РАЗДЕЛ XXXII. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Карпенко С.М.¹, Безгинов Г.Ю.¹, Карпенко Н.В.²

Анализ влияния погодных-климатических факторов на электропотребление региона

¹ФГАУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

²ФГАУ ВО «Российский Университет Транспорта» (РУТ «МИИТ») (Россия, Москва)

doi: 10.18411/lj-06-2021-326

Аннотация

В статье произведен анализ влияния погодных-климатических факторов московского региона на объемы электропотребления. С целью исключения эффекта мультиколлинеарности в данных для моделирования выбраны переменные, характеризующие температурные условия и освещенность. Получены аналитические и графические зависимости электропотребления от среднемесячных значений температуры, а также числа ясных, облачных и пасмурных дней.

Ключевые слова: Погодные-климатические факторы, температура, освещенность, электропотребление, мультиколлинеарность, регрессионный анализ, аналитические и графические зависимости.

Abstract

The article analyzes the influence of weather and climatic factors of the Moscow region on the volume of electricity consumption. In order to exclude the effect of multicollinearity in the data for modeling, variables that characterize temperature conditions and illumination are selected. Analytical and graphical dependences of power consumption on the average monthly temperature values, as well as the number of clear, cloudy and overcast days are obtained.

Keywords: Weather and climate factors, temperature, illumination, power consumption, multicollinearity, regression analysis, analytical and graphical dependencies.

Существенное влияние на процессы регионального потребления электрической энергии оказывают погодные-климатические факторы, такие как температура воздуха, естественная освещенность, влажность, скорость и направление ветра и т.д. [1-4]. Они во многом определяют сезонные колебания и суточную неравномерность графиков потребления электроэнергии. Наибольшее влияние на электропотребление оказывают температура воздуха и естественная освещенность. Влияние температуры воздуха на электропотребление обусловлено, как правило, массовым применением различного климатического оборудования в зимний и летний периоды (электроотопительные приборы, кондиционеры, холодильные установки). Для энергообъединений с потребителями жилищно-коммунального сектора, где осветительная нагрузка составляет значительную часть, колебания естественной освещенности оказывают существенное влияние на электропотребление, особенно на формирование утреннего и вечернего максимумов. При увеличении доли промышленных потребителей взаимосвязь естественной освещенности и электропотребления не так однозначна. Для повышения качества и точности прогноза необходимо учитывать влияние погодных факторов на электропотребление

В статье произведен анализ влияния погодных факторов московского региона на объемы электропотребления. Рассмотрены месячные значения за 2019-2020 гг. следующих показателей: среднесуточная температура - *Temp*; средняя влажность – *Humid*; скорость ветра – *Wind*; ясных дней – *Clea*; облачных дней – *Cloud*; пасмурных дней – *Dull*; дождь – *Rain*; снег – *Snow*.

Помесячные показатели погодно-климатических факторов по г. Москве за 2020 год приведены в табл. 1.

Корреляционный анализ подтвердил сильную взаимосвязь погодных факторов (коэффициенты парной корреляции имеют значения от 0,61 до 0,94). С целью исключения эффекта мультиколлинеарности в данных из 8 погодных факторов для моделирования выбраны переменные *Temp* и *Dull*, характеризующие температурные условия и освещенность, и в наибольшей степени определяющие потребление электроэнергии.

Таблица 1

Показатели погодно-климатических факторов по г. Москве за 2020г.

Месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь
Средняя температура	–6.7°C	–6.1°C	–0.7°C	+7°C	+13.6°C	+17.2°C
Средняя влажность	0,85	0,81	0,73	0,66	0,66	0,69
Скорость ветра	2.2 м/с	2.1 м/с	2.0 м/с	2.0 м/с	1.8 м/с	1.5 м/с
Ясных дней	4	5	9	13	14	13
Облачных дней	18	17	13	11	13	15
Пасмурных дней	6	6	5	5	3	2
Дождь	1	1	2	1	0	0
Снег	2	1	1	0	0	0
Месяц	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Средняя температура	+20.1°C	+17.8°C	+12.1°C	+6°C	0.0°C	–4°C
Средняя влажность	0,72	0,75	0,8	0,82	0,86	0,86
Скорость ветра	1.4 м/с	1.4 м/с	1.5 м/с	1.8 м/с	2.0 м/с	2.1 м/с
Ясных дней	11	15	13	8	4	3
Облачных дней	16	13	13	16	19	20
Пасмурных дней	2	2	3	5	5	5
Дождь	1	0	1	1	2	1
Снег	0	0	0	0	0	1

Зависимость электропотребления *Electr* от среднесуточной температуры имеет вид полинома третьей степени:

$$Elect = 3,464 - 0,046 \cdot Temp - 0,002 \cdot Temp^2 + 0,0001 \cdot Temp^3, \quad (1)$$

который описывает нелинейное снижение электропотребления на обогрев с ростом внешней температуры от отрицательных до положительных значений, и увеличение потребления электроэнергии на кондиционирование в условиях роста температуры окружающей среды от 18-20° и выше (рис. 1). Точность модели высокая (МАРЕ = 4,08%). В рамках модели температурный фактор на 80,4% объясняет формирование значений электропотребления (коэффициент детерминации R^2 составляет 0,804).

