

УДК.:621.311.

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ БЫТОВОГО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ Г. БИШКЕК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

АСАНОВ А.К.**МЭИ, г.Москва,****asanov_ak@mail.ru**

На основе статистического обследования данных оплаченных квитанций построена обобщенная гистограмма бытового электропотребления по селитебным районам и частным секторам г. Бишкек.

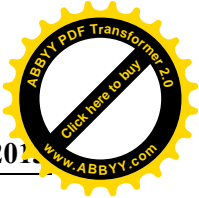
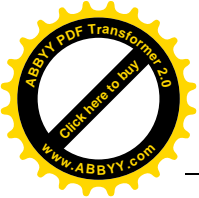
On the basis of statistical inspection of these paid receipts the generalized histogram of a household power consumption on selitebny areas and the private sectors Bishkek is constructed.

Введение. Исследование коммунально-бытового электропотребления имеет два основных направления. Первое связано с задачами определения электрических нагрузок в линиях 0,4/6/10 кВ систем электроснабжения при проектировании и реконструкции, а также анализа режимов работы потребителей в действующих системах электроснабжения. На стадии проектирования расчетные нагрузки для жилых и общественных зданий и объектов коммунального хозяйства определяются по методикам [1]. Но существующие методики не учитывают в структуре бытового электропотребления доли нелинейных потребителей, которые влияют на электромагнитную совместимость электроприемников и сети [2]. Это требует необходимости учета доли нелинейных нагрузок в формировании расчетных нагрузок.

Второе направление связано с исследованием, анализом и моделированием потребления электроэнергии бытовыми потребителями или их группами (частный дом, жилой многоквартирный дом, район города, районная электросеть (РЭС) распределительной электрокомпании (РЭК), РЭК энергосистемы) за некоторые интервалы времени. Эти исследования выполняются для выяснения структуры совокупности абонентов и их распределения по диапазонам электропотребления. Интерес к ним повысился в последние годы для формирования тарифов на электроэнергию для населения в условиях дефицита мощности.

В таких условиях выделение в структуре потребителей электроэнергии энергосистемы бытовых потребителей позволяет повысить качество принимаемых решений в обеспечении качества электроэнергии и в тарифной политике.

В связи с этим вытекает необходимость определения закона распределения бытового электропотребления. При введении такого определяется процент абонентов, потребляющих



электроэнергию в пределах того или иного диапазона. Закон распределения бытового электропотребления зависит от региона (широты местности), структуры населенных пунктов (город, село), вида отопления (газовое, печное, электрическое) и др.

Обработка статистических данных по выявлению годового электропотребления жилыми домами г. Бишкек. Обработка и анализ данных переписи населения и жилищного фонда Кыргызской Республики за 2009 год [3] выявили по г. Бишкек следующие достоверные данные:

Используемая территория города Бишкек составляет 169,6 кв. км. Город делится на 4 административно-территориальных района: Ленинский, Октябрьский, Первомайский и Свердловский.

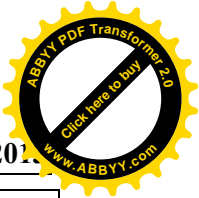
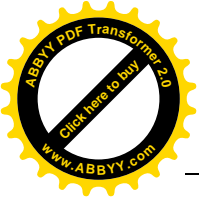
Общая численность населения г. Бишкек на 24 марта 2009 года составила 865,5 тыс. человек (с учетом населения села Чон-Арык). Согласно данным статистики, среднегодовой рост населения с 1999 по 2009 год составил 0,9% по г. Бишкек.

