

DOI:10.26104/NNTIK.2022.1.6.004

Асанов А.К., Асиев А.Т., Джусупбекова Н.К., Душенова У.Дж.

**КАРАКОЛ ШААРЫНЫН ТУРМУШ ТИРИЧИЛИГИНДЕ ЭЛЕКТРЭНЕРГИЯНЫН
КЕРЕКТЕЛҮҮСҮН ЫКТЫМАЛ-СТАТИСТИКАЛЫК ТАЛДОО**

Асанов А.К., Асиев А.Т., Джусупбекова Н.К., Душенова У.Дж.

**ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БЫТОВОГО
ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ГОРОДА КАРАКОЛ**

A. Asanov, A. Asiev, N. Dzhusupbekova, U. Dushenova

**PROBABILISTIC AND STATISTICAL ANALYSIS OF HOUSEHOLD
ELECTRICITY CONSUMPTION CITY KARAKOL**

УДК: 658.8.036.5 (575.2)

Макалада Каракол шаарынын ички секторунда электр-энергиясын керектөөнүн анализи камтылган. Шаардын электр энергиясын турак жай керектөөчүлөрү абоненттердин калкынын түзүмү боюнча, электр энергиясын керектөө диапазондору боюнча, мындай керектөөнү дифференциялоого таасир этүүчү факторлорду эске алуу менен бөлүштүрүлөт. Мисалы: жеке сектор, көп батирлүү турак-жайлар, борбордук жылытуусу менен жана жылытуусу жок турак жайлар. Электр энергиясын керектөө менен айлана-чөйрөнүн температурасынын ортосундагы байланышты аныктоо үчүн регрессиялык анализ жүргүзүлдү. Электр энергиясын керектөөдө негизги үлүштү жылуулук менен камсыздоого жана тамак-аш даярдоого туура келери, бул Каракол шаарында борборлоштурулган газдын жоктугунан экендиги аныкталган. Ыктымалдык-статистикалык эсептөөлөрдүн негизинде Каракол шаарында электр энергиясын керектөөнүн мыйзам ченемдүүлүктөрү аныкталды. Анын натыйжалары электр энергиясын керектөөнүн «социалдык» тарифинин маселелерин чечүүгө жана калк үчүн электр энергиясына тарифтерди эсептөөгө мүмкүндүк берет. Эсептөөлөрдүн ишенимдүүлүгү тиричилик абоненттеринин чоң тандоосу менен камсыз кылынат.

Негизги сөздөр: тиричилик керектөөчүлөрү, статикалык маалыматтар, тандоо, жеке сектор, көп кабаттуу батирлер, гистограмма.

Статья содержит анализ потребления электроэнергии бытового сектора г. Каракол. Бытовые потребители электроэнергии города распределены по структуре совокупности абонентов, по диапазонам электропотребления, с учетом факторов, влияющие на дифференциацию такого потребления: частный сектор, многоквартирные жилые дома с и без центрального отопления. Произведен регрессионный анализ на предмет выявления зависимости между электропотреблением и температурой окружающего воздуха. Определены что, основная доля в электропотреблении приходится на отопление и пищу приготовление, которая обусловлена отсутствием централизованного газа г.Каракол. На основе вероятностно-статистических расчетов выявлен закономерность распределения электропотребления г. Каракол. Результаты, которых позволяют решение вопросов о «социальной» норме потребления электроэнергии и в расчете тарифов на электроэнергию для населения. Достоверность расчетов обеспечена большим объемом выборки бытовых абонентов.

Ключевые слова: бытовое электропотребление, статистические данные, выборка, частный сектор, многоквартирные жилые дома, гистограмма.

