

Моделирование процесса электропотребления энергосбытовыми организациями

А.В. Беца^а, Т.А. Григорьева^б

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

^а nastya-chupina@mail.ru, ^б umubrgu@mail.ru

^а <https://orcid.org/0009-0003-3297-1805>, ^б <https://orcid.org/0000-0002-5361-6832>

Статья поступила 07.04.2026, принята 29.04.2026

В настоящее время электричество является важным видом энергии и играет незаменимую роль во многих областях. Нуждаются в процессе прогнозирования электропотребления не только энергосбытовые организации, но и абсолютно все участники, которые пользуются электроэнергией и работают с ней. Продажа электроэнергии осуществляется на различных рынках с различными временными рамками и правилами. В последние годы большое количество исследователей доказали, что точность прогнозирования спроса на электроэнергию является основой планирования и эксплуатации энергосистем. Точное прогнозирование спроса на электроэнергию может не только обеспечить надёжную работу энергосистем, но и значительно снизить затраты энергетических компаний. Неточное планирование приведёт в разной степени к увеличению цены для конечного потребителя электроэнергии. Анализируя рынок программ по прогнозированию потребления электроэнергии, не были найдены подходящие методики и программы, которыми могли бы пользоваться энергосбытовые организации. Энергосбытовым организациям остаётся только опираться на фактическое потребление электроэнергии прошлых периодов и прогнозировать ручным способом, опираясь только на свой опыт и интуицию. Для решения данной проблемы в работе обсуждается влияние различных внешних факторов воздействия на планирование, рассмотрен процесс прогнозирования и моделирования процесса электропотребления в настоящее время в зависимости от выбранной ценовой категории потребителем. При решении задачи исследования, в своей работе рассмотрели и применили метод для анализа статистических данных (регрессионный анализ). Это позволило построить математическую модель, которая показывает связь между параметрами.

Ключевые слова: прогнозирование энергопотребления; моделирование процесса энергопотребления; планирование энергопотребления; энергосбытовая организация; анализ статистических данных.

Modeling the electricity consumption process by energy supply organizations

A.V. Bets^а, T.A. Grigorieva^б

Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

^а nastya-chupina@mail.ru, ^б umubrgu@mail.ru

^а <https://orcid.org/0009-0003-3297-1805>, ^б <https://orcid.org/0000-0002-5361-6832>

Received 07.04.2026, accepted 29.04.2026

Currently, electricity is an important type of energy and plays an indispensable role in many fields. Not only energy supply organizations need the process of forecasting electricity consumption, but also absolutely all participants who use and work with electricity. Electricity is sold in different markets with different time frames and rules. In recent years, a large number of researchers have proved that the accuracy of forecasting electricity demand is the basis for planning and operating energy systems. Accurate forecasting of electricity demand can not only ensure reliable operation of energy systems, but also significantly reduce the costs of energy companies. Not accurate planning will lead to varying degrees of price increases for the final consumer of electricity. Analyzing the market of programs for forecasting electricity consumption, no suitable methods and programs are found that could be used by energy supply organizations. Energy supply organizations can only rely on the actual electricity consumption of previous periods and predict manually based only on their experience and intuition. To solve this problem, the paper discusses the influence of various external factors of influence on planning, considers the process of forecasting and modeling the process of electricity consumption at the present time, depending on the chosen price category by the consumer. In solving the research problem, the study examined and applied a method for analyzing statistical data (regression analysis). This made it possible to construct a mathematical model that shows the relationship between parameters.

Keywords: forecasting of energy consumption; modeling of the energy consumption process; planning of energy consumption; energy production organization; analysis of statistical data.

Введение. Современная жизнь без электричества невозможна. Электроэнергетика является основной отраслью в стране, для которой прогнозирование электропотребления всегда играло особую роль. На данный момент нет используемых научных подходов и методов прогнозирования электропотребления, которые учиты-

вают влияние внешних факторов на потребление электроэнергии. В энергосбытовых организациях прогнозирование основывается на объёмах потребления прошлого года и интуиции работника.

Основа научного подхода к оптимизации процесса – это математическое моделирование. Для выявления за-

кономерностей, анализа неопределённости и предсказания поведения системы используем статистическое моделирование. Данный метод позволит построить математическую модель и провести компьютерный эксперимент, исследовав процесс прогнозирования потребления электроэнергии [1].

