



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.311

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.2.91

**НОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ,
ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ОБРЕЗНЫМИ СТАНКАМИ**

С.П. Агеев, д-р техн. наук, доц.

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова,
наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002;
e-mail: doctor.mart11@mail.ru

Нормирование удельных расходов энергии на деревообрабатывающих предприятиях строится в соответствии с расчленением производства, с одной стороны, на отдельные операции и процессы по видам производимой продукции, с другой – на отдельные участки (агрегаты, цехи, предприятие в целом). В соответствии с этим различают операционные удельные нормы по отдельным операциям и суммарные удельные нормы по отдельным производственным процессам. Целью настоящей статьи явилось изложение подхода к установлению операционной нормы удельного расхода электроэнергии на выполнение операций обрезки досок на обрезных станках, которые применяются в лесопильном производстве для продольной обрезки кромок у необрезных досок и горбылей. Исследования энергетических свойств электропривода обрезного станка проводятся в направлении, при котором потери и полезное потребление энергии определяются через некоторые коэффициенты потерь и производительность агрегата. В ходе исследований получены аналитические зависимости между потребляемой мощностью, удельным потреблением электроэнергии и производительностью механизма резания обрезного станка, получившие название энергетических характеристик. Используемый метод позволяет выразить полезную нагрузку на агрегат через производительность – показатель, по которому практически оцениваются результаты работы агрегата, участка, цеха и др. Наличие энергетических характеристик позволит более качественно подойти к вопросу планирования удельных расходов энергии по каждому типоразмеру сортиментов и производству в целом. Установлено, что энергетическая характеристика потребляемой мощности обрезных станков носит линейный характер, удельного расхода электроэнергии – нелинейный. Выявлены основные технологические факторы и параметры оборудования и сырья, влияющие на удельное электропотребление обрезных станков.

Ключевые слова: обрезной станок, производительность, энергетическая характеристика, потребляемая мощность, удельный расход электроэнергии, потери электроэнергии.

Введение

Нормирование расходов электроэнергии на предприятиях используют для решения важных задач эксплуатации электрохозяйства. Эти задачи условно можно разбить на две группы:

прогнозирование режимов электропотребления предприятия в целом или отдельного цеха (участка, производства), составление электробалансов;

контроль эффективности использования электроэнергии в конкретном технологическом процессе, на единице оборудования и др.

В зависимости от цели расчета нормы расходов электроэнергии разделяют по периоду действия (годовые, квартальные, месячные и др.), степени агрегации (индивидуальные, групповые) и составу расхода (технологические, общепроизводственные).

Индивидуальной называют норму расхода электроэнергии на производство единицы продукции (работ), устанавливаемую по типам или отдельным агрегатам (технологическим схемам) применительно к определенным технологическим условиям.

Групповой является норма, установленная по группе предприятий отрасли на производство единицы одноименной продукции (работы) в стандартных условиях производства.

Технологическая норма учитывает расход электрической энергии на основные и вспомогательные процессы производства данного вида продукции (работы), расход на поддержание технологических агрегатов в горячем резерве, их разогрев и пуск после текущих ремонтов и холодных простоев, а также технически неизбежные потери электроэнергии при работе оборудования.

Нормирование удельных расходов энергии на деревообрабатывающих предприятиях строится в соответствии с расчленением производства, с одной стороны, на отдельные операции и процессы по видам производимой продукции, с другой – на отдельные участки (агрегаты, цехи, предприятие в целом) [4].

Целью настоящей статьи явилось изложение подхода к установлению индивидуальной нормы удельного расхода электроэнергии на выполнение операций обрезки досок на обрезных станках, которые применяются в лесопильной промышленности для продольной обрезки кромок у необрезных досок и горбылей [9].

