_q \cdot \psi_q \cdot 10^4}{3600 \cdot q \cdot A \cdot B} + 2 \cdot \frac{2 \cdot (G_c \cdot l_{х.п.с} \cdot \beta_c + G_p \cdot l_{х.п.р} \cdot \beta_p + G_r \cdot l_{х.п.к} \cdot \beta_r) \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_{гз} \cdot q \cdot A \cdot B} + \frac{(G_{раб} \cdot \psi_p + q_k \cdot c / 2 + G_q) \cdot c \cdot \beta}{3600 \cdot 2 \cdot M_{п}} + \\ & 2 \cdot \frac{(G_q + G_{раб}) \cdot \frac{M_{п}}{V} \cdot \psi_{чок} \cdot 100 \cdot \sqrt{\frac{V}{q}}}{3600 \cdot M_{п}} + \frac{[\gamma \cdot M_{п} \cdot k + \gamma \cdot M_{п} \cdot W_{ц} \cdot (1 - k) + T \cdot W_{ц}] \cdot c \cdot \psi_{чок} \cdot \beta}{3600 \cdot 2 \cdot M_{п} \cdot \eta_l}. \end{aligned} \quad (4)$$

где G_m – сила тяжести машины, кН; q – запас леса на 1 га, м³/га; Δ – ширина пасаки (расстояние перехода), м; c – длина пасаки, м; W_m – коэффициент сопротивления движению машины; ψ_m – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии за счет непроизводительных движений машины; η_m – КПД передачи энергии от двигателя к ходовой части машины; r – суммарная длина маневров при установке машины у дерева-мачты, м; β – коэффициент учитывающий силу трения между канатом и барабаном лебедки и канатом и блоком; $M_{п}$ – объем трелеваемой пачки, м³; ψ_p – коэффициент, учитывающий возвращение рабочего ($\psi_p = 2$); $\psi_{чок}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии на непроизводительные движения; k – коэффициент распределения веса пачки между чокерами и волоком (учитывается при подъеме переднего конца пачки); η_l – КПД передачи энергии от двигателя к лебедке; $W_{ц}$ – коэффициент сопротивления вращению блока в цапфах; T – равнодействующая сил натяжения набегающей и сбегавшей ветвей каната опорного блока, кН; $G_{п} = \gamma \cdot M_{п}$ – сила тяжести трелеваемой пачки деревьев, кН, (γ – объемный вес древесины, кН/м³). Здесь берется среднее расстояние трелевки – $c/2$.

УЗЭ при трелевке сортиментов складываются из: $\mathcal{E}_{п.с}$ – УЗЭ на погрузку сортиментов в грузовой отсек; $\mathcal{E}_{д.г}$ – УЗЭ движение в грузовом направлении; $\mathcal{E}_{в.с}$ – УЗЭ на выгрузку сортиментов на погрузочном пункте.

УЗЭ на погрузку сортиментов

$$\mathcal{E}_{п.с} = \mathcal{E}_{п.к} + \mathcal{E}_{д.м},$$

где $\mathcal{E}_{п.к}$, $\mathcal{E}_{д.м}$ – затраты энергии, соответственно, на погрузку пачек, движение манипулятора при погрузке, кВт·ч/м³.

Тогда

$$\mathcal{E}_{п.с} = \mathcal{E}_{п.к} + \mathcal{E}_{д.м} = \frac{G_{пс} \cdot n \cdot 10^4}{q} \cdot \left(\frac{h_{п} \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{r_{п} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{п.в}}{\eta_{п.в}} \right) + \frac{n \cdot m \cdot 10^4}{q} \cdot \left(\frac{2 \cdot G_{ср} \cdot r_c \cdot \lambda_c \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{2 \cdot G_{п.м} \cdot r_{п.ч} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{п.м}}{\eta_{п.в}} \right) =$$

$$\frac{\gamma}{3600} \cdot \left(\frac{h_{п} \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{r_{п} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{п.м}}{\eta_{п.в}} \right) + \frac{1}{3600 \cdot Q_c} \cdot \left(\frac{2 \cdot G_{ср} \cdot r_c \cdot \lambda_c \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{2 \cdot G_{п.м} \cdot r_{п.ч} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{п.м}}{\eta_{п.в}} \right), \quad (5)$$

