



*Т.Г. Булавина, Г.С. Зайцев*  
Вологодский государственный университет

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ  
В ГОРОДЕ ВОЛОГДЕ**

В данной статье приведен прогноз количества ЭЗС в городе Вологде до 2030 года. Представлена линия тренда увеличения количества ЭЗС в городе Вологде. Приведены расчеты суммарной мощности ЭЗС и построенные суточные графики нагрузок с учетом дополнительной мощности в часы пикового потребления электроэнергии в городе Вологде.

Электромобиль, электрическая заправочная станция, суточный график нагрузок, инфраструктура.

В настоящее время наблюдается активное развитие сферы электротранспорта по всему миру. Многие мировые автоконцерны активно переходят на разработки и производство автомобилей с электрическими двигателями. Соответствие мировым тенденциям развития электротранспорта приведет к совершенствованию транспортного комплекса Российской Федерации. Правительством РФ были составлены Стратегия развития автомобильного транспорта до 2035 года [2], а также Стратегия развития электротранспорта до 2030 года [1]. В них указано, что после 2030 года объем государственной поддержки для электрических и других перспективных автомобилей должен быть равен поддержке сегмента автомобилей с двигателями внутреннего сгорания (ДВС). Доля электротранспорта может составить 5–12 % от общего количества к 2030 году, а общие продажи по целевому сценарию могут составить до 506 тысяч электромобилей за 2035 год [1].

По статистике на 2023 год в Российской Федерации существует порядка 7500 электрических заправочных станций (ЭЗС), а к 2030 году, согласно концепции представленной правительством Российской Федерации, общая численность ЭЗС может со-

ставить 72 000, из них 30 % «быстрых» заправочных станций и 70 % «медленных» [1].

В Вологодской области на 2022 год установлено 32 ЭЗС и 15 из них находятся в городе Вологде, данный показатель достигнут при активном участии компании ООО «Логасофт» при содействии Администрации города Вологды. Активное развитие сферы электротранспорта в городе может привести к изменениям графиков потребления электрической энергии, особенно при одновременном включении заправочных станций в часы пикового потребления электроэнергии. Вероятность наступления пикового потребления электроэнергии зависит от очень большого количества факторов. На начальном этапе исследования была использована упрощенная модель зависимости роста количества электрических заправочных станций в Вологодской области. Для проведения аналогии между использованием бензиновых заправочных станций и электрических заправочных станций была проведена оценка работы АЗС в нескольких районах города и проанализировано время достижения пиковых значений (табл.). Для получения численных значений были использованы данные сервиса «Гугл карты».

Таблица

**Оценка максимальной и минимальной загруженности АЗС в г. Вологде**

	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница
Лукойл № 35447 (ул. Ленинградская, 154)					
Макс. загруз., ч	8–10	9–12 17–20	7–9 16–18	7–9 16–18	7–9 14–16
Мин. загруз., ч	0–7	0–7	0–6	0–6	0–6
Лукойл № 35443 (ул. Маршала Конева, 32)					
Макс. загруз., ч	-	9–11	8–10 16–18	8–11 15–17	9–11
Мин. загруз., ч	0–7	0–7	0–6	0–6	0–6
Лукойл № 35447 (ул. Северная, 9)					
Макс. загруз., ч	12–13 18–20	10–11 17–19	17–18	10–11 17–19	16–18
Мин. загруз., ч	0–7	0–7	0–7	0–6	0–7

