

УДК 621.311

С.П. Агеев

Филиал «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского
технического университета

Агеев Сергей Петрович родился в 1957 г., окончил в 1979 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем технической подготовки производства филиала «Севмашвтуз» СПбГМТУ. Имеет более 60 научных работ в области электроснабжения промышленных предприятий.
Тел.: (8184) 20-03-57



КЛАССИФИКАЦИЯ И СВОЙСТВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕСОПИЛЬНЫХ РАМ

Выполнены построение и анализ энергетических характеристик лесопильных рам в зависимости от изменения их загрузки и времени использования в операционном цикле.

Ключевые слова: потребляемая мощность, электроэнергия, удельный расход энергии, потери энергии, производительность, энергетическая характеристика, рабочий цикл.

Лесопильные рамы являются одними из энергоемких потребителей лесопильного производства. Для оценки экономичности их работы при различной производительности применяют энергетические характеристики, представляющие собой зависимости абсолютного или удельного расходов электроэнергии от производительности оборудования при постоянном режиме нагрузки [1]. Энергетические характеристики обладают некоторыми особенностями. Они заключаются в том, что циклический характер распиловки древесины, возможность измерять ее объем за целое число операционных циклов и наличие операционных перерывов в работе препятствуют построению энергетических характеристик мгновенных значений соответствующих величин.

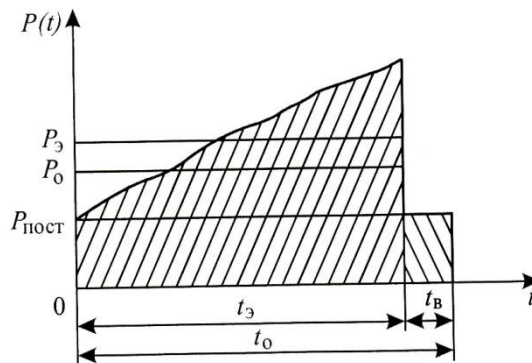
Цель настоящей статьи – выяснить влияние основных технологических параметров работы лесопильных рам на их энергетические показатели.

На рис. 1 приведен график потребления активной мощности $P(t)$ за операционное время t_0 одного рабочего цикла распиловки бревна.

Характеристику, относящуюся к операционному времени, удастся построить только как зависимость расхода электроэнергии w_0 за полный цикл от объема распиленного бревна V : $w_0 = f(V)$, или как зависимость средней потребляемой мощности P_0 от средней часовой производительности A_0 : $P_0 = f(A_0)$. Соответственно и характеристика удельного расхода электро-

энергии выражает здесь зависимость среднего удельного расхода энергии d_o от средней часовой производительности, т. е. $d_o = \varphi(A_o)$.

Рис. 1. График электропотребления лесопильной рамы за время операционного цикла (▨ – w_3 ; ▩ – w_b)



На производительность A_o лесопильных рам влияют изменения не только технологических параметров их работы и загрузки (объем бревен, скорость подачи), но и доли вспомогательного времени t_b в составе операционного t_o . При этом зависимости $P_o = f(A_o)$ и $d_o = \varphi(A_o)$ не однозначны, а имеют различный характер при изменении A_o под влиянием каждой из указанных аргументирующих величин. Таким образом, одному и тому же значению A_o в общем случае может соответствовать большой диапазон значений P_o и d_o . В связи с этим представляется целесообразным при нормировании и анализе электропотребления лесопильных рам пользоваться двумя видами энергетических характеристик [4].

Частные аналитические энергетические характеристики. Эти характеристики относятся к эффективному времени t_3 и, следовательно, к средней часовой производительности A_3 . При этом каждая из них должна соответствовать изменению A_3 под влиянием только одной из указанных аргументирующих величин при постоянных значениях всех остальных.