где $G_{пс} = M_c \cdot \gamma$ – сила тяжести пачки сортиментов, кН; $G_{ср}$ – вес стрелы с рукоятью, кН; $G_{п.м}$ – вес поворотной части манипулятора, кН; $\psi_{п.м}$ – коэффициенты, учитывающие увеличение расхода энергии за счет непроизводительных движений поворотной части манипулятора; ψ_c – коэффициенты, учитывающие увеличение расхода энергии за счет непроизводительных движений стрелы с рукоятью; $h_{п}$ – средняя высота подъема пачки при ее погрузке, м; $r_{п}$ – расстояние от вертикальной оси поворота платформы до центра сечения пачки, м; $r_{п.ч}$ – расстояние от вертикальной оси поворота колоны до центра тяжести поворотной части манипулятора, м; r_c – расстояние по горизонтали от оси поворота стрелы до центра ее тяжести, м; λ_k , λ_c – угол поворота, соответственно, колоны с манипулятором в горизонтальной плоскости и стрелы с рукоятью в вертикальной плоскости, рад; μ_1 – коэффициент трения платформы манипулятора о поворотный круг; $m_2 = M_c / Q_c$ – число циклов погрузки (выгрузки) одной пачки; Q_c – объем сортиментов, погружаемых (выгружаемых) манипулятором за один прием, м³; η_c – КПД передачи энергии от двигателя к механизму поворота платформы; $\eta_{п.в}$ – КПД передачи энергии от двигателя к механизму управления манипулятором.

УЗЭ при движении ТМго в грузовом направлении

$$\mathcal{E}_{д.г} = \frac{G_{пс} \cdot l_c \cdot W_M \cdot \psi_M}{3600 \cdot \eta_M \cdot M_c} + \frac{G_M \cdot W_M \cdot \psi_M \cdot l_c}{3600 \cdot \eta_M \cdot M_c} = \frac{\gamma \cdot l_c \cdot \psi_M \cdot W_M}{3600 \cdot \eta_M} + \frac{G_M \cdot W_M \cdot \psi_M \cdot l_c}{3600 \cdot \eta_M \cdot M_c}, \quad (6)$$

где M_c – объем пачки сортиментов, м³; l_c – среднее расстояние трелевки, м.

УЗЭ на разгрузку древесины

$$\mathcal{E}_{в.с} = \frac{\gamma}{3600} \cdot \left(\frac{h_{п} \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{r_{п} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{п.м}}{\eta_{п.в}} \right) + \frac{1}{3600 \cdot Q_c} \cdot \left(\frac{2 \cdot G_{ср} \cdot r_c \cdot \lambda_c \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{2 \cdot G_{п.м} \cdot r_{п.ч} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{п.м}}{\eta_{п.в}} \right), \quad (7)$$

В выше приведенных выражениях:

$$Q_c = \frac{F_M \cdot \varphi_M}{\gamma},$$

где F_M – грузоподъемность манипулятора, кН; φ_M – коэффициент использования грузоподъемности манипулятора.

Общая сумма УЗЭ при трелевке составит

$$\mathcal{E}_{общ} = \mathcal{E}_{п.с} + \mathcal{E}_{д.г} + \mathcal{E}_{в.с} = \frac{\gamma}{3600} \cdot \left(\frac{h_{п} \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{r_{п} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{п.м}}{\eta_{п.в}} \right) + \frac{1}{3600 \cdot Q_c} \cdot \left(\frac{2 \cdot G_{ср} \cdot r_c \cdot \lambda_c \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{2 \cdot G_{п.м} \cdot r_{п.ч} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{п.м}}{\eta_{п.в}} \right) +$$

$$\frac{\gamma}{3600} \cdot \left(\frac{h_{п} \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{r_{п} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{п.м}}{\eta_{п.в}} \right) + \frac{1}{3600 \cdot Q_c} \cdot \left(\frac{2 \cdot G_{ср} \cdot r_c \cdot \lambda_c \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{2 \cdot G_{п.м} \cdot r_{п.ч} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{п.м}}{\eta_{п.в}} \right) + \frac{\gamma \cdot l_c \cdot \psi_M \cdot W_M}{3600 \cdot \eta_M} + \frac{G_M \cdot W_M \cdot \psi_M \cdot l_c}{3600 \cdot \eta_M \cdot M_c} \quad (8)$$