Статистические методы:

1. Метод Монте-Карло. Прогнозирование электропотребления требует точного расчёта. В работе не нужно оценивать вероятность различных исходов, которые оценивает данный метод. Следовательно, метод Монте-Карло не подходит [2].

2. Дисперсионный анализ. Оценивает влияние факторов на исследуемый признак. Математическую модель он не строит. Поэтому как основной метод он не подходит [3].

3. Временные ряды. Прогнозируют будущие значения, но прогнозируемое значение зависит от предыдущих наблюдений. Этот метод не учитывает влияние внешних факторов на модель, а, следовательно, не подходит [4].

4. Факторный анализ. Позволяет снизить размерность данных. В работе необходимо прогнозирование результатов. Поэтому как основной метод он не подходит [5].

5. Регрессионный анализ. Ищет зависимость прогнозируемого значения от внешних факторов путём построения математической модели. Основная цель метода – это прогнозирование. Следовательно, в работе применяться будет данный метод [6].

В диссертации И.И. Надтоки применяется метод скользящих средних, для прогнозирования электропотребления в промышленном секторе. Метод скользящих средних анализирует временные ряды, сглаживая временные колебания, с помощью усреднения исходных данных за период. Экспоненциальное сглаживание позволяет учитывать изменения с разной скоростью, придавая больший вес последним данным [7].

Модели ARIMA обеспечивают прогнозирование с учётом автокорреляции и сезонных компонентов временного ряда. В диссертации Ю.Н. Исаева [8] рассматривается применение данного метода для прогнозирования электропотребления в автономных энергосистемах малых поселений. Исследование А.Д. Моргоевой [9] основаны на данном методе и демонстрируют сглаживание суточных колебаний. Успешные исследования А.С. Себелдина [10] также основаны на данном методе для прогнозирования электропотребления на предприятиях нефтегазодобычи. Принцип работы заключается в расчёте среднего арифметического цен за несколько периодов, выявляя тренд и устраняя случайные шумы. Модели прогнозирования электроэнергии учитывают автокорреляции и сезонные изменения.

Цель работы заключается в оптимизации работы энергосбытовых организаций путём построения математической модели процесса прогнозирования электропотребления.

Новизна исследования заключается в разработке методов управления прогнозированием электропотребления на основе математического моделирования процесса.

Структура затрат на электроэнергию. Представим категории учёта и условия при планировании электропотребления в табл. 1.

Таблица 1. Ценовые категории и их учёт

Ценовая категория	Коммерческий учёт	Почасовое планирование
1	Интегральный (за месяц)	нет
2	Зонный (по зонам суток за месяц)	
3	Интегральный (за час)	
4		
5		
6		
		да

Наилучший исход, когда потребитель предоставляет план потребления на следующий месяц. На практике планирование почти всех потребителей осуществляет энергосбытовая организация, основываясь на опыте и на данные потребления. С увеличением ценовой категории увеличиваются трудозатраты по прогнозированию электроэнергии, что даёт возможность выгоднее приобрести потребляемую электроэнергию. Решение по выбору ценовой категории выполняет потребитель [11].

Рассмотрим действия энергосбытовых организаций при отклонении прогнозируемого объёма электропотребления от фактического, представленные на рис. 1.

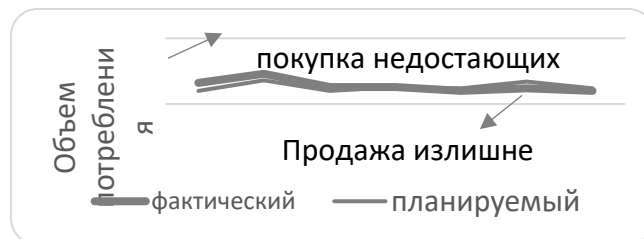


Рис. 1. Действия энергосбытовой организации при прогнозировании электропотребления

Из данных графика можно сделать вывод, что самым оптимальным для всех участников процесса является совпадение планируемого и фактического объёма потребления. Составим математическую модель процесса, выделив внешние факторы и обработав статистические данные.

Систематизация исходных данных. Для начала собрали данные и выделили основные внешние факторы, влияющие на объёмы потребления электроэнергии, представленные в табл. 2.

