



## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.311

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.1.154

### **НОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ЛЕСОПИЛЬНЫМИ РАМАМИ**

*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 (по отдельным операциям) и суммарные (по отдельным производственным процессам) нормы удельного расхода электроэнергии. Целью настоящей статьи является разработка подхода к составлению энергетического баланса и установлению операционной нормы удельного расхода электроэнергии на выполнение операций рамного пиления древесины. Энергетические свойства электропривода лесопильных рам исследуют в направлении, при котором потери и полезное потребление энергии определяют через коэффициенты потерь и производительность агрегата. В результате исследований получены аналитические зависимости между потребляемой мощностью, удельным потреблением электроэнергии и производительностью механизма резания лесопильных рам, получившие название энергетических характеристик, а также составлен энергетический баланс лесопильной рамы. Предложенный метод позволяет выразить полезную нагрузку на агрегат через производительность – показатель, по которому практически оцениваются результаты работы агрегата, участка, цеха и т. д. Наличие энергетических характеристик позволяет более качественно подойти к вопросу планирования удельных расходов энергии по каждому типоразмеру сортиментов и производству в целом. Установлено, что энергетические характеристики потребляемой мощности лесопильных рам имеют нелинейный характер. Выявлены основные технологические факторы и параметры оборудования и сырья, влияющие на удельное электропотребление лесопильных рам.

*Ключевые слова:* лесопильная рама, производительность, энергетическая характеристика, потребляемая мощность, энергетический баланс, удельный расход электроэнергии, потери электроэнергии, операционная норма удельного расхода энергии.

---

*Для цитирования:* Агеев С.П. Нормирование электроэнергии, потребляемой лесопильными рамами // Лесн. журн. 2017. № 1. С. 154–165. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.1.154

*Введение*

Вопросы рационального использования энергетических ресурсов приобретают в настоящее время все большее значение в различных отраслях промышленности. Лесопиление, являясь основополагающим в механической обработке древесины, представляет собой сложный энергоемкий процесс. Энергозатраты на производство пилопродукции иногда необоснованно завышены и могут существенно отличаться от нормативных, что во многом определяется несогласованностью энергетических свойств оборудования с технологическими операциями. Следует отметить, что большая (до 82... 86 %) часть пиломатериалов вырабатывается с применением лесопильных рам, существенно меньшая – с использованием фрезерно-пильных агрегатов, круглопильных, ленточнопильных станков.

*Объекты и методы исследования*

Нормирование удельных расходов электроэнергии 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 (по отдельным операциям) и суммарные (по отдельным производственным процессам) удельные нормы.

Основным методом разработки норм расхода электроэнергии на деревообрабатывающих предприятиях является расчетно-аналитический [3]. Этот метод предполагает выполнение технических расчетов составляющих энергобаланса операций исходя из паспортных технических характеристик оборудования, нормализованных технологических и энергетических параметров операций, различных физических и эмпирических коэффициентов, а также из укрупненных нормативов удельного полезного потребления, удельных потерь энергии и нормативов времени операционного цикла.

Энергетические свойства механизмов с электроприводом можно изучать по двум принципиально различным направлениям. В 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 нагрузку на валу обычно не измеряют.

Во 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, 2]. В данной ра-

боте использован второй метод, так как он позволяет выразить полезную нагрузку на агрегат через производительность – показатель, по которому на практике оцениваются результаты работы агрегата, участка, цеха и т. д.

Решению указанных задач посвящен ряд работ [10–13 и др.], в которых использованы различные подходы.

Первичным звеном в производстве и электропотреблении деревообрабатывающего предприятия является отдельная технологическая операция, осуществляемая на определенном механизме – приемнике электроэнергии. Без изучения энергетических балансов отдельных механизмов в связи с физико-механическими основами соответствующих операций и процессов и техническими свойствами самих механизмов невозможно осуществлять нормирование и планирование электропотребления отдельных производств и предприятия в целом.

Энергетический баланс рабочей машины состоит из двух численно равных друг другу частей – приходной и расходной. Приходная часть баланса включает в себя электроэнергию, потребляемую электроприводом механизма. В расходной части баланса показывается полезная электроэнергия и потери энергии. Под полезной энергией понимают ту ее часть, которая затрачивается непосредственно на основной процесс; потери энергии связаны с ее рассеянием в окружающую среду (потери на нагрев обмоток электрических машин, магнитные потери в сердечниках электродвигателей, потери трения в движущихся и вращающихся частях машин, станков и т. д.).

