

АНАЛИЗ СТИМУЛИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ УПЛОТНЕНИЯ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОМ СЕКТОРЕ

Е.П. Забелло, докт. техн. наук, профессор, В.А. Дайнеко, канд. техн. наук, доцент, В. Г. Булах, магистрант (БГАТУ)

Аннотация

Рассмотрены вопросы формирования электрических нагрузок в коммунально-бытовом секторе с применением дифференцированных тарифов для разных групп потребителей. В результате проведенных обосновывающих расчетов сформулированы условия, при которых эти тарифы могут быть эффективным регулятором нагрузок. Проанализированы причины низкой востребованности введенных в коммунально-бытовом секторе тарифов на электроэнергию, среди которых невысокий объем электропотребления в среднем на одного абонента и льготирование платы за нее.

The problem of forming the electric loads with differentiated tariffs used for different groups of consumers in municipal economy was covered. As a result, due to calculations the conditions were performed, according to which these tariffs can be used as an efficient regulator of the loads. The reasons of the low use of tariffs that were in municipal economy were analyzed, amongst which low volume of consumption of electricity and granting preferential terms for it.

Введение

Уплотнение графиков электрических нагрузок во всех секторах энергопотребления, в том числе и в коммунально-бытовом, является одним из эффективных мероприятий, позволяющих не только экономить капиталовложения при сооружении генерирующих источников, но и снижать расходы топлива этими источниками при более ровном графике нагрузки.

Факторами, стимулирующими уплотнение электрических нагрузок, являются дифференцированные тарифы, величины которых призваны служить своеобразными сигналами: уменьшить/увеличить нагрузки или сохранить их неизменными на некотором временном интервале. Так, введенная дифференциация тарифов для населения существенная: тарифы для зон максимальных нагрузок в 2,86 раза больше тарифов, установленных для зон нагрузок минимальных [1].

По этой причине тарифное меню постоянно совершенствуется, в том числе затрагивая и коммунально-бытовой сектор, потребление электроэнергии в котором достигает 20% от суммарного по стране [2].

Основная часть

Рассмотрим основное условие, которое гласит: при одной и той же форме суточного графика нагрузки бытового потребления, плата по одноставочному и дифференцированному тарифу по зонам суток должна быть одинаковой.

Это положение является понятным и обоснованным, потому что в ином случае большинство потребителей изначально выберет тот тариф, по которому платежи наименьшие. Не исключено, что найдутся и такие потребители, которые будут рассчитывать на

существенное снижение объема электропотребления в пиковые часы, в результате чего не только компенсируют разницу в оплате за электропотребление по изначальному графику нагрузки, но и получают некоторый эффект в результате глубокого регулирования нагрузок. Однако подобная ситуация в жилищно-коммунальном секторе, судя по фактическим графикам нагрузки, имеет низкую вероятность.

Рассчитаем размер платы Π_{Σ} за электропотребление для потребителей, проживающих в жилых домах (квартирах), оборудованных электрическими плитами, в течение суток и объема электропотребления: $W_{\text{сут}} = 24$ кВт·ч. Для проведения расчета составим предварительно следующее балансовое уравнение:

$$\Pi_{\Sigma} = P_{\min} \cdot t_{\min} \cdot T_{\min} + P_{\max} \cdot t_{\max} \cdot T_{\max}, \quad (1)$$

где P_{\min}, P_{\max} – средние значения мощности, потребляемой в часы минимальных (t_{\min}) и максимальных (t_{\max}) нагрузок, кВт;

T_{\min}, T_{\max} – тарифы на электроэнергию в часы минимальных и максимальных нагрузок, руб/кВт·ч.

Согласно Постановлению [1], дифференцированный тариф на электроэнергию для данной категории потребителей в период минимальных нагрузок (с 22.00 до 17.00) – 115,2 руб/кВт·ч, максимальных нагрузок (с 17.00 до 22.00) – 329,2 руб/кВт·ч.