The article contains an analysis of electricity consumption in the domestic sector of the city of Karakol. Residential consumers of electricity in the city are distributed according to the structure of the population of subscribers, according to the ranges of electricity consumption, taking into account the factors that influence the differentiation of such consumption: the private sector, multi-apartment residential buildings with and without central heating. A regression analysis was performed to identify the relationship between power consumption and ambient temperature. It was determined that the main share in electricity consumption falls on heating and food preparation, which is due to the lack of centralized gas in Karakol. On the basis of probabilistic-statistical calculations, a regularity in the distribution of electricity consumption in the city of Karakol was revealed. The results, which allow the solution of questions about the "social" rate of electricity consumption and in the calculation of electricity tariffs for the population. The reliability of the calculations is ensured by a large sample of household subscribers.

Key words: household electricity consumption, statistical data, sampling, private sector, apartment buildings, histogram.

Введение. Бытовое электропотребление является главным сегментом рынка потребителей электроэнергии Кыргызстана. Доля потребления электроэнергии бытовыми потребителями в Кыргызстане составляет около 65% от общего объема полезной отпущенной электроэнергии. Ценообразование на тариф электроэнергии в Кыргызстане для бытового потребителя осуществляется с учетом социально-ориентированных тарифов (в пределах гарантированного объема льготного потребления) [1], которые установлены ниже экономически обоснованного значения. Такая политика ценообразования на тариф электроэнергии является перекрестным субсидированием.

Решение вопросов перекрестного субсидирования, являются: внедрение многоставочных тарифов с последовательными ставками за потребленный объем электроэнергии; оптимизация социальной нормы потребления электроэнергии.

В связи с этим представляется актуальной исследование и анализ электропотребления населения, определение закономерностей бытового электропотребления, с группировкой по типу жилья и их разделение по диапазонам электропотребления. Закономерность бытового электропотребления зависит в основном от

социально-экономических и метеорологических характеристик рассматриваемого региона.

Анализ статистических данных электропотребления г. Каракол. Используемая территория города Каракол составляет 48,05 км², расположен на высоте от 1690 до 1850 метров над уровнем моря, общая численность населения 85,588 тыс. человек [2]. Количество бытовых абонентов составляет 24227 шт., из них 70% абоненты частного сектора, 30% абоненты, проживающие в многоквартирных секторах [3]. Годовое потребление электроэнергии на одного аб-

нента за 2021 год составил 7315 кВт*ч, а в расчёте на одного жителя составляет в среднем 2070 кВт*ч.

Полезный отпуск электроэнергии бытовым потребителям г.Каракол за 2021 г. составил 177,210 млн. кВт*ч, в ежемесячном разрезе показана на рисунке 1. По этим данным, видно, что максимум электропотребления приходится на зимние месяцы. В связи с этим представляет интерес график потребления электроэнергии г. Каракол в зависимости от температуры наружного воздуха (табл. 1) [4]. Для этого проведен регрессионный анализ зависимости электропотребления от температуры наружного воздуха.

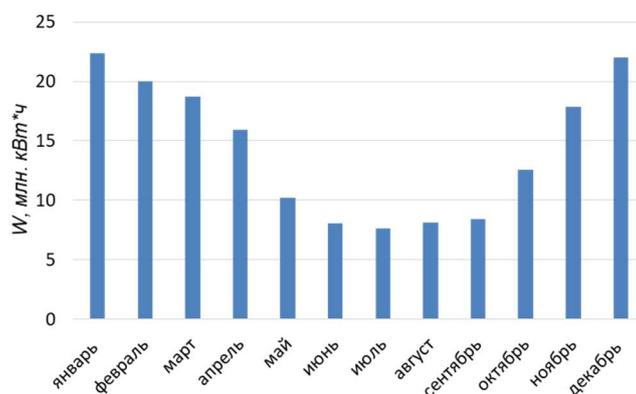


Рис. 1. Потребление бытовых потребителей электроэнергии г. Каракол за 2021 г.

Таблица 1

Температуры наружного воздуха в г. Каракол за 2021 год.

Месяцы 2011 года	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Среднемесячная температура t, °C	-2,9	1,1	4,9	11,3	16,3	19,3	21,9	18,9	18,0	7,5	1,8	-0,5

Представленная модель регрессионного анализа $W(t) = -0,6336x + 20,479$ ($R^2 = 0,943$) рис. 2, показывает значительное влияние температуры наружного воздуха на бытовое электропотребление в целом.

