

Научная статья

DOI: 10.15593/24111678/2023.02.06

УДК 625.748.54

В.Д. Тимоховец, А.Р. Прошкин

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ПО РАСЧЕТУ ЧИСЛА ЭЛЕКТРОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Активное распространение электрических автомобилей по всему миру приводит к необходимости решения проблем создания, развития и совершенствования инфраструктурных объектов, в частности внедрения в городах и за их пределами специальной зарядной инфраструктуры.

Одной из основных задач, при решении указанных вопросов, является непосредственно определение требуемого числа зарядных станций, которые необходимо установить в пределах определенной территории, чтобы обеспечить как возможность комфортного, быстрого и безопасного перемещения населения, так и оптимальность затрат эксплуатирующих организаций на развитие подобных сетей. В настоящее время в Российской Федерации отсутствует стандартизированная методика по выполнению подобного расчета, что в свою очередь является одним из факторов, оказывающим негативное влияние на непосредственно развитие подобных нововведений.

В рамках данной работы, выполнена апробация методики расчета числа зарядных станций, которая была разработана и представлена ранее, как при выполнении ручного расчета, так и при условии применения специализированного программного продукта, подготовленного авторами.

В работе приведены основные этапы выполнения данного расчета, а также рассмотрены вопросы выбора языка программирования, который в дальнейшем был использован для написания кода программы и основные этапы процесса работы программного продукта. Представлены результаты выполнения ручного и автоматизированных расчетов, а также полученные авторами оптимальные варианты предлагаемого к реализации проекта, на основании приближенных предполагаемых экономических выгод и затрат эксплуатирующих организации, на примере наиболее крупных населенных пунктов, входящих в состав Уральского федерального округа.

Ключевые слова: зарядные станции, электрические автомобили, программный продукт.

V.D. Timohovets, A.R. Proshkin

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE PRODUCT FOR CALCULATING THE NUMBER OF EV CHARGING STATIONS

The active spread of electric cars around the world leads to the need to solve the problems of creating, developing and improving infrastructure facilities, in particular the introduction of special charging infrastructure in cities and beyond.

One of the main tasks in solving such an issue is to directly determine the required number of charging stations that need to be installed within a certain territory in order to ensure both the possibility of comfortable, fast and safe movement of the population, and the optimal cost of operating organizations for the development of such networks. Currently, there is no standardized methodology for performing such calculations in the Russian Federation, which in turn is one of the factors that have a negative impact on the direct development of such innovations.

Within the framework of this work, the methodology for calculating the number of charging stations was tested, which was developed and presented earlier, both when performing manual calculations, and under the condition of using a specialized software product also prepared by the authors.

The paper presents the main stages of performing this calculation, as well as the issues of choosing a programming language that was later used to write the program code and the main stages of the software product operation process. The results of manual and automated calculations are presented, as well as the optimal variants of the proposed project obtained by the authors, based on approximate estimated economic benefits and costs of operating organizations, on the example of the largest settlements that are part of the Ural Federal District. Keywords: charging stations, electric cars, software product, Ural Federal District.

Keywords: charging stations, electric cars, software product, Ural Federal District.

В последние годы в автомобильной промышленности сложилась тенденция к развитию альтернативных источников энергии для транспортных средств [1–4]. Наибольшей популярностью в качестве альтернативы традиционным двигателям внутреннего сгорания выступают электродвигатели и производимые на их основе электромобили [5–7]. Рост числа подобных транспортных средств, в свою очередь, приводит к росту потребности в зарядной инфраструктуре [8–10]. Чтобы удовлетворить данный спрос, необходимо выполнить работу по определению областей, где существует потребность в данных объектах, расчету их количества, непосредственному определению мест их расположения и многое другое.

Расчет количества подобных объектов транспортной инфраструктуры, которое позволило бы обеспечить работоспособность электрических транспортных средств в пределах территории, подлежащей рассмотрению, является наиболее ответственной и непростой задачей [11]. Нерациональный подбор данного показателя впоследствии может привести к нецелесообразному использованию установленных станций вследствие переизбытка или, наоборот, их дефицита.

