

УДК 621.311

С.П. Агеев

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Агеев Сергей Петрович родился в 1957 г., окончил в 1979 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем технической подготовки производства Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 70 научных работ в области электроснабжения промышленных предприятий.
Тел.: 8(8182)20-03-57



МНОГОФАКТОРНАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ПИЛОПРОДУКЦИИ

Предложена многофакторная модель электропотребления поточной линии производства пиломатериалов как линейная регрессионная модель, учитывающая влияние пяти факторов на удельный расход энергии.

Ключевые слова: удельный расход энергии, поточная линия, математическая модель, имитационное моделирование, полный факторный эксперимент, уравнение регрессии, объясняющие переменные.

Известно, что процесс получения пиломатериалов в лесопильном цехе осуществляется на отдельных поточных линиях, поэтому потребление энергии цехом в целом определяется как сумма расходов электроэнергии отдельными линиями. В связи с этим в целях снижения потребления и повышения эффективности использования электроэнергии необходимо, прежде всего, обеспечить работу поточных линий в рациональных, энергетически эффективных режимах. Эта задача может быть решена на основе анализа зависимостей потребления энергии линией от различных факторов, изменяющихся в процессе получения пиломатериалов [2].

Поскольку математическая модель представляет собой систему соотношений, определяющих зависимость характеристик процесса от его параметров и времени, то в первую очередь необходимо решить вопрос о выборе характеристики процесса (функция цели, критерий оптимизации) и системы параметров. В качестве характеристики процесса целесообразно выбрать такую функцию, которая удовлетворяла бы следующим требованиям:

- измеряла эффективность технологического процесса;
- была количественной, однозначной и статистически эффективной;

© Агеев С.П., 2013

имела простой и ясный физический смысл;

имела ограниченную область определения и экономическую природу.

Следует отметить, что энергетические и технологические режимы в большинстве производственных процессов деревообрабатывающих предприятий взаимосвязаны [4, 8]. В этом случае оптимальным энергетическим режимом, как правило, соответствует максимальная производительность технологического оборудования с минимальными удельными расходами энергии [1, 3]. Поэтому фактический удельный расход энергии представляет собой обобщающий показатель технико-экономического уровня (энергоэффективности) производства в целом. В связи с этим в настоящей работе в качестве характеристики технологического процесса выбран удельный расход электроэнергии (УРЭ) поточной линии производства пиломатериалов, как удовлетворяющий всем изложенным выше требованиям.

Экспериментальные исследования, проведенные на Соломбальском ЛДК г. Архангельска, показали, что процесс моделирования можно упростить, если учесть, что в общем энергопотреблении поточной линии более 92 % приходится на долю энергоемких механизмов (окорочный станок, 2 лесопильные рамы и 2 обрезных станка). Поэтому анализ энергопотребления поточной линии, определение наиболее рациональных режимов ее работы со сравнительно высокой степенью точности удобно и целесообразно проводить, используя упрощенную модель, которая характеризует потребление энергии поточной линией как суммарное энергопотребление только станками и лесопильными рамами (индекс «э» означает «энергоемкий»). Применение такой модели позволит анализировать энергопотребление поточной линии, не искажая реально существующих закономерностей этого потребления, по значительно меньшему числу исходных данных.

Для получения математической модели электропотребления автором была построена имитационная модель технологического процесса лесопиления с учетом случайных факторов [5], на которой был поставлен многофакторный эксперимент по полному факторному плану ПФЭ 2^5 [7].

Цель эксперимента состояла в изучении влияния скорости подачи u_1 окорочного станка, продолжительности τ_{B1} межторцового разрыва бревен при их подаче в окорочный станок, скорости подачи u_2 лесопильной рамы 1-го ряда, соотношения скоростей u_{32} подачи лесопильных рам 2-го и 1-го рядов, скорости подачи u_4 обрезных станков. Каждая серия состояла из $m = 10$ параллельных опытов, в которых имитировали окорку, распиловку 20 бревен с нормативным диаметром 20 см и брусьев, а также обрезку досок на обрезных станках. В качестве отклика фиксировали значения УРЭ за оперативное $d_{OЭ}$ и эффективное $d_{ЭЭ}$ время работы поточной линии.