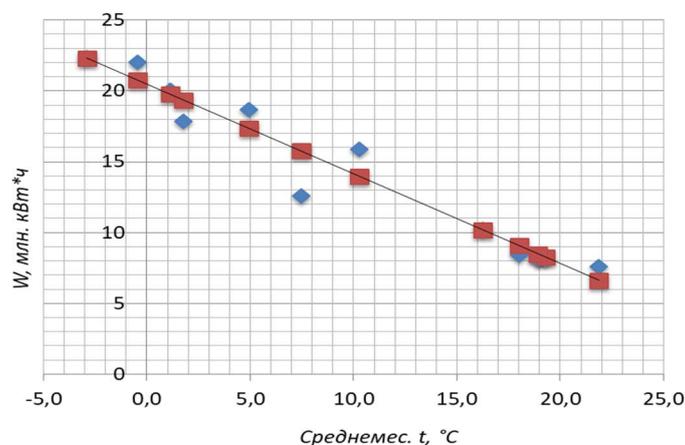


Рис. 2. Зависимость электропотребления бытовых абонентов от среднемесячной температуры в г. Каракол.

Сбор данных по электропотреблению и определение среднемесячного электропотребления жилых домов г.Каракол. Исследования бытового электропотребления проводились на основе данных ОАО «Востокэлектро» [3] по г. Каракол. Выполнялась случайная выборка, из числа абонентов проживающих в частных и многоквартирных секторах. Многоквартирные сектора разделены с центральным отоплением и без него. В выборке участвовали только те абоненты, которые не имеют дебиторской задолженности за 2021 год.

Объем выборки N составил 5500 абонентов, что составляет 22% от общего количества бытовых абонентов г.Каракол. Из выборки были исключены 6% абонентов, которые в соответствии с [5] считались аномальными в электропотреблении. С учетом вышеизложенного, в выборке остались всего 5137 абонентов, из них: частного сектора – 3157 абонентов, многоквартирные жилые дома с отоплением 1333 абонентов, многоквартирные жилые дома без отопления 647 абонентов.

Объем выборки соответствует величине вероятности $P=0,99$ при допустимой ошибке $\varepsilon=0,05$ [6].

Закономерность распределения электропотребления. Для определения закономерности распределения электропотребления абонентов были использованы статистические расчеты. Которые характеризуют форму распределения четырьмя моментами: ее центр – математическое ожидание P_x , степень рассеивания от центра - среднее квадратическое отклонение σ_x , скошенность формы распределения влево/вправо

– коэффициент асимметрии S_k , мера высоты формы распределения – коэффициент эксцесса E_x . Для нормального распределения эти коэффициенты равны нулю. Вычисления для четырех моментов распределения для данной выборки производились согласно [6] по формулам:

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}, \quad (1)$$

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

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

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

где P_x - математическое ожидание;

σ_x - среднее квадратическое отклонение;

S_k - коэффициент асимметрии;

