

УДК 630*612

*Ю. А. Ширнин, А. Ю. Ширнин,
А. Ю. Моржанов, И. В. Зверев*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ТРЕЛЕВКЕ ДРЕВЕСИНЫ АДАПТИВНО-МОДУЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

Рассмотрены технологическая схема и система машин для заготовки древесины адаптивно-модульными машинами. Рассчитаны энергозатраты на выполнение технологических операций комплектом оборудования, включающим адаптивно-модульные машины. Даны рекомендации по рациональным режимам работы и области использования рассматриваемой технологии.

Ключевые слова: моделирование, энергозатраты, адаптивно-модульные машины, комбинированная трелевка.

Введение. Функционирование современной инновационной системы эффективного устойчивого лесопользования и лесовосстановления на ландшафтно-типологической основе с использованием адаптивно-модульных технико-технологических средств должно осуществляться с учетом существующих нормативных документов. Так, в соответствии с положением об аренде участков лесного фонда предлагается их комплексное освоение по заготовке и переработке древесины и проведению лесовосстановительных мероприятий [1–3].

Реалии настоящего положения дел в лесопользовании отмечают преимущества малых лесопромышленных предприятий. На стадии накопления капитала и при существующей форме собственности на лесные ресурсы такое положение дел вполне оправдано. Организация деятельности малого лесопромышленного предприятия характеризуется тем, что вместе с лесозаготовками согласно договору аренды осуществляются лесовосстановительные мероприятия.

Лесовосстановительные работы носят кратковременный, сезонный характер. Оборудование для производства этих работ большую часть времени года, как правило, простаивает. Лесосечные работы, исходя из погодных условий, могут продолжаться большую часть времени года. Исходя из этого, может быть несколько вариантов организации работ подбора и использования лесосечно-лесовосстановительного оборудования.

Наиболее предпочтительным представляется вариант, при котором мастерский участок или бригада имеют в своем составе энергетические модули, к которым можно прицеплять (или навешивать) модули с технологическим оборудованием, обеспечивающим заготовку, обработку и переработку древесины и лесовосстановительные работы. Рабочие должны владеть смежными специальностями, обеспечивая весь комплекс лесных работ. Имея набор технологических модулей, которые за короткое время можно поменять, можно выполнять весь комплекс работ малого инновационного предприятия. Простота технологических модулей (технологического навесного оборудования) не избежать, но его цена будет минимальна при условии полной загрузки энергетических модулей. Для выполнения различных технологических операций малые предприятия целесообразно оснастить адаптивно-модульными образцами техники.

Цель работы – создание методики оценки адаптивно-модульных машин по энергозатратам и обоснование применимости предлагаемой системы машин на лесозаготовках.

Решаемые задачи, направленные на достижение цели:

- разработка математических моделей энергозатрат на выполнение операций технологического процесса;
- расчет энергозатрат;
- обоснование технологии комбинированной трелевки древесины;
- разработка рекомендаций по рациональным режимам работы и области использования.

Математическое моделирование. Энергоемкость операций технологического процесса является одним из показателей, используя который можно дать объективную оценку как вновь создаваемым машинам, так и существующим и проанализировать влияние различных факторов и лесорастительных условий на производительность машин [4]. При этом исключается влияние таких субъективных факторов, как квалификация оператора, техническое состояние машины, качество эксплуатационных материалов и т. п. Энергоемкость целесообразно представлять в единице измерения (кВт ч/га), так как она позволяет учитывать таксационные показатели лесонасаждений и вести дальнейшие расчеты, учитывая, что мощность лесозаготовительных машин представляется в кВт. Удельная энергоемкость операций характеризуется расходом энергии на 1 м^3 заготовленной древесины и может служить вспомогательным показателем (кВт ч/м³).

Схема разработки комбинированной трелевки модульного типа представлена на рис. 1. Лесосека 1 разбивается на делянки с границей 2. В данном случае под делянкой понимается часть лесосеки, тяготеющая к одному магистральному волоку. По середине делянки разрубается магистральный волок 3. Делянку в свою очередь разбивают на пасеки 4. Валку деревьев проводят бензомоторными пилами 5 вершинами от магистрального волока. Далее поваленные деревья 6 при помощи технологического модуля с лебедкой (ТМл) 7 подтрелевывают к магистральному волоку, где при помощи бензомоторных пил производят обрезку сучьев 8 и укладку их навалок из подтрелеванной пачки 9. Затем бензопилами осуществляют раскряжевку хлыстов 10 на сортименты 11. Трелевку полученных сортиментов производят при помощи технологического модуля с грузовым отсеком (ТМго) 12 на верхний склад 13.

