

УДК 621.3

П.В. Терентьев, Д.А. Филатов, Д.Ю. Браташов**УТОЧНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
НЕПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия

Один из способов оценки энергетической эффективности электротехнических комплексов является сравнение фактического годового электропотребления с нормативным значением. В расчете годового нормативного расхода электроэнергии участвует коэффициент использования электроприемников. В настоящее время для ряда современных и распространенных образцов электрооборудования информация о коэффициенте использования отсутствует. Статья посвящена определению коэффициентов использования для современной офисной техники. Для трех рабочих мест, оснащенных офисной техникой, проведены исследования среднего и максимального режимов работы. Для проведения измерений использованы анализаторы качества электроэнергии Fluke 434. Принято допущения о нормальном законе распределении объемов потребления электрической энергии. Установлено, что представленные в технической литературе значения коэффициентов использования отличаются от результатов исследования. Реальные коэффициенты использования получились в два раза меньше нормативных значений, что свидетельствует о завышении нормативной величины электропотребления.

Ключевые слова: коэффициент использования, нормальный закон распределения, нормирование, электропотребление, энергетическая эффективность.

1. Введение

К непромышленным объектам относятся объекты гражданского строительства, которые подразделяются на объекты жилого и общественного назначения (офисы, школы, детские сады и т. п.) Эффективность использования электроэнергии организациями можно определить путем сравнения фактического годового расхода электрической энергии с нормативным электропотреблением организации.

При достаточно полном объеме исходной информации годовой расчетно-нормативный расход электроэнергии организации определяется по выражению [1-3]:

$$W_{\Sigma r}^n = W_{o.r}^n + W_{c.r}^n, \quad (1)$$

где $W_{\text{о.г.}}^{\text{н}}$ – годовой нормативный расход электроэнергии системой освещения, кВт·ч; $W_{\text{с.г.}}^{\text{н}}$ – годовой нормативный расход электроэнергии силовой нагрузкой, кВт·ч.

Годовой нормативный расход активной электроэнергии силовой нагрузкой бюджетной организации рекомендуется определять по выражению:

$$W_{\text{с.г.}}^{\text{н}} = P_{\text{ср.с}} \cdot T_{\text{г}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{ср.с}}$ – средняя мощность силовых электроприемников организации, кВт; $T_{\text{г}}$ – годовой фонд рабочего времени, ч.

$$P_{\text{ср.с}} = \sum_{j=1}^m (P_{\text{уст.}j} \cdot n_j \cdot K_{\text{и.}j}), \quad (3)$$

где m – количество групп однотипного силового оборудования; $P_{\text{уст.}j}$ – установленная мощность электроприемника j -й группы, кВт; n_j – количество электроприемников j -й группы, шт.; $K_{\text{и.}j}$ – коэффициент использования электроприемников j -й группы, о.е.

Годовой фонд рабочего времени организации может быть определен по выражению:

$$T_{\text{г}} = (365 - m_{\text{г}}) \cdot n \cdot T_{\text{см}} \cdot k_{\text{р}} - T_{\text{пр}}, \quad (4)$$

где $m_{\text{г}}$ – число нерабочих дней в году; n – число смен; $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч; $k_{\text{р}}$ – коэффициент, корректирующий незапланированные перерывы ($k_{\text{р}} = 0,96 - 0,98$); $T_{\text{пр}}$ – годовое число часов, на которые сокращена продолжительность работы в предпраздничные и выходные дни.

Годовой фонд рабочего времени организации можно принимать согласно табл. 1.

Таблица 1.
Годовой фонд рабочего времени организации

Продолжительность смены, ч.	Годовой фонд рабочего времени, ч., при числе смен		
	одна	две	три
8	2250	4500	6400
7	2000	3950	5870

III. Материалы и методы

В последнее время появилось электрооборудование, для которого отсутствуют коэффициенты использования. Для определения коэффициента использования мощности ($K_{и}$) современной офисной техники были проведены исследования стандартного набора оборудования.

Основной нагрузкой являются персональные компьютеры. В расчетах принято, что наиболее мощными электроприемниками в составе компьютера являются блок питания и монитор. Для исследования было выбрано 3 рабочих места. Стандартным потребителем административных зданий является также копировально-множительная оргтехника. Еще два электроприемника, рассматривавшиеся в анализе – СВЧ-печь и кондиционер. В отличие от компьютерной техники, режим их работы кратковременный и сезонный (последний характерен для кондиционера), но мощность достаточно большая. Параметры всех нагрузок сведены в табл. 2.