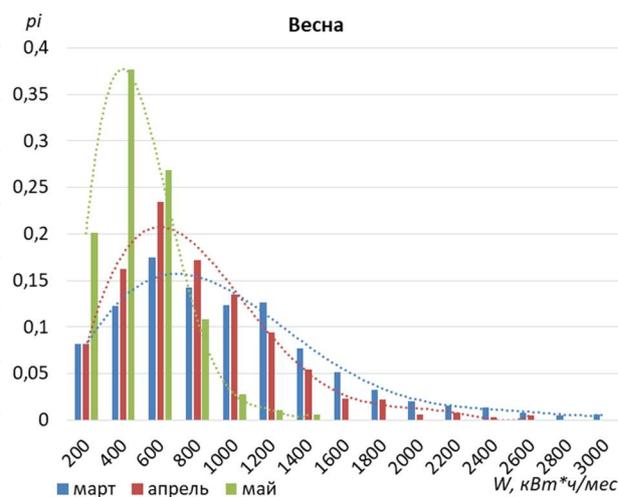
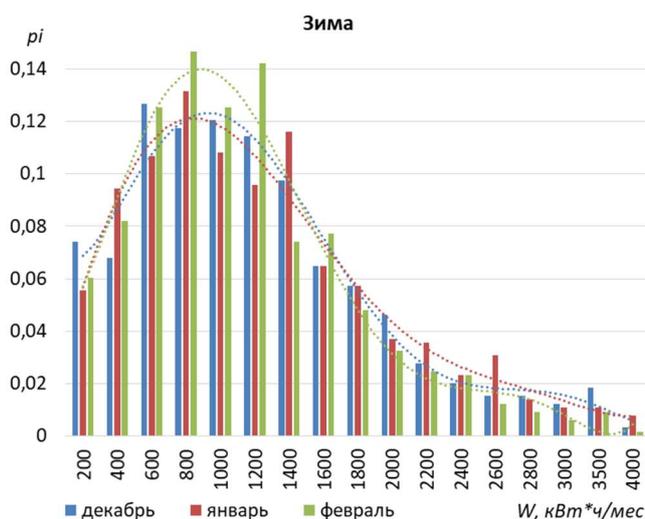
E_x - коэффициент эксцесса;

x_i - анализируемая случайная величина для i -го абонента;

N - количество абонентов в данной выборке.

На основе статистических данных выборки, по формулам (1-4) определены значения моментов формы распределения электропотребления.

Результаты расчетов показаны в гистограммах (рис. 3, 4, 5) и в таблице 2.