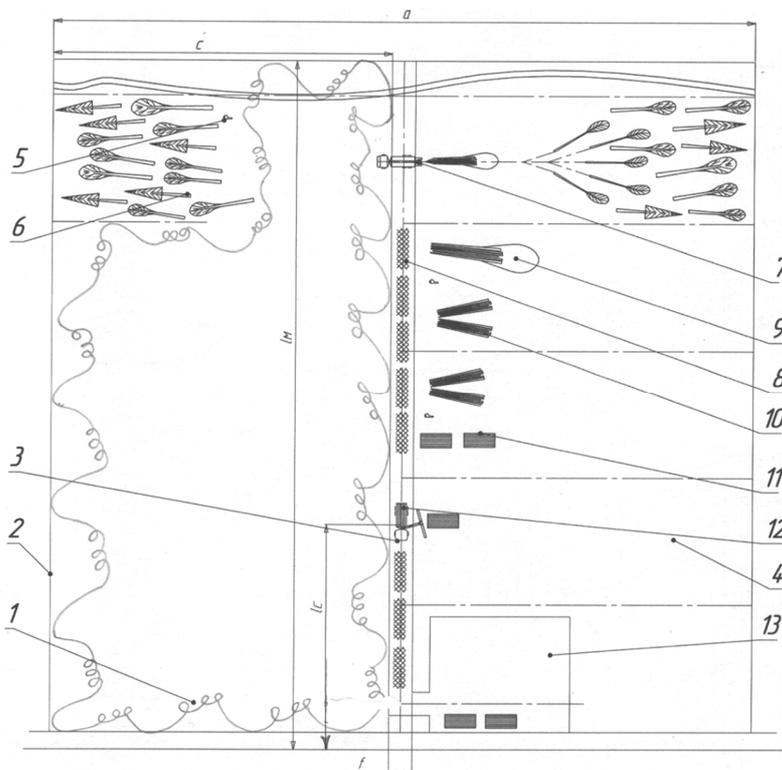


Рис. 1. Технологическая схема разработки лесосеки (волнистой линией обозначен древесиной)

Цикл работы по схеме (рис. 1) технологического модуля с лебедкой осуществляется в следующем порядке [5,6]. После подтрелевки всех деревьев с пасеки и установки технологического оборудования в транспортное положение ТМл переходит к следующей пасеке. Маневрируя, ТМл подъезжает к очередному дереву-мачте, охватывает и зажимает его лапами фиксирующего устройства (рис. 2). С помощью манипулятора и грейферного захвата устанавливает опорный блок с канатом на необходимую высоту. При расторможенной лебедке канат опускается на землю под собственным весом. Далее чокеровщик осуществляет растаскивание каната к поваленным деревьям, осуществляя их чокеровку. После этого включается лебедка на выполнение рабочего хода. Деревья собираются в пачку, которая подтрелевывается к мачте для последующей обрезки сучьев и раскряжевки. Цикл растаскивания каната для чокеровки и подтрелевки повторяется до тех пор, пока не будут подтрелованы все деревья на пасеке. Далее технологическое оборудование приводится в транспортное положение: разжимается и устанавливается на раму грейферный захват, раскрываются захваты технологического модуля. Цикл подтрелевки повторяется.

Затраты энергии в кВт·ч/м³ на переезд машины от одного дерева-мачты к другому дереву-мачте

$$\text{Эх.м} = \frac{G_m \cdot W_m \cdot \psi_m \cdot \Delta \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_m \cdot \Delta \cdot c \cdot q}, \quad (1)$$

где G_m – вес трелевочной машины, кН; Δ – ширина пасеки, м; c – длина пасеки, м; q – запас леса на 1 га, м³/га; 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.

Затраты энергии в кВт·ч/м³ на установку машины у дерева-мачты (рис. 2, а)

$$\text{Эу.м} = \frac{(G_{э.м} + G_{т.м}) \cdot \psi_m \cdot r \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_m \cdot \Delta \cdot c \cdot q}, \quad (2)$$

где $G_{э.м}$ – сила тяжести энергетического модуля, кН; $G_{т.м}$ – сила тяжести технологического модуля, кН; r – суммарная длина маневров при установке машины у дерева-мачты, м.