В настоящее время основная сложность при решении данной задачи заключается в отсутствии стандартизированной методики по непосредственному расчету как требуемого количества зарядных станций (ЗС), так и их размещению в границах населенных пунктов и за их пределами [12]. Ранее авторами работы был предложен математический аппарат, ориентированный на такие показатели, как статистические данные об объеме парка электрических транспортных средств в отдельно взятом субъекте Российской Федерации, населенном пункте и иной интерпретации рассматриваемой территории, средняя величина пробега автомобиля, состав потока электромобилей по маркам и моделям.

Иными показателями, которые не участвуют в расчете, однако оказывают значительное влияние на конечный результат, как в отношении локализации подобных объектов, так их в их количестве, могут выступать площадь рассматриваемой территории, природно-климатические условия на данном участке, наличие транзитных маршрутов, федеральных, региональных и крупных местных автомобильных дорог [13]. Например, в случае, если в рамках выбранной территории можно выделить отдельные административные единицы (область, край, республика) или городские агломерации, в которых число электромобилей находится на довольно низком уровне, то подобные участки допускается исключить из последующего расчета без значительных последствий.

В качестве апробации математического аппарата авторами работы был выполнен расчет требуемого числа зарядных станций для города Тюмени. При этом в расчетах были приняты следующие допущения:

1. Ввиду отсутствия сведений о количестве электрических транспортных средств (ЭТС) непосредственно в городе Тюмени данный показатель был рассчитан на основании имеющихся статистических данных об общем количестве легковых автомобилей в городе, уровне автомобилизации и процентного показателя количества ЭТС в регионе [14].

Данный расчет представлен в табл. 1.

Таблица 1

Расчет количества электромобилей в населенных пунктах Тюменской области

Население субъекта, чел.	Уровень автомобилизации авт./1000 чел.	Число ТС в субъекте, ед.	Кол-во ЭТС, %	Населенные пункты	Уровень автомобилизации в НП, авт./1000 чел.	Число автомобилей в НП, ед.	Кол-во ЭТС в НП
1 537 416	326,60	502 120	0,031	Тюмень	354,00	293 316	88
				Тобольск	320,00	32 113	10
				Иное	290,38	176 692	53

2. При определении показателя прироста числа ЭТС для конкретного населенного пункта были использованы тождественные данные, характерные для всего субъекта Российской Федерации. Для Тюменской области в целом значение данного показателя составляет:

$$P = \left(\frac{\sum_{i=1}^m \frac{N_i}{N_{i-1}}}{m} \right) - 1 \cdot 100\% = \left(\frac{\frac{150}{155} + \frac{155}{126} + \frac{126}{81} + \frac{81}{39} + \frac{39}{21}}{5} \right) - 1 \cdot 100\% = 53,75\%,$$

где N_i и N_{i-1} – количество электрических автомобилей в i -м и предшествующем году соответственно, шт.;

m – количество рассматриваемых периодов.

3. Средняя величина пробега транспортного средства в течение суток принята на основании среднегодового показателя, который составляет 18,7 тыс. км. Соответственно среднесуточный пробег составит 51,23 км.

Исходя из представленных выше данных, был рассчитан показатель количества электрической энергии, необходимой для обеспечения работоспособности ЭТС на территории города Тюмени к 2030 г. (табл. 2). Расчет выполнялся в соответствии со следующей формулой:

$$E_{10} = \frac{I_{\text{сут}} \cdot \left[N_j \cdot \left(1 + \frac{P_{10}}{100} \right)^{t-1} \right]}{V_{\text{сут}}} = \frac{51,23 \cdot \left[88 \cdot \left(1 + \frac{53,75}{100} \right)^{10-1} \right]}{6,54} = 33095,23 \text{ кВт},$$

где $I_{\text{сут}}$ – средняя протяженность пути автомобиля в течение суток, км;

$V_{\text{сут}}$ – дистанция, проходимая электромобилем за единицу энергии, км/кВт;

t – расчетный период, равный 10 годам.

N_j – количество электрических автомобилей на начало рассматриваемого периода, шт.