Так как значения $T_{\min}, T_{\max}, t_{\min}, t_{\max}$ заданы, то можем записать:

$$\begin{aligned} P_{\Sigma} &= P_{\min} \cdot 19 \cdot 115,2 + P_{\max} \cdot 5 \cdot 329,2 = \\ &= 2188,8P_{\min} + 1646P_{\max}. \end{aligned} \quad (2)$$

При $P_{\min} = P_{\max}$, т.е. при работе по ровному графику нагрузок, среднечасовая мощность P составит величину:

$$P = \frac{W_{\text{сум}}}{24} = 1 \text{ кВт}, \quad (3)$$

а плата P_{Σ} будет равна

$$P_{\Sigma} = P_{\text{от}} = 2188,8 + 1646 = 3834,8 \text{ руб},$$

где $P_{\text{от}}$ – плата по одноставочному тарифу, руб.

Таблица 1. Варианты форм графиков нагрузки и размер платы по тарифу, дифференцированному по зонам суток ($P_{\text{ДТ}}$)

| Показатель | Вариант | | | | |
|-----------------------|---------|---------|--------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| P_{\max} , кВт | 0,7 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,5 |
| P_{\min} , кВт | 1,079 | 1,026 | 1,0 | 0,974 | 0,868 |
| $P_{\text{ДТ}}$, руб | 3514,96 | 3728,45 | 3834,8 | 3942,49 | 4368,87 |

В табл. 1 приведем значения максимальной мощности и размер платы за электропотребление по пяти вариантам графиков электрических нагрузок.

Таблица 1 получена расчетным путем, т. е. задаваясь значениями P_{\max} и используя равенство (1), рассчитываются значения P_{\min}

$$W_{\text{сум}} = P_{\min} \cdot t_{\min} + P_{\max} \cdot t_{\max}, \quad (4)$$

откуда

$$\begin{aligned} P_{\min} &= \frac{W_{\text{сум}} - P_{\max} \cdot t_{\max}}{t_{\min}} = \frac{24 - P_{\max} \cdot 5}{19} = \\ &= 1,263 - 0,263P_{\max}, \end{aligned} \quad (5)$$

на основании чего строим зависимость платы за электропотребление по дифференцированному по зонам суток и одноставочному тарифам.

На рис. 1 приведена прямая изменения платы $P_{\text{ДТ}}$ по дифференцированному тарифу и прямая линия, параллельная оси абсцисс, отражающая постоянную величину платы по одноставочному тарифу $P_{\text{от}}$. Равновеликость платы достигается при $P_{\max} \approx 1,1$ кВт.

Рассчитаем его точное значение, т.е. определим координаты точки А на рис. 1, находящейся на пересечении зависимостей $P_{\text{ДТ}} = f(P_{\max})$ и $P_{\text{от}} = \text{const}$. Для этого преобразуем уравнение (2) к следующему виду:

$$P_{\text{ДТ}} = P_{\text{от}} = 1646P_{\max} + 2188,8P_{\min}, \quad (6)$$

где

$$P_{\text{от}} = T_{\text{от}} \cdot W_{\text{сум}} = 164,6 \cdot 24 = 3950 \text{ руб}, \quad (7)$$

где $T_{\text{от}}$ – одноставочный тариф на электроэнергию, руб/кВт·ч, который для потребителей, проживающих в жилых домах (квартирах), оборудованных электрическими плитами, составляет 164,6 руб/кВт·ч [1].

Согласно формулам (6) и (7), получим

$$P_{\min} = \frac{3950 - 1646P_{\max}}{2188,8} = 1,8 - 0,75P_{\max}. \quad (8)$$

Приравнивая значения P_{\min} , полученные в формулах (8) и (5), будем иметь

$$1,8 - 0,75P_{\max} = 1,263 - 0,263P_{\max},$$

$$0,487P_{\max} = 0,537,$$

$$P_{\max} = 1,102 \text{ кВт},$$

откуда согласно формуле (8)

$$P_{\min} = 0,974 \text{ кВт},$$

$$\frac{P_{\max}}{P_{\min}} = \frac{1,102}{0,974} = 1,13.$$

$$P_{\min} = 0,974$$

Таким образом, равенство платы за электроэнергию в течение рабочего дня при использовании одноставочного и дифференцированного тарифа в жилых домах (квартирах), оборудованных электрическими плитами, достигается в случае, когда усредненная на пятичасовом интервале потребляемая мощность (с 17.00 до 22.00) на 11,3% выше мощности, усредненной на 19-ти часовом интервале (с 22.00 до 17.00).