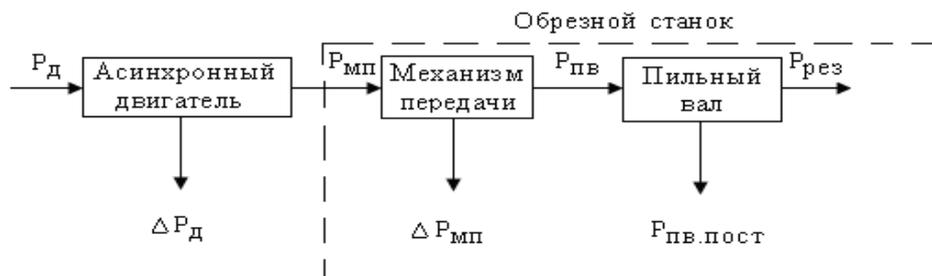
Методика проведения исследования

Исследования энергетических свойств механизмов с электроприводом можно проводить по двум принципиально различным направлениям.

При первом направлении потери энергии определяются через коэффициент полезного действия, который изменяется в функции нагрузки на валу приводного двигателя. Способы измерения этой нагрузки могут быть различными, но при этом всегда требуется соответствующее аппаратное сопровождение, так как непосредственно в производственных условиях нагрузка на валу обычно не измеряется.

При втором направлении, предложенном чл.-корр. РАН В.И. Вейцем, потери и полезное потребление энергии определяются через некоторые коэффициенты потерь и производительность агрегата. В результате получают аналитические зависимости между потребляемой мощностью или удельным потреблением электроэнергии и производительностью исследуемого механизма, получившие название энергетических характеристик [1–3]. В настоящей статье используется второй метод, так как он позволяет выразить полезную нагрузку на агрегат через производительность – показатель, по которому практически оцениваются результаты работы агрегата, участка, цеха и др.

Механизм резания обрезающего станка включает в себя пильный вал с круглыми пилами, подвижный и неподвижный суппорты, клиноременную передачу и привод с асинхронным двигателем. На рисунке показана структурная схема передачи мощности в электроприводе механизма резания.



Структурная схема передачи мощности

Подведенная к пильному валу мощность $P_{пв}$ содержит две составляющие:

переменную (полезную) мощность резания $P_{рез}$, кВт;

постоянную мощность $P_{пв.пост}$ потерь энергии, кВт.

Таким образом,

$$P_{пв} = P_{рез} + P_{пв.пост} = c_{пв}A + P_{пв.пост}, \quad (1)$$

где $c_{пв}$ – удельная величина переменных расходов энергии пильного вала на единицу продукции, кВт · ч/м³;

A – производительность обрезающего станка, м³/ч.

У прямолинейных характеристик подведенной мощности параметр $c_{пв}$ является вместе с тем и так называемым частичным удельным расходом энергии, или относительным приростом, т. е. отношением бесконечно малого приращения подведенной мощности к бесконечно малому приращению нагрузки (производительности) – первой производной подведенной мощности по нагрузке [5].

Параметр $P_{пв.пост}$ представляет собой мощность постоянных потерь энергии пильного вала, не зависящих от производительности станка.

При этом

$$P_{\text{ПВ.ПОСТ}} = \alpha P_{\text{ХХ}},$$

где α – коэффициент, учитывающий увеличение мощности на преодоление трения под нагрузкой станка, $\alpha = 1,1$;

$P_{\text{ХХ}}$ – мощность холостого хода.

Мощность холостого хода зависит от силы трения в подшипниках. Сила трения пропорциональна инерционной силе и зависит от коэффициента трения. Для приближенных расчетов можно воспользоваться следующей формулой:

$$P_{\text{ХХ}} = G_{\text{ПВ}} v_{\text{РЕЗ}},$$

где $G_{\text{ПВ}}$ – вес пильного вала вместе с пилами, H ;

$v_{\text{РЕЗ}}$ – скорость резания, м/с.

Скорость резания при пилении круглой пилой определяют как геометрическую сумму скоростей главного движения и подачи:

$$v_{\text{РЕЗ}} = \sqrt{v_{\Gamma}^2 + u^2 + 2v_{\Gamma}u \cos \varphi},$$

где v_{Γ} – скорость главного движения, м/с;

u – скорость подачи доски, м/с;

φ – угол между векторами скоростей v_{Γ} и u .