Целью настоящей статьи явилось составление энергетического баланса и установление операционной нормы удельного расхода электроэнергии на выполнение операций распиловки древесины на лесопильных рамах (ЛР). Эффективность балансового метода состоит в том, что он позволяет учитывать все основные факторы, влияющие на норму расхода (типоразмеры сырья и продукции, параметры технологического процесса, состояние оборудования и др.), что обеспечивает установление прогрессивных, и в то же время реальных, норм расхода энергии [5].

Энергетический баланс процесса распиловки может быть выражен следующим уравнением:

$$w_{\text{потр}} = w_{\text{пол}} + \Delta w_{\text{пот}},$$

где  $w_{\text{потр}}$  – потребляемая электроэнергия, кВт·ч;

$w_{\text{пол}}$  – полезно потребляемая электроэнергия, кВт·ч;

$\Delta w_{\text{пот}}$  – потери электроэнергии, кВт·ч.

Энергетические балансы всегда относят к определенным значениям производительности (нагрузки) и условиям работы машин. При изменении последних изменяются как абсолютные значения  $w_{\text{потр}}$ ,  $w_{\text{пол}}$ ,  $\Delta w_{\text{пот}}$ , так и соотношения между ними.

Экономичность технологических процессов с энергетической точки зрения чаще всего оценивают посредством анализа удельных расходов энер-

гии. Структуру операционной нормы удельного расхода энергии можно представить схемой, показанной на рис. 1.

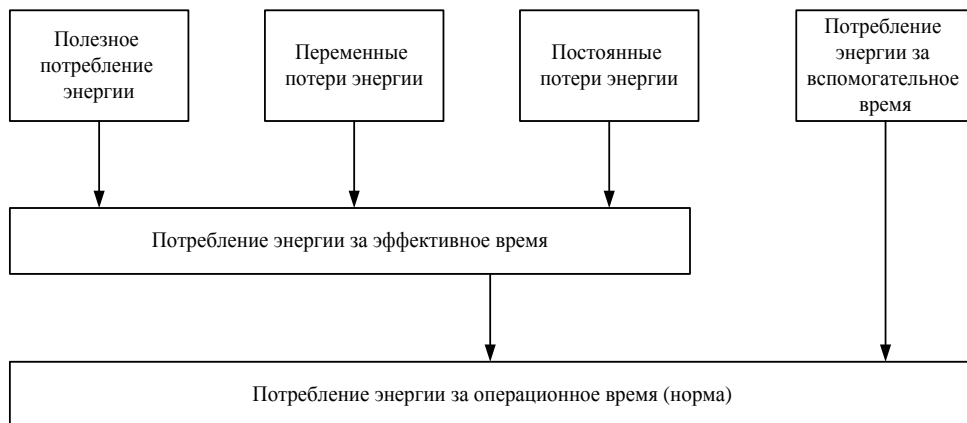


Рис. 1. Структурная схема операционной нормы удельного расхода электроэнергии

Согласно [4] расход электроэнергии за операционное время относят непосредственно на единицу пилопродукции. Расход определяется энергетическим балансом ЛР, отнесенным к операционному времени.

Составим энергетический баланс механизма резания лесопильных рам 2Р75-1/2, приводимого в движение асинхронным двигателем. Схема передачи мощности в механизме резания представлена на рис. 2. Лесопильные рамы установлены в потоке, на котором осуществляется распиловка бревен с брусковкой. На распиловку поступает хвойный пиловочник (ель) диаметром 22 см, средняя длина  $L = 6$  м. Схемы раскря сортиментов: 16-25-150-25-16 (1-й проход), 16-16-44-44-44-16-16 (2-й проход).

