

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УЩЕРБА ГРУППЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ ПЕРЕРЫВОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В. В. МИХАИЛОВ, О. Т. ГЕРАСКИН, В. И. ЭДЕЛЬМАН

(Москва)

Оптимальный вариант схемы электроснабжения промышленного предприятия должен отвечать минимуму расчетных затрат с учетом ущерба, вызываемого перерывом электроснабжения.

В соответствии с методикой технико-экономических расчетов в энергетике [1]

$$Z = EK + I = \min \quad (1)$$

или, выделяя ущерб,

$$Z = EK + I_n + U = \min, \quad (2)$$

где E — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; K — стоимость основных и оборотных средств; I_n — годовые издержки производства без учета ущерба ($I - U$); U — ущерб от перерывов электроснабжения.

При выборе уровня надежности системы электроснабжения промышленного предприятия необходимо определять характеристики ущерба в зависимости от продолжительности перерыва электроснабжения в соответствии с [2, 3].

При решении вопросов электроснабжения группы различных потребителей или, что аналогично, предприятия, состоящего из ряда различных производств, задача усложняется. Однако и в этом случае для определения затрат на сооружение схемы электроснабжения и оценки ее надежности возможно использование средств «ручного счета». Сложнее вопрос об определении суммарного ущерба, поскольку ущерб каждого производственного процесса отличается как временным, так и технико-экономическими показателями.

Целью настоящей статьи является разработка методики определения ущерба предприятия, состоящего из группы производств, от перерывов электроснабжения. Для этого составлен алгоритм и программа для решения указанной задачи на ЭВМ.

Рассмотрим группу из n производств, называемых в дальнейшем «ячейками».

Для решения задачи достаточны: информация об ущербе каждого из рассматриваемых производств и о количественных показателях надежности; $a(\tau)$ — математическое ожидание числа перерывов электроснабжения за промежуток времени τ (обычно на 1 год); математическое ожидание длительности перерыва электроснабжения t_a ; закон распределения длительности перерывов электроснабжения — плотность распределения вероятностей перерывов электроснабжения по продолжительности $B = P'(t_a)$.

Суммарная характеристика указанного ущерба для каждой ячейки в функции продолжительности перерыва электроснабжения вводится в программу в качестве исходной информации.

Общую сумму потерь, возникающих у потребителя при перерыве электроснабжения, принято разделять на две группы, различные по характеру происхождения: прямой и дополнительный ущерб [1]

$$U_e = U_p + U_d. \quad (3)$$

Прямой ущерб определяется различными прямыми потерями, возникающими при перерыве в электроснабжении: аварии, брак продукции, непроизводительные расходы сырья и энергии и т. д. Дополнительный ущерб возникает из-за недовыпуска продукции за время перерыва технологического процесса, возникающего при перерыве электроснабжения.

Ущерб для каждой ячейки можно разделить на три составляющие, различные в зависимости от момента их реализации

$$U_{ei} = U_{o,i} + U_{e,i} + U_{тех,i}, \quad (4)$$

где Y_0 — составляющая ущерба, зависящая от самого факта перерыва в электроснабжении, но не зависящая от его продолжительности; Y_0 — составляющая ущерба, реализуемая в период перерыва электроснабжения и зависящая от его продолжительности; $Y_{\text{тех}}$ — составляющая ущерба, учитывающая затраты на восстановление технологического процесса.

Составляющая Y_0 возникает, как правило, в момент времени перерыва в электроснабжении $t_0 = t_0$, где t_0 — минимальная продолжительность перерыва электроснабжения, которая отражается на работе данного потребителя.