У современных круглопильных станков скорость главного движения во много раз превышает скорость подачи, поэтому можно считать, что $v_{\text{РЕЗ}} = v_{\Gamma}$ [7]. Тогда

$$v_{\text{РЕЗ}} = v_{\Gamma} = \frac{\pi D_{\text{П}} n}{60 \cdot 1000},$$

где $D_{\text{П}}$ – диаметр пилы, м;

n – частота вращения пильного вала, об/мин.

При номинальной производительности $A_{\text{НОМ}}$ обрезающего станка мощность, подводимая к пильному валу, имеет номинальное значение

$$P_{\text{ПВ.НОМ}} = c_{\text{ПВ}} A_{\text{НОМ}} + P_{\text{ПВ.ПОСТ}}.$$

Определим первое слагаемое, входящее в формулу (1), используя одну из методик расчета мощности резания. Введем следующие обозначения:

V_1 – объем древесины, превращаемый в опилки за 1 с, м³/с;

K – удельная работа продольного пиления круглой пилой для расчетных условий резания, Дж/м³;

$B_{\text{ПР}}$ – ширина пропила, м;

H_{Σ} – суммарная высота пропила, м.

В нашем случае мощность резания может быть вычислена по «объемной» формуле:

$$P_{\text{РЕЗ}} = KV_1 = KB_{\text{ПР}}H_{\Sigma}u. \quad (2)$$

Удельная работа K определяется как произведение удельной работы K_{Γ} при нормированных (табличных) условиях резания на общий поправочный коэффициент $a_{\text{ПОПР}}$, учитывающий отличие расчетных условий от нормированных:

$$K = K_{\Gamma} a_{\text{ПОПР}}. \quad (3)$$

В случае пиления круглой пилой

$$a_{\text{попр}} = a_{\text{п}} a_w a_{\rho} a_{\delta} a_v a_t. \quad (4)$$

Здесь $a_{\text{п}}$, a_w , a_{ρ} , a_{δ} , a_v , a_t – коэффициенты, учитывающие соответственно плотность и влажность древесины, затупление резцов и угол их резания, скорость резания, глубину обработки.

Числовые значения поправочных коэффициентов найдены по результатам экспериментов и приведены в таблицах [7].

Сумма высот всех пропилов

$$H_{\Sigma} = hZ_{\text{п}}, \quad (5)$$

где h – толщина заготовки, м;

$Z_{\text{п}}$ – число пил в станке (обычно $Z_{\text{п}} = 2$).

Производительность обрезного станка

$$A = \frac{uV_{\text{д}}}{L}.$$

Здесь $V_{\text{д}}$ – объем доски, м³;

L – длина доски, м.

Представляя доску как параллелепипед, ее объем вычисляют по формуле

$$V_{\text{д}} = hLb_{\text{д}},$$

где $b_{\text{д}}$ – ширина доски, м.

Тогда производительность станка

$$A = uhb_{\text{д}},$$

откуда

$$h = \frac{A}{b_{\text{д}}u}. \quad (6)$$

Подставляя (3) – (6) в (2), получаем выражение для мощности резания:

$$P_{\text{рез}} = K_{\text{т}} a_{\text{попр}} B_{\text{пр}} H_{\Sigma} u = K_{\text{т}} a_{\text{попр}} B_{\text{пр}} \frac{Z_{\text{п}}}{b_{\text{д}}} A = c_{\text{пв}} A.$$

Анализ полученной зависимости показывает, что частичный удельный расход энергии $c_{\text{пв}}$ в значительной степени зависит от фактических условий резания древесины (толщины срезаемого слоя, степени затупления резцов, плотности и влажности древесины).

Для того, чтобы найти функциональную зависимость между мощностью, потребляемой приводным двигателем из сети, и производительностью обрезного станка, необходимо учесть потери мощности в электроприводе, т. е. в передаточном механизме (МП) и электродвигателе. Привод механизма резания осуществляется от асинхронного двигателя через клиноременную передачу.