Основные сведения по г. Бишкек (без учета населения села Чон-Арык): число частных домохозяйств; проживающие в них члены; средний размер домохозяйств по районам и по отдельным местным территориальным управлениям (МТУ), где в размере домохозяйства проживают минимальное и максимальное количество человек, приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты анализа данных жилого фонда и электропотребления г. Бишкек

Территориальное деление	Число домохозяйств / %	В них членов домохозяйств, человек	Средний размер домохозяйства, человек	Полезный отпуск ЭЭ (без учета потерь)		
				За 2011 г. [4]	Среднегодовой (расчетные показатели)	
					тыс. кВт	кВт
	МВт*ч / %	*ч/дом	*ч/чел			
г. Бишкек	22865 / 100	828 149	3,6	1416,7 / 100	6195,6	1721
Ленинский р-н	58152 / 25,5	210 245	3,6	408,0 / 28,8	7016	1948
МТУ №3	7839 / 3,4	3864 0	4,9	-	-	-
МТУ №5	15224 / 6,7	4088 1	2,7	-	-	-
Октябрьский р-н	64149 / 28	2380 52	3,7	327,3 / 23,1	5102	1378
МТУ №6	9663 /	4383	4,5	-	-	-



	4,2	2				
МТУ №8	16259 /7,1	4895 5	3,0	-	-	-
Первома йский р-н	49335 / 21,5	1683 08	3,4	321,6/ 22,7	6518	1916
МТУ №12	17640 /7,7	4772 1	2,7	-	-	-
МТУ №16	6036/ 2,6	2687 6	4,5	-	-	-
Свердлов ский р-н	57021 / 25	2115 44	3,7	359,8/ 25,4	6311	1705
МТУ №20	13187 /5,8	4654 1	3,5	-	-	-
МТУ №21	5892/ 2,6	2517 5	4,3	-	-	-

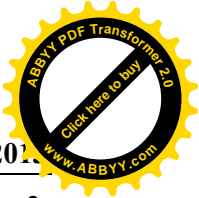
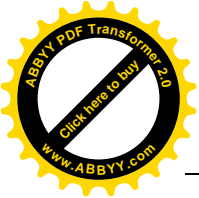
Расчет и анализ данных [3, 4], выявили среднестатистические результаты электропотребления по районам и в целом по городу (табл. 1). Годовое потребление электроэнергии домохозяйствами г. Бишкек за 2011 год в расчёте на одного жителя составляет в среднем 1721 кВт*ч. Но этот показатель можно считать условным, так как фактическое число проживающих в городе превышает 1 млн. человек.

Сбор данных по электропотреблению и определение среднемесячного электропотребления жилых домов г. Бишкек. Исследования бытового электропотребления проводились на основе сбора и обработки статистических данных. Выполнялась случайная выборка: для каждого абонента из оплаченных квитанций записывались показания электропотребления за сентябрь и декабрь 2011 года.

Для повышения представительности выборки бытовое потребление сегментировалось: раздельно собирались данные по потреблению в селитебном и частном секторе районов, по квартирам и частным домам. Кроме того, обследование проводилось на различных территориях города, по некоторым микрорайонам (мкр.) и жилым массивам (ж/м). Где, в выборке участвовало по 50 абонентов по каждому участку (табл. 2).

Объем выборки N составило 550 абонентов, из них: селитебного района -300 абонентов, частного сектора – 250 абонентов.

Объем выборки соответствует величине вероятности $P=0,92$ при допустимой ошибке $\varepsilon=0,05$ [5].

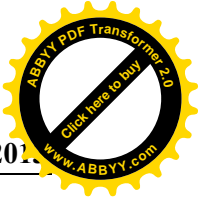
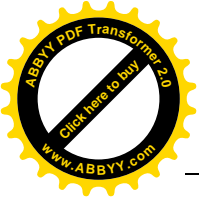


