

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ  
БЫТОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЧАСТНОГО ЖИЛОГО ФОНДА****Д. И. Веремева, В. В. Павлов***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Д. И. Зализный

*Разработана методика имитационного моделирования суточных графиков электропотребления бытовых потребителей в частных жилых домах на основе логических рассуждений (эвристического анализа) и метода Монте-Карло. Полученные графики могут быть использованы для уточнения соответствующих типовых графиков электропотребления.*

**Ключевые слова:** электропотребление, график нагрузки, электроприемник, бытовой, частный дом

В Республике Беларусь в связи с вводом Белорусской атомной электростанции, поставлена задача увеличения процента использования электроэнергии для нужд потребителей в сельской местности. При этом возникает вопрос о возможности электрической сети обеспечить необходимую пропускную способность для осуществления снабжения потребителей электроэнергией в необходимом количестве и качестве. Для оценки пропускной способности линий электропередачи нужны типовые графики нагрузки потребителей, которые могут быть получены следующими способами:

- с помощью автоматических систем контроля и учета электроэнергии (АС-КУЭ);
- логическими рассуждениями (эвристически) о работе отдельных электроприемников (ЭП).

Целью работы является составление ожидаемых графиков нагрузки потребителей частного жилого фонда с помощью логических рассуждений, для дальнейшей оценки пропускной способности электрической сети.

Ожидаемые графики нагрузки должны представлять собой суточные профили активной мощности с интервалами  $P_i$ , в каждом из которых определены значения математического ожидания  $M(P_i)$  и среднеквадратического отклонения мощности  $\sigma(P_i)$ :

$$P_i = M(P_i) \pm \sigma(P_i). \quad (1)$$

В процессе исследований вначале были выбраны характерные ЭП для последующего формирования ожидаемого графика нагрузки: холодильник, внутреннее освещение, телевизор, утюг и т. д.. Для каждого типа ЭП на основе справочных данных определялся диапазон номинальных мощностей, а в качестве математического ожидания принимались значения номинальной мощности наиболее востребованной у потребителей марки ЭП. Если диапазон отклонения мощностей превышал 1 кВт, то за математическое ожидание считалось равным среднеарифметическому значению диапазона.

Значения  $\sigma(P_i)$  определялись в соответствии с правилом «трех сигм» [2]:

$$\sigma(P_i) = \frac{\Delta P_{\text{ном}}}{3}, \quad (2)$$

где  $\Delta P_{\text{ном}}$  – максимальное отклонение номинальной мощности ЭП рассматриваемого типа от математического ожидания номинальной мощности этого ЭП.

Результаты расчетов для некоторых ЭП приведены в таблице.

#### Ожидаемые мощности бытовых приемников электрической энергии

Наименование ЭП	Диапазон мощностей, кВт	Математическое ожидание, кВт	Отклонение мощности, кВт	СКО, кВт
Телевизор	0,05–0,19	0,12	$\pm 0,07$	0,02
Внутреннее освещение	0,09–0,15	0,12	$\pm 0,03$	0,01
Холодильник	0,1–0,2	0,15	$\pm 0,05$	0,0167
Утюг	2–3	2,5	$\pm 0,5$	0,17

Далее на основании логических рассуждений были сформированы суточные графики потребления каждого ЭП для летнего и зимнего периода, а также для рабочих и выходных дней. Так, например, очевидно, что график нагрузки холодильника будет циклическим. Принято считать, что компрессорная установка в зимнее время включается 4 раза в ч. Тогда длительность одного цикла работы холодильника составит около 5,6 мин, а время его паузы будет около 9,4 мин.

Внутреннее освещение помещений жилого дома, а также телевизор, в рабочие дни, в основном, интенсивно эксплуатируются ранним утром приблизительно с 6:40 до 7:40 и вечером с 18:00 до 22:00.

Циклы включения утюга кратковременные и в рабочие дни его интенсивная эксплуатация будет иметь место утром с 7:00 до 7:15.

На рис. 1 показан пример полученного типового графика электропотребления для внутреннего освещения в зимний период в рабочий день.