Значения верхних, нижних и основных уровней факторов, а также интервалы их варьирования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Фактор	Обозначение фактора		Уровни фактора			Интервал варьирования
	Натуральное	Нормальное	Верхний	Нижний	Основной	
Скорость подачи окорочного станка, м/с	u_1	x_1	0,370	0,280	0,325	0,09
Межторцовый разрыв, с	$\tau_{В1}$	x_2	1,0	6,0	3,5	5,0
Скорость подачи лесопильной рамы 1-го ряда, м/с	u_2	x_3	0,205	0,250	0,228	0,045
Соотношение скоростей подачи лесопильных рам, %	u_{32}	x_4	110	100	105	10
Скорость подачи обрезных станков, м/мин	u_4	x_5	120	80	100	40

Запишем формулы, связывающие нормализованные и натуральные значения факторов:

$$x_1 = \frac{u_1 - 0,325}{0,09}; \quad x_2 = \frac{\tau_{В1} - 3,5}{5,0}; \quad x_3 = \frac{u_2 - 0,228}{0,045};$$

$$x_4 = \frac{u_{32} - 105}{10}; \quad x_5 = \frac{u_4 - 100}{40}.$$

Матрица ПФЭ 2^5 в натуральных обозначениях представлена в столбцах 2–6, результаты 10 дублированных опытов по каждой серии – в столбцах 7–16 табл. 2. В столбце 17 приведены значения отклика, усредненные по каждой из этих серий, в столбце 18 – результаты расчета дисперсий по каждой серии дублированных опытов, в столбце 19 – значения, вычисленные по соответствующему уравнению регрессии.

Рассмотрим получение уравнения регрессии на примере УРЭ $d_{ЭЭ}$ поточной линии за эффективное время работы в течение интервала выпуска пилопродукции.

а) Проверка однородности дисперсий серий опытов

Поскольку в нашем случае имеет место равномерное дублирование опытов, используем критерий Кохрена. Тогда расчетное значение критерия

$$G_{\text{расч}} = \frac{s_{\text{max}}^2}{\sum_i s_i^2} = \frac{0,0038}{0,099} = 0,0384,$$

где s_{max}^2 – максимальная дисперсия серии;
 s_i – дисперсия i -й серии опытов.