Переменные (внешние факторы) x_2 – x_5 влияют на факторный признак-переменную x_1 . Стоит отметить, что на электропотребление внешние факторы оказывают влияние в зависимости от их группы бизнес-плана. Если значения переменной x_2 для всех групп не меняются, то значения переменных x_3 , x_4 и x_5 для каждой группы разные. Следовательно, математические модели необходимо составлять для каждой группы потребителей отдельно. Сумма найденных математических моделей составит общую математическую модель потребления электроэнергии. Систематизируем коэффициенты математической модели в табл. 3.

Математическая модель энергопотребления будет выглядеть следующим образом:

$$x1 = y1 + y2 + y3 + y4 + y5 + y6 + y7 + y8 + y9 + y10 + y11 + y12 = (a_{1,1} + a_{2,1} \cdot x_2 + a_{3,1} \cdot x_{3,1} + a_{4,1} \cdot x_{4,1} + a_{5,1} \cdot x_{5,1}) + (a_{1,2} + a_{2,2} \cdot x_2 + a_{3,2} \cdot x_{3,2} + a_{4,2} \cdot x_{4,2} + a_{5,2} \cdot x_{5,2}) + (a_{1,3} + a_{2,3} \cdot x_2 + a_{3,3} \cdot x_{3,3} + a_{4,3} \cdot x_{4,3} + a_{5,3} \cdot x_{5,3}) + (a_{1,4} + a_{2,4} \cdot x_2 + a_{3,4} \cdot x_{3,4} + a_{4,4} \cdot x_{4,4} + a_{5,4} \cdot x_{5,4}) + (a_{1,5} + a_{2,5} \cdot x_2 + a_{3,5} \cdot x_{3,5} + a_{4,5} \cdot x_{4,5} + a_{5,5} \cdot x_{5,5}) + (a_{1,6} + a_{2,6} \cdot x_2 + a_{3,6} \cdot x_{3,6} + a_{4,6} \cdot x_{4,6} + a_{5,6} \cdot x_{5,6}) + (a_{1,7} + a_{2,7} \cdot x_2 + a_{3,7} \cdot x_{3,7} + a_{4,7} \cdot x_{4,7} + a_{5,7} \cdot x_{5,7}) + (a_{1,8} + a_{2,8} \cdot x_2 + a_{3,8} \cdot x_{3,8} + a_{4,8} \cdot x_{4,8} + a_{5,8} \cdot x_{5,8}) + (a_{1,9} + a_{2,9} \cdot x_2 + a_{3,9} \cdot x_{3,9} + a_{4,9} \cdot x_{4,9} + a_{5,9} \cdot x_{5,9}) + (a_{1,10} + a_{2,10} \cdot x_2 + a_{3,10} \cdot x_{3,10} + a_{4,10} \cdot x_{4,10} + a_{5,10} \cdot x_{5,10}) + (a_{1,11} + a_{2,11} \cdot x_2 + a_{3,11} \cdot x_{3,11} + a_{4,11} \cdot x_{4,11} + a_{5,11} \cdot x_{5,11}) + (a_{1,12} + a_{2,12} \cdot x_2 + a_{3,12} \cdot x_{3,12} + a_{4,12} \cdot x_{4,12} + a_{5,12} \cdot x_{5,12})$$

Таблица 2. Описание исходных данных

Переменная	Характеристика	Ед. изм.
x1 – объем электропотребления	Основной показатель, который необходимо прогнозировать	кВт·ч
x2 – среднемесячная температура воздуха	Влияние на потребление электроэнергии оказывает время года	°C
x3 – точки учёта	На потребление электроэнергии влияет количество подключённых потребителей. У каждого потребителя может быть несколько точек учёта, которые регулируются счетчиками учёта	шт.
x4 – средняя цена (без НДС)	Предполагаем, что стоимость электроэнергии влияет на потребление электроэнергии и её экономии потребителями	руб.
x5 – максимальная мощность	Мощность, используемая потребителями, также может влиять на потребление электроэнергии	кВт