Количество ЭЗС в Вологодской области

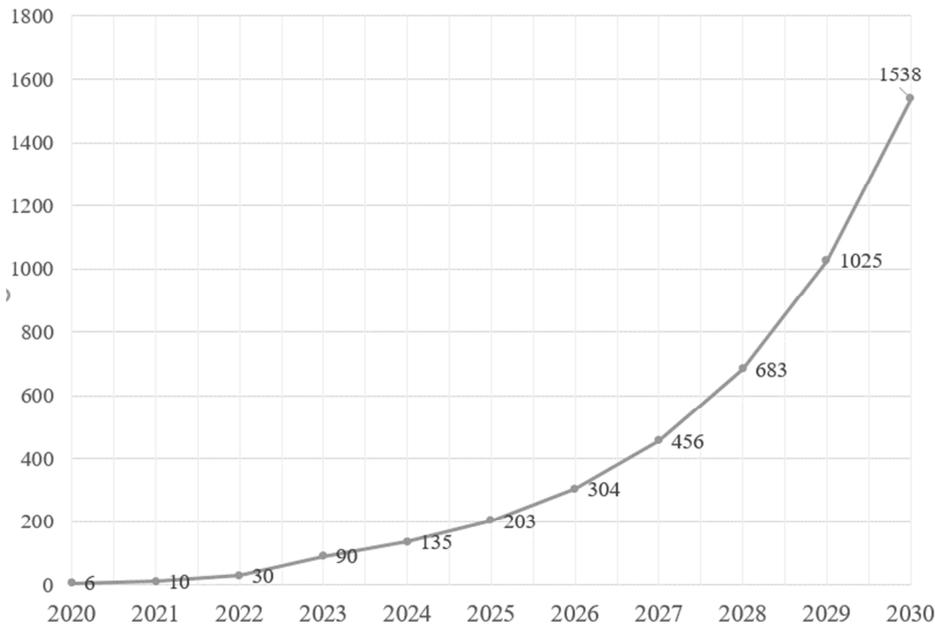


Рис. 1. Возможное количество ЭЗС в Вологодской области

Проведенный анализ показал, что загруженность зависит от множества факторов, например от расположения в городе, расстояния от различной социальной инфраструктуры и т.д. Максимальное количество посещений приходится с 7:00 до 11:00 часов. Пиковое значение загруженности в этот промежуток времени достигается в 9:00. В вечернее время с 16:00 до 20:00 часов пиковое значение приходится на 18:00 часов. Наименьшая загруженность наблюдается в ночные часы с 00:00 до 7:00.

Для проведения расчетов возможной нагрузки на электрические сети Вологды было необходимо определиться с количеством электрических заправочных станций. Реализация данной задачи решалась с помощью двух подходов. Первый заключается в построении линии тренда исходя из уже существующих ЭЗС в Вологодской области. Второй был основан на соблюдении рекомендаций, указанных в концепции развития электротранспорта.

На рисунке 1 представлен график возможного количества ЭЗС на 2030 год в городе Вологде исходя из темпов увеличения численности от 2020 года до 2022. Для более реалистичных значений после 2023 года прогнозируемое значение рассчитывается исходя из предшествующих значений, с уменьшенной прогнозируемой вероятностью. Так как к 2030 году количество заправочных станций превысит слишком большое значение.

Согласно концепции развития электротранспорта до 2030 года, расстояние между ЭЗС на шоссе между городами не должно превышать 100 км, а на территории города предлагается устанавливать ЭЗС на каждые 4 км<sup>2</sup> [1]. Ниже приведен расчет количества ЭЗС ( $N_{\text{эзс}}$ ) (1), (2).

$$N_{\text{эзс}} = \frac{S_{\text{н.п.}}}{S_{\text{рек.}}} \quad (1)$$

где  $S_{\text{н.п.}}$  – площадь населенного пункта, км<sup>2</sup>;  
 $S_{\text{рек.}}$  – плотность установки ЭЗС равная 4 км<sup>2</sup>;

$$N_{\text{эзс}} = \frac{L_{\text{ш.}}}{L_{\text{рек.}}} \quad (2)$$

где  $L_{\text{ш.}}$  – длина шоссе между населенными пунктами, км;

$L_{\text{рек.}}$  – дальность установки ЭЗС равная 100 км.

Исходя из расчетов 109 ЭЗС расположены на территории населенных пунктов, 28 ЭЗС на шоссе между основными населенными пунктами.

Оценка процентного соотношения прогнозируемого общего количества электрозаправок в Вологодской области и в городе Вологде была проведена с учетом комплексного анализа предлагаемых подходов к решению поставленной задачи. В Вологде к 2030 году должно быть установлено 29 штук, что составляет 27 % от общего числа ЭЗС. А на апрель 2023 года из 32 установленных в Вологодской области ЭЗС 15 находятся в Вологде, что составляет порядка 47 % от общего количества ЭЗС в Вологодской области. Взяв за основу средний процент количества ЭЗС от их общей численности, который составил 37 %.