Таблица 2

№ серии	Значения факторов					Результаты эксперимента										Результаты расчетов			
	u_1 , м/с	$\tau_{Б1}$, с	u_2 , м/с	u_{23} , %	u_4 , млн	$d_{Ф91}$	$d_{Ф92}$	$d_{Ф93}$	$d_{Ф94}$	$d_{Ф95}$	$d_{Ф96}$	$d_{Ф97}$	$d_{Ф98}$	$d_{Ф99}$	$d_{Ф10}$	\bar{d}_{33}	s^2	d_{33}^*	
1	0,37	6	0,2503	100	120	7,14	7,04	7,12	7,13	6,99	7,03	7,02	7,03	7,07	7,03	7,06	0,0027	7,07	
2	0,28	6	0,2503	100	120	7,30	7,21	7,29	7,29	7,15	7,20	7,18	7,19	7,24	7,19	7,22	0,0029	7,23	
3	0,37	6	0,2503	100	120	7,14	7,04	7,12	7,13	6,99	7,03	7,02	7,03	7,07	7,03	7,06	0,0027	7,07	
4	0,28	1	0,2503	100	120	7,30	7,21	7,29	7,29	7,15	7,20	7,18	7,19	7,24	7,19	7,22	0,0029	7,23	
5	0,37	6	0,2048	100	120	7,60	7,49	7,58	7,59	7,43	7,49	7,47	7,48	7,53	7,48	7,51	0,0032	7,53	
6	0,28	6	0,2048	100	120	7,76	7,66	7,75	7,75	7,60	7,65	7,63	7,64	7,69	7,64	7,68	0,0034	7,69	
7	0,37	1	0,2048	100	120	7,60	7,49	7,58	7,59	7,43	7,49	7,47	7,48	7,53	7,48	7,51	0,0032	7,53	
8	0,28	1	0,2048	100	120	7,76	7,66	7,75	7,75	7,60	7,65	7,63	7,64	7,69	7,64	7,68	0,0034	7,69	
9	0,37	6	0,2503	110	120	7,03	6,94	7,02	7,02	6,88	6,93	6,92	6,93	6,97	6,92	6,96	0,0026	6,96	
10	0,28	6	0,2503	110	120	7,20	7,10	7,18	7,19	7,05	7,09	7,08	7,09	7,13	7,09	7,12	0,0028	7,11	
11	0,37	1	0,2503	110	120	7,03	6,94	7,02	7,02	6,88	6,93	6,92	6,93	6,97	6,92	6,96	0,0026	6,96	
12	0,28	1	0,2503	110	120	7,20	7,10	7,18	7,19	7,05	7,09	7,08	7,09	7,13	7,09	7,12	0,0028	7,11	
13	0,37	6	0,2048	110	120	7,48	7,38	7,47	7,47	7,32	7,37	7,36	7,37	7,42	7,36	7,40	0,0031	7,41	
14	0,28	6	0,2048	110	120	7,65	7,54	7,63	7,64	7,48	7,54	7,52	7,53	7,58	7,53	7,56	0,0033	7,57	
15	0,37	1	0,2048	110	120	7,48	7,38	7,47	7,47	7,32	7,37	7,36	7,37	7,42	7,36	7,40	0,0031	7,41	
16	0,28	1	0,2048	110	120	7,65	7,54	7,63	7,64	7,48	7,54	7,52	7,53	7,58	7,53	7,56	0,0033	7,57	
17	0,37	6	0,2503	100	80	7,27	7,18	7,26	7,26	7,12	7,17	7,15	7,16	7,21	7,16	7,19	0,0028	7,20	
18	0,28	6	0,2503	100	80	7,44	7,34	7,42	7,43	7,28	7,33	7,31	7,33	7,37	7,32	7,36	0,0030	7,36	
19	0,37	1	0,2503	100	80	7,27	7,18	7,26	7,26	7,12	7,17	7,15	7,16	7,21	7,16	7,19	0,0028	7,20	
20	0,28	1	0,2503	100	80	7,44	7,34	7,42	7,43	7,28	7,33	7,31	7,33	7,37	7,32	7,36	0,0030	7,36	
21	0,37	6	0,2048	100	80	7,73	7,63	7,72	7,72	7,57	7,62	7,60	7,61	7,66	7,61	7,65	0,0034	7,66	
22	0,28	6	0,2048	100	80	7,90	7,79	7,88	7,89	7,73	7,78	7,76	7,78	7,83	7,77	7,81	0,0036	7,81	
23	0,37	1	0,2048	100	80	7,73	7,63	7,72	7,72	7,57	7,62	7,60	7,61	7,66	7,61	7,65	0,0034	7,66	
24	0,28	1	0,2048	100	80	7,90	7,79	7,88	7,89	7,73	7,78	7,76	7,78	7,83	7,77	7,81	0,0038	7,81	
25	0,37	6	0,2503	110	80	7,17	7,08	7,15	7,16	7,02	7,07	7,05	7,06	7,11	7,06	7,09	0,0027	7,08	
26	0,28	6	0,2503	110	80	7,33	7,23	7,32	7,32	7,18	7,23	7,21	7,22	7,27	7,22	7,25	0,0029	7,24	
27	0,37	1	0,2503	110	80	7,17	7,08	7,15	7,16	7,02	7,07	7,05	7,06	7,11	7,06	7,09	0,0027	7,08	
28	0,28	1	0,2503	110	80	7,33	7,23	7,32	7,32	7,18	7,23	7,21	7,22	7,27	7,22	7,25	0,0029	7,24	
29	0,37	6	0,2048	110	80	7,62	7,52	7,60	7,61	7,45	7,51	7,49	7,50	7,55	7,50	7,53	0,0033	7,54	
30	0,28	6	0,2048	110	80	7,78	7,68	7,77	7,78	7,62	7,67	7,65	7,66	7,71	7,66	7,70	0,0034	7,70	
31	0,37	1	0,2048	110	80	7,62	7,52	7,60	7,61	7,45	7,51	7,49	7,50	7,55	7,50	7,53	0,0033	7,54	
32	0,28	1	0,2048	110	80	7,78	7,68	7,77	7,78	7,62	7,67	7,65	7,66	7,71	7,66	7,70	0,0034	7,70	

*Значения, полученные по уравнению регрессии.

Из таблицы распределения Кохрена при уровне значимости $\alpha = 0,01$, числе степеней свободы серии $f = m - 1 = 10 - 1 = 9$ и количестве $N = 32$ серий опытов находим критическое значение критерия $G_{кр} = 0,12$. Поскольку $G_{расч} < G_{кр}$, то принимаем гипотезу об однородности дисперсий серий опытов.