Таблица 3. Коэффициенты математической модели

Зависимая переменная	Потребители электроэнергии (группа бизнес-плана)	Параметры уравнения	Независимые переменные
y1	Котельные	$a_{1,1}, a_{2,1}, a_{3,1}, a_{4,1}, a_{5,1}$	$x_2, x_{3,1}, x_{4,1}, x_{5,1}$
y2	Гаражные кооперативы + садоводческие товарищества + религиозные организации	$a_{1,2}, a_{2,2}, a_{3,2}, a_{4,2}, a_{5,2}$	$x_2, x_{3,2}, x_{4,2}, x_{5,2}$
y3	Федеральный бюджет	$a_{1,3}, a_{2,3}, a_{3,3}, a_{4,3}, a_{5,3}$	$x_2, x_{3,3}, x_{4,3}, x_{5,3}$
y4	ТСЖ, ЖСК, прочие жилищные организации ЭЭ + управляющие компании	$a_{1,4}, a_{2,4}, a_{3,4}, a_{4,4}, a_{5,4}$	$x_2, x_{3,4}, x_{4,4}, x_{5,4}$
y5	Областной бюджет	$a_{1,5}, a_{2,5}, a_{3,5}, a_{4,5}, a_{5,5}$	$x_2, x_{3,5}, x_{4,5}, x_{5,5}$
y6	Районный бюджет + городской бюджет	$a_{1,6}, a_{2,6}, a_{3,6}, a_{4,6}, a_{5,6}$	$x_2, x_{3,6}, x_{4,6}, x_{5,6}$
y7	Банкроты	$a_{1,7}, a_{2,7}, a_{3,7}, a_{4,7}, a_{5,7}$	$x_2, x_{3,7}, x_{4,7}, x_{5,7}$
y8	Крупные организации	$a_{1,8}, a_{2,8}, a_{3,8}, a_{4,8}, a_{5,8}$	$x_2, x_{3,8}, x_{4,8}, x_{5,8}$
y9	Сельскохозяйственные потребители	$a_{1,9}, a_{2,9}, a_{3,9}, a_{4,9}, a_{5,9}$	$x_2, x_{3,9}, x_{4,9}, x_{5,9}$
y10	Перепродавцы электрической энергии	$a_{1,10}, a_{2,10}, a_{3,10}, a_{4,10}, a_{5,10}$	$x_2, x_{3,10}, x_{4,10}, x_{5,10}$
y11	Население	$a_{1,11}, a_{2,11}, a_{3,11}, a_{4,11}, a_{5,11}$	$x_2, x_{3,11}, x_{4,11}, x_{5,11}$
y12	Прочие коммерческие предприятия	$a_{1,12}, a_{2,12}, a_{3,12}, a_{4,12}, a_{5,12}$	$x_2, x_{3,12}, x_{4,12}, x_{5,12}$

Систематизация исходных данных. Для систематизации, анализа и интерпретации числовой информации используем обработку статистических данных. Это позволит выявить закономерности, тенденции и изменчивость модели [12–13]. Для начала собрали данные и систематизировали их (рис. 2). Для этого использовали PyCharm – среду программирования для языка Python и дальнейшие расчёты проводили при помощи данного языка программирования [14].

Чтобы спрогнозировать потребление электроэнергии и определить степень влияния каждого фактора, используем регрессионные методы [15].

Применили простую линейную регрессию между зависимой переменной x1 и каждой независимой переменной x2–x5. На рис. 3–4 представлен расчёт простой линейной регрессии.

Вывод: показатель R-squared близок к единице, а значит модель хорошо описывает данные, и существует статистически значимая взаимосвязь между x1 и x2 [16].

Аналогично построив модели между параметром x1 и параметрами x2–x5, можно сделать вывод, что все взаимосвязи статистически значимы.

Исходные данные бизнес-группы "Котельные"					
	x2	x3	x4	x5	x1
1	-17.59	225	2.49	162159	3282088
2	-17.51	267	2.51	908510	3051393
3	-8.91	215	2.93	102889	2824165
4	2.57	221	3.11	102890	2325976
5	11.81	191	2.97	102815	1589802
6	16.47	173	3.07	52367	862126
7	17.16	179	2.91	52468	923357
8	12.86	178	2.90	59958	1079290
9	6.97	185	3.03	110722	2040463
10	0.77	195	2.96	110553	2788609
11	-9.75	227	3.27	110589	3212884
12	-18.67	223	3.38	110563	3991912
13	-20.75	223	3.42	110580	4046851
14	-14.66	215	3.84	110523	3348795
15	-4.54	225	3.62	110634	3368469
16	-2.02	219	3.68	110630	3023389
17	7.22	210	3.63	110789	2539496
18	14.34	187	3.51	104037	957446
19	18.88	178	3.15	71911	964566
20	18.42	176	2.94	60105	1191806