Ниже приведены расчеты и графики рис. 4 при следующих значениях: $V = 0,25 \text{ м}^3$; $q = 140 \text{ м}^3/\text{Га}$; $\psi_{\text{ч}} = 1,1$; $\rho = 2 \text{ м}$; $G_{\text{М}} = 100 \text{ кН}$; $\Delta = 50 \text{ м}$; $c = 100 \text{ м}$; $W_{\text{М}} = 0,2$; $\psi_{\text{М}} = 1,3$; $\eta_{\text{М}} = 0,75$; $r = 10 \text{ м}$; $G_{\text{с}} = 6 \text{ кН}$; $G_{\text{р}} = 6 \text{ кН}$; $G_{\text{Г}} = 1,3 \text{ кН}$; $\beta_{\text{с}} = 1,05$; $\beta_{\text{р}} = 1,05$; $\beta_{\text{Г}} = 1,05$; $l_{\text{х.п.с}} = 0,7 \text{ м}$; $l_{\text{х.п.р}} = 0,7 \text{ м}$; $l_{\text{х.п.к}} = 0,15 \text{ м}$; $\eta_{\text{ГЗ}} = 0,7$; $G_{\text{раб}} = 1,6 \text{ кН}$; $q_{\text{к}} = 0,012 \text{ кН/м}$; $s = 1,5 \text{ м}$; $G_{\text{ч}} = 0,018 \text{ кН}$; $\beta = 1,05$; $M_{\text{п}} = 3,5 \text{ м}^3$; $M_{\text{с}} = 8 \text{ м}^3$; $\psi_{\text{чок}} = 1,05$; $k = 0,6$; $A = 250 \text{ м}$; $B = 500 \text{ м}$; $\psi_{\text{р}} = 1,05$; $\eta_{\text{л}} = 0,7$; $W_{\text{ц}} = 1,05$; $T = 0,2 \text{ кН}$; $\gamma = 8,4 \text{ кН/м}^3$; $\psi_{\text{с}} = 1,05$; $h_{\text{п}} = 2,7 \text{ м}$; $r_{\text{п}} = 3 \text{ м}$; $r_{\text{п.ч}} = 1,5 \text{ м}$; $r_{\text{с}} = 4 \text{ м}$; $\mu_1 = 1,1$; $\lambda_{\text{к}} = 1,4 \text{ рад}$; $\lambda_{\text{с}} = 0,7 \text{ рад}$; $\psi_{\text{п.м}} = 1,05$; $\eta_{\text{с}} = 0,75$; $\eta_{\text{п.в}} = 0,7$; $W_{\text{ч}} = 1,05$; $\psi_{\text{ч}} = 1,05$; $G_{\text{п}} = 67,2 \text{ кН}$; $G_{\text{ср}} = 12 \text{ кН}$; $l_{\text{х.п}} = 0,7 \text{ м}$; $\mu_2 = 1,1$; $l_{\text{с}} = 5 \text{ м}$; $G_{\text{п.м}} = 4 \text{ кН}$; $G_{\text{уоб}} = 3 \text{ кН}$.