б) *Нахождение оценки дисперсии воспроизводимости эксперимента*

$$s_{восп}^2(d_{\text{ЭЭ}}) = \frac{\sum s_i^2}{N} = \frac{0,099}{32} = 0,0031.$$

Число степеней свободы дисперсии воспроизводимости

$$f_{восп} = N(m - 1) = 32(10 - 1) = 288.$$

в) *Расчет коэффициентов регрессии*

Для этого, согласно [6], составляем матрицу базисных функций, дополненную столбцом значений УРЭ.

Тогда

$$b_0 = \frac{\sum d_{\text{ЭЭ}i}}{N} = \frac{236,16}{32} = 7,380; \quad b_1 = \frac{\sum d_{\text{ЭЭ}i}x_{1i}}{N} = \frac{-2,489}{32} = -0,078;$$

$$b_2 = \frac{\sum d_{\text{ЭЭ}i}x_{2i}}{N} = 0,004; \quad b_3 = \frac{\sum d_{\text{ЭЭ}i}x_{3i}}{N} = -0,228;$$

$$b_4 = \frac{\sum d_{\text{ЭЭ}i}x_{4i}}{N} = -0,058; \quad b_5 = \frac{\sum d_{\text{ЭЭ}i}x_{5i}}{N} = -0,063.$$

Дисперсии коэффициентов регрессии

$$s^2(b_i) = \frac{s_{восп}^2}{mN} = \frac{0,0031}{10 \cdot 32} = 0,00001.$$

Среднеквадратические отклонения коэффициентов регрессии

$$s(b_i) = \sqrt{s_{восп}^2(b_i)} = 0,0032.$$

г) *Проверка значимости коэффициентов регрессии*

Для этого используется t -критерий Стьюдента. В этом случае для каждого коэффициента регрессии определяется t -отношение:

$$t_i = \frac{|b_i|}{s(b_i)}.$$

Тогда

$$t_1 = \frac{b_1}{s(b_1)} = \frac{0,078}{0,0032} = 24,375; \quad t_2 = \frac{b_2}{s(b_2)} = \frac{0,0038}{0,0032} = 1,188;$$

$$t_3 = \frac{b_3}{s(b_3)} = \frac{0,228}{0,0032} = 71,250; \quad t_4 = \frac{b_4}{s(b_4)} = \frac{0,058}{0,0032} = 18,125;$$

$$t_5 = \frac{b_5}{s(b_5)} = \frac{0,063}{0,0032} = 19,688.$$

Критическое значения критерия для 5 %-го уровня значимости $t_{кр} = 1,97$. Таким образом, незначимым оказался только коэффициент b_2 . В связи с исключением фактора x_2 пересчет оставшихся коэффициентов регрессии в ПФЭ не производится. Окончательно уравнение регрессии принимает следующий вид:

$$d_{ЭЭ} = 7,38 - 0,078x_1 - 0,228x_3 - 0,058x_4 - 0,063x_5. \quad (1)$$

Из уравнения (1) следует, что на УРЭ $d_{ЭЭ}$ оказывают влияние скорости подачи всех станков поточной линии, наибольшее из которых соответствует лесопильной раме 1-го ряда.

д) *Определение доверительных интервалов коэффициентов регрессии*

Обозначив истинные значения коэффициентов как β_i , используем следующую формулу:

$$b_i - t_{кр} s(b_i) \leq \beta_i \leq b_i + t_{кр} s(b_i).$$

Тогда будем иметь

$$\begin{aligned} 7,374 &\leq \beta_0 \leq 7,386; \\ -0,084 &\leq \beta_1 \leq -0,072; \\ -0,234 &\leq \beta_3 \leq -0,222; \\ -0,064 &\leq \beta_4 \leq -0,052; \\ -0,069 &\leq \beta_5 \leq -0,057. \end{aligned}$$

е) *Проверка адекватности уравнения регрессии*

Определяем сумму квадратов отклонений, характеризующую адекватность уравнения:

$$S_{Ад} = m \sum_i (\bar{d}_{ОЭi} - \tilde{d}_{ОЭi})^2 = 10 \cdot 0,01465 = 0,1465,$$

где $\bar{d}_{ОЭi}$ – среднее значение УРЭ в i -й серии опытов;

$\tilde{d}_{ОЭi}$ – значение УРЭ, рассчитанное по уравнению регрессии для i -й серии опытов.

Число степеней свободы дисперсии адекватности

$$f_{Ад} = N - p = 32 - 5 = 27,$$

где p – число коэффициентов регрессии анализируемого уравнения.