Нами получено уравнение энергетической характеристики электропривода механизма резания лесопильной рамы [3]:

$$P_3 = (1 + b_{м.п})(1 + b_d)(1 + b_{ш})c_{п}\sqrt{A_3} + P_{пост} = b_{л.р}c_{п}\sqrt{A_3} + P_{пост}, \quad (1)$$

где P_3 – средняя активная мощность за эффективное время, потребляемая двигателем из сети, кВт;

$b_{м.п}$, b_d , $b_{ш}$ – коэффициенты переменных потерь соответственно в механизме передачи, двигателе и кривошипно-шатунном механизме;

$c_{п}$ – постоянный (при определенных условиях) параметр, характеризующий энергоемкость процесса резания, $\text{кДж/м}^{1,5}\text{с}^{0,5}$;

A_3 – средняя часовая производительность лесопильной рамы за эффективное время, $\text{м}^3/\text{с}$;

$P_{пост}$ – мощность постоянных потерь энергии (холостого хода), кВт;

$b_{л.р}$ – коэффициент, совокупно учитывающий переменные

(нагрузочные) потери энергии в лесопильной раме.
При этом параметр [2], характеризующий энергоемкость,

$$c_{\text{п}} = 2K_{\text{T}} B_{\text{пр}} Z_{\text{п}} \frac{a_{\text{п.р}} a_{\text{р}} a_1}{1000\sqrt{\pi}} \sqrt{u}, \quad (2)$$

где K_{T} – удельная работа при нормированных (табличных) условиях резания, Дж/м³;

$B_{\text{пр}}$ – ширина пропила, м;

$Z_{\text{п}}$ – число пил в поставе;

$a_{\text{п.р}}$ – коэффициент, учитывающий плотность древесины различных пород;

$a_{\text{р}}$ – коэффициент, учитывающий затупление резцов и зависящий от длительности работы пил после заточки;

a_1 – коэффициент поставы, принимаемый в зависимости от вида распиловки [5];

u – скорость подачи бревен, м/с.

Время распиловки одного бревна (t_3) для каждого поставы [6]

$$t_3 = \frac{L}{u} = \frac{1000 \cdot 60L}{\Delta_p n}, \quad (3)$$

где L – длина бревна, м;

Δ_p – расчетная посылка, мм;

n – частота вращения вала рамы, мин⁻¹.

Тогда средняя производительность лесопильной рамы (м³/с) за эффективное время

$$A_3 = \frac{V}{t_3} = \frac{Vu}{L}. \quad (4)$$

Подставив (2) и (4) в выражение (1), получим

$$P_3 = 2b_{\text{л.р}} K_{\text{T}} B_{\text{пр}} Z_{\text{п}} \frac{a_{\text{п.р}} a_{\text{р}} a_1}{1000\sqrt{\pi}} u \sqrt{\frac{V}{L}} + P_{\text{пост.}} \quad (5)$$

Выражение (5) показывает, что зависимости средней потребляемой мощности P_3 от каждого из параметров процесса различны. Например, при изменении скорости подачи она прямолинейна, а при изменении объема бревна – криволинейна (выпукла вверх).

Запишем уравнение энергетического баланса лесопильной рамы, отнесенного к эффективному времени распиловки бревен:

$$\begin{aligned} w_3 = P_3 t_3 &= 2b_{\text{л.р}} K_{\text{T}} B_{\text{пр}} Z_{\text{п}} \frac{a_{\text{п.р}} a_{\text{р}} a_1}{1000\sqrt{\pi}} u \sqrt{\frac{V}{L}} \frac{L}{3600u} + P_{\text{пост.}} \frac{L}{3600u} = \\ &= 2b_{\text{л.р}} K_{\text{T}} B_{\text{пр}} Z_{\text{п}} \frac{a_{\text{п.р}} a_{\text{р}} a_1}{3600000\sqrt{\pi}} \sqrt{VL} + P_{\text{пост.}} \frac{L}{3600u}, \end{aligned} \quad (6)$$

где w_3 – электроэнергия, потребляемая механизмом резания за эффективное время, кВт·ч;

Часовая производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$), лесопильной рамы за эффективное время ее работы

$$A_3 = \frac{3600V}{t_3} = \frac{3600Vu}{L} = \frac{3600V\Delta_p n}{1000 \cdot 60L} = \frac{6V\Delta_p n}{100L}.$$

Удельный расход энергии ($\text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$), отнесенный к эффективному времени работы лесопильной рамы,

$$d_3 = \frac{P_3}{A_3} = \frac{P_{\text{пост}}L}{3600Vu} + 2b_{\text{л.п}} \frac{K_{\tau} B_{\text{пр}} a_{\text{п.п}} Z_{\text{п}} a_{\rho} a_1}{1000 \cdot 3600 \sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{L}{V}}. \quad (7)$$

На рис. 2 приведены энергетические характеристики лесопильных рам, не учитывающие и учитывающие вспомогательное время.