Время перерыва технологического процесса ячейки t_n состоит из времени перерыва в электроснабжении t_0 и времени наладки и доведения до номинального режима технологического процесса $t_{\text{тех}}$ после восстановления электроснабжения без времени t_0

$$t_{n,i} = t_0 + t_{\text{тех},i} - t_0. \quad (5)$$

Время $t_{\text{тех}}$ в общем случае определяется длительностью времени перерыва электроснабжения t_0 , т. е.

$$t_{\text{тех},i} = \varphi(t_0). \quad (6)$$

Таким образом, значение суммарного ущерба группы n ячеек от перерыва электроснабжения может быть получено как функция от длительности перерыва электроснабжения

$$Y_n = \Phi(t_0). \quad (7)$$

Очевидно, при вычислении ожидаемого значения ущерба группы ячеек от перерывов электроснабжения за промежуток времени эксплуатации, равный τ , учитывая возможную нелинейность функции Φ , необходимо воспользоваться правилом математического ожидания

$$\bar{Y}_n(\tau) = a(\tau) \int_{t_{0,\min}}^{t_{0,\max}} Y_n(t_0) P'(t_0) dt_0, \quad (8)$$

где $t_{0,\max}$ — максимально возможное время перерыва электроснабжения рассматриваемой группы ячеек (не зависит от последних, а определяется схемой электроснабжения); $t_{0,\min}$ — максимальное значение времени t_0 из группы n ячеек.

Задача заключается в вычислении суммарного ущерба предприятия, состоящего из n различных производств, для каждого из которых известны зависимости составляющих ущерба от времени перерыва электроснабжения.

Пусть в общем случае для i -й ячейки известны характеристики: $Y_{0,i} = a_i$ (const) для $t_{0,i} \leq t_0 \leq t_{0,\max}$; $t_{0,i}$ — время перерыва электроснабжения, при котором возникает составляющая ущерба $Y_{0,i}$; $t_{0,\max}$ — максимально возможное время перерыва внешнего электроснабжения рассматриваемого предприятия (не зависит от ячейки и определяется схемой внешнего электроснабжения)

$$Y_{0,i} = \Psi^i(t_0), \quad t_{0,i} \leq t_0 \leq t_{0,\max}.$$

Зависимость $Y_{\text{тех},i} = f(t_{\text{тех},i})$ представляет собой разрывную функцию, так как в общем случае при различных значениях времени наладки и доведения технологического процесса до номинального режима может иметь место различный характер

функции ущерба $f_1^i, f_2^i, \dots, f_p^i$. Границы интервала для функции f_j^i $[t_{\text{тех},j}^i, t_{\text{тех},j+1}^i]$. Зависимость Ψ^i для каждой ячейки нелинейная

$$Y_{\text{тех},i}^i = \begin{cases} f_1^i(t_{\text{тех},1}^i), & t_{\text{тех},0}^i < t_{\text{тех},1}^i \leq t_{\text{тех},1}^i, \\ f_2^i(t_{\text{тех},2}^i), & t_{\text{тех},1}^i < t_{\text{тех},2}^i \leq t_{\text{тех},2}^i, \\ \dots & \dots \\ f_p^i(t_{\text{тех},p}^i), & t_{\text{тех},p-1}^i < t_{\text{тех},p}^i \leq t_{\text{тех},p}^i. \end{cases}$$

Кроме указанных выше характеристик ущерба для i -й ячейки предприятия должна быть задана зависимость времени $t_{\text{тех},i}^i$ от продолжительности перерыва электроснабжения: $t_{\text{тех},i}^i = \Psi^i(t_0)$ $t_{0,i} \leq t_0 \leq t_{0,\max}$.

При численном решении задачи определения суммарного ущерба предприятия от перерывов электроснабжения зависимости $\Psi(t_0); f_k(t_{\text{тех},i}), k = 1, 2, 3, \dots, p; Y(t_0)$ могут быть с достаточной степенью точности аппроксимированы полиномами третьей степени: $a_3 t_0^3 + a_2 t_0^2 + a_1 t_0 + a_0$, где a_0, a_1, a_2, a_3 — коэффициенты полинома, ко-

торые могут быть как положительные, так и отрицательные и могут быть равны нулю.

Искомая зависимость величины ущерба предприятия от времени перерыва электроснабжения получается в следующей последовательности: а) выбирается m значений времени перерыва электроснабжения в интервале от $t_{0 \min}$ до $t_{0 \max}$, где $t_{0 \min}$ — минимальное значение времени из группы n ячеек предприятия $[t_0^1, t_0^2, \dots, t_0^n]$; б) для очередного j -го значения времени перерыва электроснабжения t_{0j} вычисляется величина ущерба i -й ячейки согласно формуле

$$Y_{0j}^i = Y_{0j} + Y_{0j}^i + Y_{\text{техн}}^i;$$

в) по определенным значениям Y_{0j}^i для всех ячеек предприятия подсчитывается суммарный ущерб, соответствующий времени t_{0j}

$$Y_{\Sigma j} = \sum_{i=1}^n Y_{0j}^i.$$

Пункты б) и в) нужно выполнить для всех m значений времени t_{0j} . После выполнения расчетов в указанной последовательности для каждого принятого значения времени t_{0j} получается соответствующая величина суммарного ущерба предприятия $Y_{\Sigma j}$.

Для решения технико-экономических задач выбора уровня надежности электроснабжения необходимо знать не только зависимость ущерба от продолжительности перерыва электроснабжения, но и математическое ожидание величины ущерба за определенный промежуток времени τ , определяемое по (8).

В качестве исходной информации для решения задачи задаются данные по каждому из n производств. Так, для одного производства будут заданы следующие параметры: t_0 — минимальная продолжительность перерыва электроснабжения для данного производства; Y_0 — составляющая ущерба, зависящая от самого факта перерыва электроснабжения и не зависящая от его продолжительности; $a_{\varphi 0}, a_{\varphi 1}, a_{\varphi 2}, a_{\varphi 3}$ — коэффициенты полинома аппроксимирующего зависимость $Y_0 = \Psi(t_0)$; $a_{\varphi 0}, a_{\varphi 1}, a_{\varphi 2}, a_{\varphi 3}$ — коэффициенты полинома, аппроксимирующего зависимость $t_{\text{техн}} = \Phi(t_0)$; p — число интервалов, на которое разбивается зависимость $Y_{\text{техн}} = f(t_{\text{техн}})$; $t_{\text{техн} p}$ — границы интервалов; $a_{f,0}, a_{f,1}, a_{f,2}, a_{f,3}, \dots, a_{f,5}, a_{f,6}, a_{f,7}$ — коэффициенты полиномов, аппроксимирующих функции на отдельных интервалах зависимости $Y_{\text{техн}} = f(t_{\text{техн}})$.

Кроме того, следует задать параметры общего назначения. К ним относятся: n — число различных производств предприятия; $t_{0 \min}$ — минимальная продолжительность перерыва в электроснабжении; Δt_0 — величина расчетного шага вычисления по времени; $a(\tau)$ — математическое ожидание числа перерывов в электроснабжении за промежуток времени τ ; $a_{p0}, a_{p1}, a_{p2}, a_{p3}$ — коэффициенты полинома, аппроксимирующего зависимость $B = P'(t_0)$.

Порядок вычислений включает исполнение следующих пунктов:

1. Для очередного t_{0j} и очередной i -й ячейки проверяем выполнение условия $t_{0j} \geq t_0^i$. Условие удовлетворено — переходим к исполнению п.2, в противном случае — к п.9.

2. Вычисляем величину Y_{0j}^i

$$Y_{0j} = a_{\varphi 0} t_{0j}^3 + a_{\varphi 1} t_{0j}^2 + a_{\varphi 2} t_{0j} + a_{\varphi 3}.$$

3. Вычисляем величину $t_{\text{техн} j}^i$

$$t_{\text{техн} j}^i = a_{\varphi 3} t_{0j}^3 + a_{\varphi 2} t_{0j}^2 + a_{\varphi 1} t_{0j} + a_{\varphi 0}.$$

4. Для полученного $t_{\text{техн} j}^i$ и очередного k -го интервала зависимости $Y_{\text{техн}}^i = f(t_{\text{техн}})$ проверяем выполнение условия $t_{\text{техн} j}^i \leq t_{\text{техн} K}^i$. Условие удовлетворено — переходим к исполнению п.6, в противном случае — к п.5.