Коэффициенты потерь в МП можно определить по его номинальному коэффициенту полезного действия:

$$\eta_{\text{мп.ном}} = \frac{1}{1 + a_{\text{мп}} + b_{\text{мп}}},$$

откуда

$$a_{МП} + b_{МП} = \frac{1 - \eta_{МП.НОМ}}{\eta_{МП.НОМ}}.$$

Зная соотношение между коэффициентами потерь в передаточном механизме

$$\chi_{МП} = \frac{a_{МП}}{b_{МП}},$$

можно найти значение каждого из них. Для простых кинематических схем примем $\chi_{МП} = 1$, откуда

$$a_{МП} = b_{МП} = \frac{1 - \eta_{МП.НОМ}}{2\eta_{МП.НОМ}}.$$

Тогда мощность, подводимая к механизму передачи:

$$P_{МП} = P_{ПВ} + \Delta P_{МП.ПЕР} + \Delta P_{МП.ПОСТ} = P_{ПВ}(1 + b_{МП}) + a_{МП}P_{ПВ.НОМ}.$$

Учитывая (1), составим уравнение мощности, подводимой к механизму резания обрезаемого станка:

$$\begin{aligned} P_{МП} &= P_{ПВ}(1 + b_{МП}) + a_{МП}P_{ПВ.НОМ} = \\ &= (c_{ПВ}A + P_{ПВ.ПОСТ})(1 + b_{МП}) + a_{МП}P_{ПВ.НОМ} = \\ &= (1 + b_{МП})c_{ПВ}A + (1 + b_{МП})P_{ПВ.ПОСТ} + a_{МП}P_{ПВ.НОМ} = \\ &= (1 + b_{МП})c_{ПВ}A + (1 + b_{МП})\alpha P_{ХХ} + a_{МП}P_{ПВ.НОМ}, \end{aligned}$$

или

$$P_{МП} = c_{МР}A + P_{МП.ПОСТ}, \quad (7)$$

где $c_{МР}$ – частичный удельный расход энергии механизма резания станка, кВт·ч/м³;

$P_{МП.ПОСТ}$ – суммарная мощность постоянных потерь энергии в обрезаемом станке,

$$P_{МП.ПОСТ} = (1 + b_{МП})\alpha P_{ХХ} + a_{МП}P_{ПВ.НОМ}P_{МП.ПОСТ}.$$

Уравнение (7) дает возможность проанализировать влияние технических параметров станка на процесс потребления мощности механизмом резания.

Для определения коэффициентов потерь в асинхронном двигателе необходимо также знать его номинальный коэффициент полезного действия $\eta_{Д.НОМ}$ и соотношение потерь:

$$\chi_{Д} = \frac{\Delta P_{Д.ПОСТ}}{\Delta P_{Д.ПЕР.НОМ}} = \frac{a_{Д}}{b_{Д}},$$

где $\Delta P_{Д.ПОСТ}$ – постоянные потери мощности в двигателе;

$\Delta P_{Д.ПЕР.НОМ}$ – переменные потери мощности при номинальной нагрузке.

Тогда

$$a_d + b_d = \frac{1 - \eta_{д.ном}}{\eta_{д.ном}}.$$

Следует также учесть, что номинальной нагрузкой двигателя будет номинальная мощность станка. Таким образом, номинальная мощность на валу двигателя

$$P_{д.ном} = P_{мп.ном} = P_{пв.ном}(1 + a_{мп} + b_{мп}). \quad (8)$$

Мощность, потребляемая двигателем из сети при произвольной нагрузке, может быть вычислена по аналогии с (8) по следующему выражению:

$$P_d = P_{мп.ном}[\gamma_{мп}(1 + b_d) + a_d], \quad (9)$$

где $\gamma_{мп}$ – коэффициент загрузки механизма передачи, $\gamma_{мп} = P_{мп}/P_{мп.ном}$.

Из (9) может быть найдена зависимость мощности, потребляемой из сети, от производительности обрезающего станка. Действительно,

$$\begin{aligned} P_d &= P_{мп.ном}[\gamma_{мп}(1 + b_d) + a_d] = P_{мп}(1 + b_d) + a_d P_{мп.ном} = \\ &= (1 + b_d)(c_{мп}A + P_{мп.пост}) + a_d P_{мп.ном} = \\ &= (1 + b_d)c_{мп}A + (1 + b_d)P_{мп.пост} + a_d P_{мп.ном}, \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} P_d &= (1 + b_d)(1 + b_{мп})c_{пв}A + (1 + b_d)[(1 + b_{мп})\alpha P_{хх} + a_{мп}P_{пв.ном}] + \\ &+ a_d P_{д.ном} = (1 + b_d)(1 + b_{мп})c_{пв}A + (1 + b_d)(1 + b_{мп})\alpha P_{хх} + \\ &+ [(1 + b_d)a_{мп}\eta_{мп.ном} + a_d]P_{д.ном}. \end{aligned}$$

Окончательно получим

$$P_d = c_d V_c + P_{д.пост}, \quad (10)$$

где c_d – частичный удельный расход электроэнергии электропривода обрезающего станка, кВт·ч/м³;

V_c – производительность станка;

$P_{д.пост}$ – постоянная составляющая потребляемой мощности, характеризующая непроизводительный расход энергии, кВт.

Поделив выражение (10) на V_c , получим уравнение энергетической характеристики удельного расхода энергии электропривода обрезающего станка:

$$d = c_d + \frac{P_{д.пост}}{V_c}. \quad (11)$$

Пример. Рассчитать энергетические характеристики обрезающего станка модели Ц2Д-5А при обрезке досок, поступающих от лесопильной рамы второго ряда. Технические характеристики станка и обрабатываемого материала представлены в табл.1 и 2.

Таблица 1

Технические характеристики станка

Характеристика	Значение
Номинальная мощность двигателя вала $P_{д.ном}$, кВт	40
КПД двигателя $\eta_{д.ном}$	0,91
КПД клиноременной передачи $\eta_{мп.ном}$	0,96
Частота вращения пильного вала n , об/мин	2860
Вес пильного вала вместе с пилами $G_{пв}$, Н	294,3
Скорость подачи u , м/мин	120
Толщина пил s , мм	2,2
Диаметр пил $D_{п}$, мм	300
Число пил $Z_{п}$	2
Число зубьев пилы Z_3	36
Развод зубьев пилы Δs , мм	0,6
Угол резания, град	60
Высота подъема стола над осью пильного вала $h_{цп}$, мм	90

Таблица 2

Характеристики обрабатываемого материала – ели

Характеристика	Значение
Поправочный множитель на породу древесины $a_{п}$	0,95
Поправочный множитель на затупление резцов $a_{р}$	1,2
Поправочный множитель на угол резания a_{δ}	1,0
Поправочный множитель на скорость резания a_v	1,0
Поправочный множитель на глубину обработки a_t	1,0
Поправочный множитель на влажность древесины a_w	0,9
Толщина доски h , мм	16
Ширина доски, мм	125; 75

Обрезной станок установлен в рамном потоке, на котором осуществляется распиловка бревен с брусковой лесопильными рамами 2Р75-1/2 (частота вращения вала 325 об/мин). Распиловка бревен выполняется пилами толщиной 2,2 мм с шагом зубьев 26 мм. На распиловку поступает хвойный (ель) пиловочник диаметром 22 см, средняя длина 6 м. Схемы раскроя сортиментов: 16-25-150-25-16 (1-й проход), 16-16-44-44-44-16-16 (2-й проход).

Решение

1. Расчет часовой производительности лесопильного потока $A_{п}$ выполняем согласно методике, изложенной в [6]. В результате получаем $A_{п} = 26,61 \text{ м}^3/\text{ч}$.

2. Расчет часовой производительности обрезного станка проводим с использованием работы [8], где приведен пример расчета поставка при распиловке бревен рассматриваемого диаметра по указанной схеме (табл. 3).

