

Следовательно, при необходимости уменьшить осевую составляющую силы резания на фрезе следует снижать значения задних углов резания на лезвиях до предельно возможных по условиям подачи бревна и работать с малыми углами встречи.

Найденное по [1] значение силы на ноже используют при расчетах мгновенных крутящих моментов на фрезе, при анализе вопросов прочности ножей и фрез, а также вопросов вибрации инструмента и обрабатываемых бревен.

При определении мощностных затрат на фрезерование предпочтительнее пользоваться методом расчета по удельным энергозатратам [2]. Удельную работу резания  $a_{ср}$ , Дж/см<sup>3</sup>, находили по средней величине удельной силы  $p_{уд. ср}$ :

$$a_{ср} = \frac{P_{уд. ср}}{u_z \sin \psi_{ср} \sin \varphi_H}, \quad (6)$$

где  $p_{уд. ср}$  — удельное среднее усилие в пределах дуги контакта для точки ножа, расположенной на радиусе  $R_{ср}$ :

$$R_{ср} = R_{min} + 0,4H \operatorname{ctg} \varphi_H.$$

Здесь  $R_{min}$  — минимальный радиус резания на рубящем лезвии.

Значение  $p_{уд. ср}$  определяли с учетом коэффициента  $K_\psi$  для среднего угла встречи  $\psi_{ср}$

$$\psi_{ср} = \arccos \frac{2H_n - d_6}{2R_{ср}},$$

где  $d_6$  — диаметр бревна в данном сечении, мм;

$H_n$  — расстояние от оси фрезы до опорного лотка.

Определяют значения крутящего момента на фрезе  $M_\phi$ , Нм, и мощности на фрезерование  $P$ , кВт, при обработке бревен заданных размеров [2]:

$$M_\phi = 15,9 \cdot 10^{-5} a_{ср} A u_{об}; \quad (7)$$

$$P = 16,7 \cdot 10^{-9} a_{ср} A u_{об} n_\phi. \quad (8)$$

Здесь  $A$  — площадь поперечного сечения измельчаемого слоя на бревне, мм<sup>2</sup>;

$u_{об} = u_z Z$  — подача бревна на один оборот фрезы, имеющей  $Z$  ножей, мм;

$n_\phi$  — частота вращения фрезы, мин<sup>-1</sup>.

В случае обработки бревен с измельчением слоя  $H$  малой величины (до 10 мм) рекомендуется при силовых расчетах использовать методику, приведенную в работе [1], так как при этом характер стружкообразования специфичен, стружка срезается в основном, в виде ленточки с последующим разламыванием ее на отдельные элементы, а фреза работает как торцовая.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Тимофеев Н. И. Усилия на ножах торцовых фрез для окантовки бревен.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 3, с. 123—125. [2]. Тимофеев Н. И. К расчету мощности на фрезерование бревен торцовыми фрезами.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 2, с. 50—54. [3]. Тимофеев Н. И. Исследование инструмента дискового типа для получения технологической щепы при окантовке бревен фрезерованием: Дис. . . канд. техн. наук.— Львов, 1971.— 182 с.

УДК 621.316 : 658.26 : 676.011

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

П. И. ПОТЕРЯЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Графики электрических нагрузок — следствие действия множества социально-экономических, производственно-технических и экологических факторов, которые принято считать реализациями случайных процессов.

Один из эффективных способов исследования случайных процессов — их моделирование. При построении моделей стохастических процессов в работе [1] предложено расчленять их с последующим синтезом на сумму трех составляющих, выделяя, во-

первых, детерминированный (неслучайный) тренд  $m_x(t)$ , во-вторых, периодическую составляющую  $P_n = \sum_i \varphi_i(t)$  и, в-третьих, случайный «остаток»  $\sum_j \varepsilon_j(t)$ :

$$x(t) = m_x(t) + \sum_i^n \varphi_i(t) + \sum_j^m \varepsilon_j(t), \quad (1)$$

где  $x(t)$  — исследуемый или моделируемый процесс;  
 $m_x(t)$  — среднее значение процесса;  
 $\varphi_i(t)$  — координатные (неслучайные) функции;  
 $\varepsilon_j$  — случайная величина с нулевым математическим ожиданием.