Оценено количество наблюдений (объем выборки) необходимых для получения погрешности расчетов коэффициента использования менее 5%. Основное допущение, что закон распределения объемов потребления электрической энергии отдельными объектами – нормальный [4].

Таблица 2.
Параметры нагрузки

Наименование	Состав электроприемников
Рабочее место №1 («новый компьютер»)	Персональный компьютер образца 2010 года: Центральный процессор AMD Athlon II X3 425 2,7 ГГц Блок питания Power Vox PB 400W мощностью 400 Вт
	Монитор LG Flatron W2253S: Год выпуска – 2010
Рабочее место №2 («старый компьютер»)	Персональный компьютер образца 2004 года: Центральный процессор Intel Celeron 2,4 ГГц. Блок питания SPARKMAN SM-250W мощностью 250 Вт
	Монитор Samsung 763DFX: Год выпуска – 2003
Рабочее место №3 («новый компьютер с ИБП»)	Персональный компьютер образца 2010 года: Центральный процессор AMD Athlon II X3 425 2,7 ГГц, Блок питания Power Man IPS 450T7 – 0 мощностью 450 Вт.
	Монитор LG Flatron E2441: Год выпуска – 2011
	Источник бесперебойного питания APC 500VA: Мощность 500 ВА (300 Вт).
Презентационный стенд	Ноутбук Dell Inspirion 2200 образца 2001 года: Центральный процессор Intel Pentium M 1,5 ГГц, Блок питания SPARKMAN SM – 250W мощностью 250 Вт
	Проектор ASK Impression A8+
	Источник бесперебойного питания Ippon smart power pro 1000: Мощность 1000 ВА

Продолжение таблицы 2.

Наименование	Состав электроприемников
Копировально-множительная оргтехника	МФУ Kyocera TASKAlfa 180: максимальный выходной ток блока питания 5,1 А.
	Принтер цветной лазерный: Модель – Samsung CLP 320; Год выпуска – 2011; Максимальный входной ток блока питания 2,5 А.
	Принтер ч/б лазерный: Модель – Hewlett – Packard P1102; Год выпуска – 2010; Максимальный входной ток блока питания 2,5 А.
СВЧ-печь	Модель – Samsung MW73VR: максимальная потребляемая мощность 1150 Вт; максимальная мощность микроволнового излучения – 800 Вт
Кондиционер оконный	Модель – Samsung AW 05 MDYEB: Выдаваемая мощность при охлаждении – 1520 Вт; Потребляемая мощность при охлаждении – 580 Вт

Необходимое количество наблюдений (n) определяется заданной допустимой ошибкой ($m_{\text{доп}}$) и отношением «максимальной» ошибки к средней квадратической ошибке – (t), устанавливаемой в зависимости от требуемой достоверности, что действительная ошибка не превзойдет «максимальную». При нормальном распределении вероятность того, что действительная ошибка не превышает среднюю абсолютную ошибку, составляет 0,954 при $t = 2$; 0,997 при $t = 3$. Необходимое количество наблюдений определяется по формуле:

$$n = \left(\frac{t \cdot \sigma_x}{m_{\text{доп}}} \right)^2, \quad (5)$$

где σ_x – среднее квадратическое отклонение.

В табл. 3 представлено необходимое количество выборки исследуемых электроприемников для получения погрешности расчетов менее 5 %.

Таблица 3.

Необходимое количество выборки исследуемых электроприемников

Наименование электроприемника	среднее квадратическое отклонение σ_x , о.е.	Погрешность расчета, %	Необходимое количество выборки, шт.
Рабочее место №1	0,0333	5	4
Рабочее место №2	0,01667	5	1
Рабочее место №3	0,01667	5	1
МФУ копир/принтер	0,1	5	36

IV. Экспериментальные данные

Анализ электропотребления офисной техники проведен анализатором качества электроэнергии Fluke 434 путем ряда замеров. Относительная погрешность измерения от $\pm 0,1\%$ до $\pm 1\%$, в зависимости от измеряемого показателя.

Результаты замеров приведены в табл. 4.