Таблица 3

Результаты расчета

Постав		Номинальные размеры досок		Объем одной доски, м ³	Общий объем пиломатериалов	
Количество досок	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, м		м ³	%
2	16	125	5,75	0,0115	0,0230	8,22
2	16	75	3,50	0,0042	0,0084	3,00

Суммарный объем необрезных досок, поступающих к данному станку, равен 0,0314 м³, что составляет 11,22 % объема бревна. Расчетная производительность обрезного станка при обрезке досок из бревен данного диаметра

$$A_c = 0,1122 A_{\Pi} = 0,1122 \cdot 26,61 = 2,99 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

3. Скорость резания

$$v_{\text{РЕЗ}} = \frac{\pi D_{\Pi} n}{60000} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 2860}{60000} = 44,92 \text{ м/с}.$$

4. Подача на один зуб

$$S_z = \frac{1000u}{nZ_3} = \frac{1000 \cdot 120}{2860 \cdot 36} = 1,166 \text{ мм}.$$

5. Общий поправочный коэффициент на фактические условия резания

$$a_{\text{ПОПР}} = a_{\Pi} a_w a_{\rho} a_{\delta} a_v a_t = 0,95 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,026.$$

6. Угол входа зубьев пилы в древесину

$$\varphi_{\text{ВХ}} = \arccos \frac{2(h_{\text{ЦП}} + h)}{D_{\Pi}} = \arccos \frac{2(90 + 16)}{300} = 50,0^\circ.$$

7. Угол выхода зубьев пилы из древесины

$$\varphi_{\text{ВЫХ}} = \arccos \frac{h_{\text{ЦП}}}{R_{\Pi}} = \arccos \frac{90}{150} = 59,0^\circ.$$

8. Средний угол

$$\varphi_{\text{СР}} = \frac{\varphi_{\text{ВХ}} + \varphi_{\text{ВЫХ}}}{2} = \frac{50,0 + 59,0}{2} = 54,5^\circ.$$

9. Толщина срезаемого слоя в средней точке контакта зуба с древесиной

$$a_{\text{СР}} = S_z \sin \varphi_{\text{СР}} = 1,166 \cdot 0,755 = 0,881 \text{ мм}.$$

10. Ширина пропила

$$B_{\text{ПР}} = s + 2\Delta s = 2,2 + 2 \cdot 0,6 = 3,4 \text{ мм}.$$

11. Суммарная высота пропила

$$H_{\Sigma} = hZ_{\Pi} = 16 \cdot 2 = 32,0 \text{ мм}.$$

12. Удельная работа резания при нормированных условиях K_T определяется по толщине срезаемого слоя по специальным таблицам [7]. В нашем случае

$$K_T = 38000 \text{ кДж/м}^3.$$

13. Мощность холостого хода

$$P_{ХХ} = \frac{G_{ПВ} v_{РЕЗ}}{1000} = \frac{294,3 \cdot 44,92}{1000} = 13,22 \text{ кВт.}$$

14. Мощность постоянных потерь энергии в пильном валу

$$P_{ПВ.ПОСТ} = 1,1P_{ХХ} = 1,1 \cdot 13,22 = 14,54 \text{ кВт.}$$

15. Средняя ширина обрезаемой доски

$$b_{Д.СР} = \frac{\sum V_{Дi}}{\sum m_i l_{Дi} h_i} = \frac{31400}{2 \cdot 5,75 \cdot 16 + 2 \cdot 3,5 \cdot 16} = 106,08 \text{ мм.}$$

16. Частичный удельный расход энергии, подводимой к пильному валу,

$$c_{ПВ} = K_T a_{ПОПР} B_{ПР} \frac{Z_{П}}{b_{Д.СР}} = 38\,000 \cdot 1,026 \cdot 3,4 \frac{2}{106,1} = 2\,498,8 \text{ кДж/м}^3,$$

или $c_{ПВ} = 0,6941 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^3$.

17. Коэффициенты потерь энергии в клиноременной передаче

$$a_{МП} = b_{МП} = \frac{1 - \eta_{МП.НОМ}}{2\eta_{МП.НОМ}} = \frac{1 - 0,96}{2 \cdot 0,96} = 0,0208.$$

18. Коэффициенты потерь энергии в двигателе находим по соотношению потерь, которое для данного двигателя $\chi_D = 0,5$ [4].

Тогда

$$b_D = \frac{1 - \eta_{Д.НОМ}}{1,5 \eta_{Д.НОМ}} = \frac{1 - 0,91}{1,5 \cdot 0,91} = 0,0659;$$

$$a_D = \chi_D b_D = 0,5 \cdot 0,0659 = 0,033.$$

19. Частичный удельный расход электроэнергии электропривода станка

$$c_D = (1 + b_D)(1 + b_{МП})c_{ПВ} = (1 + 0,0659) \cdot (1 + 0,0208) \cdot 0,6941 = 0,7552 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^3.$$

20. Постоянная составляющая потребляемой двигателем мощности

$$P_{Д.ПОСТ} = (1 + b_D)(1 + b_{МП})P_{ПВ.ПОСТ} + [(1 + b_D)a_{МП}\eta_{МП.НОМ} + a_D]P_{Д.НОМ} = (1 + 0,0659) \cdot (1 + 0,0208) \cdot 14,54 + [(1 + 0,0659) \cdot 0,0208 \cdot 0,96 + 0,033]40 = 17,99 \text{ кВт.}$$

21. Мощность, потребляемая двигателем из сети при данной производительности,

$$P_D = c_D V_C + P_{Д.ПОСТ} = 0,7552 \cdot 2,99 + 17,99 = 20,25 \text{ кВт.}$$

22. Полный удельный расход электроэнергии электропривода станка, отнесенный к производительности лесопильного потока,

$$d = c_D \frac{A_C}{A_{П}} + \frac{P_{Д.ПОСТ}}{A_{П}} = 0,7552 \cdot \frac{2,99}{26,61} + \frac{17,99}{26,61} = 0,761 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^3.$$

В то же время полный удельный расход электроэнергии, отнесенный к производительности обрезаемого станка,

$$d = c_D + \frac{P_{Д.ПОСТ}}{A_C} = 0,7552 + \frac{17,99}{2,96} = 6,833 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^3.$$

Выполняя аналогичные расчеты, можно рассчитать производительность, потребляемую мощность и удельный расход электроэнергии и для других диаметров распиливаемого сырья и поставов.

Выводы

В результате исследований установлено, что энергетическая характеристика потребляемой мощности обрезных станков носит линейный, а удельного расхода электроэнергии – нелинейный характер. Выявлены основные технологические факторы и параметры оборудования и сырья, влияющие на удельное электропотребление обрезных станков. Наличие энергетических характеристик позволит более качественно подойти к вопросу планирования удельных расходов энергии по каждому типоразмеру сортиментов и производства в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агеев С.П.* Энергетическая характеристика электропривода механизма окорки роторного окорочного станка // Лесн. журн. 2007. № 3. С. 93–99. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. *Агеев С.П.* Энергетическая характеристика механизма резания лесопильной рамы // Лесн. журн. 2009. №1. С. 95–100. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Агеев С.П.* Энергетическая характеристика электропривода механизма резания лесопильной рамы // Лесн. журн. 2009. № 2. С. 96–101. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Алексин М.В., Синев В.С., Пижурин П.А., Коперин И.Ф., Головков С.И., Павлюк В.А.* Экономия энергоресурсов в лесной и деревообрабатывающей промышленности М.: Лесн. пром-сть, 1982. 216 с.
5. *Гофман И.В.* Нормирование потребления энергии и энергетические балансы промышленных предприятий. М.: Энергия, 1966. 319 с.
6. Инструкция по расчету производственной мощности лесопильного предприятия. Архангельск: Изд-во ЦНИИМОД, 1986. 65 с.
7. *Любченко В.И.* Резание древесины и древесных материалов: учеб. пособие для вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1986. 296 с.
8. *Рыкунин С.Н., В.Е. Пятков.* Методы составления и расчета поставов: учеб. пособие. М.: МГУЛ, 2002. 69 с.
9. *Рыкунин С.Н., Тюкина Ю.П., Шалаев В.С.* Технология лесопильно-деревообрабатывающих производств: учеб. пособие для вузов. 3-е изд. М.: МГУЛ, 2007. 225 с.

