

# АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ УЧРЕЖДЕНИЕМ

А.А. Мегежекская  
Томский политехнический университет  
ЭНИН, ЭПП, группа 5АМ63

Одна из статей Федерального закона №261 направлена на вовлечение в процесс повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в целом и электрической энергии в частности – бюджетных учреждений. Цель – стабилизация во времени лимитов бюджетных средств, выделяемых на оплату потребленных энергоресурсов в условиях постоянно растущих тарифов. В связи с этим, важным становится вопрос точности прогнозирования потребления электрической энергии (ЭЭ) на сутки и на год вперед.

Прогнозирование потребления электроэнергии представляет собой сложную многопараметрическую задачу. Потребление ЭЭ зависит от многих факторов: типа дня (рабочий, выходной, праздничный), времени года, погодных условий (температура воздуха, облачность, осадки, туман и т.п.), времени суток и т.д. Зависимость потребления электроэнергии от каждого из этих параметров довольно сложна и не имеет однозначного формального описания. Это подтверждают изыскания других авторов, проводящих научные исследования в этом направлении [1, 2].

Для выявления значимости факторов, рассмотрим влияние среднесуточной температуры [3] и продолжительности светового дня [4] на потребление ЭЭ.

Для выявления зависимости между среднесуточной температурой, продолжительностью светового дня и потреблением построим графики, продифференцированные в зависимости от температуры и от получасовых интервалов времени. Исходные данные за декабрь 2014г. приведены на рисунках 1, 2.

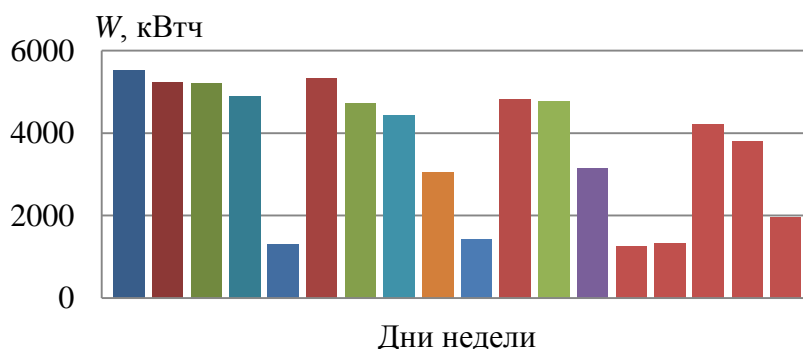


Рис. 1. Диапазон изменения температуры от  $-21^{\circ}\text{C}$  до  $-10^{\circ}\text{C}$

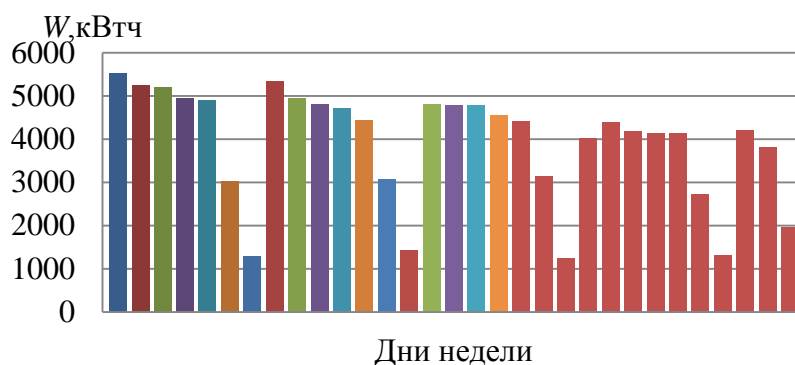


Рис. 2. Диапазон изменения продолжительности светового дня 7ч. 28 мин. до 6 ч. 54 мин.

Из графиков видно, что явной зависимости между среднесуточной температурой и потреблением ЭЭ нет, а между продолжительностью светового дня и потреблением ЭЭ видна незначительная зависимость. Ввиду незначительного изменения продолжительности светового дня в декабре 2014г. потребление ЭЭ не разбито по диапазонам времени, и мы видим, что для одинаковых дней недели потребления ЭЭ практически совпадают.