Таблица 4.
Результаты анализа рассматриваемой офисной техники

Наименование оборудования		Средний режим работы					Максимальный режим работы				
		$P_{\text{ном}}$, кВт	$P_{\text{факт}}$, кВт	K_3	$K_{\text{в}}$	$K_{\text{и}}$	$P_{\text{ном}}$, кВт	$P_{\text{факт}}$, кВт	K_3	$K_{\text{в}}$	$K_{\text{и}}$
Рабочее место №1	Компьютер	0,4	0,12	0,273	2ч/8ч= 0,25	0,07	0,4	0,22	0,5	6ч/8ч= 0,75	0,38
	Монитор	0,04					0,04				
Итого:		0,44	0,12	0,273	0,25	0,07	0,44	0,22	0,5	0,75	0,38
Рабочее место №2	Компьютер	0,25	0,12	0,363	2ч/8ч= 0,25	0,09	0,25	0,17	0,514	6ч/8ч= 0,75	0,39
	Монитор	0,081					0,081				
Итого:		0,331	0,12	0,363	0,25	0,22	0,331	0,17	0,514	0,75	0,39
Рабочее место №3 (с ИБП)	Компьютер	0,45	0,13	0,274	2ч/8ч= 0,25	0,07	0,45	0,17	0,358	6ч/8ч= 0,75	0,27
	Монитор	0,025					0,025				
Итого:		0,475	0,13	0,274	0,25	0,07	0,475	0,17	0,358	0,75	0,27
Презентационный стенд	Ноутбук	0,25	0,26	0,52	2ч/8ч= 0,25	0,13	0,25	0,26	0,52	6ч/8ч= 0,75	0,39
	Проектор	0,25					0,25				
Итого:		0,5	0,26	0,52	0,25	0,13	0,5	0,26	0,52	0,75	0,39
МФУ копир/принтер		0,424	0,47 печать	1,11	1ч/8ч= 0,125	0,14	0,424	0,92 копирование	2,17	1ч/8ч= 0,125	0,27
Принтер цветной лазерный		0,35	0,83 разогрев	2,37	1ч/8ч= 0,125	0,3	-	-	-	-	-
Принтер ч/б лазерный		0,36	0,5 разогрев	1,39	1ч/8ч= 0,125	0,17	0,36	0,35 печать	0,97	1ч/8ч= 0,125	0,12
СВЧ-печь		1,150	1,25	1,09	1ч/8ч= 0,125	0,14	-	-	-	-	-
Кондиционер		-	-	-	-	-	0,58	0,54 тах охлаждение	0,93	4ч/8ч= 0,5	0,47

Необходимо отметить, для рассматриваемых рабочих мест были исследованы средний и максимальный режимы работы, в зависимости от загрузки оборудования. Величины коэффициентов включения для различных режимов были приняты на основе анализа режимов работы оборудования. В табл. 5 приведено сравнение коэффициента использования мощности ($K_{и}$) современной офисной техники и данные $K_{и}$ из справочной литературы [5-10].

Таблица 5.

Коэффициенты использования мощности ($K_{и}$) офисной техники

Наименование оборудования	Средний режим работы	Максимальный режим работы	$K_{и}$ из справочной литературы [1], [11] *
	$K_{и}$	$K_{и}$	
Компьютер	0,07 - 0,09	0,27 - 0,39	0,4
МФУ	0,14 (режим печати)	0,27 (режим копирования)	-
СВЧ-печь	0,14	0,14	-
Мультимедийная система (ноутбук + проектор)	0,13	0,39	0,4
Принтер цветной лазерный	0,3 (режим разогрева)	0,3 (режим печати)	-
Принтер ч/б лазерный	0,36 (режим разогрева)	0,12 (режим печати)	-
Кондиционер	0,47	0,47	0,7

* Примечание: «-», говорит о том, что данные в справочной литературе по рассматриваемому оборудованию отсутствуют.

V. Выводы

Коэффициенты использования, имеющиеся в технической литературе [1, 11], отличаются от полученных $K_{и}$ при исследовании. Величина реальных коэффициентов использования ориентировочно в два раза меньше, чем в распространенные ныне методиках энергоаудита и нормирования потребления электроэнергии [1, 11]. Завышенная величина коэффициента использования приводит к завышению нормативной величины электропотребления в 1,2-1,5 раза.

