

А. В. ВИНОГРАДОВ, Н. Н. ЧЕРНЫХ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПОСЕЛЕНИЙ

***Ключевые слова:** потребление электроэнергии, прогноз, поселения, электроснабжение, электрической нагрузки поселений.*

***Аннотация.** Проектирование электроснабжения любого объекта начинается с определения электрических нагрузок. Это относится и к электроснабжению населенных пунктов.*

Регламентируемая нормативными документами (в частности РД 34.20.185-94 «Инструкция по проектированию городских электрических сетей») методика предполагает определение расчетных нагрузок по каждому из проектируемым в населенном пункте объектов, таких как жилые дома, общественные здания и промышленные предприятия. Затем указанные нагрузки складываются с учетом соответствующих коэффициентов и, таким образом, определяется суммарная расчетная электрическая нагрузка поселения. По указанной нагрузке можно определить значение электропотребления.

Реальное электропотребление (и электрическая нагрузка) поселения постоянно изменяется не только по значению, но и по составу потребителей. Происходит перераспределение, по сравнению с проектными расчетными значениями, между жилищно-коммунальным, производственным, общественным секторами. Это перераспределение формируется под влиянием многих факторов, начиная от количества жителей поселения и заканчивая климатической зоной, в которой поселение расположено.

В статье приводится исследование потребления электроэнергии поселениями Российской Федерации и оценка влияния на него различных факторов.

Материал и методика исследования

Целью исследования является выбор наиболее значимых факторов, оказывающих влияние на потребление поселениями электрической энергии. Так же в результате исследования планируется создание

методики расчета прогнозируемого электропотребления и суммарной электрической нагрузки поселений, не требующая расчета пообъектных внутриселенческих нагрузок.

В проведенном авторами исследовании анализировалось влияние следующих факторов на значение электропотребления: количество жителей поселения; климатический пояс расположения поселения; доходы населения; уровень развития промышленности; уровень развития бюджетной сферы. Исходные данные (годовое электропотребление поселением, количество жителей и т.д.) определялись по программам энергосбережения, представленным на сайтах исследуемых поселений, а также по данным Росстата. Состав выборки определялся исходя из условия обеспечения разнообразия выборочных данных по набору указанных выше факторов (расположение, количество жителей и т.д.). Выборка включает 21 поселение. Для каждого поселения рассчитывались значения удельного электропотребления на одного жителя. Результаты расчета приведены на рисунке 1.

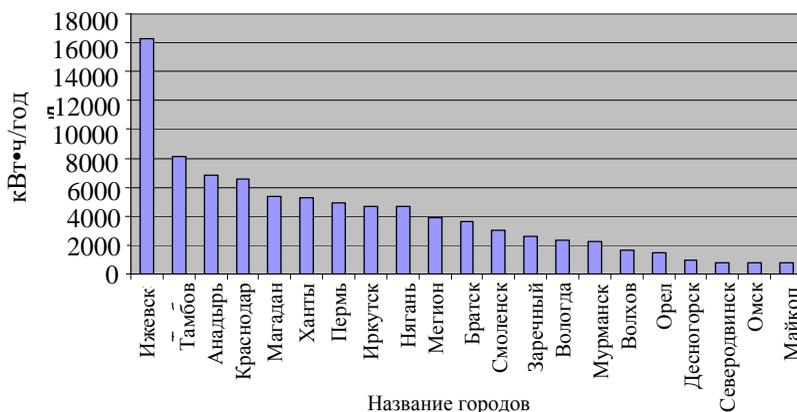


Рисунок 1 – Количество годовой потребляемой электрической энергии, приходящееся на одного жителя поселения

Удельное потребление на одного жителя колеблется от 0,74 тыс.кВт•ч/чел. в год (Майкоп) до 16,26 тыс. кВт•ч/чел. в год (Ижевск).

Исходя из предположения, что указанная разница обоснована влиянием названных выше факторов, поселения объединялись в группы в зависимости от конкретного исследуемого фактора (количество жителей, уровень доходов и т.д.). Определялись средние показатели

удельного электропотребления для каждой группы групп. В частности по количеству населения поселения разбиты на группы: 1–100000 человек; 100000–500000 человек; 500000–5000000 человек.

Таблица 2 – Результаты расчета удельного электропотребления в зависимости от количества населения

№ гр.	Максимальное значение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Среднее значение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Минимальное значение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Средне-квадратичное отклонение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Дисперсия, тыс. кВт·ч/чел. в год
1	6,9	3,9	0,93	1,9	3615
2	8,14	2,81	0,74	2,23	4974
3	16,3	8,13	4,7	4,75	22580

По уровню дохода поселения разбиты следующим образом: поселения с низким уровнем дохода (10000–50000 рублей/год); Поселения со средним уровнем дохода (50000–100000 рублей/год); Поселения с высоким уровнем дохода (100000–500000 рублей/год). Для определения уровня дохода в конкретных населенных пунктах использовались данные Федеральной Службы Государственной Статистики, такими как среднедушевые денежные доходы населения [1], а также потребительские расходы в среднем на душу населения [2] за 2009 год. Чистая прибыль (Ч) равна разности между среднедушевыми денежными доходами населения (Д) и потребительскими расходами в среднем на душу населения (Р).  $Ч=Д-Р$ , руб.