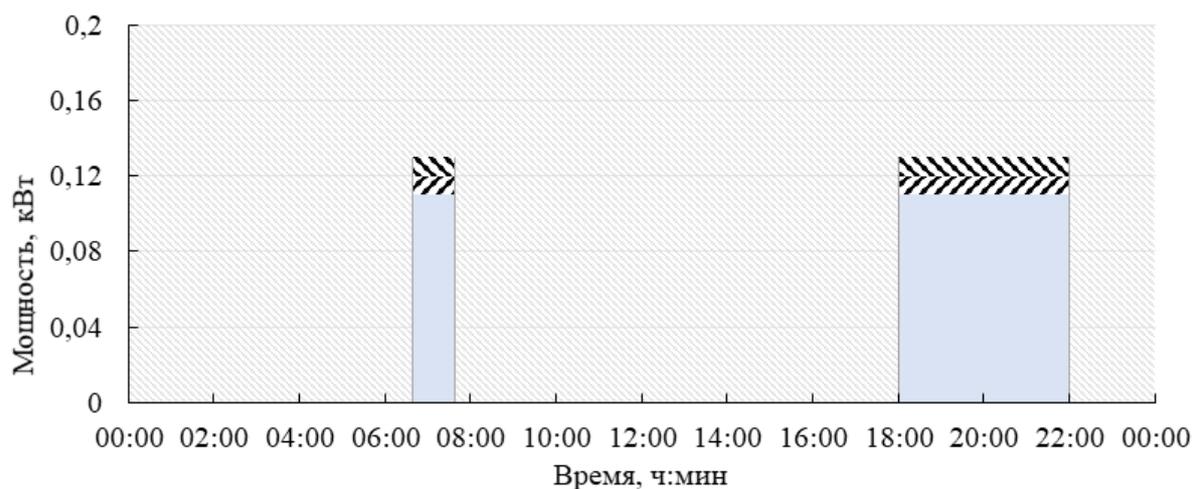


Рис. 1. Теоретически ожидаемый график потребления электроприемника «Освещение»

Для формирования суммарного суточного графика электропотребления был использован известный из математической статистики метод Монте-Карло [2]. При

каждом применении этого метода выполняется так называемый статистический розыгрыш на основе генератора случайных чисел и выражения (1).

Имитационная модель, которая вычисляет результат с учетом выбранных параметров, реализована в программе Excel. Был принят нормальный закон распределения, предполагающий, что вероятность выпадения значений постепенно падает с удалением от среднего [2].

На рис. 2 приведены два варианта статистических розыгрышей ожидаемых суточных графиков нагрузки для зимнего периода в рабочий день.

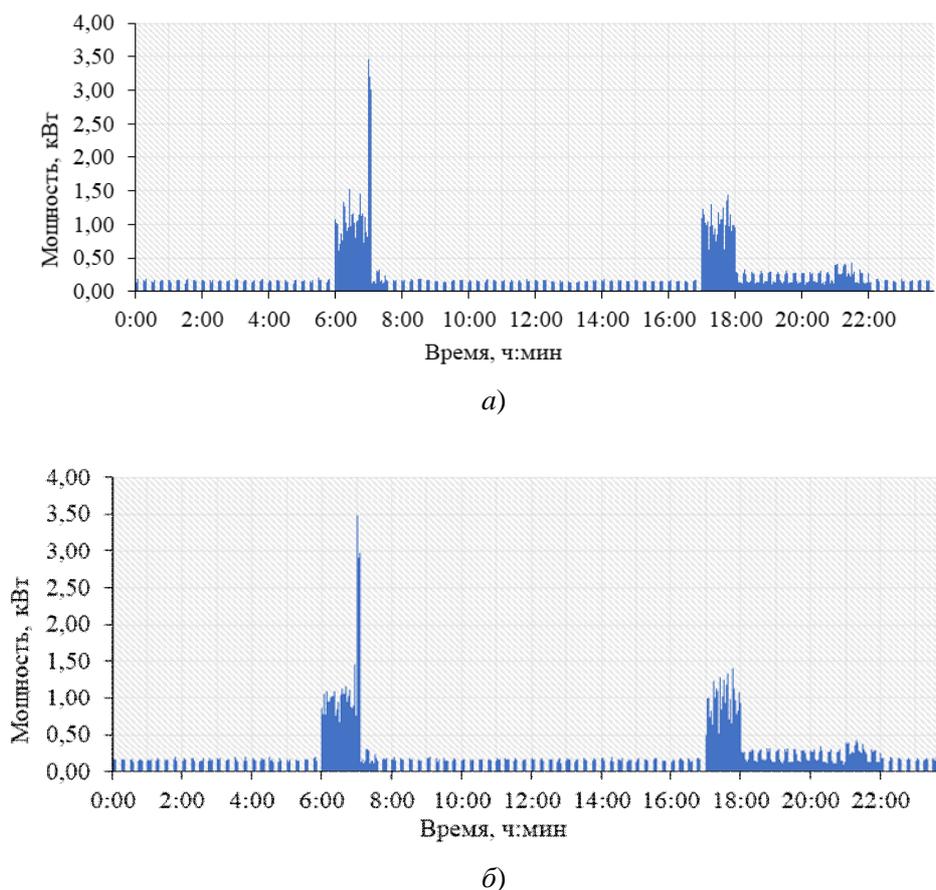


Рис. 2. Статистические розыгрыши суточных графиков электропотребления

Полученные графики носят субъективный характер, но дают достаточно логичные и наглядные примеры значений электропотребления в разные часы суток. На графиках видны пики нагрузки в утренние и вечерние часы. Периодически имеются всплески электропотребления, характерные для таких мощных ЭП, как утюг.

Дальнейшая задача исследований: использовать полученные графики в дополнение к графикам, формируемым на основе данных АСКУЭ, с целью получения максимально адекватных типовых графиков электропотребления бытовых потребителей в частных жилых домах.

#### Л и т е р а т у р а

1. Калинина, В. М. Математическая статистика : учебник / В. М. Калинина, В. Ф. Панкин – М. : Дрофа, 2002. – 336 с.
2. Закс, Л. Статистическое оценивание / Л. Закс. – М. : Статистика, 1976. – 598 с.