Рис. 2. Статистические данные в среде программирования PyCharm

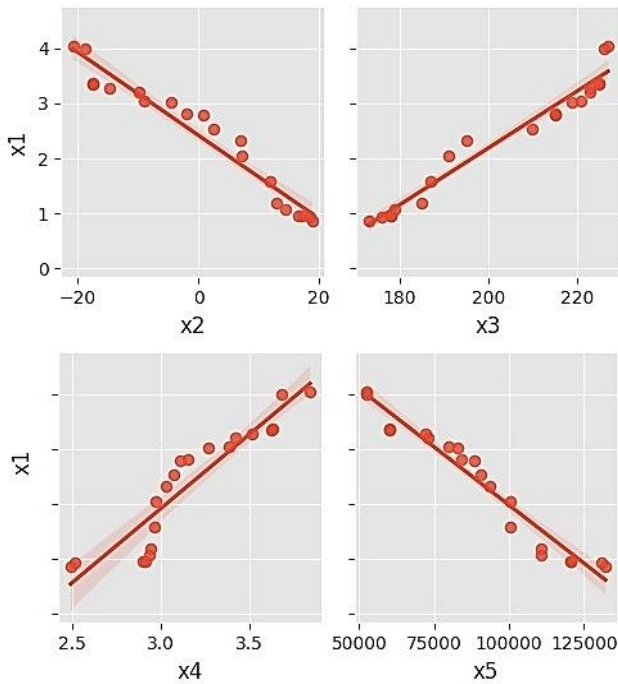


Рис. 3. Регрессионные графики

OLS Regression Results						
=====						
Dep. Variable:	x1	R-squared:	0.888			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.882			
Method:	Least Squares	F-statistic:	143.4			
Date:	Wed, 04 Mar 2026	Prob (F-statistic):	5.22e-10			
Time:	11:12:03	Log-Likelihood:	-283.86			
No. Observations:	20	AIC:	571.7			
Df Residuals:	18	BIC:	573.7			
Df Model:	1					
Covariance Type:	nonrobust					
=====						
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]

Intercept	2.419e+06	8.33e+04	29.033	0.000	2.24e+06	2.59e+06
x2	-7.346e+04	6133.851	-11.975	0.000	-8.63e+04	-6.06e+04
=====						
Omnibus:	0.475	Durbin-Watson:	1.211			
Prob(Omnibus):	0.789	Jarque-Bera (JB):	0.575			
Skew:	0.156	Prob(JB):	0.750			
Kurtosis:	2.231	Cond. No.	13.6			
=====						

Рис. 4. Результаты расчёта простой линейной регрессии x1 и x2

Моделирование процесса электропотребления. Проанализировали влияние независимых переменных x_2 – x_5 на одну зависимую x_1 в каждой группе потребителей, что позволило построить модели, а также оценить влияние каждого фактора по отдельности и их совокупное воздействие. Для этого использовали статистический метод множественной регрессии [17–18]. На рис. 5 представлен результат множественной регрессии.

OLS Regression Results						
=====						
Dep. Variable:	x1	R-squared:	0.941			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.926			
Method:	Least Squares	F-statistic:	60.06			
Date:	Thu, 05 Mar 2026	Prob (F-statistic):	4.73e-09			
Time:	08:55:25	Log-Likelihood:	-277.46			
No. Observations:	20	AIC:	564.9			
Df Residuals:	15	BIC:	569.9			
Df Model:	4					
Covariance Type:	nonrobust					
=====						
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]

Intercept	-1.323e+06	1.5e+06	-0.883	0.391	-4.52e+06	1.87e+06
x2	-5.866e+04	1.09e+04	-5.368	0.000	-8.19e+04	-3.54e+04
x3	1.394e+04	8108.483	1.719	0.106	-3347.449	3.12e+04
x4	3.309e+05	2.24e+05	1.476	0.161	-1.47e+05	8.09e+05
x5	-1.3036	0.686	-1.901	0.077	-2.765	0.158
=====						

Рис. 5. Множественная регрессия группы бизнес-плана «Котельные»

Уравнение регрессии: $y_1 = -1.323e+06 - 5.866e+04 \cdot x_2 + 1.394e+04 \cdot x_{3,1} + 3.309e+05 \cdot x_{4,1} - 1.3036 \cdot x_{5,1}$; коэффициент корреляции (R): 0,941; коэффициент детерминации (R^2): 0,926; F-критерий: 60,06.