Из выражения (7) и рис. 2 видно, что при одном и том же увеличении производительности A_3 удельный расход электроэнергии снижается по-разному. Так, наибольший эффект дает увеличение объема бревен, затем –

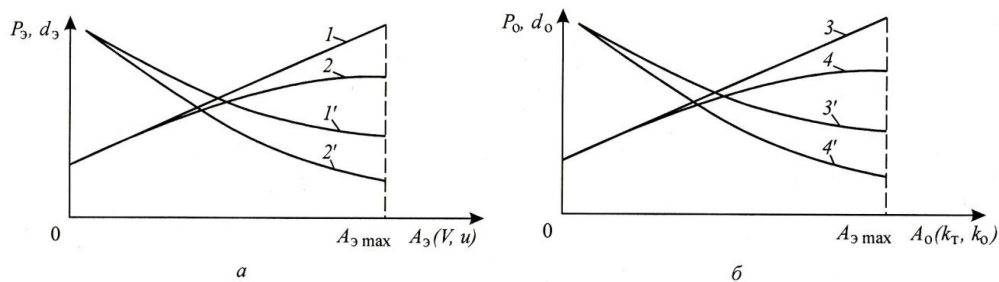


Рис. 2. Энергетические характеристики лесопильной рамы при работе без учета (а) и с учетом (б) операционного вспомогательного времени: 1, 1' – изменение A_3 за счет изменения u ; 2, 2' – V ; 3, 3' – изменение A_0 за счет изменения k_0 ; 4, 4' – k_{τ}

Нормовые энергетические характеристики [2]. В производственных условиях производительность лесопильных рам чаще всего подвергается изменениям под влиянием колебаний загрузки (переменный объем распиливаемых бревен) и продолжительности вспомогательного времени. Поэтому для анализа зависимости показателей электропотребления от указанных факторов могут быть рекомендованы нормовые энергетические характеристики, выражающие зависимость средних потребляемой мощности P_0 и удельного расхода электроэнергии d_0 от среднечасовой производительности A_0 за операционное время t_0 при постоянных технологических параметрах работы лесопильных рам. Последние при построении нормовых характеристик необходимо принимать равными тем нормализованным величинам, которые устанавливаются в результате анализа электропотребления с помощью частных аналитических характеристик $P_3 = f(A_3)$ и $d_3 = \varphi(A_3)$. Составим для этого случая энергобаланс лесопильной рамы, отнесенный к одному полному операционному циклу распиловки бревен:

$$w_0 = w_3 + w_B = b_{\text{л.п}} P_{\text{рез}} t_3 + P_{\text{пост}} t_3 + P_{\text{пост}} t_B = b_{\text{л.п}} P_{\text{рез}} t_3 +$$

$$+ P_{\text{пост}} t_o = b_{\text{л.р}} c_{\text{п}} \sqrt{A_{\text{э}}} t_{\text{э}} + P_{\text{пост}} t_o, \quad (8)$$

где w_o – электроэнергия, потребляемая электродвигателем механизма резания за один операционный цикл, кВт·ч;

$w_{\text{в}}$ – то же за вспомогательное время $t_{\text{в}}$, кВт·ч.

Разделив (8) на полное время t_o одного операционного цикла, получим выражение для средней потребляемой мощности:

$$P_o = \frac{w_o}{t_o} = P_{\text{пост}} + b_{\text{л.р}} c_{\text{п}} \sqrt{A_{\text{э}}} \frac{t_{\text{э}}}{t_o} = P_{\text{пост}} + b_{\text{л.р}} c_{\text{п}} \sqrt{k_{\text{т}} A_{\text{эmax}}} k_o, \quad (9)$$

где $k_{\text{т}}$ – технологический коэффициент загрузки механизма резания;

$A_{\text{эmax}}$ – максимальная среднечасовая производительность лесопильной рамы, отнесенная к эффективному времени;

k_o – коэффициент использования лесопильной рамы в операционном времени;

По условию средняя часовая производительность A_o варьирует только при изменении загрузки лесопильной рамы за цикл и продолжительности вспомогательного времени $t_{\text{в}}$. Соответственно технологический коэффициент загрузки $k_{\text{т}}$ изменяется только под влиянием изменения объема распиливаемых бревен V , а коэффициент k_o – только под влиянием изменения $t_{\text{в}}$. В зависимости от указанных факторов характер изменения мощности P_o будет различным. Так, при изменении объема распиливаемых бревен (коэффициент $k_{\text{т}}$) зависимость $P_o = f(A_o)$ нелинейная, а при изменении продолжительности $t_{\text{в}}$ – линейная.