Таблица 3 – Результаты расчета удельного электропотребления по группам в зависимости от уровня доходов

№ гр.	Максимальное значение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Среднее значение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Минимальное значение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Средне-квадратичное отклонение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Дисперсия, тыс. кВт·ч/чел. в год
1	16,26	5,26	0,79	4,91	24150
2	8,14	2,86	0,74	2,23	4967
3	5,32	4,39	3,05	0,96	926

Также была произведена группировка по климатическим поясам. Результаты расчетов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчета удельного электропотребления по группам в зависимости от климата

№ гр.	Максимальное значение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Среднее значение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Минимальное значение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Средне-квадратичное отклонение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Дисперсия, тыс. кВт·ч/чел. в год
1	6,9	6,08	5,3	0,8	580,6
2	4,7	4,08	3,65	0,5	198,8
3	16,26	3,98	0,74	4,17	17390
4	5,28	3,6	0,79	1,99	3964

Проанализирован уровень развития промышленности (по доле электропотребления в общем балансе) в исследуемых поселениях. Наибольшая доля потребления электрической энергии в сфере промышленности в городе Нягань, в котором на промышленность приходится 62 % от общего потребления. А наименьшим потреблением – Вологда – 7 %. Поселения разделены на три группы, в зависимости от уровня потребления электрической энергии промышленной сферой: низкий уровень развития промышленности (от 0 до 20 %); средний уровень развития промышленности (от 20 до 50 %); высокий уровень развития промышленности (от 50 до 100 %).

Таблица 5 – Результаты расчета удельного электропотребления по группам в зависимости от развития промышленности

№ гр.	Максимальное значение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Среднее значение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Минимальное значение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Среднеквадратичное отклонение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Дисперсия, тыс. кВт·ч/чел. в год
1	6,56	4,45	2,33	2,12	4490
2	4,98	3,31	1,64	1,67	2791
3	8,14	5,29	3,05	2,13	4515

Аналогично произведена оценка развития бюджетной сферы. Поселения разделены на следующие группы: в зависимости от уровня потребления электрической энергии бюджетной сферой: низкий уровень развития бюджетной сферы (от 0 до 10 %); средний уровень развития бюджетной сферы (от 10 до 15 %); высокий уровень развития бюджетной сферы (от 15 до 100 %). Наименьшее потребление бюджетной сферой в городах Пермь, Братск (по 2 %), наибольшее – в городах Орел (16 %) и Ханты-Мансийск (22 %).

Таблица 6 – Результаты расчета удельного электропотребления по группам в зависимости от развития бюджетной сферы

№ гр	Максимальное значение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Среднее значение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Минимальное значение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Среднеквадратичное отклонение, тыс. кВт·ч/чел. в год	Дисперсия, тыс. кВт·ч/чел. в год
1	4,98	3,01	0,74	1,62	2632
2	8,14	4,06	0,93	2,82	7932
3	5,28	3,39	1,5	1,89	3578

Таблица 7 – Сводные данные по среднему потреблению в группах

Название города	$\mathcal{E}_{\text{ср.жит.}}$		$\mathcal{E}_{\text{ср.дох.}}$		$\mathcal{E}_{\text{ср.клим}}$		$\mathcal{E}_{\text{ср.пром}}$		$\mathcal{E}_{\text{ср.бюдж}}$	
	№ группы	тыс. кВт·ч/чел. в год								
Анадырь	1	3,9	3	4,39	1	6,08	-	-	-	-
Братск	2	2,81	2	2,86	2	4,08	-	-	1	3,01
Вологда	2	2,81	2	2,86	3	3,98	1	4,45	1	3,01
Волхов	1	3,9	2	2,86	3	3,98	2	3,31	2	4,06
Десногорск	1	3,9	1	5,26	3	3,98	-	-	2	4,06
Заречный	1	3,9	1	5,26	3	3,98	-	-	-	-
Ижевск	3	8,13	1	5,26	3	3,98	-	-	-	-
Иркутск	3	8,13	2	2,86	2	4,08	-	-	-	-
Краснодар	3	8,13	1	5,26	3	3,98	1	4,45	2	4,06
Магадан	1	3,9	3	4,39	1	6,08	-	-	-	-

Продолжение таблицы 7.