С учетом результата полученного линии тренда – 1538 штук – было выбрано для расчета количество ЭЗС в городе Вологде 569 штук, из них 170 мощностью 149 кВт, что составляет 30 % от общего количества, и 398 мощностью 22 кВт, что составляет 70 % от общего количества. Данное соотношение количества мощных и маломощных ЭЗС согласовано с предложенной концепцией развития электротранспорта до 2030 года [1].

Для оценки пикового потребления электроэнергии предлагается взять коэффициент спроса равным 0,5 от количества мощных и менее мощных заправочных станций. Ниже приведен расчет общей мощности ( $P_{\text{общ}}$ ) (3) [3].

$$P_{\text{общ}} = N_{\text{эзс}} \cdot P_{\text{эзс}} \cdot K_{\text{с}} \quad (3)$$

где  $P_{\text{эзс}}$  – мощность ЭЗС, кВт,  
 $N_{\text{эзс}}$  – количество ЭЗС,  
 $K_{\text{с}}$  – коэффициент спроса.

В результате расчетов суммарная мощность равняется 17 МВт, из них 12,6 МВт – мощные (быстрые) ЭЭС, 4,4 МВт – менее мощные (медленные ЭЭС).

Для наглядного представления суммарной мощности электрических заправочных станций был использован аналог усредненного типового суточного график для города (рис. 2).

За базовые цифры построения суточных графиков потребления электроэнергии по часам и в процентах в

городе Вологде было принято годовое потребление электроэнергии на конец 2021 года, которое составило порядка 1 309 710 тыс. кВт·ч.

На рисунке 3 и 4 представлены суточные графики нагрузки в городе Вологде при дополнительной нагрузке от эксплуатации ЭЭС в 17 МВт в часы пикового потребления электроэнергии.

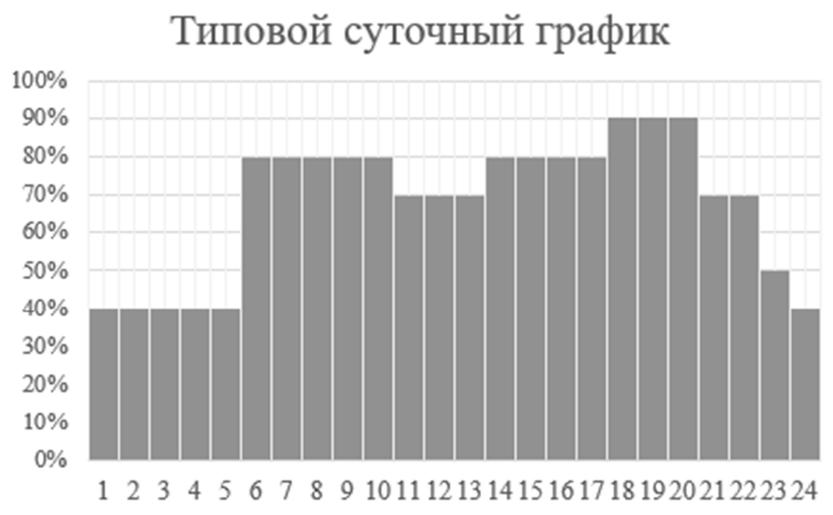


Рис. 2. Типовой суточный график потребления электроэнергии по часам для города

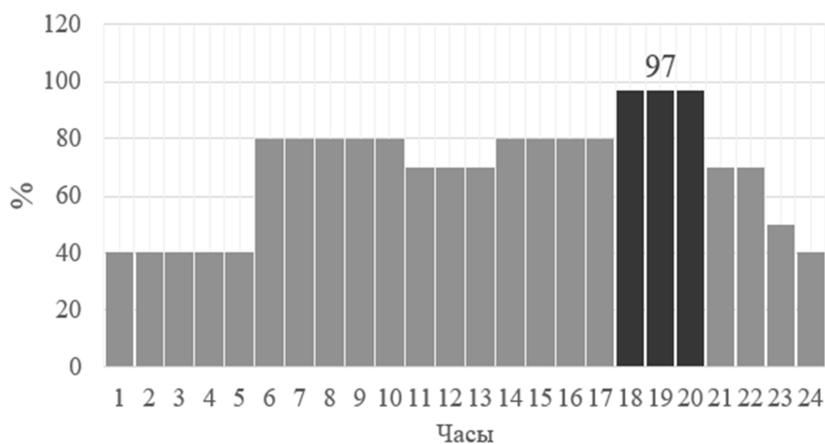


Рис. 3. Суточный график потребления электроэнергии по часам и в процентах в г. Вологде