Разделив (9) на A_o , получим уравнение среднего удельного расхода энергии:

$$d_o = \frac{P_o}{A_o} = \frac{P_{\text{пост}}}{A_o} + \frac{b_{\text{л.р}} c_{\text{п}} k_o \sqrt{k_{\text{т}} A_{\text{эmax}}}}{A_o} = \frac{P_{\text{пост}}}{A_o} + \frac{b_{\text{л.р}} c_{\text{п}}}{A_o} \sqrt{k_{\text{т}} A_{\text{эmax}}} k_o^2. \quad (10)$$

Учитывая, что $A_o = k_o k_{\text{т}} A_{\text{эmax}}$, а также (2), получим

$$d_o = \frac{P_{\text{пост}}}{k_o k_{\text{т}} A_{\text{эmax}}} + \frac{b_{\text{л.р}} c_{\text{п}}}{\sqrt{k_{\text{т}} A_{\text{эmax}}}} = \frac{P_{\text{пост}}}{k_o k_{\text{т}} A_{\text{эmax}}} + \frac{2b_{\text{л.р}} K_{\text{т}} B_{\text{пр}} Z_{\text{п}} a_{\text{п.р}} a_{\text{р}} a_1 \sqrt{u}}{1000 \sqrt{\pi} k_{\text{т}} A_{\text{эmax}}}. \quad (11)$$

Установив параметры режима работы лесопильной рамы, по ее нормовой энергетической характеристике можно определить удельный расход энергии, соответствующий этому режиму. Если по условиям производства нельзя зафиксировать часовую производительность лесопильной рамы на определенном уровне, то следует предусмотреть возможность небольших ее колебаний относительно среднего уровня. В этом случае нормовая характеристика позволит установить соответствующий диапазон возможных колебаний среднего удельного расхода энергии, оценив который можно задать норму удельного расхода по среднему значению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев, С.П. Режимы электропотребления окорочных станков [Текст] / С.П. Агеев // Лесн. журн. – 2007. – № 4. – С. 104–111. – (Изв. высш. учеб. заведений).

2. *Агеев, С.П.* Энергетическая характеристика механизма резания лесопильной рамы [Текст] / С.П. Агеев // Лесн. журн. – 2009. – № 1. – С. 95–100. – (Изв. высш. учеб. заведений).

3. *Агеев, С.П.* Энергетическая характеристика электропривода механизма резания лесопильной рамы [Текст] / С.П. Агеев // Лесн. журн. – 2009. – № 2. – С. 96–101. – (Изв. высш. учеб. заведений).

4. *Гофман, И.В.* Нормирование потребления энергии и энергетические балансы промышленных предприятий [Текст] / И.В. Гофман. – М.; Л.: Энергия, 1966. – 315 с.

5. *Песоцкий, А.Н.* Лесопильное производство [Текст] / А.Н. Песоцкий. – Л.: Лесн. пром-сть, 1973. – 325 с.

6. *Рыкунин, С.Н.* Технология лесопильно-деревообрабатывающих производств: учебное пособие для студентов [Текст] / С.Н. Рыкунин, Ю.П. Тюкина, В.С. Шалаев. – М.: МГУЛ, 2003. – 225 с.

Поступила 15.04.08

S.P. Ageev

«Sevmashvtuz», Branch of Saint-Petersburg State Marine Technical University

Classification and Properties of Energy Characteristics for Saw Frames

Graphing and analysis of energy characteristics for saw frames are realized depending on their load change of and usage time in the operational cycle.

Keywords: power consumption, electric power, specific power consumption, energy loss, efficiency, energy characteristic, operational cycle.