Дисперсия адекватности

$$s_{Ад}^2 = \frac{S_{Ад}}{f_{Ад}} = \frac{0,1465}{27} = 0,0054.$$

Проверку однородности дисперсий адекватности и воспроизводимости выполняем с помощью F-критерия Фишера. Для этого вычисляем соотношение

$$F_{набл} = \frac{s_{Ад}^2}{s_{восп}^2} = \frac{0,0054}{0,0031} = 1,74.$$

Так как $F_{набл} < F_{кр} = 2,19$ при уровне значимости $\alpha = 0,01$, принимаем гипотезу об адекватности уравнения регрессии (1). Из этого уравнения следует, что увеличение всех факторов приводит к снижению УРЭ.

Аналогично было получено уравнение регрессии для УРЭ за операционное время работы поточной линии:

$$d_{OЭ} = 8,03 - 0,114x_1 + 0,117x_2 - 0,223x_3 - 0,058x_1x_2 - 0,033x_1x_3 + 0,033x_2x_3 - 0,059x_1x_2x_3. \quad (2)$$

Соотношение $F_{набл} < F_{кр}$, которое наблюдалось и в данном случае, позволило принять гипотезу об адекватности полученного уравнения регрессии на уровне значимости $\alpha = 0,01$.

Из уравнения (2) следует, что наибольшее влияние на УРЭ оказывает фактор x_3 (скорость подачи лесопильной рамы 1-го ряда), затем фактор x_1 (скорость подачи окорочного станка). При этом факторы x_4 (соотношение скоростей подачи лесопильных рам) и x_5 (скорость подачи обрезных станков) не оказывают никакого воздействия на результирующую переменную.

ж) *Влияние факторов и взаимодействий на удельный расход энергии $d_{OЭ}$*

Во многих случаях степень влияния одного фактора зависит от уровня, на котором находится другой фактор. В этом случае речь идет о наличии эффекта взаимодействия между этими факторами.

Проанализируем влияние на УРЭ $d_{OЭ}$ скорости подачи окорочного станка (фактор x_1) и взаимодействия x_1x_2 . Для этого рассмотрим следующие случаи:

$x_2 = 0$; $x_3 = 0$ (этому случаю соответствует фиксирование факторов $\tau_{В1}$ и u_2 на основном уровне);

$x_2 = 1$; $x_3 = 0$ (фиксируется фактор $\tau_{В1}$ на верхнем уровне);

$x_2 = -1$; $x_3 = 0$ (фиксируется фактор $\tau_{В1}$ на нижнем уровне).

В первом случае, подставляя $x_2 = 0$; $x_3 = 0$ в уравнение (2), получим

$$d_{OЭ}(1) = 8,03 - 0,114x_1.$$

Этому уравнению на рисунке соответствует прямая $d_{OЭ}(1)$.

Во втором случае, подставляя в (2) $x_2 = 1$; $x_3 = 0$, получаем

$$d_{OЭ}(2) = 8,147 - 0,172x_1,$$

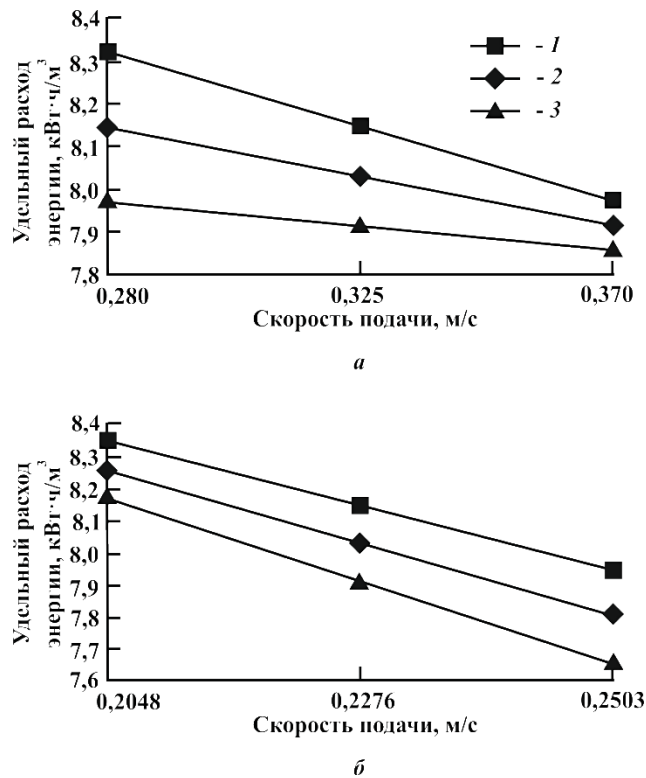
которому на рисунке соответствует прямая $d_{OЭ}(2)$. Поскольку с ростом фактора $\tau_{В1}$ удельный расход энергии $d_{OЭ}$ увеличивается ($b_2 > 0$), то прямая $d_{OЭ}(2)$ лежит выше прямой $d_{OЭ}(1)$. Причем эти прямые не параллельны. Ввиду того, что $b_{12} < 0$, прямая $d_{OЭ}(2)$ наклонена к оси абсцисс под меньшим углом, чем прямая $d_{OЭ}(1)$. Отсюда следует, что при большем значении межторцового разрыва $\tau_{В1}$ изменение скорости подачи u_1 окорочного станка оказывает более сильное влияние на удельный расход энергии поточной линии.