Так как $F_{расч} > F_{табл.}$ больше, чем в 4 раза, данное уравнение регрессии следует признать адекватным и пригодным для практического применения [19–20]. Аналогично применив множественную регрессию ко всем исходным данным каждой группы бизнес-плана, получили адекватные модели. Математическая модель процесса прогнозирования электропотребления:

$$x_1 = (-1.323e+06 - 5.866e+04 \cdot x_2 + 1.394e+04 \cdot x_{3,1} + 3.309e+05 \cdot x_{4,1} - 1.3036 \cdot x_{5,1}) + (-4.961e+07 - 2.422e+05 \cdot x_2 + 1.344e+05 \cdot x_{3,2} + 6.883e+06 \cdot x_{4,2} + 17.4505 \cdot x_{5,2}) + (9.431e+05 - 3.534e+04 \cdot x_2 + 8121.9532 \cdot x_{3,3} - 4.513e+04 \cdot x_{4,3} - 11.0444 \cdot x_{5,3}) + (-1.131e+06 +$$

$$2351.3518 \cdot x_2 + 8439.0952 \cdot x_{3,4} + 1.947e+05 \cdot x_{4,4} - 59.9545 \cdot x_{5,4}) + (1.843e+06 - 1.995e+04 \cdot x_2 + 1046.6313 \cdot x_{3,5} + 3.222e+04 \cdot x_{4,5} - 61.0143 \cdot x_{5,5}) + (-3.492e+06 - 9.025e+04 \cdot x_2 - 1417.9968 \cdot x_{3,6} + 7940.6195 \cdot x_{4,6} + 222.3956 \cdot x_{5,6}) + (1.187e+06 - 1.366e+04 \cdot x_2 + 6960.9647 \cdot x_{3,7} - 3.595e+05 \cdot x_{4,7} + 26.5301 \cdot x_{5,7}) + (5.11e+05 - 2454.2621 \cdot x_2 + 2.334e+04 \cdot x_{3,8} - 9.032e+04 \cdot x_{4,8} - 528.2120 \cdot x_{5,8}) + (1.605e+05 - 3099.8396 \cdot x_2 + 5677.1260 \cdot x_{3,9} - 3.527e+04 \cdot x_{4,9} - 19.7226 \cdot x_{5,9}) + (4.271e+07 - 4.046e+05 \cdot x_2 + 1.736e+04 \cdot x_{3,10} - 1.281e+07 \cdot x_{4,10} + 17.5992 \cdot x_{5,10}) + (7.55e+07 - 1.136e+06 \cdot x_2 - 2.008e+05 \cdot x_{3,11} - 8.164e+06 \cdot x_{4,11} + 4830.2781 \cdot x_{5,11}) + (-2.359e+08 - 1.897e+05 \cdot x_2 + 1.013e+05 \cdot x_{3,12} - 1.788e+07 \cdot x_{4,12} + 76.4097 \cdot x_{5,12})$$

Заключение. Точное прогнозирование электропотребления играет важную роль во многих производственных процессах как для энергосбытовых организаций, так и для абсолютно всех участников, которые пользуются электроэнергией и работают с ней.