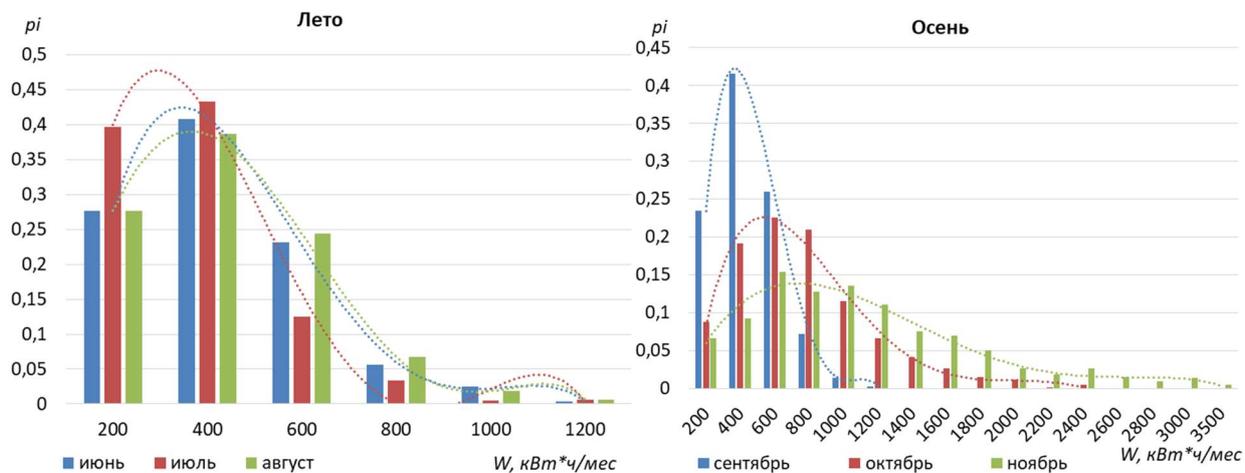
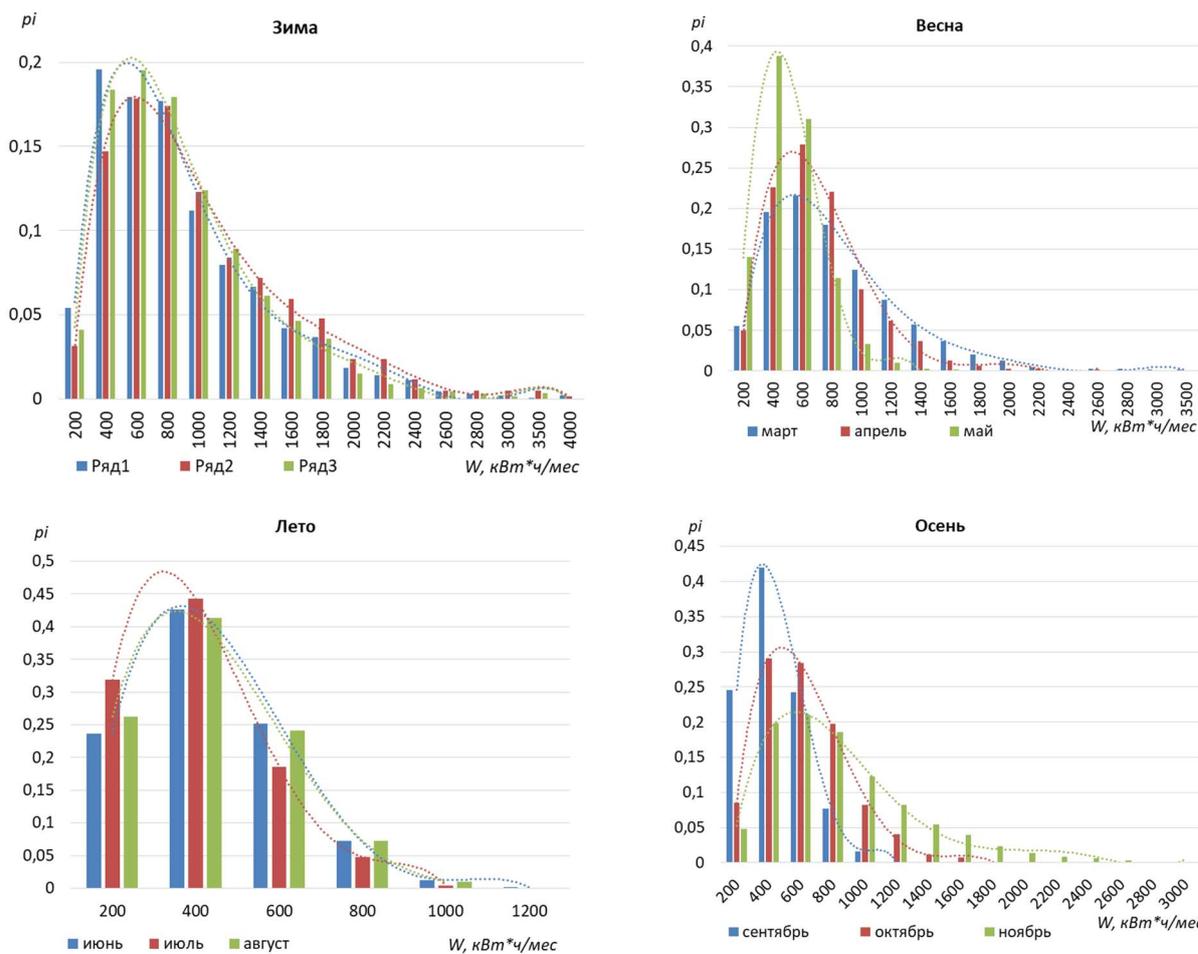


Рис. 3. Распределение относительных частот количества бытовых абонентов в зависимости от среднемесячного потребления электроэнергии многоквартирных жилых домов без отоплением г. Каракол.