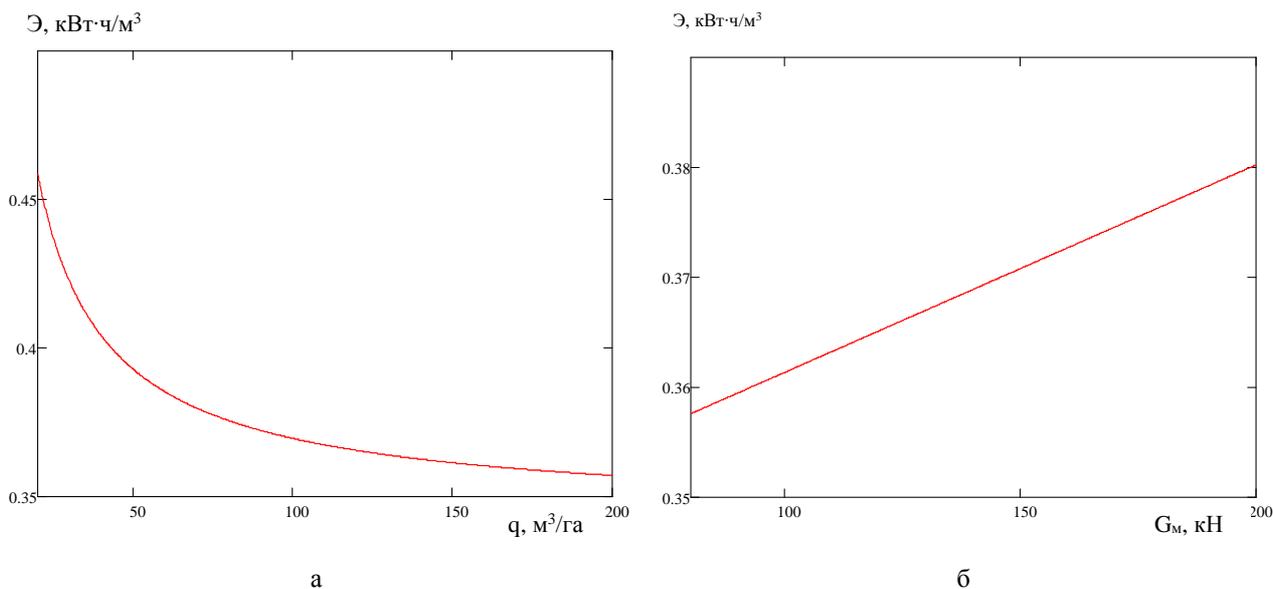


Рис. 4. Зависимость удельных энергозатрат от: а – запаса леса на 1 га, б – силы тяжести машины

Выводы

1. В экстремальных условиях лесозаготовок рекомендуется использовать комбинированный способ трелевки существенно сокращающий маршруты движения машин по лесосеке.

2. Предлагаемая конструкция трелевочной машины обеспечивает комбинированный способ трелевки. Технологическое оборудование для обеспечения первой стадии – лебедочной трелевки не сложно в изготовлении и незначительно по массе.

3. Изложенные математические модели дают возможность подбирать сбалансированные характеристики форвардера и дополнительного технологического оборудования с прогнозом затрат энергии в условиях эксплуатации.

Работа выполнена при финансовой поддержки государственного задания № 2014 / 82 на тему «Теория расчета энергозатрат при осуществлении механических операции технологических процессов».

Список литературы

1. Ширнин А.Ю. Машина для комбинированной трелевки древесины на базе форвардера и анализ ее производительности / А.Ю. Ширнин, И.В. Зверев // Труды поволжского государственного технологического университета. Сер.: технологическая. – 2014. – №2. – С. 218–223.
2. Ширнин Ю.А. Комбинированная трелевка древесины со сменными технологическими модулями / Ю.А. Ширнин, А.Ю. Ширнин // ИВУЗ Лесн. журн. –2010. – №2. – С. 67–72.
3. Ширнин Ю.А. Методика обоснования режимов работы технологических модулей при комбинированной трелевке древесины / Ю.А. Ширнин, А.Ю. Ширнин // Вестник Марийского государственного технического университета. Лес. Экология. Природопользование. – 2008. – №2. – С. 51–59.
4. Ширнин, Ю.А. Моделирование энергозатрат адаптивно-модульных систем машин при комбинированной трелевке древесины / Ю.А. Ширнин, А.Ю. Ширнин // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. – 2013. – № 3. – С. 166 – 175.
5. Ширнин Ю.А. Моделирование энергозатрат при комбинированной трелевке древесины адаптивно-модульными машинами / Ю.А. Ширнин, А.Ю. Ширнин, А.Ю. Моржанов, И.В. Зверев // Вестник МарГТУ. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3. – С. 50–57.
6. Ширнин Ю.А. Разработка параметров оборудования и технологии для экстремальных условий лесозаготовок: монография / Ширнин Ю.А., Ширнин А.Ю. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2014. – 232 с.

Рецензенты:

Войтко П.Ф., д.т.н., профессор, декан лесопромышленного факультета, профессор, сведения об учреждении ФГБОУ ВПО Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола;

Полянин И.А., д.т.н., доцент, профессор, сведения об учреждении ФГБОУ ВПО Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола.