Темный Д.С., Титова Г.Р.

**Модели объемов потребления электрической энергии на объектах системы
водоподготовки города**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/lj-06-2019-147

ids: lj-06-2019-147

Аннотация

Прогноз объемов потребления электрической энергии всегда был одновременно важным и сложным вопросом организации производства промышленных объектов. Особенно остро данная проблема затрагивает предприятия, которые являются или планируют стать участником оптового рынка электрической энергии. В данной статье предложен способ прогнозирования объемов потребления электрической энергии для объектов системы водоподготовки города на основе одно- и двухфакторных моделей.

Ключевые слова: электропотребление, прогноз потребления электрической энергии, многофакторные модели, объекты водоподготовки

Abstract

The forecast of the volumes of consumption of electric energy has always been at the same time an important and complex issue of organizing the production of industrial facilities. This problem is especially acute for enterprises that are or are planning to become a member of the wholesale electricity market. This article proposes a method for predicting the volume of consumption of electric energy for water treatment facilities of the city of Moscow based on one- and two-factor models.

Keywords: electricity consumption, electricity consumption forecast, multifactor models, water treatment facilities

Объект водоподготовки включает в свою структуру различные инженерные системы, которые снабжают его энергией или другими ресурсами. Каждая система вносит свою долю в конечную себестоимость питьевой воды, подаваемой потребителю. При этом функционирование оборудования практически всех инженерных систем осуществляется преимущественно под действием электрической энергии (далее – э/э). Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что объем очищаемой и/или перекачиваемой воды является функцией объема потребляемой э/э. Для проектирования и эксплуатации объектов системы водоподготовки важно обратное соотношение – зависимость объемов потребляемой э/э от объемов очищаемой и/или перекачиваемой воды.

Предположим, что объем потребляемой э/э тесно линейно зависит от объемов перекачиваемой (выдаваемой в сеть) воды. Данная гипотеза проверяется при помощи одного из самых распространенных способов выявления взаимоотношений между численными величинами – корреляционно-регрессионного анализа. Данный метод позволяет не только оценить степень и направление взаимосвязи двух изменяющихся во времени величин, но и получить уравнение их взаимосвязи.

Качественная оценка степени взаимосвязи двух величин сводится к количественной оценке коэффициента корреляции. Когда коэффициент корреляции по модулю равен одному, то говорят о функциональной связи (прямой или обратной линейной зависимости) между двумя или несколькими рассматриваемыми изменяющимися величинами [1]. Для анализа взаимосвязи потребления э/э и объемов подготовленной (перекаченной) воды в данной работе рассматриваются: коэффициент парной корреляции знаков Фехнера и коэффициент линейной корреляции Пирсона.

Результаты расчета коэффициентов корреляции для насосной станции и станции водоподготовки приведены в таблице 1.

Рассчитанные коэффициенты корреляции для насосной станции (далее – НС) и станции водоподготовки (далее – СВ) лежат в диапазоне от 0,9 до 1. Причем коэффициент корреляции Пирсона, который носит более строгий характер, лежит в диапазоне от 0,95 до 1. С учетом вышесказанного можно утверждать, что объем потребляемой э/э имеет очень высокую прямую связь с объемом перекачиваемой (выдаваемой в сеть) воды. Причем для НС эта связь имеет более выраженный характер: изменение объемов потребляемой э/э на 92,1 % зависит от изменения объемов перекачиваемой воды, а для СВ данная зависимость равна 91,2 %.

Таблица 1

Результаты расчета коэффициентов корреляции

Коэффициент корреляции	Насосная станция	Станция водоподготовки
Фехнера	0,967	0,9
Пирсона	0,9597	0,955

Корреляционная связь между объемом потребляемой э/э и объемом перекачиваемой воды настолько тесная, что даже однофакторная модель $W(Q)$ объектов водоподготовки должна дать точные результаты прогноза. Данная зависимость является первой анализируемой моделью. В качестве второй анализируемой зависимости будет выступать двухфакторная модель, где в качестве второго фактора, влияющего на объемы потребления э/э, выступает температура окружающей среды $T_{окр}$.

Предложенные одно- и двухфакторные регрессионные модели имеют следующие соответствующие общие виды:

$$W_{э/э} = w_{уд} \cdot Q_v + W_{пост},$$

$$W_{э/э} = w_{уд} \cdot Q_v + k_{тем} \cdot T_{окр} + W_{пост},$$

где $W_{э/э}$ – объем э/э, потребляемой объектом водоподготовки, тыс. кВт·ч;

$w_{уд}$ – коэффициент регрессии, представляющий собой удельные расходы э/э на перекачивание заданного объема воды, кВт·ч/м³;

Q_v – объем воды, перекачиваемый объектом водоподготовки, тыс. м³;

$W_{пост}$ – свободный коэффициент однофакторной регрессии, представляющий собой условно постоянные расходы э/э на объекте, тыс. кВт·ч;

$k_{тем}$ – коэффициент температурного фактора, кВт·ч/°C;

$T_{окр}$ – среднемесячная температура окружающего воздуха, °C [2].