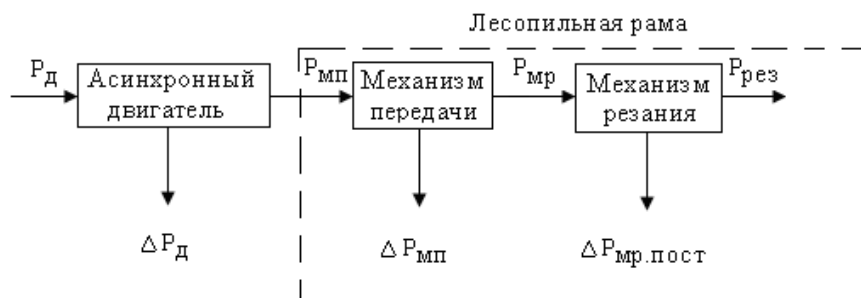


Рис. 2. Структурная схема передачи мощности в механизме резания лесопильной рамы

Технические данные механизма резания приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Технические данные механизма резания лесопильной рамы**

| Показатель  | Значение показателя |
|---|---------------------|
| Мощность приводного двигателя $P_{д.ном}$ , кВт   | 110                 |
| КПД двигателя $\eta_{д.ном}$                      | 0,91                |
| КПД механизма передачи $\eta_{мп.ном}$            | 0,96                |
| Частота вращения коленчатого вала $n$ , об/мин    | 325                 |
| Инструкционная посылка $\Delta_p$ , мм/об         | 42                  |
| Число пил $Z_{п}$                                 | 6                   |
| Толщина пил $s_{п}$ , мм                          | 2,2                 |
| Ход пильной рамки $H$ , мм                        | 600                 |
| Шаг зубьев $t_3$ , мм                             | 26                  |
| Развод зубьев на строну $\Delta s$ , мм           | 0,6                 |
| Коэффициент трения при подшипниках скольжения $f$ | 0,013               |
| Вес возвратно-движущихся частей $G_{в}$ , Н       | 5820                |
| Радиус кривошипа $r$ , м                          | 0,3                 |

*Расчет технологических показателей процесса резания*

1. Расчет часовой производительности  $A$  лесопильного потока выполняем согласно методике, изложенной в [6]. Эта производительность соответствует производительности лесопильной рамы 1-го ряда и учитывает как цикловые, так и суммарные внецикловые потери времени в течение рабочей смены. В результате  $A = 26,61 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Дальнейший расчет технологических и энергетических показателей процесса резания выполняем по методикам, изложенным в [1, 2, 7].

2. Средняя подача на зуб

$$S_z = \frac{\Delta_p t_3}{H} = \frac{42 \cdot 26}{600} = 1,82 \text{ мм.}$$

3. Общий поправочный коэффициент

$$a_{\text{попр}} = a_{\text{пр}} a_{\rho} = 0,95 \cdot 1,3 = 1,235,$$

где  $a_{\text{пр}}$  и  $a_{\rho}$  – коэффициенты, учитывающие соответственно плотность древесины и затупление резцов.

4. Скорость подачи

$$u = \frac{\Delta_p n H}{60 \cdot 1000 \cdot 60} = \frac{42 \cdot 325 \cdot 600}{3\,600\,000} = 0,2275 \text{ м/с.}$$

5. Средняя толщина срезаемого слоя

$$a_{\text{ср}} = S_z = 1,82 \text{ мм.}$$

6. Ширина пропила

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

7. Средний диаметр бревна

$$D_{\text{ср}} = d_{\text{в}} + 0,5sL = 22 + 0,5 \cdot 1 \cdot 6 = 25 \text{ см,}$$

где  $d_v$  – вершинный диаметр бревна, см;  
 $s$  – средний сбеги бревен данного диаметра, см.

8. Средняя высота пропила

$$H_{cp} = 10D_{cp}a_1 = 10 \cdot 25 \cdot 0.8 = 200 \text{ мм.}$$

Здесь  $a_1$  – коэффициент постова, принимаемый в зависимости от вида распиловки.

9. Продолжительность распиловки бревна

$$t_p = \frac{L}{u} = \frac{6}{0,2275} = 26,37 \text{ с.}$$

где  $L$  – средняя длина бревна, м.

*Расчет энергетических показателей процесса резания*

10. Значение удельной работы при нормированных условиях резания выбираем в зависимости от средней толщины срезаемого слоя и средней высоты пропила по таблице, приведенной в [7]:

$$K_T = 58000 \text{ кДж/м}^3.$$

11. Коэффициент энергоемкости механизма резания

$$c_{mp} = 2K_T B_{пр} Z_{п} \frac{a_{попр} a_1 \sqrt{u}}{60 \cdot 1000 \sqrt{\pi}} = 2 \cdot 58000 \cdot 3,4 \cdot 6 \frac{1,235 \cdot 0,8 \sqrt{0,2275}}{60 \cdot 1000 \sqrt{\pi}} = 10,486 \text{ кДж/(м}^{1,5} \cdot \text{ч}^{0,5}\text{)}.$$

12. Средняя мощность резания

$$P_{рез} = c_{mp} \sqrt{A} = 10,486 \cdot \sqrt{26,61} = 54,1 \text{ кВт.}$$

13. Мощность холостого хода

$$P_{xx} = f G_B n^2 r 10^{-5} = 0,013 \cdot 5820 \cdot 325^2 \cdot 0,3 \cdot 10^{-5} = 23,97 \text{ кВт.}$$

14. Мощность постоянных потерь энергии в механизме резания

$$\Delta P_{mr.пост} = 1,1 P_{xx} = 1,1 \cdot 23,97 = 26,37 \text{ кВт.}$$

15. Мощность, подводимая к механизму резания при фактической нагрузке,

$$P_{mr} = P_{рез} + \Delta P_{mr.пост} = 54,1 + 26,37 = 80,47 \text{ кВт.}$$

16. Мощность, подводимая к механизму резания при номинальной нагрузке приводного двигателя,

$$P_{mr.ном} = P_{ном.д} \eta_{мп.ном} = 110 \cdot 0,96 = 105,6 \text{ кВт.}$$

17. Мощность потерь энергии в механизме передачи содержит две составляющие: переменную, пропорциональную передаваемой мощности, и постоянную (мощность постоянных потерь). Будем считать, что изменение нагрузки не связано с изменением скорости или связано с таким ее изменением, что практически не нарушается пропорциональность между потребляемой мощностью и переменными потерями, при этом постоянные потери считаются неизменными. Потери мощности в передаточном механизме учитываются при помощи коэффициентов потерь, т. е. в долях от мощности, подводимой к

механизму резания. При этом различают коэффициент постоянных  $a_{мп}$  и переменных  $b_{мп}$  потерь. Принимая для простой кинематической схемы отношение потерь  $\chi_{мп} = 1$ , для клиноременной передачи имеем:

$$a_{мп} = b_{мп} = \frac{1 - \eta_{мп.ном}}{2\eta_{мп.ном}} = \frac{1 - 0,96}{2 \cdot 0,96} = 0,021.$$

18. Мощность постоянных потерь энергии в механизме передачи

$$\Delta P_{мп.пост} = a_{мп} P_{мп.ном} = 0,021 \cdot 105,6 = 2,22 \text{ кВт.}$$

19. Мощность переменных потерь энергии в механизме передачи

$$\Delta P_{мп.пер} = b_{мп} P_{мп} = 0,021 \cdot 80,47 = 1,69 \text{ кВт.}$$

20. Мощность, подводимая к механизму передачи при действительной нагрузке,

$$P_{мп} = P_{мп} + \Delta P_{мп.пост} + \Delta P_{мп.пер} = 80,47 + 2,22 + 1,69 = 84,38 \text{ кВт.}$$

21. Находим коэффициенты потерь энергии в двигателе. Для рассматриваемого двигателя отношение потерь  $\chi_d = 0,35$  [5]. Тогда коэффициент переменных потерь энергии

$$b_d = \frac{1 - \eta_{д.ном}}{1,35\eta_{д.ном}} = \frac{1 - 0,91}{1,35 \cdot 0,91} = 0,0733;$$

коэффициент постоянных потерь энергии

$$a_d = \chi_d b_d = 0,35 \cdot 0,0733 = 0,0256.$$

22. Мощность постоянных потерь энергии в электродвигателе (механические потери в роторе и магнитные потери в сердечнике статора) выражаем в долях от номинальной мощности двигателя через коэффициент постоянных потерь  $a_d$ :

$$\Delta P_{д.пост} = a_d P_{д.ном} = 0,0256 \cdot 110 = 2,82 \text{ кВт.}$$

23. Учитывая, что мощность переменных потерь энергии в обмотках двигателя изменяется пропорционально второй степени нагрузки, получаем

$$\Delta P_{д.пер} = k_n^2 b_d P_{д.ном} = 0,767^2 \cdot 0,0733 \cdot 110 = 4,74 \text{ кВт,}$$

где  $k_n$  – коэффициент нагрузки двигателя,

$$k_n = P_{мп} / P_{д.ном} = 84,38 / 110 = 0,767.$$

24. Среднесменная мощность, потребляемая асинхронным двигателем из сети,

$$P_d = P_{мп} + \Delta P_{д.пер} + \Delta P_{д.пост} = 84,38 + 4,74 + 2,82 = 91,94 \text{ кВт.}$$

На основании полученных результатов составляем энергетический баланс ЛР № 1 за операционное время цикла распиловки одного бревна (табл. 2).