Затраты энергии в кВт·ч/м³ на захват дерева лапами фиксирующего устройства (рис. 2, б)

$$\text{Эз} = \frac{G_{\phi y} \cdot \psi_{\phi y} \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_{zy} \cdot \Delta \cdot c \cdot q} \cdot \frac{(b-d)}{2}, \quad (3)$$

где $G_{\phi y}$ – сила тяжести фиксирующего устройства, которая захватывает дерево-мачту, кН; d – средний диаметр дерева в точке обхвата, м; b – расстояние между лапами фиксирующего устройства, м; $\psi_{\phi y}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии на захват дерева-мачты фиксирующим устройством за счет непроизводительных движений; η_{zy} – КПД передачи энергии от двигателя к фиксирующему устройству.

Затраты энергии в кВт·ч/м³ на установку опорного блока (рис. 2, с)

$$\text{Эз.д} = \frac{(G_c \cdot l_{x.n.c} \cdot \beta_c + G_p \cdot l_{x.n.p} \cdot \beta_p + G_z \cdot l_{x.n.z} \cdot \beta_z) \cdot \psi_{мб} \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_{эз} \cdot \Delta \cdot c \cdot q}, \quad (4)$$

где G_c , G_p , – силы тяжести соответственно стрелы и рукояти манипулятора, кН; G_z – сила тяжести грейферного захвата, кН; β_c – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии за счет трения в шарнирах при подъеме стрелы манипулятора; β_p – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии за счет трения в шарнирах при подъеме рукояти манипулятора; β_z – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии за счет трения в шарнирах грейферного захвата; $\psi_{мб}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии на фиксацию манипулятора за счет непроизводительных движений; $l_{x.n.c}$ – ход поршня гидроцилиндра стрелы манипулятора, м; $l_{x.n.p}$ – ход поршня гидроцилиндра рукояти манипулятора, м; $l_{x.n.z}$ – ход поршня гидроцилиндра подвижной клещевины, м.

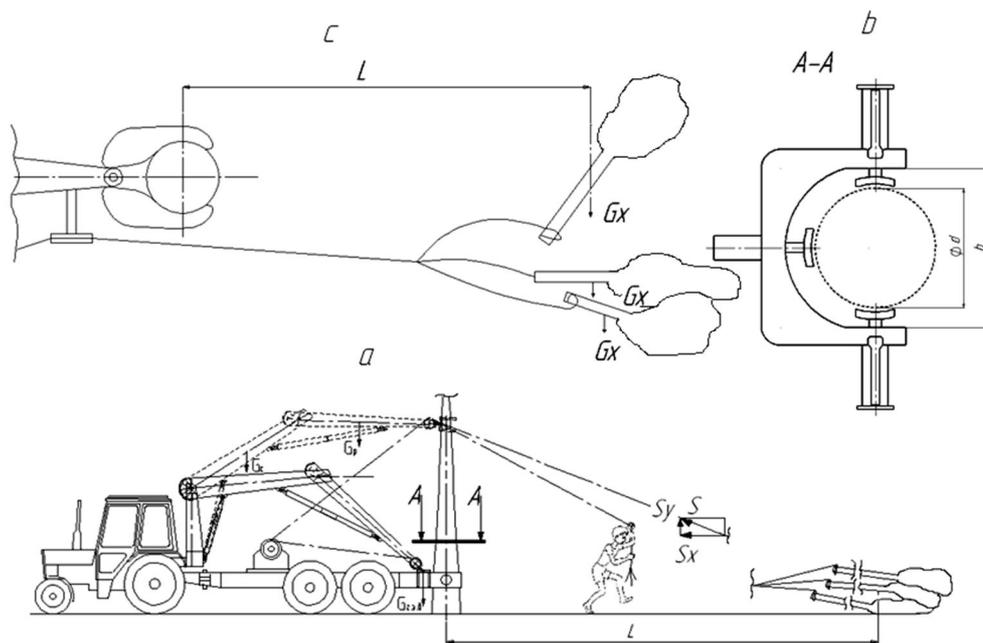


Рис. 2. Работа технологического модуля с лебедкой: а – схема растаскивания каната, б – зажим дерева технологическим модулем, с – установка опорного блока манипулятора на дереве-мачте