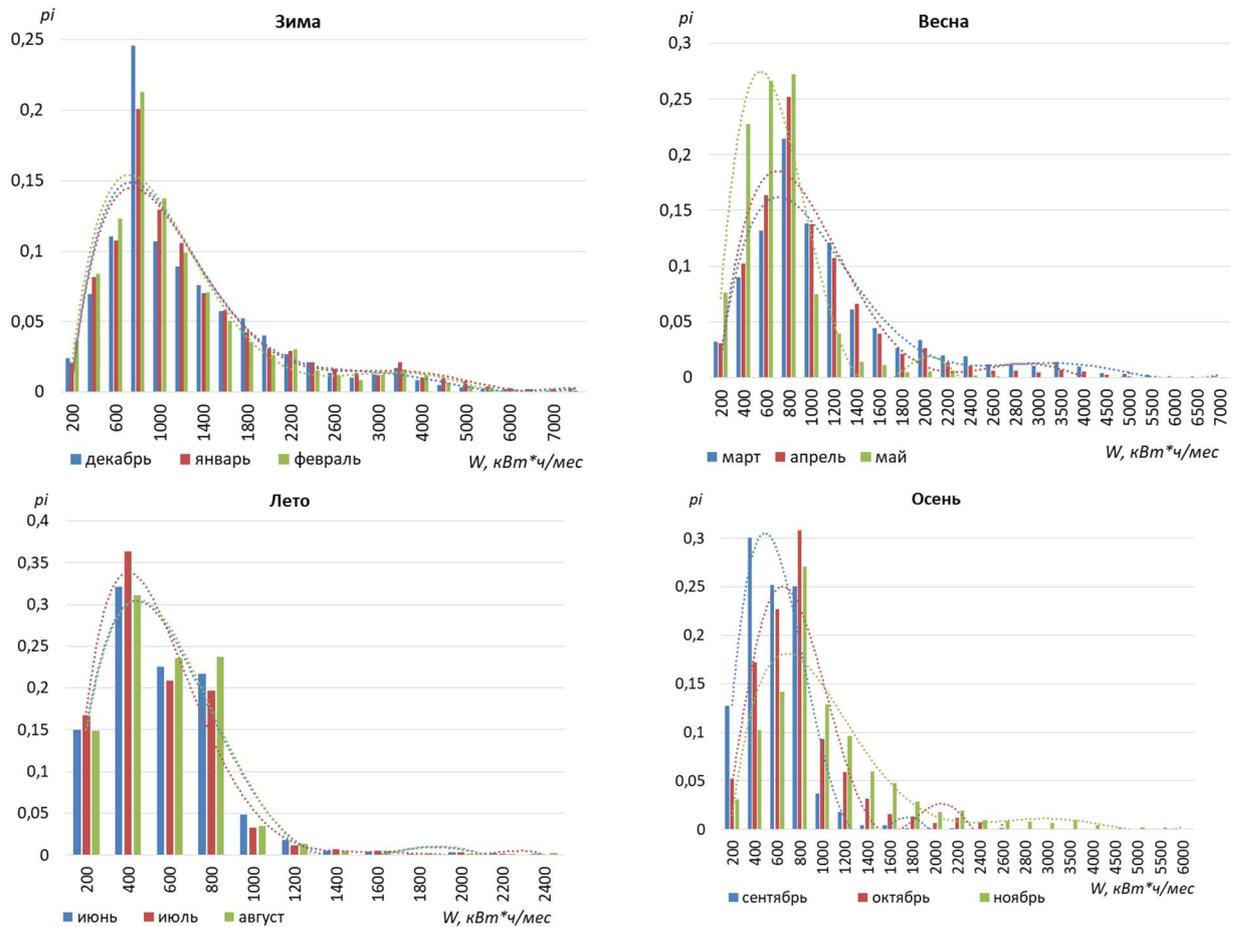


Рис. 5. Распределение относительных частот количества бытовых абонентов в зависимости от среднемесячного потребления электроэнергии частного сектора г. Каракол.

Вероятность попадания p_i случайной величины x в интервал i приближенно можно вычислить [6]:

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

где m_i - число раз, которое случайная величина x наблюдается в границах i -го интервала; N – объем случайной выборки.