Окончательный выбор необходимого числа ЭЭС производится в соответствии со следующими условиями:

1. Суммарное время, затрачиваемое на восполнение всей энергии, не должно превышать 24 ч.
2. Стоимость реализации проекта должна стремиться к минимуму:

$$N_{\text{ст}} = \begin{cases} \sum T_{\text{зар}} = \frac{\sum F_{\text{бат}}^i \cdot n_{\text{эл}}^i}{\sum W_{\text{ст}} \cdot n_{\text{ст}}^i} \leq 24 \\ \text{Ц}_{\text{ст}} = \sum n_{\text{ст}}^i \cdot \text{Ц}_{\text{ст}} \rightarrow \min. \end{cases} \quad (1)$$

Таким образом, исходя из представленного выше условия, в рамках выполнения ручного расчета, были подобраны варианты, представленные в табл. 2. При этом в качестве предполагаемых к установке ЭЭС были выбраны следующие варианты:

- а) ФОРА-ЭЭС-АС – мощность 3,3 кВт, стоимость 295 000 руб., производство Россия;
- б) ФОРА-ЭЭС-DC – мощность 22 кВт, стоимость 1 995 000 руб., производство Россия;
- в) ABB TERRA 54 – мощность 50 кВт, стоимость 3 730 000 руб., производство Швейцария;
- г) KOSOS TRIBERIUM CPC150 – мощность 150 кВт, стоимость 730 000 руб., производство Австрия.

Основываясь на приведенных выше данных, можно сделать вывод, что, хотя ручной расчет помогает найти возможные варианты, однако он не позволяет получить все возможные решения. Кроме того, ручной способ расчета связан с высокими трудозатратами и, как следствие, потребностью в большом количестве времени для его выполнения, а также необходимостью учета человеческого фактора, который, в свою очередь, выражается в возможном возникновении ошибок. Одним из возможных способов решения данной проблемы может послужить разработка и применение программного продукта, который за короткий срок сможет выполнить перебор значительного массива данных и выдать результат в удобной для восприятия форме.

Таблица 2

Варианты реализации проекта развития зарядной инфраструктуры на территории г. Тюмени

№ варианта	Число зарядных станций мощностью (кВт), ед.			Общее кол-во станций, шт.	Стоимость реализации проекта, тыс. руб.
	22	50	150		
	2	3	4	5	6
1	0	0	43	43	313 900
2	0	129	0	129	481 170
3	292	0	0	292	582 540
4	70	40	20	130	434 850
5	50	20	29	99	386 050
6	41	30	27	98	390 795
7	30	20	32	82	368 050

На этапе подготовки выполнения данной работы необходимо определить язык программирования, который в дальнейшем будет использоваться для написания кода программы. В настоящее время активное использование для решения похожих задач получили такие языки как Java, Python, C++ и C# [15]. В рамках данной работы выбор был сделан в пользу Java как языка, обладающего следующими преимуществами:

1. Высокоуровневость языка, проявляющаяся в простоте синтаксиса, как для написания кода программы, так и для дальнейшего его редактирования.
2. Кросс-платформенность. Код, написанный на языке Java, без внесения изменений в его структуру возможно запустить на любой платформе, поддерживающей JVM (Java virtual machine).
3. Возможность контролировать наличие ошибок в программном коде на этапе его написания.
4. Огромное количество внешних фреймворков и библиотек, которые позволяют решать различные задачи, возникающие как в процессе написания программы, так и в процессе вывода результатов её работы.

При этом стоит отметить, что из-за ряда особенностей, в частности, отсутствия специализированных библиотек для создания графического интерфейса, в настоящее время запуск программы возможен лишь через стандартное средство, встроенное в операционную систему «Командная строка», при учете наличия на компьютере пользователя установленных ранее пакета библиотек Java (Java development kit) и, в частности, модуля JVM. Пример запуска программного продукта через командную строку представлен на рис. 1.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Командная строка - java D:\Java_project\Study\untitled\src\VKR\CSCalculation.java

B:\JavaIDE\jdk\bin>java D:\Java_project\Study\untitled\src\CSCalculation.java
error: no class declared in source file