Так как согласно Постановлению [1], для расчетов за электрическую энергию по дифференцированным тарифам в выходные и праздничные дни применяются тарифы, установленные на период минимальных нагрузок, то появляется возможность при переходе на двухзонный тариф снижения платы за электропотребление не только путем переноса нагрузок из пиковой в непиковую зону в течение рабочего дня,

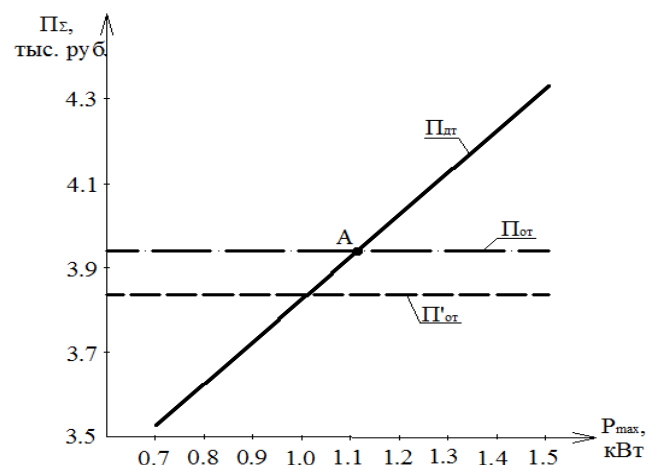


Рисунок 1. Зависимость платы за электропотребление по двум вариантам тарифных ставок (рабочие дни, бытовой сектор)

но и переноса их по возможности на выходные и праздничные дни (например, стирка).

Рассмотрим в связи с этим варианты расчетов платы за электропотребление для потребителей, проживающих в жилых домах (квартирах), оборудованных электрическими плитами, а также потребителей, не использующих электроэнергию при отоплении и горячем водоснабжении с присоединенной мощностью оборудования более 5 кВт, исходя из суммарного электропотребления $W=130$ кВт·ч в месяц, что близко к среднемесячному потреблению на одну квартиру в целом по республике [2].

Для составления табл. 2 использовались данные по тарифным ставкам, приведенные в [1], а также расчетные формулы (1), (2), (4) и (5).

Таблица 2. Варианты форм графиков нагрузки и размер платы по тарифам, дифференцированным и не дифференцированным по зонам суток для потребителей, использующих (вариант 1) и не использующих (вариант 2) электроплиты

| Показатель | Численные значения (варианты) | | | | | |
|---------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| $\frac{P_{max}}{P_{min}}$ | 0,9 | 1,0 | 1,24 | 1,5 | 2,0 | |
| P_{max} , кВт | 0,165 | 0,18 | 0,217 | 0,253 | 0,318 | |
| P_{min} , кВт | 0,183 | 0,18 | 0,174 | 0,169 | 0,159 | |
| $P_{дт}$, руб | вар. 1 | 18502 | 18782 | 19572 | 20400 | 21825 |
| | вар. 2 | 21791 | 22120 | 23050 | 24024 | 25703 |
| $P_{от}$, руб | вар. 1 | 21398 | | | | |
| | вар. 2 | 25194 | | | | |