Зависимость электропотребления *Electr* от освещенности также имеет нелинейный характер:

$$Elect = 2,837 - 0,087 \cdot Dull - 0,038 \cdot Dull^2. \quad (2)$$

Рисунок 1. Зависимость потребления электроэнергии от температуры окружающей среды

На рис. 2 приведена динамика ежемесячного изменения объема электропотребления в сравнении с изменением показателей среднемесячной температуры по г. Москве за 2020 год.

Рисунок 2. Динамика ежемесячного электропотребления и среднемесячной температуры по г. Москве за 2020г.

Из графика рис. 2 также видно, что наибольшее электропотребление приходится на три зимних месяца. Наименьшие значения электропотребления пришлось на апрель, май и июнь 2020 года, причинами этого снижения стали локдауны и режим самоизоляции, пришедшиеся на эти месяцы из-за пандемии коронавируса, а также традиционный сезонный фактор.

Параболическая модель второго порядка отражает увеличение скорости роста электропотребления с ростом среднемесячного числа пасмурных дней (рис. 3). В рамках модели фактор освещенности на 65,4% объясняет формирование значений потребления электроэнергии ($R^2 = 0,654$). Точность модели высокая (MAPE = 5,43%).

Рисунок 3. Зависимость потребления электроэнергии от среднемесячного числа пасмурных дней

Поскольку в (1) и (2) коэффициенты регрессии свидетельствуют о незначительности вклада более высоких степеней переменных *Temp* и *Dull*, для описания комплексного воздействия погодных факторов на электропотребление построена модель множественной линейной регрессии (3) ($R^2 = 0,778$):

$$Elect = 3,879 - 0,049 \cdot Temp + 0,092 \cdot Dull. \quad (3)$$

Точность модели высокая ($MAPE = 4,65\%$).

На рис. 4 приведена диаграмма показателей электропотребления и среднемесячных значений ясных, облачных и пасмурных дней в динамике по г. Москве за 2020 г. Из графика видна пропорциональная зависимость электропотребления от числа облачных и пасмурных дней, наибольшие значения которые принимают в осенне-зимний период.

Рисунок 4. Диаграмма показателей электропотребления и среднемесячного числа ясных, облачных и пасмурных дней в г. Москве за 2020 г.

Таким образом, результаты исследований, приведенных в данной статье, подтверждают, что погодно-климатические факторы оказывают существенное влияние

на электропотребление и их необходимо учитывать при анализе динамики и разработке прогнозных моделей электропотребления.

1. Бугаец В.А. Краткосрочное прогнозирование электропотребления энергорайонов и региона с учетом метеофакторов. Дисс.... канд. техн. наук. – Новочеркасск: 2015. – 241с.
2. Губский С.О. Краткосрочное прогнозирование электропотребления в операционной зоне регионального диспетчерского управления с учетом фактора освещенности. Дисс. ... канд. техн. наук. – Новочеркасск, 2012. – 231с.
3. Макоклюев Б.И., Павликов В.С., Владимиров А.И., Фефелова Г.И. Влияние колебаний метеорологических факторов на энергопотребление энергообъединений // Энергетик. – 2003. – №6. – С. 14-19.
4. Седов А.В., Надтока И.И. Системы контроля, распознавания и прогнозирования электропотребления: модели, методы, алгоритмы и средства - // Ростов-н/Д: Изд-во Ростовского университета, 2002. – 320 с.

Копылов М.О., Моисеева К.С.

Численное моделирование газодинамики в центробежном сепараторе

ФГБОУ ВО «КГЭУ»

(Россия, Казань)

doi: 10.18411/lj-06-2021-327

Научный руководитель

Рукавишников В.А.

Аннотация

В статье представлена проблема улавливания тонкодисперсных твердых частиц из запыленных газовых потоков. Предложена конструкция центробежного сепаратора. Произведено численное моделирование в программном комплексе ANSYS Fluent. Показана визуализация потока в межцилиндрическом пространстве центробежного сепаратора.

Ключевые слова: сепаратор, численное моделирование, газовый поток, газодинамика, циклон.

Abstract

The article presents the problem of capturing fine particulate matter from dusty gas streams. The design of a centrifugal separator is proposed. Numerical simulation was performed in the ANSYS Fluent software package. The visualization of the flow in the inter-cylindrical space of the centrifugal separator is shown.

Keywords: separator, numerical simulation, gas flow, gas dynamics, cyclone.

В настоящее время задача очистки газовых потоков от тонкодисперсных твердых частиц размером не более 20 мкм является актуальной. Данная проблема очень значима для промышленных предприятий любой отраслевой принадлежности: агропромышленной, энергетической, металлургической, нефтехимической и др., так как неуловленные тонкодисперсные частицы в очистительном процессе на промышленных предприятиях являются причиной поломки аппаратов, вследствие их забивки различной грязью, которая образуется путем накопления пыли [1-3]. Например, на газораспределительных станциях мелкодисперсные частицы при попадании в технологическое и газорегуляторное оборудование ухудшают их работу. В некоторых случаях, мелкодисперсные частицы представляют ценный материал, который можно использовать повторно в различных процессах и при производстве различной продукции. Например, уловленные частицы золы на тепловых электрических станциях находят широкое применение в строительной