Затраты энергии в кВт·ч/м³ на растаскивание каната (рис. 2, а)

$$\text{Эр.к} = \frac{(G_p + q_k \cdot L + G_c) \cdot c \cdot \psi_{x.ч} \cdot \beta}{3600 \cdot 2 \cdot M_n}, \quad (5)$$

где G_p – сила тяжести рабочего, растаскивающего канат, кН; q_k – сила тяжести 1-го погонного метра каната, Н/м; G_c – сила тяжести чокеров, кН; $L = c/2$ – среднее расстояние подтрелевки, м; c – длина пачки, м; β – коэффициент, учитывающий силу трения между канатом и барабаном лебедки и канатом и блоком; M_n – объем трелеваемой с помощью лебедки пачки, м³, $M_n = n_1 \cdot V_{хл.}$, где n_1 – число деревьев в пачке (число чокеров); $\psi_{x.ч}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии на перемещения рабочего к трактору (холостой ход).

Затраты энергии в кВт·ч/м³ на чокеровку. Учитываются переходы рабочего с чокерами между деревьями

$$\text{Эч} = \frac{(G_c + G_p) \cdot \frac{M_n}{V} \cdot \psi_c \cdot \beta_c \cdot 100 \cdot \sqrt{\frac{V}{q}}}{3600 \cdot M_n}, \quad (6)$$

где G_c – сила тяжести чокеров, кН; V – средний объем хлыста, м³; ψ_c – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии на зацепку чокеров; β_c – коэффициент, учитывающий увеличение энергии за счет обвязки чокера вокруг ствола.

Затраты энергии в кВт·ч/м³ на формирование и трелевку пачки

$$\text{Эт} = \frac{[G_{II} \cdot k + G_{II} \cdot W_n \cdot (1 - k) + R \cdot W_b] \cdot L \cdot \psi_c \cdot \beta}{3600 \cdot M_n \cdot \eta_d}, \quad (7)$$

где k – коэффициент распределения веса пачки между чокерами и волоком (учитывается при подъеме переднего конца пачки); η_d – КПД передачи энергии от двигателя к лебедке; W_b – коэффициент сопротивления вращению блока в цапфах; R – равнодействующая сил натяжения набегающей и сбегающей ветвей каната опорного блока, кН; $G_{II} = \gamma \cdot M_{II}$ – сила тяжести трелеваемой пачки деревьев, кН, где γ – объемный вес древесины, кН/м³.

Затраты энергии в кВт·ч/м³ на приведение ТМЛ в транспортное положение

$$\text{Эт.п} = \frac{(G_c \cdot l_{x.n.c} + G_p \cdot l_{x.n.p} + G_b \cdot l_{x.n.b}) \cdot \psi_{p.m} \cdot \psi_{m.m} \cdot \psi_{o.f.n} \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_m \cdot \Delta \cdot c \cdot q}, \quad (8)$$

где $\psi_{p.m}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии на раскладывание манипулятора; $\psi_{m.m}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии при фиксации манипулятора в транспортное положение; $\psi_{o.f.n}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии на отсоединение фиксирующей платформы.

Общая сумма затрат энергии при трелевке ТМл в расчете на 1 м³ подтрелеванной древесины составит

$$\begin{aligned} \text{Эобщ.} = \text{Эх.м} + \text{Эу.м} + \text{Эз.д} + \text{Эр.к} + \text{Эч} + \text{Эт} + \text{Эт.п} + \text{Ээ.м} = & \frac{G_m \cdot W_m \cdot \psi_m \cdot \Delta \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_m \cdot \Delta \cdot c \cdot q} + \\ & \frac{(G_{э.м} + G_{м.м}) \cdot \psi_m \cdot r \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_m \cdot \Delta \cdot c \cdot q} + \frac{G_{фв} \cdot \psi_{фв} \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_{зв} \cdot \Delta \cdot c \cdot q} \cdot \frac{(b-d)}{2} + \frac{(G_p + q_k \cdot L + G_q) \cdot c \cdot \psi_{хч} \cdot \beta}{3600 \cdot 2 \cdot M_n} + \\ & \frac{(G_c \cdot l_{x.n.c} \cdot \beta_c + G_p \cdot l_{x.n.p} \cdot \beta_p + G_z \cdot l_{x.n.z} \cdot \beta_z) \cdot \psi_{мб} \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_{зз} \cdot \Delta \cdot c \cdot q} + \frac{(G_q + G_p) \cdot \frac{M_n}{V} \cdot \psi_q \cdot \beta_q \cdot 100 \cdot \sqrt{\frac{V}{q}}}{3600 \cdot M_n} + \\ & \frac{[G_{п1} \cdot k + G_{п2} \cdot W_n \cdot (1-k) + R \cdot W_b] \cdot L \cdot \psi_q \cdot \beta}{3600 \cdot M_n \cdot \eta_n} + \frac{(G_c \cdot l_{x.n.c} + G_p \cdot l_{x.n.p} + G_b \cdot l_{x.n.b}) \cdot \psi_{p.m} \cdot \psi_{m.m} \cdot \psi_{o.f.n} \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_m \cdot \Delta \cdot c \cdot q}. \quad (9) \end{aligned}$$