B:\JavaIDE\jdk\bin>java D:\Java_project\Study\untitled\src\VKR\CSCalculation.java
Chose a variation of known input data:
1 - Number of vehicles by year;
2 - Indicator of groth in the number of electric cars;
2
Enter the known growth rate of thenumber of electic cars:
34.52
Enter the number of electric cars in the city:
88

B:\JavaIDE\jdk\bin>java D:\Java_project\Study\untitled\src\VKR\CSCalculation.java
Chose a variation of known input data:
1 - Number of vehicles by year;
2 - Indicator of groth in the number of electric cars;
2
Enter the known growth rate of thenumber of electic cars:
53.75
Enter the number of electric cars in the city:
88

B:\JavaIDE\jdk\bin>java D:\Java_project\Study\untitled\src\VKR\CSCalculation.java
Chose a variation of known input data:
1 - Number of vehicles by year;
2 - Indicator of groth in the number of electric cars;

```

Рис. 1. Пример запуска программы

Общий принцип работы программы можно представить в виде схемы, представленной на рис. 2.

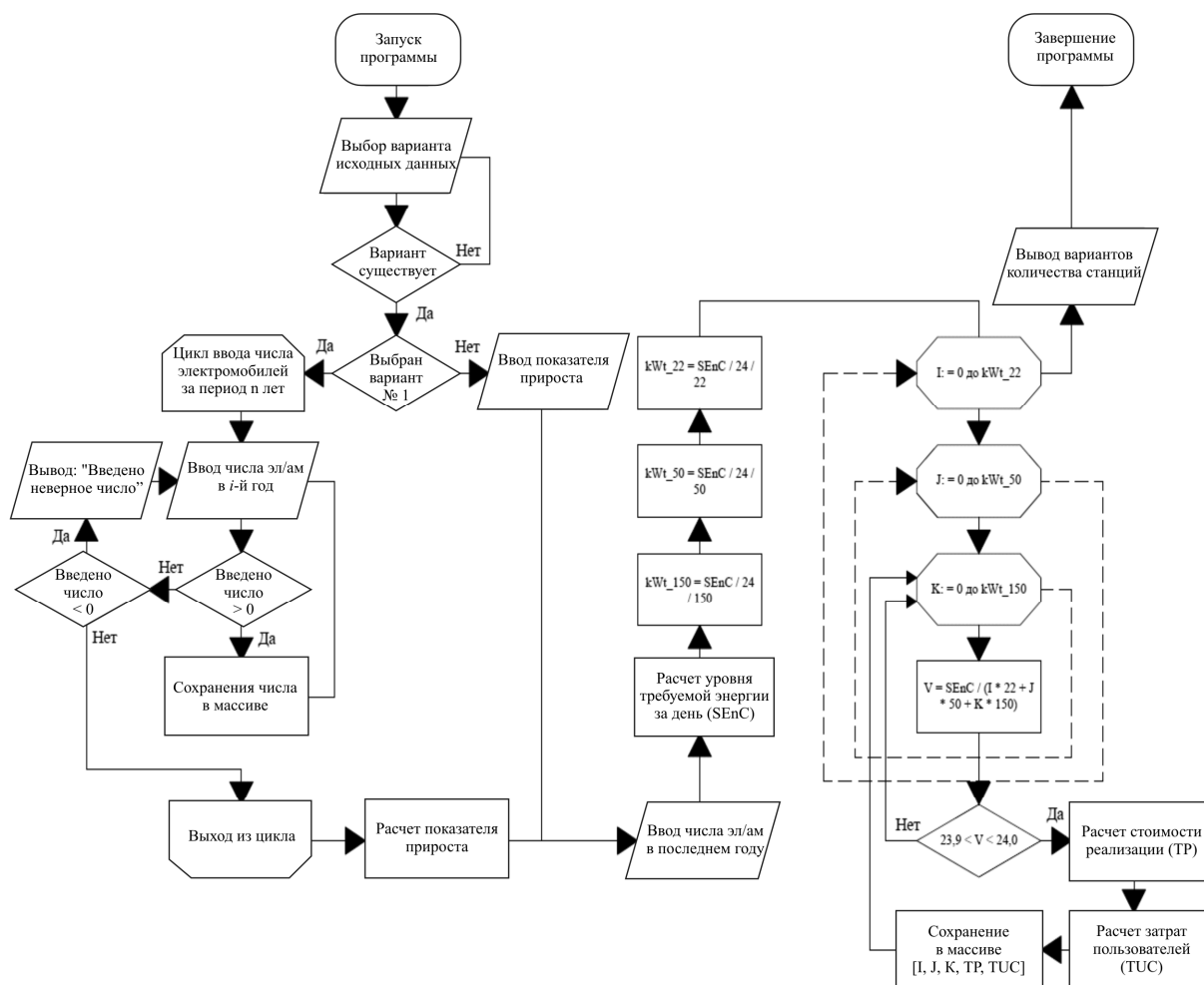


Рис. 2. Схема работы программного продукта

Непосредственно порядок работы программы включает в себя следующие этапы:

1. Выбор варианта работы программного продукта. В рамках первой версии программы пользователю предлагается выбор одного из двух возможных вариантов:

- расчет на основе статистических данных о числе электрических автомобилей в пределах рассматриваемой территории;
- расчет на основе величины прироста показателя количества электрических автомобилей.

В случае, если выбирается первый путь решения, программа предлагает ввести имеющиеся данные, при этом ввод данных завершается в момент, когда пользователь передает программе число «0». Также при вводе отрицательного числа программа выводит на экран ошибку о недопустимости подобного числа и просит пользователя ввести новое число. Далее на основании полученного массива данных программа самостоятельно вычисляет показатель прироста.

2. Ввод числа электрических автомобилей, зарегистрированных в пределах определенной территории или населенном пункте за последний год.