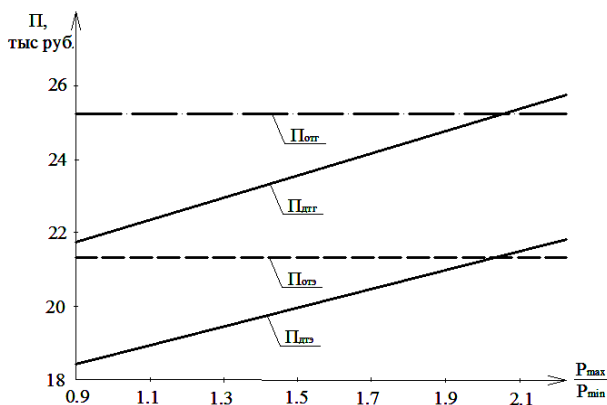


Рисунок 2. Зависимость платы за электропотребление по двум вариантам тарифных ставок в течение месяца с учетом выходных и праздничных дней

Как видно из табл. 2 и рис. 2, разница в плате за электропотребление при его среднемесячной величине, равной 130 кВт·ч, во всех вариантах незначительна. Например, даже в случае, когда потребитель, использующий электроплиту, перенесет из пиковой в

непиковую зону половину нагрузки (т.е. снизит отношение $\frac{P_{max}}{P_{min}}$ с 2 до 1), он обеспечит снижение платы за электропотребление в течение месяца на сле-

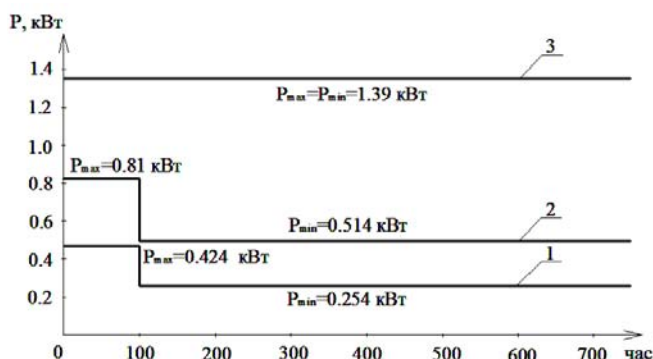


Рисунок 3. Графики нагрузок по продолжительности на месячном интервале: 1 - при $W_{мес}=200$ кВт·ч; 2 - при $W_{мес}=400$ кВт·ч; 3 - при $W_{мес}=1000$ кВт·ч

дующую величину:

$$\Delta P = P_{дт5} - P_{дт2} = 21825 - 18782 = 3043 \text{ руб,}$$

где $P_{дт5}$ и $P_{дт2}$ - соответственно плата за электропотребление для варианта нагрузки 5 и 2, руб.

Подобный итог обусловлен тем, что до настоящего времени тарифы на электроэнергию в коммунально-бытовом секторе льготируются, а объем электропотребления в среднем на одну квартиру невысокий, и в результате дифференцированный тариф на электроэнергию для бытовых потребителей на 2011 г. практически не востребован.

Однако необходимо учитывать электропотребление населением при объемах, превышающих среднюю величину (130 кВт·ч в месяц) и составляющих соответственно 200, 400 и 1000 кВт·ч при графиках нагрузок по продолжительности, представленных на рис. 3.

По всем трем данным вариантам расчет платы (табл. 3) произведен без учета применения электроэнергии для нужд отопления и горячего водоснабжения, где тариф только в период минимальных нагрузок равен одноставочному, в остальной период (с 6.00 до 23.00) он составляет величину 581,4 руб/кВт·ч, что фактически накладывает запрет на применение электроэнергии для нужд отопления и горячего водоснабжения.

На основании результатов расчетов в табл. 3, представим зависимость платы за потребленную электроэнергию и сжиженный газ от месячного объема энергопотребления населением.