Литература

1. Бец А.В., Григорьева Т.А., Прогнозирование и планирование потребления электроэнергии энергосбытовыми организациями // Бутаковские чтения. Сборник статей III Всероссий. с междунар. участием молодёжной конф. 2023. С. 145–147.
2. Кутузов О.И., Татарникова Т.М. Из практики применения метода Монте-Карло // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83, № 3. С. 65–70.
3. Наследов А.Д. Статистический анализ данных в IBM SPSS Statistics. СПб. : Питер, 2020. 304 с.
4. Попова, И.Н. Анализ временных рядов : учебник для вузов / И.Н. Попова ; отв. ред. В.В. Ковалев. М. : Изд-во Юрайт, 2024. 74 с.
5. Бариленко В.И. Методология бизнес-анализа: учебник / В.И. Бариленко. М.: Кнорус, 2022. 218 с.
6. James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R. An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R. Springer, 2013/2021.
7. Надтока И.И. Развитие теории и методов моделирования и прогнозирования электропотребления на основе данных средств автоматизации учёта и телеизмерений : специальность 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы» : дис. ... д-ра техн. наук / И.И. Надтока ; Южно-Рос. гос. техн. ун-т. Новочеркасск, 1998. 346 с.
8. Адаптивное краткосрочное прогнозирование потребления электроэнергии автономными энергосистемами малых северных поселений на основе методов корреляционного анализа / Ю.Н. Исаев, О.В. Архипова, В.З. Ковалев, Р.Н. Хамитов. DOI: 10.18799/24131830/2023/2/4076 // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2023. Т. 334, № 2. С. 224–239.
9. Моргоева А.Д., Моргоев И.Д., Ключев Р.В., Гаврина О.А. Прогнозирование потребления электрической энергии промышленным предприятием с помощью методов машинного обучения // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333. № 7. С. 115–125.
10. Себельдин А.С. Повышение точности краткосрочного прогнозирования энергопотребления с учётом использования математических моделей / А. С. Себельдин // Молодой ученый. 2023. № 52 (499). С. 44–46. – URL: <https://moluch.ru/archive/499/109643/> (дата обращения: 11.01.2026).
11. Alfonso González-Briones, Sigeru Omatu, Mohd Saber Mohamad. Machine Learning Models for Electricity Consumption Forecasting: A Review // 2nd International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS), IEEE. Riyadh, Saudi Arabia, 2019. 18851034. DOI: 10.1109/CAIS.2019.8769508
12. Григорьева Т.А., Бец А.В., Обработка статистических данных // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки 2024. Т. 1. С. 11–14
13. Multi-dimensional analysis of air-conditioning energy use for energy-saving management in university teaching buildings / Xinyue Li, Shuqin Chen, Hongliang Li, Yunxiao Lou, Jiahe Li // Building and Environment. 2020. V. 185. 107246.
14. Estimation of energy consumption in machine learning / E. García-Martín, C. Faviola Rodrigues, G. Riley, H. Grahm // Journal of Parallel and Distributed Computing. 2019. V. 134. P. 75–88.
15. Analysis of user electricity consumption behavior based on density peak clustering with shared neighbors and attractiveness / Q. Li, G. Wang, Y. Zhang, Q. Yang // Concurrency and Computation: Practice & Experience. 2023. Vol. 35. No 3. DOI: <https://doi.org/10.1002/cpe.7518>
16. Vasina, D. Application of the Catboost Gradient Boosting Method in Forecasting Solar Electricity / D. Vasina, A. Gorshechin. – DOI: 10.1109/Dynamics60586.2023.10349541 // Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics) : proceedings XVII International scientific and technical conference (Omsk, Russian Federation, 14–15 Nov. 2023). – IEEE, 2023. – P. 1–5.
17. С.О. Хомутов, Р.Н. Хамитов, А.С. Грицай, Н.А. Серебряков Методика формирования обучающей выборки в задачах краткосрочного прогнозирования электропотребления гарантирующего поставщика // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 2. С. 227–233.
18. Prediction of energy consumption and evaluation of affecting factors in a full-scale WWTP using a machine learning approach / Faramarz Bagherzadeh, Amirreza Sho-jaei Nouri, Mohammad-Javad Mehrani, Suresh Thennadil // Process Safety and Environmental Protection. 2021. V. 154. P. 458–466.
19. Полуянович Н.К., Дубяго М.Н. Оценка воздействующих факторов и прогнозирование электропотребления в региональной энергосистеме с учётом режима ее эксплуатации // Известия ЮФУ. Технические науки. 2022. № 2. С. 31–46.
20. Energy saving in metro ventilation system based on multi-factor analysis and air characteristics of piston vent / Deqiang He, Xiaoliang Teng, Yanjun Chen, Bin Liu, Heliang Wang, Xianwang Li, Rui Ma // Applied Energy. 2022. V. 307. 118295.