**Представительность выборки электропотребления
по различным территориям г. Бишкек.**

Селитебный район			Частный сектор		
Территория города	Электропотребл ение, кВт*ч/мес		Территория города	Электропотребл ение, кВт*ч/мес	
	сент ябрь	дека брь		сент ябрь	дек абрь
ж/дома по пр. Мира	20÷ 313	45÷ 521	ж/м Бакай-Ата	86÷9 60	281 ÷3411
мкр. Джал	71÷ 332	62÷ 686	район Карагач. рощи	31÷8 18	100 ÷2950
6 – мкр.	19÷ 247	44÷ 690	ж/м Токолдош	65÷1 057	173 ÷3291
9 – мкр.	17÷ 288	32÷ 689	ж/м Ак-Орго	89÷1 163	250 ÷3244
10 – мкр.	45÷ 244	50÷ 680	ж/м Ала-Тоо	57÷7 03	196 ÷3273
мкр. Кок-Жар	40÷ 348	60÷ 349	-	-	-
<i>мин/мах</i>	17÷ 348	32÷ 690	<i>мин/мах</i>	31÷1 163	100 ÷3411
Отобранная выборка	292	286	Отобранная выборка	243	241
<i>Примечание:</i> из выборки исключались некоторые абоненты, электропотребление которых могло считаться аномальным для данной выборки. Проверка элемента выборки на аномальность производилась в соответствии с [6].					

Закон распределения электропотребления. Для характеристики закона распределения электропотребления абонентов были использованы статистические расчеты, где используются четыре момента. Они характеризуют форму кривой: ее центр, степень рассеивания от центра, ее асимметрию («скошенность») и «крутость» (островершинность или плосковершинность).

Центр распределения характеризуется математическим ожиданием P_x , степень рассеивания - среднеквадратическим отклонением, асимметрия и «крутость», соответственно, коэффициентами асимметрии S_k и эксцесса E_x , получаемыми на основе третьего и четвертого центральных моментов, причем для нормального распределения эти коэффициенты равны нулю. Если абсцисса вершины исследуемого распределения меньше, чем математическое ожидание, то коэффициент



асимметрии положителен. Кривые, более островершинные, чем кривая нормального распределения при том же рассеивании, имеют положительный коэффициент эксцесса. Вычисления оценок моментов распределения для случайных выборок производились согласно [7] по формулам:

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}, \tag{1}$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - P_x)^2}{N-1}}, \tag{2}$$

$$S_k = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - P_x)^3}{N\sigma_x^3}, \tag{3}$$

$$E_x = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - P_x)^4}{N\sigma_x^4} - 3, \tag{4}$$

где P_x - оценка математического ожидания;

σ_x - оценка среднеквадратического отклонения;

S_k - оценка асимметрии;

E_x - оценка эксцесса;

x_i - значение анализируемой случайной величины для i - го абонента;

N - количество абонентов в случайной выборке.

На основании статистических данных, полученных в ходе выборки, по формулам (1) - (4) определены значения оценок статистических моментов электропотребления. Результаты вычислений показаны в гистограммах (рис.1, 2) и сведены в табл. 3. Ширина интервала dW рассчитана по правилу Стёрджеса [7]:

$$dW = \frac{W_{max} - W_{min}}{1 + 3,3221gN}, \tag{5}$$

где (напр. из табл. 2),

$$W_{max} = 348 \text{ кВт*ч/мес},$$

$$W_{min} =$$

17 кВт*ч/мес - соответственно, максимальное и минимальное значения исследуемой величины, зафиксированные в ходе выполнения выборки;

N - объем выборки, $N = 292$,

и после округления в большую сторону составила 40 кВт*ч/мес (рис. 1, а).

Вероятность попадания p_i случайной величины x в интервал i приближенно можно вычислить [7]:

$$p_i = \frac{m_i}{N},$$

где m_i - число раз, которое случайная величина x наблюдается в границах i - го интервала;

N - объем случайной выборки.

Ординаты столбцов гистограммы равны отношению p_i/dW вероятности попадания электропотребления абонентов в i - й интервал к величине этого интервала. Гистограмма графически отражает статистический ряд распределения.