На втором этапе осуществим обработку данных по потреблению ЭЭ в зависимости от типа дня недели, так как присутствует явная зависимость от линейного учебного графика, что видно из рисунка 3.

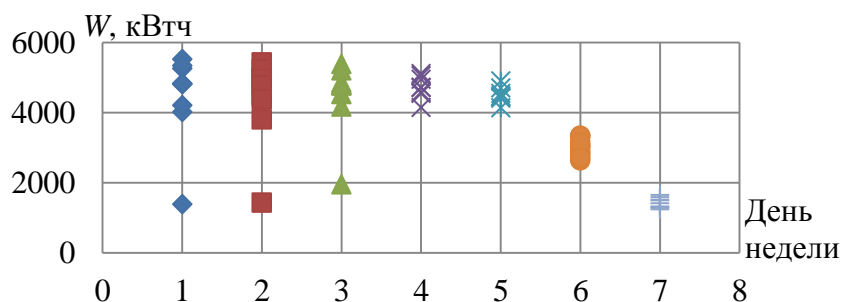


Рис. 3. Потребление ЭЭ по дням недели за ноябрь, декабрь 2014г.

Из графика можно заметить, что имеются отклонения по потреблению ЭЭ в понедельник, вторник и в среду, так как эти дни пришлись на праздники (03.11.2014г., 04.11.2014г., 31.11.2014г.). Потребление ЭЭ в эти дни практически совпадает с потреблением в воскресенье. Для того чтобы зависимость не искажалась, проведем обработку данных по критерию Шовене и отбросим промахи (отклонения) [5].

Пример обработки данных для понедельника. Посчитаем среднее потребление за все ПН:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{1380,33 + 4822,64 + \dots + 5336,37 + 4816,71 + 4200,01}{9} = 4460,8 \text{ кВтч,}$$

где  $x_i$  - потребление ЭЭ за  $i$ -ый понедельник, кВтч;  $n$  - количество понедельников за ноябрь, декабрь 2014г.

По рисунку видно, что аномальным потреблением за все ПН является потребление за 03.11.2014г. Тогда  $x_k = 1380,33$  кВтч.

Определим среднее квадратичное отклонение:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(1380,33 - 4460,8)^2 + \dots + (4200,11 - 4460,8)^2}{n-1}} = 1257,75 \text{ кВтч.}$$

Вычислим относительное отклонение случайной величины:

$$Z = \frac{|x_k - \bar{x}|}{S_x} = \frac{|1380,33 - 4460,8|}{1257,75} = 2,45.$$

При  $Z=2,45$   $M=34-36$ , так как  $M=34 > N=9$  потребление за 03.11.2014г. считается промахом и его можно исключить из данных. По остальным дням недели проведем аналогичную обработку данных. Далее определим долю потребления всех дней недели по отдельности от общего потребления. Пример приведен для ПН.

$$\sum W_{ПН} = 4822,64 + \dots + 4200,01 = 38766,91 \text{ кВтч,}$$

$$\sum W_{ПН\%} = \frac{\sum W_{ПН}}{W_{\Sigma 1}} \cdot 100\% = \frac{38766,91}{224356,42} \cdot 100\% = 17,28\%.$$

Табл. 1. Долевые и средние значения потребления ЭЭ по дням недели за ноябрь, декабрь 2014г.

	ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
$\sum W_{ПН}, \text{ кВтч}$	38766,91	38053,25	38459,26	37777,80	31584,99	26939,75	12774,46
$\sum W_{ПН\%}, \%$	17,28	16,96	17,14	16,84	14,08	12,01	5,69
	4845,86	4228,14	4807,41	4722,22	4512,14	2993,14	1419,38

Для повышения точности прогноза из дальнейших расчетов исключим «выпадающие» данные, приходящиеся на праздничные дни. А потребление ЭЭ в эти дни примем равным среднему потреблению в воскресный день 2014г –  $\bar{W}_{ВС} = 1419,38, \text{ кВтч.}$

$$W_{\Sigma 2} = W_{\Sigma 2} - 2 \cdot \bar{W}_{ВС} = 230756,55 - 2 \cdot 1419,38 = 227953,45 \text{ кВтч.}$$

Теперь определим суммарное потребление дней недели  $\sum W$ , предполагая, что они составляют от общего потребления за ноябрь, декабрь 2015г. столько же, сколько и дни недели за 2014 г.

$$\sum W_{ПН} = \frac{\sum W_{ПН\%} \cdot W_{\Sigma 2}}{100} = \frac{17,28 \cdot 227953,45}{100} = 39382,28 \text{ кВтч.}$$

Табл. 2. Спрогнозированные данные для ноября, декабря 2015г.

	ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
$\sum W_i, \text{ кВтч}$	39382,28	38657,3	39069,75	38377,47	32086,36	27367,38	12977,24
$\sum W_i\%, \%$	17,28	16,96	17,14	16,84	14,08	12,01	5,69
$\bar{W}, \text{ кВтч}$	4375,81	4832,16	4883,72	4797,18	4583,77	3420,92	1441,92

Теперь необходимо сопоставить прогнозные значения с действительными, определить погрешность отклонения действительных данных от прогноза. Для этого также обрабатываем данные за ноябрь, декабрь 2015г. по критерию Шовене.

Далее определим среднее потребление за дни недели с удалением промахов и погрешности отклонений действительных данных от прогноза.

Относительная погрешность потребления ЭЭ:

$$\delta = \frac{|\bar{W}_{\text{прог}} - \bar{W}_{\text{действ}}|}{\bar{W}_{\text{действ}}} \cdot 100\% = \frac{|4375,81 - 4671,55|}{4671,55} \cdot 100\% = 6,63\%.$$

Табл. 3. Погрешность отклонений данных

	ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
$\bar{W}_{\text{действ}}$ , кВтч	4671,55	4674,27	4650,47	4535,13	4463,04	2859,94	1350,51
$\bar{W}$ , кВтч	4375,81	4832,16	4883,72	4797,18	4583,77	3420,92	1441,92
$\delta$ , %	6,63	3,38	5,02	5,78	2,71	19,62	6,77

#### Заключение

Значительная погрешность в субботний день обусловлена нестабильным рабочим процессом корпуса: количеством пар в течение дня, занятость аудиторий и работой научно-исследовательских лабораторий. Для уменьшения ошибки прогноза в субботний день необходимо увеличить количество влияющих факторов.

Задача стабилизации во времени лимитов бюджетных средств, или, хотя бы уменьшение темпов роста объемов платежей за электрическую энергию напрямую связана с подходами, используемыми при прогнозировании объемов потребления ЭЭ на краткосрочную перспективу.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Е. А. Шутов, Д. Е. Бабинович, Т. Н. Кирилова, Т. Е. Турукина. Роль прогнозирования в энергоэффективности предприятий // Энергобезопасность и энергосбережение. - 2012. - №. 6. - С. 27-33
2. Розен В.П., Ткаченко В.Ф. Энергетический мониторинг высших учебных зданий // Проблемы региональной энергетики.- 2013. - №22.- С. 22
3. Gismeteo [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.gismeteo.ru/diary/4652/2014/12/>, - свободный.- Загл. с экрана.
4. Dateandtime.info [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.dateandtime.info/ru/citysunrisesunset.php?id=1489425&month=12&year=2014>, - свободный.- Загл. с экрана.
5. Савчук В.П. Обработка результатов измерений. Физическая лаборатория. Ч1: Учеб. пособие для студентов вузов. - Одесса: ОНПУ, 2002. – 54 с.

Научный руководитель: Г. Н. Климова, к.т.н., доцент, каф. ЭПЭ ЭНИН ТПУ.