Таблица 2

Энергетический баланс лесопильной рамы

| Статья расхода энергии | Мощность, кВт | Расход энергии |       |
|------------------------|---------------|----------------|-------|
|                        |               | кВт·ч          | %     |
| <i>Первого ряда</i>    |               |                |       |
| На обработку           | 54,10         | 0,396          | 57,74 |
| Постоянные потери      | 31,41         | 0,230          | 33,52 |
| Переменные потери      | 6,43          | 0,047          | 6,85  |
| Вспомогательное время  | 23,97         | 0,013          | 1,89  |
| <i>Итого</i>           |               | 0,686          | 100   |
| <i>Второго ряда</i>    |               |                |       |
| На обработку           | 84,90         | 0,568          | 65,59 |
| Постоянные потери      | 31,39         | 0,210          | 24,26 |
| Переменные потери      | 11,25         | 0,075          | 8,69  |
| Вспомогательное время  | 23,97         | 0,013          | 1,46  |
| <i>Итого</i>           |               | 0,866          | 100   |

Покажем порядок заполнения табл. 2.

Расход электроэнергии на распиловку бревен (полезно потребляемая электроэнергия) в течение рабочего цикла

$$w_p = P_{\text{рез}} t_p = \frac{54,1 \cdot 26,37}{3600} = 0,396 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Постоянные потери энергии за время распиловки бревен (эффективное время цикла)

$$\begin{aligned} \Delta w_{\text{пост}} &= (\Delta P_{\text{мр.пост}} + \Delta P_{\text{мп.пост}} + \Delta P_{\text{д.пост}}) t_p = \frac{(26,37 + 2,22 + 2,82) \cdot 26,37}{3600} = \\ &= \frac{31,41 \cdot 26,37}{3600} = 0,230 \text{ кВт} \cdot \text{ч}. \end{aligned}$$

Переменные потери энергии за эффективное время цикла

$$\begin{aligned} \Delta w_{\text{пер}} &= (\Delta P_{\text{мп.пер}} + \Delta P_{\text{д.пер}}) t_p = \frac{(1,69 + 4,74)}{3600} 26,37 = \frac{6,43 \cdot 26,37}{3600} = \\ &= 0,047 \text{ кВт} \cdot \text{ч}. \end{aligned}$$

Согласно рис. 1, потребление электроэнергии за эффективное время цикла

$$w_3 = w_p + \Delta w_{\text{пост}} + \Delta w_{\text{пер}} = 0,396 + 0,230 + 0,047 = 0,673 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Принимая вспомогательное время (время межторцовых разрывов)  $t_{\text{всп}} = 1,9$  с, определяем потери электроэнергии за вспомогательное время цикла:

$$\Delta w_{\text{всп}} = P_{\text{хх}} t_{\text{всп}} = \frac{23,97 \cdot 1,9}{3600} = 0,013 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$



Уравнение энергетического баланса процесса распиловки бревен за операционное время цикла

$$w_{\text{опер}} = w_{\text{пол}} + \Delta w_{\text{пот}} = w_p + (\Delta w_{\text{пост}} + \Delta w_{\text{пер}} + \Delta w_{\text{всп}}) = 0,396 + (0,230 + 0,047 + 0,013) = 0,396 + 0,290 = 0,686 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Относительные потери энергии

$$\Delta w_{\text{пот}} = \frac{\Delta w_{\text{пот}}}{w_{\text{потр}}} 100 \% = \frac{0,290}{0,686} 100 \% = 42,3 \%$$

Аналогично составляем энергобаланс ЛР № 2 за операционное время цикла распиловки одного бруса. Полученные нами данные (табл. 2) позволяют сделать вывод о больших потерях энергии в электроприводе лесопильной рамы при распиловке брусьев (34,41 %).

25. Результаты расчета постова и распиливания бревен с брусовкой, взятые из примера [8], представлены в табл. 3.

Нормы удельного расхода энергии на выполнение операций распиловки бревен и брусьев определяем с учетом приведения расчетного объема  $P_p$  выхода пиломатериалов к фактическому  $P_\phi$ , что позволяет учесть рассеивание размеров длин и ширин обрезных досок при раскросе бревен [9].