© Терентьев П.В., 2018

© Филатов Д.А., 2018

© Браташов Д.Ю., 2018

Библиографический список

- [1] Вагин Г.Я., Дудникова Л.В., Зенютич Е.А., Лоскутов А.Б., Солнцев Е.Б. Методика проведения энергетических обследований (энергоаудита) образовательных учреждений. Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2009. – 188 с.
- [2] Карпов Ф.Ф. Расчет городских распределительных электрических сетей. М.: Энергия, 1968. – 224 с.
- [3] Наумов А.Л. Энергоэффективность инженерного оборудования // ЭСКО. 2013. № 5. С. 22-25.
- [4] Солнцев Е.Б., Терентьев П.В., Шешотова Н.В. Определение характеристик закона распределения коэффициента использования // Актуальные проблемы электроэнергетики: материалы научно-технической конференции, НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Н. Новгород, 2013. С. 47-52.
- [5] Бугров С.А. Исследование электропотребления и разработка методов нормирования и повышения эффективности использования электроэнергии в образовательных учреждениях: автореф. дис. канд. техн. наук., НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Н. Новгород, 2011. – 19 с.
- [6] Лоскутов А.Б., Солнцев Е.Б., Петрицкий С.А., Терентьев П.В. Методика интегральной оценки уровня энергоэффективности непромышленных объектов // Инженерный вестник Дона. 2014. № 3 (30). С. 11.
- [7] Вагин Г.Я., Лоскутов А.Б., Севостьянов А.А. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике. Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2004. – 214 с.
- [8] ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
- [9] Терентьев П. В. Исследование качества и повышение эффективности использования электроэнергии в электротехнических комплексах служебных и жилых зданий: автореф. дисс. канд. техн. наук., НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Н. Новгород, 2014. – 19 с.
- [10] Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. М.: Высшая школа, 1996. – 752 с.
- [11] Методические указания по нормированию потребления тепловой и электрической энергии в учреждениях и организациях министерств образования, культуры, здравоохранения, торговли, труда и социальной защиты. Разработано специалистами научно-исследовательского и проектного республиканского унитарного предприятия «БЕЛТЭИ»; производственного республиканского унитарного предприятия «Белэнергосбережение», Минск, 2003. – 82 с.

P.V. Terentiev, D.A. Filatov, D.U. Bratashov

**IMPROVEMENT OF POWER CAPACITY
UTILIZATION FACTOR OF NON INDUSTRIAL OBJECTS
ELECTRIC EQUIPMENT**

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy,
Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. One way to assess the energy efficiency of electrical systems is to compare actual annual electricity consumption with a standard value. In the calculation of the annual regulatory energy consumption is the utilization of power consumers. Currently, for a number of modern and common samples of electrical equipment information on the utilization rate is missing. The article is devoted to the definition of power capacity utilization factor for modern office equipment. For three workplaces equipped with office equipment, studies of the average and maximum modes of operation were carried out. Fluke 434 power quality analyzers were used for the measurements. Assumptions about the normal law of the distribution of electrical energy consumption were adopted. It is established that the values of the utilization factors presented in the technical literature differ from the results of the study. The actual utilization factors turned out to be 2 times less than the standard values, which indicates an overestimation of the standard value of power consumption.

Keywords: energy efficiency, normal distribution law, power consumption, rationing, power capacity utilization factor.

References

- [1] G.Ya. Vagin, L.V. Dudnikova, E.A. Zenyutich, A.B. Loskutov and E.B. Solntsev, Methodology for conducting energy audits (energy audit) of educational institutions. N. Novgorod: NNSTU, 2009.
- [2] F.F. Karpov, Calculation of urban electrical distribution networks. Moscow: Energy, 1968.
- [3] A.L. Naumov. Energy efficiency engineering equipment // ESCO, vol. 5, pp. 22-25, 2013.
- [4] E.B. Solntsev, P.V. Terentyev and N.V. Sheshotova. Characterization of the law of distribution of the utilization coefficient // in proc. Actual problems of electric power industry, NNSTU, N. Novgorod, 2013, pp. 47-52.
- [5] S.A. Bugrov, The study of electricity consumption and the development of methods for rationing and improving the efficiency of electricity use in educational institutions // Cand. S. thesis, NNSTU, N. Novgorod, Russia, 2011.
- [6] A.B. Loskutov, E.B. Solntsev, S.A. Petritsky and P.V. Terentyev. Methods of integrated assessment of the energy efficiency level of non-industrial objects // Engineering journal of Don, vol. 3, no. 30, p. 11, 2014.

-
- [7] G.Ya. Vagin, A.B. Loskutov and A.A. Sevostyanov, *Electromagnetic compatibility in the power industry*. N. Novgorod: NNSTU, 2004.
 - [8] *Voltage Characteristics of Electricity Supplied by Public Electricity Networks*, EN 50160-2010 ed. 3.0, July 2010.
 - [9] P.V. Terentiev, *Study of the quality and increase of the efficiency of using electric power in electrical engineering complexes of office and residential buildings* // *Cand. of Tech. S. thesis*, NNSTU, N. Novgorod, 2014.
 - [10] L.A. Bessonov, *Theoretical foundations of electrical engineering*. Moscow: Higher School, 1996.
 - [11] *Guidelines for the rationing of the consumption of heat and electricity in institutions and organizations of the ministries of education, culture, health, trade, labor and social protection*. Developed by the specialists of the research and project republican unitary enterprise «BELTEI»; Production Republican Unitary Enterprise «Belenergosberezhenie», Minsk, 2003.