5. Переход к $(k+1)$ -му интервалу; возврат к исполнению п.4.

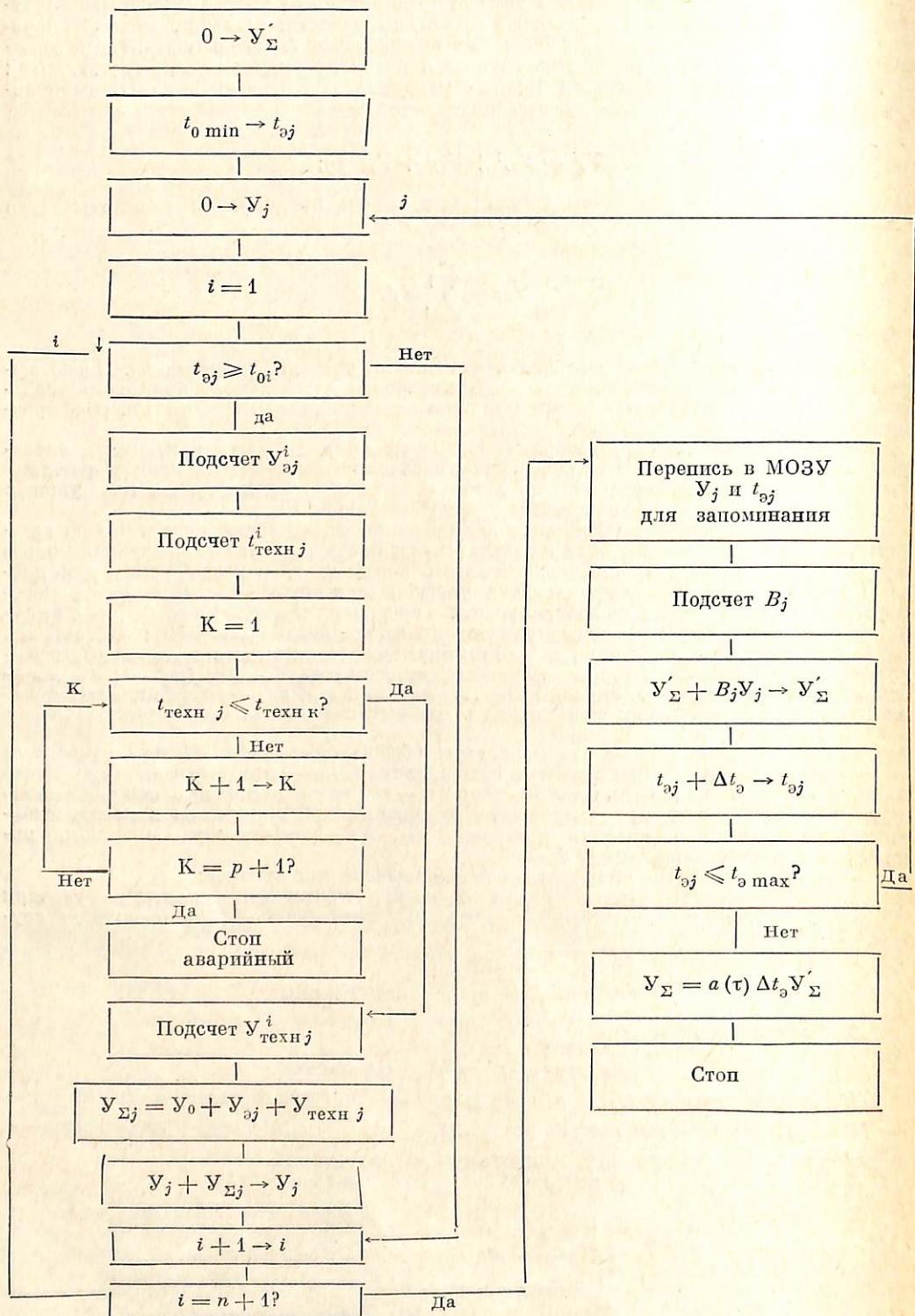
6. Вычисляем $Y_{\text{техн} j}^i$

$$Y_{\text{техн} j}^i = a_{f,K}^3 t_{\text{техн} j}^i a_{f,K}^2 t_{\text{техн} j}^i + a_{f,K}^1 t_{\text{техн} j}^i + a_{f,K}^0.$$