Следуя за процессом валки деревьев, ТМл обрабатывает сначала пачки, находящиеся справа от магистрального волока, а потом слева от него. Таким образом обработав последнюю пачку слева от магистрального волока, машина подъезжает к месту расположения ТМго, производит замену модулей. Далее двигаясь по магистральному волоку (холостой ход), подъезжает к штабелям сортиментов, разворачивается, загружает грузовой отсек (рис. 3) и трелюет пачку сортиментов (грузовой ход) на погрузочный пункт. Там осуществляется выгрузка сортиментов. Цикл сбора и трелевки повторяется до тех пор, пока все сортименты не будут стрелованы.

Затраты энергии в кВт·ч/м³ при движении ТМго в холостом направлении

$$\text{Эх.н} = \frac{G_m \cdot W_m \cdot B \cdot \psi_{mc}}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_m \cdot M_c}, \quad (10)$$

где l_c – среднее расстояние трелевки, м; $l_c = B/2$, где B – длина делянки, м; M_c – число пачек сортиментов, м³; ψ_{mc} – коэффициент, учитывающий непроизводительные движения, в том числе на смены модулей.

Затраты энергии в кВт·ч/м³ на погрузку деревьев в грузовой отсек (рис. 3)

$$\text{Эп.д} = \text{Эп.к} + \text{Эд.м},$$

где Эп.к , Эд.м – затраты энергии, соответственно, на погрузку пачек, движение манипулятора при погрузке, при трелевке леса с площади 1 га, кВт·ч/га.

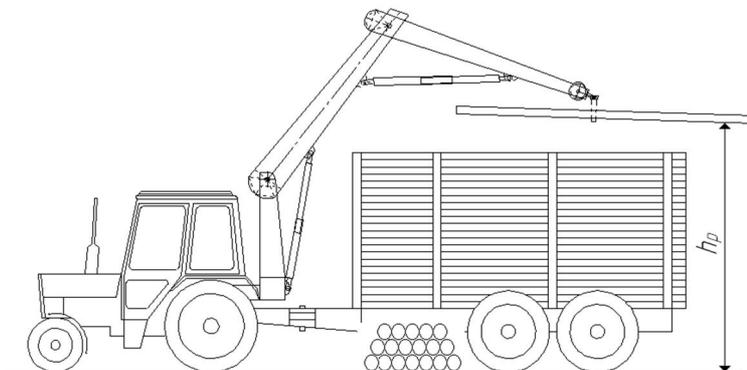


Рис. 3. Технологический модуль с грузовым отсеком

Тогда

$$\text{Эп.д} = \text{Эп.к} + \text{Эд.м} =$$

$$= \frac{G_n \cdot n_n}{3600 \cdot q} \left(\frac{h_n \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{r_n \cdot W_{n.г} \cdot \mu_1 \cdot \psi_{n.г}}{\eta_{n.г}} \right) + \frac{n_n \cdot m}{3600 \cdot q} \left(\frac{2 \cdot G_c \cdot r_c \cdot W_c \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{2 \cdot G_{n.г} \cdot r_{n.г} \cdot W_{n.г} \cdot \mu_1 \cdot \psi_{n.г}}{\eta_{n.г}} \right), \quad (11)$$