Как видно из табл. 3 и рис. 4, только в варианте, когда месячный объем электропотребления составляет до 1000 кВт·ч, переход на дифференцированный тариф приносит существенную выгоду, даже без проведения регулирования, имея следующие величины:

$$\Delta P_{эл} = P_{отэл} - P_{отэл} = 164600 - 144731 = 19869 \text{ руб,}$$

$$\Delta P_{г} = P_{отг} - P_{дтг} = 193800 - 170462 = 23338 \text{ руб.}$$

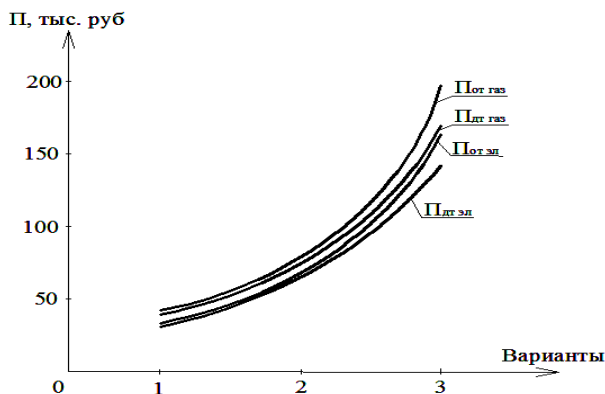


Рисунок 4. Зависимости платы за потребленную электроэнергию (при использовании сжиженного газа) от месячного объема энергопотребления населением

Заключение

1. Установленные на 2011 г. тарифы на электрическую энергию для населения, дифференцированные по временным периодам, пока не могут служить в силу изложенных в статье причин косвенным регулятором электрических нагрузок.

2. Объективным фактором, способствующим изменению ситуации, является положительная динамика роста тарифов на электроэнергию и роста объемов электропотребления в коммунальном секторе. Субъективным фактором является пересмотр соотношений тарифов по зонам путем более существенного увеличения тарифов для пиковых зон нагрузок.

Таблица 3. Результаты вариантных расчетов платы за электропотребление населением по двум вариантам тарифа на месячном расчетном интервале

| Показатель | Ед. изм. | Вариант | | |
|----------------------|----------|---------|-------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| $W_{мес}$ | кВт·ч | 200 | 400 | 1000 |
| W_{max} | % | 21,2 | 20,3 | 13,8 |
| | кВт·ч | 42,4 | 81,3 | 138 |
| W_{min} | % | 78,8 | 79,7 | 86,2 |
| | кВт·ч | 157,6 | 318,7 | 862 |
| P_{max} | кВт | 0,424 | 0,81 | 1,39 |
| P_{min} | кВт | 0,254 | 0,514 | 1,39 |
| $P_{отэл}$ (эл. эн.) | руб | 32920 | 65840 | 164600 |
| $P_{отг}$ (газ) | руб | 38760 | 77520 | 193800 |
| $P_{дгэл}$ (эл. эн.) | руб | 32113 | 63478 | 144731 |
| $P_{дгг}$ (газ) | руб | 37820 | 74759 | 170462 |

ЛИТЕРАТУРА

1. Об установлении для населения тарифов на услуги по техническому обслуживанию жилых домов, цен и тарифов на коммунальные услуги и некоторых мерах по упорядочению расчетов за эти услуги: Пост. Совета Министров Респ. Беларусь от 4 февраля 2011 г., №138.

2. Забелло, Е.П. Автоматизация учета электроэнергии в бытовом секторе – не просто технический прогресс/ Е.П. Забелло, А.И. Сульжиц, А.М. Сульжиц// Энергетика и ТЭК, 2009. – № 7, 8. – С. 52-59.

Ботводробитель

Предназначен для предуборочного удаления ботвы картофеля, ее измельчения и разбрасывания по полю.



Основные технические данные

| | | |
|----------------------------------|-------------------|----------------|
| Габаритные размеры | мм | 1740x1100x1050 |
| Ширина захвата | м | 1,4 |
| Масса | кг | 228 |
| Рабочая скорость | км/ч | 6-10 |
| Частота вращения рабочего органа | мин ⁻¹ | 2200 |

Данная конструкция позволяет повысить полноту уборки картофельной ботвы обеспечением копирования поверхности картофельной грядки.

Изношенные или разрушенные режущие элементы могут быть быстро изготовлены и заменены даже в полевых условиях

По сравнению с аналогами материалоемкость процесса снижается в среднем на 22-27%, энергоемкость – на 13,3%