Третьему случаю соответствует следующее уравнение связи:

$$d_{OЭ}(3) = 7,913 - 0,056x_1.$$

Поскольку с уменьшением фактора $\tau_{В1}$ удельный расход энергии $d_{OЭ}$ уменьшается ($b_2 > 0$), то прямая $d_{OЭ}(3)$ лежит ниже прямой $d_{OЭ}(1)$. Эти прямые также не параллельны. Причем прямая $d_{OЭ}(3)$ наклонена к оси абсцисс под большим углом, чем прямая $d_{OЭ}(1)$. Отсюда следует, что при меньшем межторцовом разрыве $\tau_{В1}$ изменение скорости подачи u_1 окорочного станка оказывает весьма слабое влияние на удельный расход энергии поточной линии.

Графики зависимостей УРЭ поточной линии от скорости подачи окорочного станка (а) и лесопильной рамы 1-го ряда (б): 1 – $d_{0Э}(1)$; 2 – $d_{0Э}(2)$; 3 – $d_{0Э}(3)$



Аналогично было проанализировано влияние скорости подачи лесопильной рамы 1-го ряда и взаимодействий x_2x_3 и x_1x_3 соответственно на УРЭ поточной линии. В первом случае при большем значении межторцового разрыва $\tau_{В1}$ изменение скорости подачи u_2 лесопильной рамы оказывает слабое влияние на УРЭ поточной линии и наоборот. Во втором случае большему значению скорости подачи u_1 окорочного станка соответствует более сильное влияние на УРЭ изменения скорости подачи u_2 лесопильной рамы и наоборот.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев С.П. Исследование зависимости удельного электропотребления от производительности варочной установки «Пандия» // Лесн. журн. 1985. № 5. С. 130–133. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Агеев С.П., Мелехов В.И. Вероятностная модель производственного процесса лесопильного цеха // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы Международ. науч.-техн. конф., 9-11 декабря 2009 г. Вологда, 2010. С. 91–93.
3. Агеев С.П. Нормирование удельных расходов электроэнергии на предприятиях ЦБП // Проблемы экологии на Европейском Севере: сб. науч. тр. Архангельск: РИО, АЛТИ, 1992.
4. Агеев С.П., Шепель Г.А., Шумилов А.А. Рациональное использование электроэнергии. Проблемы энергетики Европейского Севера. сб. науч. тр. АГТУ. Архангельск: Изд-во АГТУ, 1996.
5. Агеев С.П. Энергетические характеристики поточной линии производства пилопродукции // Лесн. журн. 2012. № 2. С. 95–100. (Изв. высш. учеб. заведений).

6. Адлер Ю.П., Макарова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 279 с.

7. Пижурин А.А., Розенбит М.С. Исследования процессов деревообработки. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 232 с.

8. Энергоснабжение предприятий лесоперерабатывающего комплекса / С.П. Агеев, В.В. Радюшин, А.В. Ушаков, Г.А. Шепель // Оптимизация и интенсификация технологических процессов в энергетике и промышленности: сб. науч. тр. Архангельск, 2004. С. 11–12.

Поступила 16.11.11

S.P. Ageyev

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Multifactor Model of a Sawmill Production Line Electric Energy Demand

Multifactor model of electric power consumption for a sawmill production line is presented. The linear regression model takes into consideration effect of five factors on specific power consumption for sawn timber production.

Key words: specific power consumption, production line, mathematical model, simulation modeling, complete factorial experiment, regression equation, explanatory variables.