Таблица 3

**Расчет постова и распиливания бревен с брусовкой**

| Постав                |             | Номинальные размеры досок |          | Объем одной доски, м <sup>3</sup> | Объемный выход пиломатериалов |       |          |
|-----------------------|-------------|---------------------------|----------|-----------------------------------|-------------------------------|-------|----------|
| Количество досок, шт. | Толщина, мм | Ширина, мм                | Длина, м |                                   | м <sup>3</sup>                | $P_p$ | $P_\phi$ |
|                       |             |                           |          | %                                 |                               |       |          |
| 1                     | 150         | 158                       | 6,00     | –                                 | –                             | –     |          |
| 2                     | 25          | 100                       | 4,25     | 0,0106                            | 0,0212                        | 7,60  |          |
| 2                     | 16          | 75                        | 1,5      | 0,0018                            | 0,0036                        | 1,29  |          |
| 1                     | 44          | 150                       | 6,00     | 0,0396                            | 0,0396                        | 14,14 |          |
| 2                     | 44          | 150                       | 6,00     | 0,0396                            | 0,0792                        | 28,28 |          |
| 2                     | 16          | 125                       | 5,75     | 0,0115                            | 0,0230                        | 8,22  |          |
| 2                     | 16          | 75                        | 3,50     | 0,0042                            | 0,0084                        | 3,00  |          |
| <i>Итого</i>          |             |                           |          |                                   | 0,1750                        | 62,50 | 61,73    |

Принимая поправочный коэффициент при выработке пиломатериалов  $K = 0,96$ , получаем следующие значения удельных расходов энергии:

при распиловке бревен

$$d_{\text{брв}} = \frac{W}{P_p \cdot K} = \frac{W}{P_\phi} = \frac{0,686}{0,175 \cdot 0,96} = 4,08 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3;$$

при распиловке брусьев

$$d_{\text{брс}} = \frac{W}{P_p \cdot K} = \frac{W}{P_\phi} = \frac{0,866}{0,175 \cdot 0,96} = 5,15 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3.$$

Аналогично могут быть получены операционные нормы удельного расхода энергии и для других диаметров бревен и схем поставов.

*Заключение*

В результате исследований получены аналитические зависимости между потребляемой мощностью, удельным потреблением электроэнергии и производительностью механизма резания лесопильных рам, получившие название энергетических характеристик, а также составлен энергетический баланс лесопильной рамы. Установлено, что энергетические характеристики потребляемой мощности лесопильных рам носят нелинейный характер. Наличие энергетических характеристик позволит более качественно подойти к вопросу планирования и нормирования удельных расходов энергии по каждому типу-размеру сортиментов и производству в целом.

Выявлены основные технологические факторы и параметры оборудования и сырья, влияющие на удельное электропотребление лесопильных рам.

Используемый метод дает возможность выразить полезную нагрузку на агрегат через производительность – показатель, по которому практически оцениваются результаты работы агрегата, участка, цеха и т.д.

На основании энергетического баланса лесопильной рамы сделан вывод о больших потерях энергии в электроприводе лесопильной рамы при распиловке брусьев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агеев С.П.* Энергетическая характеристика механизма резания лесопильной рамы // Лесн. журн. 2009. № 1. С. 95–100. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. *Агеев С.П.* Энергетическая характеристика электропривода механизма резания лесопильной рамы // Лесн. журн. 2009. № 2. С. 96–101. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Алексин М.В., Синев В.С., Пижурич 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.
4. Временная инструкция по нормированию расхода тепловой и электрической энергии в производстве пиломатериалов. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1980. 60 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: 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., Пятков В.Е.* Методы составления и расчета поставок: 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.
10. Kreisel K., Jochem E. Druckluft rationell erzeugen und nutzen. *Fachartikel im Rahmen der Initiative "Energie effizient nutzen – Schwerpunkt Storm". Wirtschaftsministerium Baden-Wurtemberg*, 1996.

11. Matthews M.B., Leber J.F. Neurale Netzwerke: Ein Übersicht. *Bulletin of the Swiss Electronics Society (SEV)*, 1989, vol. 15, pp. 923–932.
12. Tonsing E. Stromsparende Beleuchtungssysteme – mehr Licht für weniger Kosten. *Fachartikel im Rahmen der Initiative “Energie effizient nutzen – Schwerpunkt Storm”*. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, 1996.
13. Rumelhart D.E., Hinton G.E., Williams R.J. Learning Representations by Back-Propagating Errors. *Nature*, 1986, vol. 323, pp. 533–536.