Модели графиков электрических нагрузок применяют при проектировании систем электроснабжения для нахождения расчетных нагрузок элементов этих систем и построения их оптимальной структуры. Другая область использования моделей режимов электропотребления — задача оптимизации функционирования региональных электроэнергетических систем.

При проектировании систем электроснабжения предприятий зачастую довольствуются знанием математического ожидания нагрузок некоторых групп электроприемников (обычно в форме коэффициента использования номинальной мощности  $K_M$ ), в то время как дисперсионные характеристики фактически не находят места в расчетных соотношениях. Например, в широко используемом методе упорядоченных диаграмм расчетную нагрузку  $P_p$  определяют по соотношению [4]:

$$P_p = K_M P_c. \quad (2)$$

Здесь  $K_M$  — коэффициент максимума;  
 $P_c$  — средняя нагрузка;

$$K_M = f(n, K_n);$$

$$P_c = K_n P_n,$$

где  $P_n$  — номинальная установленная мощность группы электроприемников.

При получении соотношений статистического метода [3], на первый взгляд, использована дисперсионная характеристика, однако в конечных соотношениях эта характеристика оказалась «подменной» числом эквивалентных электроприемников  $n_{\text{э}}$ .

Достаточно продуктивный подход к реализации соотношения (1) — гармонический анализ, в частности, представление процессов в виде ряда Фурье [2]:

$$x(t) = A_0/2 + \sum_{k=1}^{\infty} (A_k \cos \omega_k t + B_k \sin \omega_k t). \quad (3)$$

Здесь  $\omega_k = \frac{2\pi k}{T}$  — частота  $k$ -той гармоники;

$$A_0/2 = m_x = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) dt;$$

$$A_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \cos \omega_k t dt;$$

$$B_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \sin \omega_k t dt.$$

В этих формулах обозначено:

$A_0/2$  — постоянная составляющая процесса;  
 $T$  — основной период разложения ( $k = 1$ ).

Если (3) переписать в виде

$$x(t) = \sum_{k=0}^m C_k \cos(\omega_k t - \psi_k), \quad (4)$$

где  $m$  — число гармоник разложения;  $\psi_k = \arctg A_k/B_k$ ,

то оценка дисперсии

$$D_p = \sigma_p^2 = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m C_k^2 \quad (5)$$

где  $\sigma_p$  — среднее квадратичное отклонение (СКО).

Следовательно, выражение (4) позволяет получить не только модель процесса, в которой случайными величинами можно считать начальные фазы и амплитуды гармоник, но и спектральную характеристику дисперсии процесса.

При изучении режимов электропотребления предприятий целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) разложены по Фурье два рода графиков электрических нагрузок (ГЭН): суточные — с часовым усреднением по замерам «режимного дня» — и сменные — с получасовым усреднением. Кроме того, из сменных графиков получены ряды значений нагрузок длительностью более, чем суточные.

С целью уточнения имеющихся коэффициентов использования  $K_{\text{п}}$  и спроса  $K_{\text{с}}$ , получения отсутствующих дисперсионных характеристик процессов электропотребления и разработки моделей режимов электропотребления исследовано несколько сотен сменных ГЭН, относящихся к производствам варки, отбелки, сушки целлюлозы, подготовки сырья и др.

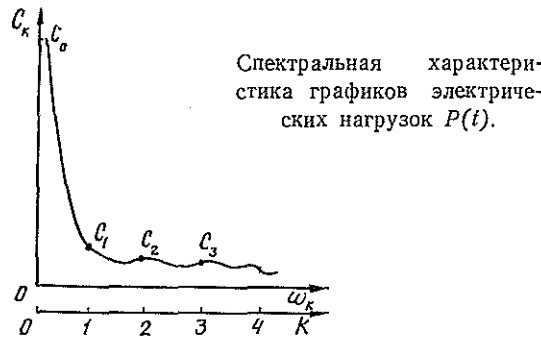
Согласно проведенным исследованиям, можно сделать выводы:

1) коэффициенты использования групп электроприемников ЦБП варьируют от 0,25 до 0,50;

2) коэффициенты вариации ( $v = \sigma_p / P_{\text{с}}$ ,  $\sigma_p$  — СКО) оценивают величиной от 4...5 до 25...50 %;

3) спектральные характеристики этих величин достаточно устойчивы, а именно: если за единицу принять постоянную составляющую, то амплитуды каждой из гармонических составляющих не превышает 5...7 %.