Таблица 2

Результаты вычислений статистических моментов электропотребления

Колич. абонентов выборки	Месяцы	P_x , кВт*ч/мес.	σ_x , кВт*ч/мес.	S_k	E_x
<i>Частный сектор</i>					
3157	Январь	1243	993	2,3	6,9
	Февраль	1123	864	2,21	6,56
	Март	1078	816	2,33	7,83
	Апрель	917	601	2,13	6,56
	Май	589	343	2,35	10,3
	Июнь	478	292	2,36	11,8
	Июль	446	271	2,08	8,91
	Август	476	287	2,45	13,5
	Сентябрь	487	254	1,34	4,47
	Октябрь	695	424	2,24	7,83
	Ноябрь	962	679	2,41	8,60
	Декабрь	1193	924	2,62	10,4

<i>Многоквартирный сектор с отоплением</i>					
1333	Январь	918	586	1,31	2,08
	Февраль	804	506	1,39	2,64
	Март	731	447	1,43	3,17
	Апрель	620	327	1,37	3,19
	Май	412	201	1,07	2,03
	Июнь	341	166	0,85	0,75
	Июль	298	153	0,85	0,36
	Август	334	170	0,78	0,37
	Сентябрь	342	171	0,80	0,35
	Октябрь	726	265	0,97	1,13
	Ноябрь	745	456	1,30	2,00
Декабрь	810	543	1,52	3,42	
<i>Многоквартирный сектор без отопления</i>					
647	Январь	1136	733	0,97	0,88
	Февраль	1035	739	1,04	1,3
	Март	869	552	1,05	1,16
	Апрель	710	433	1,34	2,88
	Май	391	216	1,13	1,9
	Июнь	334	180	1,02	1,05
	Июль	268	160	1,81	5,72
	Август	336	185	0,93	0,88
	Сентябрь	344	177	0,83	0,84
	Октябрь	658	400	1,15	1,54
	Ноябрь	1005	647	0,98	0,73
	Декабрь	1112	721	0,96	0,85

Как видно из анализа, 60% от общего объема потребления приходится на отопительный период, это говорит о значительном влиянии температуры окружающей среды на величину электропотребления в целом. Также, существенный вклад на электропотребление вносит приготовление пищи, это связано с отсутствием в г.Каракол централизованного газоснабжения, что определяется в сравнительном анализе с другими газифицированными регионами Кыргызстана [7].

В гистограмме отслеживается значительное влияние действующего тарифа, где население старается уложиться в потребление электроэнергии не превышающую социальную норму в 700 кВт*ч, которое оплачивается по 0,77 сома. Отметим, что в отопительный период 50% абонентов потребляют до 800 кВт*ч, а 15% - более 1600 кВт*ч в месяц.

Заключение. Представленную работу можно применить для расчета тарифов на электроэнергию с оптимизацией уровня социальной нормы потребления электрической энергии для г. Каракол.

Для сглаживания социального неравенства представляется перспективной разработка многоставоч-

ных тарифов. Первая ставка – объем электроэнергии по социально-ориентированной норме, а последующие ставки – с разделением по объему потребления электроэнергии с учетом уровня доходности населения.

Литература:

1. Постановление Кабинета Министров Кыргызской Республики от 30 сентября 2021 года №192 «Об утверждении Среднесрочной тарифной политики Кыргызской Республики на электрическую энергию на 2021-2025 годы».
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/r>. Каракол.
3. Данные ОАО «Востокэлектро» за 2021 г., Кыргызстан.
4. <https://www.gismeteo.ru/diary/5209/>
5. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Уч. пос. для вузов. -2-е изд. - М.: Высшая школа, 1988. - 239 с.
6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.: Высшая школа, 2001. - 575 с.
7. Джусупбекова Н.К., Джумаева А.И. Эсеналиева А. Основные закономерности бытового электропотребления (на примере Чуйской и Нарынской областей). Известия КГТУ им. И.Раззакова, № 60. - Б., 2021. - С. 49-57.
8. Рысалиев А.С., Абдиева З.Э., Кубанычбекова М.К., Быймырзаев Т.С. Управление режимами электропотребления в системах электроснабжения. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2019. №. 2. С. 15-18.