References

1. Betz A.V., Grigorieva T.A., Forecasting and planning of electricity consumption by energy sales organizations // Butakov readings. Collection of articles of the III All-Russian Youth Conference with international participation. 2023. pp. 145–147
2. Kutuzov O. I., Tatarnikova T. M. From the practice of applying the Monte Carlo method // Factory laboratory. Diagnostics of materials. 2017. Vol. 83, No. 3. pp. 65–70.
3. Herestov A.D. Statistical data analysis in IBM SPSS Statistics. St. Petersburg: Peter, 2020. 304 p.
4. Popova I.N. Time series analysis : a textbook for universities / I.N. Popova ; executive editor V.V. Kovalev. Moscow : Yurait Publishing House, 2024. 74 p.
5. Barilenko V.I. Methodology of business analysis: textbook / V.I. Barilenko. Moscow: Knorus, 2022. 218 p.
6. James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R. An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R. Springer, 2013/2021.
7. Nadтока I.I. Development of theory and methods of modeling and forecasting of electric consumption based on data from accounting and telecommunication automation tools : specialty 05.14.02 "Electric power plants and electric power systems" : dissertation of Doctor of Technical Sciences / I.I. Nadтока ;

- South Russian State Technical University. un-T. Novocherkassk, 1998. 346 p.
8. Adaptive short-term forecasting of electricity consumption by autonomous energy systems of small northern settlements based on correlation analysis methods / Yu.N. Isaev, O.V. Arkhipova, V.Z. Kovalev, R.N. Khamitov. DOI: 10.18799/24131830/2023/2/4076 // Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Engineering of resources. 2023. Vol. 334, No. 2. pp. 224–239.
9. Morgoeva A.D., Morgoev I.D., Klyuev R.V., Gavrina O.A. Forecasting electric energy consumption by an industrial enterprise using machine learning methods // Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Georesource engineering. 2022. Vol. 333. No. 7. pp. 115–125.
10. Sebeldin, A.S. Improving the accuracy of short-term forecasting of energy consumption using mathematical models / A.S. Sebeldin // Young Scientist. 2023. № 52 (499). Pp. 44–46. URL: <https://moluch.ru/archive/499/109643/> (date of access: 11.01.2026).
11. Alfonso González-Briones, Sigeru Omatu, Mohd Saberi Mohamad. Machine Learning Models for Electricity Consumption Forecasting: A Review // 2nd International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS), IEEE. Riyadh, Saudi Arabia, 2019. 18851034. DOI: 10.1109/CAIS.2019.8769508
12. Grigorieva T.A., Betz A.V., Statistical data processing // Proceedings of the Bratsk State University. Series: Natural and Engineering Sciences 2024. Vol.1. pp. 11–14.
13. Multi-dimensional analysis of air-conditioning energy use for energy-saving management in university teaching buildings / Xinyue Li, Shuqin Chen, Hongliang Li, Yunxiao Lou, Jiahe Li // Building and Environment. - 2020. - V. 185. 107246.
14. Estimation of energy consumption in machine learning / E. García-Martín, C. Faviola Rodrigues, G. Riley, H. Grahn // Journal of Parallel and Distributed Computing. 2019. V. 134. P. 75–88.
15. Analysis of user electricity consumption behavior based on density peak clustering with shared neighbors and attractiveness / Q.Li, G. Wang, Y. Zhang, Q. Yang // Concurrency and Computation: Practice & Experience. 2023. Vol. 35. No. 3. DOI: <https://doi.org/10.1002/cpe.7518>
16. Vasina, D. Application of the Catboost Gradient Boosting Method in Forecasting Solar Electricity / D. Vasina, A. Gorshechin. – DOI: 10.1109/Dynamics60586.2023.10349541 // Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics) : proceedings XVII International scientific and technical conference (Omsk, Russian Federation, 14–15 Nov. 2023). IEEE, 2023. P. 1–5.
17. S.O. Khomutov, R.N. Khamitov, A.S. Gritsai, N.A. Serebryakov Method of forming a training sample in the tasks of short-term forecasting of electricity consumption of a guaranteeing supplier // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. 2021. No. 2. pp. 227–233.
18. Prediction of energy consumption and evaluation of affecting factors in a full-scale WWTP using a machine learning approach / Faramarz Bagherzadeh, Amirreza Sho-jaei Nouri, Mohammad-Javad Mehrani, Suresh Thennadil // Process Safety and Environmental Protection. 2021. V. 154. P. 458–466.
19. Poluyanovich N.K., Dubyago M.N. Assessment of influencing factors and forecasting of electricity consumption in the regional energy system, taking into account the regime of its operation // Izvestiya SFU. Technical sciences. 2022. No. 2. pp. 31–46.
20. Energy saving in metro ventilation system based on multi-factor analysis and air characteristics of piston vent /Deqiang He, Xiaoliang Teng, Yanjun Chen, Bin Liu, Heliang Wang, Xianwang Li, Rui Ma // Applied Energy. 2022. V. 307. 118295.