Расчет коэффициентов предложенных регрессионных моделей ведется по методу наименьших квадратов. В качестве исходных данных для определения коэффициентов уравнений выступает накопленная среднемесячная выборка объемов потребления э/э объемов перекачиваемой воды за последние пять лет. В таблицу ниже сведены результаты моделирования электропотребления для НС и СВ в аналитическом виде.

Таблица 2.

Результаты расчета моделей электропотребления НС и СВ

Тип модели	Насосная станция	Станция водоподготовки
Однофакторная	$W_{нс}=0,115 \cdot Q_{нс}+44,119$	$W_{св}=0,338 \cdot Q_{св}+217,21$
Двухфакторная	$W_{нс}=0,115 \cdot Q_{нс}+0,025 \cdot T_{окр}+0,044$	$W_{св}=0,339 \cdot Q_{св}+2,321 \cdot T_{окр}+0,163$

В ходе проведенных расчетов для предложенных к проверке математических моделей, описывающих объем потребления э/э от различных факторов, выявлено, что наиболее точно (92,1% данных для НС и 91,2% - для СВ) описывается однофакторными линейными регрессиями $W_{нс}(Q_{нс})$ и $W_{св}(Q_{св})$. Введение дополнительного фактора в виде температуры окружающей среды снижает точность описания на 0,3% как для НС,

так и для СВ. Таким образом, для практического описания модели объектов водоподготовки достаточно использовать однофакторную модель $W_{э/э}(Q_6)$.

Предложенный метод прогнозирования объемов потребления э/э на объектах системы водоподготовки проверен на одном из городов. Проверка предложенных прогнозных моделей со статистикой электропотребления показывает, что средние относительные отклонения представленных однофакторных моделей потребления э/э от фактических кривых за последние пять лет составляют 9,43% и 3,7% соответственно для НС и СВ. Данная точность является приемлемой для прогнозных расчетов, составленные регрессионные модели рекомендуются применяться на практике. Корреляционно-регрессионного анализа так же показал, что введение температурного фактора в модель потребления э/э на объектах системы водоподготовки города со среднегодовой температурой до 10 градусов тепла снижает точность предсказания.

1. Кошарная Ю.В. Разработка методики анализа параметров электропотребления для их нормирования и оценки объемов энергосбережения при проведении энергоаудита предприятий и организаций: дис. ... канд. тех. наук: 05.09.03/

1. Кошарная Юлия Васильевна. – М., 2015. – 134 с.

2. Средние месячные и годовые температуры воздуха в г. Москве [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/27612.htm>

3. Минашкин В.Г. Теория статистики / В.Г. Минашкин, Р.А. Шмойлова, Н.А. Садовникова, Л.Г. Моисейкина, Е.С. Рыбакова. – М.: МФПА, 2004. – 198 с.

4. Шведов А.С. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для вузов / А.С. Минашкин. – М.: ГУ ВШЭ, 2005. – 254 с.

Чистогова В.А., Богданец Е.С.

Исследование точности позиционирования спутниковых навигационных систем

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет
(Россия, Пермь)*

doi: 10.18411/lj-06-2019-148

idsp: ljjournal-06-2019-148

Аннотация

В данной статье произведено сравнение зависимости точности позиционирования GNSS-станций от типа используемых навигационных систем. В качестве исследуемых навигационных систем выступают GPS и ГЛОНАСС. Произведена количественная оценка числа спутников на орбите в зависимости от продолжительности измерений, рассчитаны СКП измерений, а также найдено отклонение исследуемых навигационных систем от измерений с использованием всех спутников.

Ключевые слова: базовая станция, ГЛОНАСС, GPS, GNSS, CSRS-PPP, PPP

Abstract

This article compares the accuracy of GNSS station positioning with the type of navigation systems used. GPS and GLONASS are the studied navigation systems. A quantitative estimate was made of the number of satellites in orbit, depending on the duration of the measurements, the UPC measurements were calculated, and the deviation of the studied navigation systems from measurements using all the satellites was found.

Keywords: GLONASS, GPS, GNSS, CSRS-PPP, PPP

В современном мире повсеместно применяется технология спутникового позиционирования. Первый запуск американской спутниковой системы GPS состоялся в 1978 году. Данная технология давала важнейшие стратегические преимущества, из-за