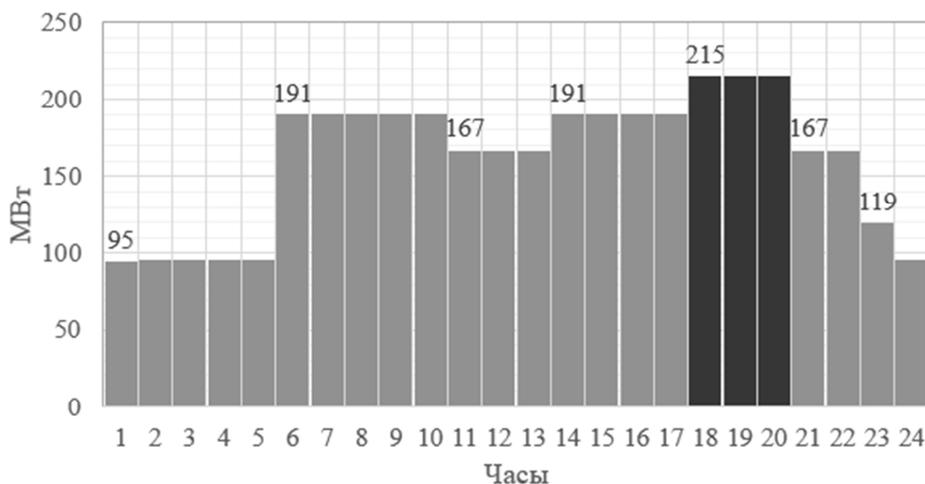


Рис. 4. Суточный график потребления электроэнергии по часам и в МВт в г. Вологде

В данной ситуации при дополнительной мощности в 17 МВт в часы пикового потребления в диапазоне от 18:00 до 21:00 нагрузка возрастает до 97 % без учета постоянного роста потребления электроэнергии в городе, что может привести к уменьшению срока службы различных элементов электроэнергетической системы, увеличению вероятности аварийных ситуаций, удорожанию тарифов на покупку электроэнергии и др.

Проблема может быть решена мероприятиями, которые заинтересуют владельцев электромобилей заряжать свои транспортные средства в часы минимального потребления электроэнергии, например разработка и применение льготного тарифа для электромобилей в часы минимального потребления электроэнергии; размещение медленных ЭЭС на придомовых территориях многоквартирных домов, что позволит заряжать электромобили в ночное время суток, максимально обеспечивая процесс выравнивания общей нагрузки в городе.

## Литература

1. Официальный интернет-портал правовой информации. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23.08.2021 № 2290-р. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202108240015> (дата обращения 15.03.2022). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.

2. Официальный интернет-портал правовой информации. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.12.2022 № 4261-р – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202212300047> (дата обращения 20.03.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.

3. Кудрин, Б. И. Электроснабжение : учебник / Б. И. Кудрин, Б. В. Жилин, М. Г. Ошурков. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2018. – 382 с.

*T.G. Bulavina, G.S. Zaitsev*  
*Vologda State University*

## PROSPECTS FOR ELECTRIC VEHICLE CHARGING INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT IN VOLOGDA

This article provides a forecast of the number of electric charging stations in the city of Vologda by 2030. The trend line of increasing the number of electric charging stations in the city of Vologda is presented. The calculations of the total power of the electric charging stations and the constructed daily schedule of electricity consumption are given, taking into account the additional power during peak electricity consumption hours in the city of Vologda.

Electric vehicle, electric charging station, daily schedule of electricity consumption, infrastructure.