Поступила 29.12.14

UDC 621.311

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.2.91

Rationing of Electricity Consumed by a Cutting Machine

S.P. Ageev, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation;
e-mail: doctor.mart11@mail.ru

The limitation of specific power consumption in the woodworking enterprises is being constructed in accordance with the decomposition of the production process: certain operations and processes by type of products and some parts (units, shops, an enterprise in general).

Accordingly, there are the operating specific power requirements for individual processes and total specific power requirements for individual production processes. The aim of the paper was the approach of establishing of the operating rules of specific energy consumption to perform the cutting operations on cutting machines, which are used in the production of sawn timber for longitudinal edging of unsquared boards and slabs. The research of the energetic properties of the electric drive of a cutting machine are conducted in the direction in which the loss and useful energy consumption are determined through some loss rates and performance of the unit. In the study the analytical relationship between power consumption, specific power consumption and productivity of a mechanism of a cutting machine, known as the energy characteristics, are obtained. The used method allows us to express the net load to the unit through productivity – an indicator, which practically reflects the results of the unit, site, department, etc. Planning of specific energy consumption for each standard size of assortments and production is solved more efficiently with the help of the power characteristics. The energy consumption characteristics of a cutting machine is linear, the nature of the specific energy consumption is non-linear. The basic technological factors and parameters of equipment and raw materials affecting the specific power consumption of the cutting machines are identified.

Keywords: cutting machine, productivity, energy characteristic, power consumption, specific energy consumption, electric power losses.

REFERENCES

1. Ageev S.P. Energeticheskaya kharakteristika elektroprivoda mekhanizma okorki rotornogo okorochnogo stanka [Energy Characteristics of the Device Electrical Drive of Barking of a Cambium-Shear Debarker]. *Lesnoy zhurnal*, 2007, no. 3, pp. 93–99.
2. Ageev S.P. Energeticheskaya kharakteristika mekhanizma rezaniya lesopil'noy ramy [Energy Characteristic of Cutting Mechanism of Frame Saw]. *Lesnoy zhurnal*, 2009, no. 1, pp. 95–100.
3. Ageev S.P. Energeticheskaya kharakteristika elektroprivoda mekhanizma rezaniya lesopil'noy ramy [Energy Characteristic of the Electric Drive of the Cutting Mechanism of a Saw Frame]. *Lesnoy zhurnal*, 2009, no. 2, pp. 96–101.
4. Aleksin M.V., Sinev V.S., Pizhurin P.A., Koperin I.F., Golovkov S.I., Pavlosyuk V.A. *Ekonomiya energoresursov v lesnoy i derevoobrabatyvayushchey promyshlennosti* [Energy Savings in Forestry and Wood Industry]. Moscow, 1982. 216 p.
5. Gofman I.V. *Normirovanie potrebleniya energii i energeticheskie balansy promyshlennykh predpriyatiy* [Rationing of Energy Consumption and Energy Balances of Industrial Enterprises]. Moscow, 1966. 319 p.
6. *Instruktsiya po raschetu proizvodstvennoy moshchnosti lesopil'nogo predpriyatiya* [Instructions on Calculation of Production Capacity of the Sawmill Enterprise]. Arkhangelsk, 1986. 65 p.
7. Lyubchenko V.I. *Rezanie drevesyiny i drevesnykh materialov* [Cutting of Wood and Wood Materials]. Moscow, 1986. 296 p.
8. Rykunin S.N., Pyatkov V.E. *Metody sostavleniya i rascheta postavov* [Methods of Preparation and Calculation of Supply]. Moscow, 2002. 69 p.
9. Rykunin S.N., Tyukina Yu.P., Shalaev V.S. *Tekhnologiya lesopil'no-derevoobrabatyvayushchikh proizvodstv* [Technology of Sawing and Woodworking Industries]. Moscow, 2007. 225 p.

Received on December 29, 2014