где G_n – вес пачки, кН; G_c – вес стрелы с рукоятью и грейферным захватом, кН; $G_{n.г}$ – вес поворотной части манипулятора, кН; $\psi_{n.г}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии за счет непроизводительных движений поворотной части манипулятора; ψ_c – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии за счет непроизводительных движений стрелы с рукоятью; h_n – высота подъема группы сортиментов при ее погрузке, м; r_n – расстояние от вертикальной оси поворота колонны до центра сечения группы сортиментов, м; $r_{n.г}$ – расстояние от вертикальной оси поворота колонны до центра тяжести поворотной части, м; r_c – расстояние по горизонтали от оси поворота стрелы до центра ее тяжести, м; $W_{n.г}$ – угол поворота, соответственно, колонны с манипулятором в горизонтальной плоскости, рад; W_c – угол поворота стрелы с рукоятью в вертикальной плоскости, рад; μ_1 – коэффициент трения колонны манипулятора о поворотный круг; m – число циклов погрузки одной пачки; η_c – КПД передачи энергии от двигателя к механизму поворота колонны; $\eta_{n.г}$ – КПД передачи энергии от двигателя к механизму управления манипулятором.

Затраты энергии в кВт·ч/м³ при движении ТМго в грузовом направлении

$$\text{Эг.н} = \frac{G_n \cdot l_c \cdot n_n \cdot \psi_m \cdot W_m}{3600 \cdot \eta_m \cdot q} + \frac{G_m \cdot W_m \cdot l_c \cdot n_n \cdot \psi_m}{3600 \cdot \eta_m \cdot q}. \quad (12)$$

Затраты энергии в кВт·ч/м³ на разгрузку сортиментов

$$\text{Эр.д} = \frac{G_m \cdot W_m \cdot n_n \cdot \psi_m \cdot l_{x.n}}{3600 \cdot \eta_m \cdot q} + \frac{G_n \cdot \mu_2 \cdot n_n \cdot \psi_m \cdot l_{x.n}}{3600 \cdot \eta_m \cdot q}, \quad (13)$$

где μ_2 – коэффициент трения между пачкой и грузовым отсеком.

В вышеприведенных выражениях:

$$n_n = \frac{q \cdot \gamma}{G_n}, \quad (14); \quad m = \frac{G_n}{F_m \cdot \varphi_m}, \quad (15)$$

где F_m – грузоподъемность манипулятора, кН; φ_m – коэффициент использования грузоподъемности манипулятора.

Общая сумма затрат энергии при трелевке ТМго с площади 1 га составит:

$$\begin{aligned} \text{Эобщ.} = \text{Эх.н} + \text{Эп.д} + \text{Эг.н} + \text{Эр.д} = & \frac{G_n \cdot l_c \cdot n_n \cdot \psi_m \cdot W_m}{3600 \cdot \eta_m \cdot q} + \frac{G_m \cdot W_m \cdot l_c \cdot n_n \cdot \psi_m}{3600 \cdot \eta_m \cdot q} + \\ & \frac{G_n \cdot n_n}{3600 \cdot q} \left(\frac{h_n \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{r_n \cdot W_{n.г} \cdot \mu_1 \cdot \psi_{n.г}}{\eta_{n.г}} \right) + \frac{n_n \cdot m}{3600 \cdot q} \left(\frac{2 \cdot G_c \cdot r_c \cdot W_c \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{2 \cdot G_{n.г} \cdot r_{n.г} \cdot W_{n.г} \cdot \mu_1 \cdot \psi_{n.г}}{\eta_{n.г}} \right) + \\ & + \frac{G_m \cdot W_m \cdot n_n \cdot \psi_m \cdot l_{x.n}}{3600 \cdot \eta_m \cdot q} + \frac{G_n \cdot \mu_2 \cdot n_n \cdot \psi_m \cdot l_{x.n}}{3600 \cdot \eta_m \cdot q} + \frac{G_m \cdot W_m \cdot B \cdot \psi_{mc}}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_m \cdot M_c}. \end{aligned} \quad (16)$$

Порядок вычислений и обработка полученных результатов. Вычисление результатов по полученным математическим моделям проводилось при помощи программы Excel в следующем порядке: обоснование исходных данных; ввод исходных данных в программу; ввод формул в программу; получение результатов расчетов; получение зависимостей энергозатрат от параметров лесных ресурсов; выводы.

Интерпретация результатов и их анализ. По приведенным выше формулам при помощи программы Excel были просчитаны энергозатраты при различных возможных значениях параметров, входящих в формулы. Полученные зависимости энергозатрат отражены на графиках (рис. 4–6).