7. Вычисляем $Y_{\Sigma j}^i$ по значениям $Y_0^i, Y_{0j}^i, Y_{\text{техн} j}^i$

$$Y_{\Sigma j} = Y_0 + Y_{0j} + Y_{\text{техн} j}.$$

Блок-схема программы определения ущерба группы производств от перерывов в электроснабжении



8. Вычисляем

$$\sum_{v=1}^i Y_{\Sigma j}$$

$$\sum_{v=1}^i Y_{\Sigma j}^v = \sum_{v=1}^{i-1} Y_{\Sigma j}^v + Y_{\Sigma j}^i.$$

9. Переход к $(i+1)$ -й ячейке. Проверяем выполнение условия $i+1 \leq n$. Если оно удовлетворено, переходим к исполнению п. 1, если нет — к п. 10.

10. Вычисляем B_j

$$B_j = a_{p_3} t_{\alpha j}^3 + a_{p_2} t_{\alpha j}^2 + a_{p_1} t_{\alpha j} + a_{p_0}.$$

11. Вычисляем

$$\sum_{\eta=1}^j B_\eta Y_\eta:$$

$$\sum_{\eta=1}^j B_\eta Y_\eta = \sum_{\eta=1}^{j-1} B_\eta Y_\eta + B_j Y_j.$$

12. Переход к $(j+1)$ -й расчетной точке. Проверяем выполнение условия $t_{\alpha j+1} \leq t_{\alpha \max}$, если оно удовлетворено, переходим к исполнению п.1, если нет — к п.13.

13. Вычисление $\bar{Y}(\tau)$

$$\bar{Y}(\tau) = a(\tau) \Delta t_\alpha \sum_{j=1}^m B_j Y_j.$$

По данной методике расчета составлена программа для определения зависимости суммарного ущерба промышленного предприятия от времени перерыва внешнего электроснабжения $Y = \Phi(t_\alpha)$ и расчета математического ожидания величины ущерба $\bar{Y}(\tau)$ за промежуток времени τ применительно к цифровой вычислительной машине М-220. Программа использует один куб магнитного оперативного запоминающего устройства машины с числом кодов 4096, что позволяет производить расчеты для предприятий, содержащих максимально до 60 различных производств.

Блок-схема программы показана в таблице. В целях контроля вычислений в программе осуществлен двойной расчет результатов. Общее время расчета по программе для предприятия с 60 различными производствами составляет не более 20 сек.

Следует иметь в виду, что предлагаемый алгоритм может быть использован и при решении на ЭВМ задач по оптимальному развитию энергетических систем или при определении оптимального резерва в энергетической системе. В этом случае программа по определению ущерба предприятий является составной частью общей блок-схемы.

По данной программе были произведены расчеты по определению ущерба от перерывов электроснабжения конкретных промышленных предприятий ряда отраслей промышленности. Так, например, исследования на азотнотуковом комбинате показали, что ущерб в год достигает сотен тысяч рублей. Результаты исследования были использованы при обосновании капиталовложений на повышение надежности электроснабжения завода, что дало экономию в приведенных затратах порядка 600 тыс. рублей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика технико-экономических расчетов в энергетике. М., 1966. (ГКСМ СССР по науке и технике, АН СССР).
2. С. И. Веселов, В. В. Михайлов, В. И. Эдельман. Методика определения величины ущерба потребителя от перерывов электроснабжения. Пром. энергетика, 1967, № 12.
3. В. В. Михайлов, В. И. Эдельман. Вероятностно-статистический анализ ущерба от перерыва электроснабжения. Пром. энергетика, 1968, № 4.

Поступила в редакцию
31 I 1969