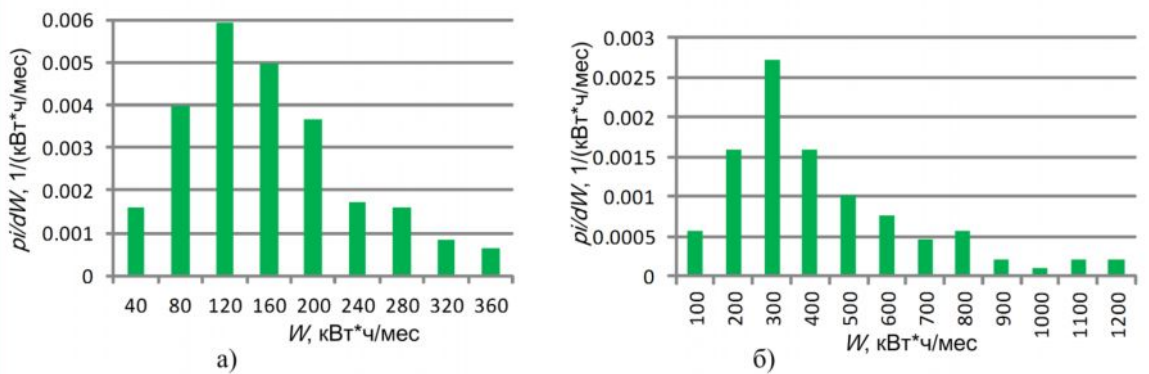
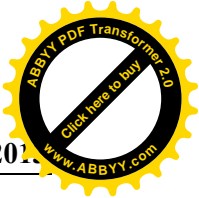
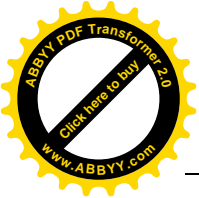


Рис. 1. Гистограмма распределения бытового электропотребления г. Бишкек, в летнее время: а – селитебный район; б – частный сектор

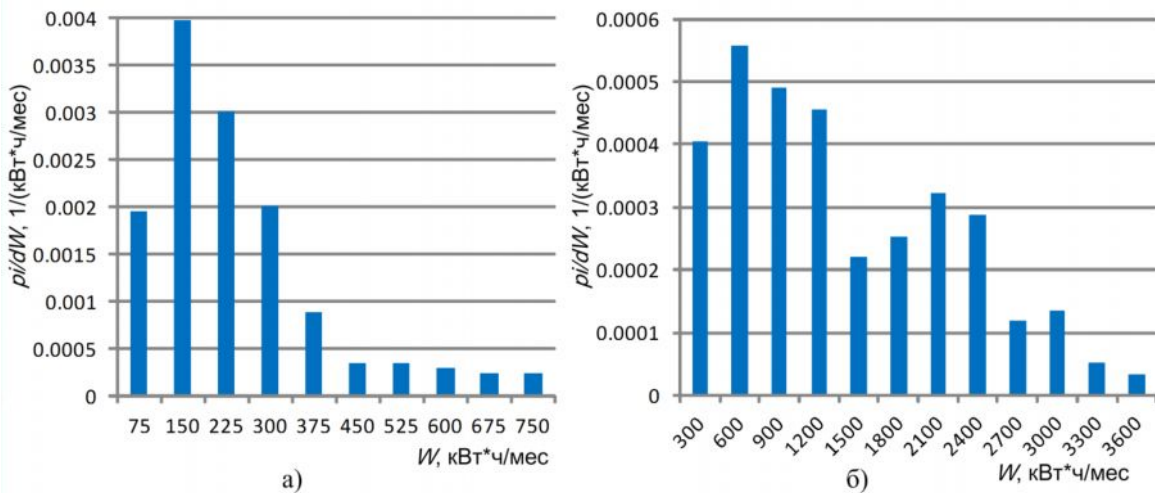
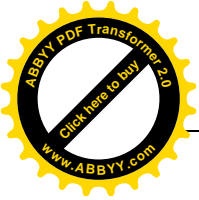


Рис. 2. Гистограмма распределения бытового электропотребления г. Бишкек, в зимнее время: а – селитебный район; б – частный сектор

Таблица 3.