Майкоп	2	2,81	2	2,86	3	3,98	-	-	1	3,01
Мегион	1	3,9	3	4,39	2	4,08	-	-	1	3,01
Мурманск	2	2,81	2	2,86	3	3,98	-	-	-	-
Нягань	1	3,9	1	5,26	4	3,6	3	5,29	1	3,01
Омск	4	8,13	2	2,86	4	3,6	-	-	1	3,01
Орел	2	2,81	2	2,86	3	3,98	-	-	3	3,39
Пермь	3	8,13	1	5,26	3	3,98	2	3,31	1	3,01
Северодвинск	2	2,81	1	5,26	3	3,98	-	-	-	-
Смоленск	2	2,81	3	4,39	3	3,98	3	5,29	2	4,06
Тамбов	2	2,81	2	2,86	3	3,98	3	5,29	2	4,06
Ханты-Мансийск	1	3,9	3	4,39	4	3,6	-	-	3	3,39

Результаты исследования позволяют прогнозировать электропотребление проектируемыми поселениями в зависимости от приведенных в таблице 7 факторов.

Произведем расчет потребления электрической энергии поселением, в котором проживают 3000 человек ( $\mathcal{E}_{\text{ср.жит}}=3,9$  тыс. кВт·ч/чел в год), если оно находится в континентальном климатическом поясе ( $\mathcal{E}_{\text{ср.клим}}=3,6$  тыс. кВт·ч/чел в год), уровень дохода на душу населения в год составляет 90000 рублей ( $\mathcal{E}_{\text{ср.дох}}=2,86$  тыс. кВт·ч/чел в год), уровень развития промышленности высокий ( $\mathcal{E}_{\text{ср.пром}}=5,29$  тыс. кВт·ч/чел в год), уровень развития бюджетной сферы средний ( $\mathcal{E}_{\text{ср.бюдж}}=4,06$  тыс. кВт·ч/чел в год).

Для определения среднего удельного (на одного жителя) электрического потребления используем формулу:

$$\mathcal{E}_{\text{уд}} = (\mathcal{E}_{\text{ср.жит}} + \mathcal{E}_{\text{ср.клим}} + \mathcal{E}_{\text{ср.дох}} + \mathcal{E}_{\text{ср.пром}} + \mathcal{E}_{\text{ср.бюдж}}) / 5, \text{ тыс. кВт}\cdot\text{ч}/\text{чел в год}$$

$$\mathcal{E}_{\text{уд}} = (3,9 + 3,6 + 2,86 + 5,29 + 4,06) / 5 = 3,942 \text{ тыс. кВт}\cdot\text{ч}/\text{чел в год}$$

Тогда электропотребление в целом поселения составляет:

$$\mathcal{E}_{\text{пос}} = 3,942 \cdot 3000 = 11826 \text{ тыс. кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$$

Используя полученный результат, с учетом коэффициента использования можно перейти к определению необходимой установленной мощности центров питания поселения.

## Выводы

Приведенное в статье исследование требует расширения выборки исходных данных и выполнения их статистической обработки (работа проводится), что позволит расширить количество уровней (с сужением диапазона значений) по каждому из факторов, влияющих на электропотребление поселений. Это, в свою очередь, позволит точнее строить прогноз электропотребления и определять необходимую мощность центров питания поселения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Среднедушевые денежные доходы [Электронный ресурс] URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/B10\\_14p/Isswww.exe/Stg/d01/05-02.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/B10_14p/Isswww.exe/Stg/d01/05-02.htm).
2. Потребительские расходы в среднем на душу населения [Электронный ресурс] URL: <http://www.gks.ru/bgd/regl/B1014p/Isswww.exe/Stg/d01/05-12.htm>.
3. Долгосрочные целевые программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» исследуемых поселений.

## ***STUDY OF ELECTRICITY CONSUMPTION SETTLEMENTS***

***Keywords:*** *electricity consumption, forecast, settlements, power supply, electric loading of settlements.*

***The summary.*** *Electric power supply of an object begins with the definition of electrical loads. This also applies to electricity settlements.*

---

**ВИНОГРАДОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ** – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой электроснабжение Орловского государственного аграрного Университета, ([schkolamolen@rambler.ru](mailto:schkolamolen@rambler.ru)).  
**ЧЕРНЫХ НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ** – аспирант кафедры электроснабжение Орловского аграрного университета, ([schkolamolen@rambler.ru](mailto:schkolamolen@rambler.ru)).

**VINOGRADOV ALEXANDER VLADIMIROVICH** – k.t.n., Associate Professor, Head of Electricit, Orel State Agrarian University, ([schkolamolen@rambler.ru](mailto:schkolamolen@rambler.ru)).

**NIKOLAY NIKOLAEVICH CHERNIH** – graduate student of Electricity, Orel State Agrarian University, ([schkolamolen@rambler.ru](mailto:schkolamolen@rambler.ru)).

---