Графики построены при следующих значениях исходных данных:

$G_M = 82, \text{ кН}; Q = 72,2, \text{ м}^3; \Delta = 35, \text{ м}; c = 125, \text{ м}; q = 165, \text{ м}^3/\text{га}; W_M = 0,22; \psi_M = 1,3; \eta_M = 0,75; G_{\text{э.м}} = 57, \text{ кН}; G_{\text{т.м}} = 25, \text{ кН}; r = 20, \text{ м}; G_{\text{ф.у}} = 7, \text{ кН}; d = 0,6, \text{ м}; b = 1,2, \text{ м}; \psi_{\text{ф.у}} = 1,05; \varphi_M = 1,05; \eta_{\text{з.у}} = 0,7; G_c = 4, \text{ кН}; G_p = 1,5, \text{ кН}; G_z = 2,1, \text{ кН}; \beta_c = 1,05; \beta_p = 1,05; \beta_z = 1,05; \psi_{\text{ф.м}} = 1,05; l_{\text{х.л.с}} = 0,9, \text{ м}; l_{\text{х.л.р}} = 0,5, \text{ м}; l_{\text{х.л.з}} = 0,4, \text{ м}; G_{\text{раб.}} = 0,7, \text{ кН}; q_k = 3, \text{ Н/м}; G_u = 0,3, \text{ кН}; L = c/2 = 47,5, \text{ м}; \beta = 1,05; M_n = 5,7, \text{ м}^3; W_n = 0,85; \gamma = 8,2, \text{ кН/м}^3; F_k = 40, \text{ кН}; \psi_{\text{х.ч}} = 1,05; V = 0,25, \text{ м}^3; \psi_u = 1,05; R = 5, \text{ кН}; n_1 = 8; \beta_u = 1,05; G_x = 0,3, \text{ кН}; k = 0,8; \eta_l = 0,7; \psi_{\text{р.м}} = 1,05; \psi_{\text{м.м}} = 1,05; \psi_{\text{о.ф.н}} = 1,05; l_{\text{х.н}} = 0,7, \text{ м}; l_c = 95, \text{ м}; M_c = 5, \text{ шт}; \psi_{\text{м.с}} = 1,15; G_n = 26, \text{ кН}; G_{\text{н.в}} = 4, \text{ кН}; \psi_{\text{н.в}} = 1,05; \psi_c = 1,05; h_n = 3,5, \text{ м}; r_n = 6, \text{ м}; r_{\text{н.в}} = 3, \text{ м}; r_c = 4, \text{ м}; W_{\text{н.в}} = 170, \text{ рад}; W_c = 150, \text{ рад}; \mu_1 = 1,2; m = 3; \eta_c = 0,7; \eta_{\text{н.в}} = 0,7; \mu_2 = 1,1; F_M = 13,6, \text{ кН}.$

Э, Вт*ч/м3

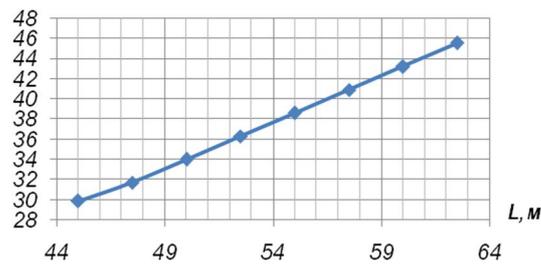


Рис. 4. График зависимости энергозатрат Эобщ = f(L) от длины растаскивания каната ТМл

Э, кВт*ч/м3

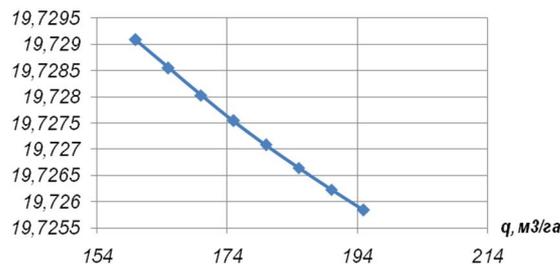


Рис. 5. График зависимости энергозатрат Эобщ = f(q) от запаса леса на 1 га ТМл

Э, кВт*ч/м3

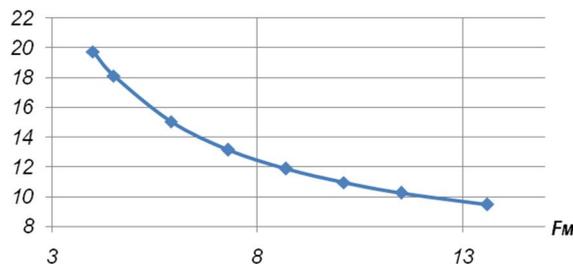


Рис. 6. График зависимости энергозатрат Эобщ = f(Fм) от грузоподъемности манипулятора ТМго