Если разложение представить непрерывным, то оно имеет вид, изображенный на рисунке.



На основании приведенных результатов можно рекомендовать модель графика электрических нагрузок в виде суммы постоянной составляющей ( $P_{\text{с}} = K_{\text{п}} P_{\text{уст}}$ ) и нескольких (до 10) гармонических с постоянной амплитудой  $P_{\text{г}} = (0,05 \dots 0,15) P_0$  и «случайной» начальной фазой  $\psi_k$

$$P(t) = P_0 + P_{\text{г}} \sum_{k=1}^m \cos(\omega_k t - \psi_k), \quad (6)$$

где

$$P_{\text{г}} = \sigma_p \sqrt{2/m}. \quad (7)$$

Здесь  $m$  — число гармонических составляющих.

$$\psi_k = U_k 2\pi,$$

где  $U_k$  — квазислучайное число, равномерно распределенное на отрезке 0—1.

Получаемые по выражению (6) смоделированные графики статистически эквивалентны исходным графикам.

В таблице приведен суточный график электрических нагрузок ЦБК, полученный в течение «режимного дня», а также синтезируемые по моделям ряды-графики нагрузок: «восстановление» по коэффициентам Фурье исходного графика и модели графика по выражениям (6) и (8):

$$P(t) = P_0 + U_t \sigma_p. \quad (8)$$

Здесь  $U_t$  — квазислучайное нормально распределенное число с нулевым средним и единичным средним квадратичным отклонением.

Астрономическое время суток, ч	Экспериментальный график электрических нагрузок ЦБК, тыс. кВт	Модели графика, тыс. кВт, по		
		ряду Фурье	выражению (6)	выражению (8)
1	154,9	154,89	148,09	142,70
2	140,8	140,80	145,89	143,60
3	149,1	149,09	146,99	130,30
4	131,0	130,99	142,09	144,55
5	136,2	136,20	124,92	130,90
6	145,3	145,31	152,41	141,20
7	147,3	147,29	143,47	152,20
8	131,5	131,49	147,91	142,20
9	138,6	138,60	140,13	140,70
10	131,7	131,69	138,66	142,30
11	139,7	139,70	131,29	130,50
12	129,0	128,99	139,91	148,40
13	138,8	138,82	133,79	140,20
14	136,8	136,79	138,37	138,20
15	141,1	141,10	135,11	131,80
16	126,4	126,37	145,04	133,90
17	143,1	143,16	143,78	138,50
18	141,1	141,03	130,67	133,70
19	131,4	131,45	143,31	141,80
20	148,5	148,50	139,69	131,10
21	143,1	145,10	130,00	152,00
22	140,8	140,75	132,21	147,90
23	135,1	135,12	139,60	139,70
24	136,5	136,47	135,11	138,90
$P_0$	139,2	139,20	139,00	139,50
$\varepsilon_p$	6,77	6,77	6,77	6,57

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Венсель В. В. Интегральная регрессия и корреляция: статистическое моделирование рядов динамики.— М.: Финансы и статистика, 1983.— 223 с. [2]. Кобринский Н. Е. Информационные фильтры в экономике.— М.: Статистика, 1978.— 287 с. [3]. Федоров А. А., Каменева В. В. Основы электроснабжения промышленных предприятий.— М.: Энергия, 1979.— 408 с. [4]. Электрические нагрузки промышленных предприятий/ С. Д. Волобринский, Т. М. Каялов, П. Н. Клейн, Б. С. Мешель.— Л.: Энергия, 1971.— 264 с.