Поступила 17.02.16

UDC 621.311

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.1.154

### **Rationing of Electricity Consumed by Saw Frames**

*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*

Rationing of specific energy consumption in woodworking enterprises is constructed in accordance with the decomposition of production into the partial operations and processes by types of products and into particular areas (units, shops, enterprises). Due to this fact the operating (by partial operations) and total (by separate manufacturing processes) specific energy consumption standards are distinguished. The purpose of this article is to develop an approach to the energy balance preparation and the establishment of the operating rate of specific energy consumption to perform framed woodsawing operations. Energy properties of the electric drive of saw frames are examined in the direction in which the losses and useful energy consumption are determined by loss factors and the performance of the unit. As a result of research we obtained the analytic dependences between power consumption, specific power consumption and performance of cutting mechanism of saw frames, known as energetic characteristics, and made up the energy balance of a saw frame. The proposed method allows us to express the payload to the unit through the performance – an indicator of evaluation of the working results of the unit, site, shop, etc. The presence of power characteristics is a way to the more qualitative approach to the planning of specific energy consumption for each standard size of assortments and production. The energetic characteristics of power consumption of saw frames are nonlinear. The basic technological factors and parameters of equipment and raw materials affecting specific power consumption of saw frames are determined.

*Keywords:* saw frame, productivity, energetic characteristic, power consumption, energy balance, specific energy consumption, electric loss, operating rate of specific energy consumption.

---

*For citation:* Ageev S.P. Rationing of Electricity Consumed by Saw Frames. *Lesnoy zhurnal*, 2017, no. 1, pp.154–165. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.1.154

REFERENCES

1. Ageev S.P. Energeticheskaya kharakteristika mekhanizma rezaniya lesopil'noy ramy [Energetic Characteristic of Cutting Mechanism of Frame Saw]. *Lesnoy zhurnal*, 2009, no. 1, pp. 95–100.
2. Ageev S.P. Energeticheskaya kharakteristika elektroprivoda mekhanizma rezaniya lesopil'noy ramy [Energy Characteristic of Electric Drive for Cutting Mechanism of Saw Frame]. *Lesnoy zhurnal*, 2009, no. 2, pp. 96–101.
3. 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 the Timber and Woodworking Industry]. Moscow, 1982. 216 p.
4. *Vremennaya instruktsiya po normirovaniyu raskhoda teplovoy i elektricheskoy energii v proizvodstve pilomaterialov* [Temporary Instructions on the Heat and Electricity Flow Rationing in the Production of Lumber]. Moscow, 1980. 60 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 the Calculation of the Sawmill Production Capacity]. Arkhangelsk, 1986. 65 p.
7. Lyubchenko V.I. *Rezanie drevesiny i drevesnykh materialov: ucheb. posobie dlya vuzov* [Wood and Wood Materials Cutting]. Moscow, 1986. 296 p.
8. Rykunin S.N., Pyatkov V.E. *Metody sostavleniya i rascheta postavov: ucheb. posobie* [Designing and Calculation Methods of Sawing Patterns]. Moscow, 2002. 69 p.
9. Rykunin S.N., Tyukina Yu.P., Shalaev V.S. *Tekhnologiya lesopil'no-derevoobrabatyvayushchikh proizvodstv: ucheb. posobie dlya vuzov* [Technology of Woodworking Industries]. Moscow, 2007. 225 p.
10. Kreisel K., Jochem E. Druckluft rationell erzeugen und nutzen. *Fachartikel im Rahmen der Initiative "Energie effizient nutzen – Schwerpunkt Storm"*. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, 1996.
11. Matthews M.B., Leber J.F. Neurale Netzwerke: Ein Übersicht. *Bulletin of the Swiss Electronics Society (SEV)*, 1989. Bd. 15. Ss. 923–932.
12. Tonsing E. Stromsparende Beleuchtungssysteme – mehr Licht für weniger Kosten. *Fachartikel im Rahmen der Initiative "Energie effizient nutzen – Schwerpunkt Storm"*. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, 1996.
13. Rumelhart D.E., Hinton G.E., Williams R.J. Learning Representations by Back-Propagating Errors. *Nature*, 1986, vol. 323, pp. 533–536.

Received on February 17, 2016