Выводы. Изложенная методика моделирования энергозатрат при комбинированной трелевке древесины адаптивно-модульными машинами позволяет моделировать энергозатраты для других комплектов машин с целью их сравнения и выбора рациональной системы машин. Рассмотренная технологическая схема и система машин для заготовки древесины комбинированным (машинным и механизированным) способом является перспективной с точки зрения затрат энергии.

Полученные в результате расчета численные характеристики и графики дают возмож-

ность оценить влияние факторов предмета труда, условия работы и параметров машин на суммарные энергозатраты. Предложенная технологическая схема и комплект машин рекомендуются для системы эффективного устойчивого лесопользования при освоении заболоченных, переувлажненных лесосек и поврежденных пожаром древостоев.

Список литературы

1. Процессы комплексного освоения участков лесного фонда при малообъемных лесозаготовках: Научное издание / Ю.А. Ширнин, К.П. Рукомойников, Е.М. Онучин; Под ред. Ю.А. Ширнина. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 196 с.
2. Ширнин, Ю.А. Комплексное освоение участков лесного фонда / Ю.А. Ширнин // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2002. – № 4. – С. 89–95.
3. Ширнин, Ю.А. Технология и оборудование малообъемных лесозаготовок и лесовосстановление / Ю.А. Ширнин, Ф.В. Пошарников. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 398 с.
4. Кочегаров, В.Г. Исследование некоторых параметров трелевочных машин / В.Г. Кочегаров, Ю.А. Ширнин // ИВУЗ. Лесной журнал. – 1981. – № 4. – С. 47 – 52.
5. Патент № 2357407 РФ, МКИ⁷ А01G23/00. Способ и машина для трелевки / Ширнин Ю. А., Ширнин А. Ю., Богатырева Е.А., Аказова О.В.; заявитель и патентообладатель Марийский гос. тех. университет. – 2007122910/12; заявл. 18.06.2007; опубл. 10.06.2009, Бюл. № 8. – 5 с.
6. Ширнин, Ю. А. Методика обоснования режимов работы технологических модулей при комбинированной трелевке древесины / Ю. А. Ширнин, А. Ю. Ширнин // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2008. – № 2. – С. 51-59.

Статья поступила в редакцию 03.10. 11.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по государственному контракту № 16.515.11.5053 в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 год».

*Yu. A. Shirnin, A. Yu. Shirnin,
A. Yu. Morzhanov, I. V. Zverev*

POWER INPUTS MODELING IN COMBINED LOGGING OF THE WOOD WITH ADAPTIVE-MODULAR MACHINERY

A technological scheme and a system of machines for timber harvesting with adaptive-modular machinery are considered. Power inputs for technological operations performance with a set of equipment including adaptive-modular machinery are calculated. Recommendations concerning rational operating modes and spheres of considered technology use are given.

Key words: modeling, power inputs, adaptive-modular machinery, combined logging.

ШИРНИН Юрий Александрович — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и оборудования лесопромышленных производств МарГТУ. Область научных интересов – моделирование и оптимизация технологических параметров лесозаготовок, эффективность технологического процесса рубок леса. Автор более 200 публикаций.

E-mail: ShirninYA@marstu.net

ШИРНИН Александр Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности МарГТУ. Область научных интересов – технология лесозаготовок. Автор 20 публикаций.

E-mail: alex-1567@yandex.ru

МОРЖАНОВ Александр Юрьевич – аспирант кафедры технологии и оборудования лесопромышленных производств МарГТУ. Область научных интересов – технология лесозаготовок. Автор двух публикаций.

E-mail: aleksahka-m@mail.ru

ЗВЕРЕВ Илья Владимирович – аспирант кафедры технологии и оборудования лесопромышленных производств МарГТУ. Область научных интересов – технология лесозаготовок. Автор трех публикаций.

E-mail: zvilya@spartak.ru