Результаты вычислений статистических моментов электропотребления

Количество абонентов	Время года	P_x кВт*ч /мес	σ_x кВт*ч /мес	S_k	E_x
<i>селитебный район</i>					
292	Лето*	140,0	74,2	0,67	-0,1
286	Зима	205,4	145,0	1,5	2,08
<i>частный сектор</i>					
243	Лето*	385,2	250,4	1,26	1,3
241	Зима	1231,0	845,5	0,66	-0,45



Применяемость полученных результатов таблицы 3 можно оценить из регрессионного анализа [8]. Из этого анализа можно выделить четыре зоны электропотребления по отношению к температуре наружного воздуха:

- летний период (сезон без отопления) (с мая по сентябрь)*. Электропотребление практически не зависит от температуры наружного воздуха;

- зимний период (отопительный сезон 1) (декабрь, январь, февраль). Устойчивое и сильно зависимое электропотребление от температуры наружного воздуха. Среднемесячная температура ниже 0 °С;

- переходный первый период (отопительный сезон 2) (ноябрь, март). При снижении температуры ниже +8 °С электропотребление существенно возрастает, т.е. каждый градус снижения температуры сопровождается все большим приростом электропотребления. Коэффициент влияния температуры находится в диапазоне от 1,0 до 3,0 %/°С. Население использует всевозможные виды электронагревателей, в особенности частный сектор.

- переходный второй период (сезонное потепление и/или похолодание) (апрель, октябрь). При снижении температуры ниже +10 °С на электропотребление резко возрастает. Наблюдается колеблющееся электропотребление в зависимости от перепадов температуры наружного воздуха.

Из вышесказанного следует, что результаты расчетов можно расценивать как среднее электропотребление, приходящееся на одного абонента в летний* и зимний периоды.

Заключение

1. Исследования жилищного фонда и бытового электропотребления по г. Бишкек выявили следующие статистические достоверные результаты:

- средний размер семьи составляет от 2,7 до 4,9 человек в зависимости от района проживания и проживания в частном доме или квартире;

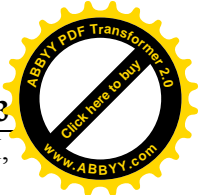
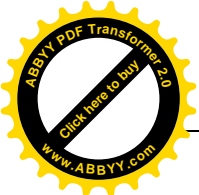
- электропотребление на одного жителя в среднем за год составляет 1720 кВт·ч.

2. На основании данных выборки получены гистограммы распределения бытового электропотребления по г. Бишкек. С его помощью можно определить количество бытовых абонентов в относительных единицах, расходующих электроэнергию в пределах любого выбираемого диапазона электропотребления.

Литература

1. СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий». М., ФГУ ЦПП, 2004.

2. Асанов А.К., Демидов А.Д., Симуткин М.Г., Тульский В.Н., Шведов Г.В.. Электромагнитная совместимость систем электроснабжения и электроприемников жилых и общественных зданий. // Энергосбережение - теория и практика: труды шестой



Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. М.: Изд. дом МЭИ, 2012, С. 279 – 283.

3. Данные переписи населения и жилищного фонда Кыргызской Республики за 2009 год. Книга III. Регионы Кыргызстана. Бишкек.
4. Данные ОАО «Северэлектро» за 2011 г., Кыргызстан.
5. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. – М.: Наука, 1971. -576 с.
6. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие. - М.: Высшая школа, 1982. - 224с.
7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.: Высшая школа, 2001. - 575 с.
8. Асанов А.К., Суеркулов М.А., Эсеналиева Ч.Т. Современное состояние и основные направления развития электрических сетей г. Бишкек. // Наука и новые технологии. – Бишкек, 2012. – №4. – С. 47 – 52.