3. Определение требуемого количества электрической энергии, необходимой для обеспечения работы электромобилей в пределах рассматриваемого участка через 10 лет с учетом величины их прироста на данной территории.

4. Подбор вариантов реализации проекта, в рамках которого выполняется:

- расчет предельного числа ЗС мощностью 22, 50 и 150 кВт;

- подбор вариантов реализации проекта в соответствии с формулой (1) как при учете использования только моновариантных станций (одной мощности), так и комбинированных (совокупность различных станций);
- расчет затрат на реализацию выбранных вариантов;
- определение величины валовой выручки эксплуатирующей организации от реализации проекта.

5. Вывод полученных вариантов в виде таблицы при помощи библиотеки JTable.

Пример результатов работы программы приведен на рис. 3.

Номер варианта	22 кВт	50 кВт	150 кВт	Стоимость реализации	Затраты пользователей
1	6	1	8	74100000	765744
2	6	4	7	77990000	736944
3	6	7	6	81880000	708144
4	6	10	5	85770000	679344
5	6	13	4	89660000	650544
6	6	16	3	93550000	621744
7	6	19	2	97440000	592944
8	6	22	1	101330000	564144
9	6	25	0	105220000	535344
10	15	0	7	81025000	693360
11	15	3	6	84915000	664560
12	15	6	5	88805000	635760
13	15	9	4	92695000	606960
14	15	12	3	96585000	578160
15	15	15	2	100475000	549360
16	15	18	1	104365000	520560
17	15	21	0	108255000	491760
18	22	0	6	87690000	632928
19	22	3	5	91580000	604128
20	22	6	4	95470000	575328
21	22	9	3	99360000	546528
22	22	12	2	103250000	517728
23	22	15	1	107140000	488928
24	22	18	0	111030000	460128
25	31	2	4	98505000	531744
26	31	5	3	102395000	502944
27	31	8	2	106285000	474144
28	31	11	1	110175000	445344
29	31	14	0	114065000	416544
30	40	1	3	105430000	459360
31	40	4	2	109320000	430560
32	40	7	1	113210000	401760
33	40	10	0	117100000	372960
34	47	1	2	112095000	398928
35	47	4	1	115985000	370128
36	47	7	0	119875000	341328
37	56	0	1	119020000	326544
38	56	3	0	122910000	297744

Рис. 3. Пример данных, полученных в результате работы программного продукта

Стоит отметить, что число итоговых вариантов будет различаться в зависимости от выбранного времени восполнения энергии. В примере, представленном на рис. 3, был выбран диапазон от 23,9 до 24 ч от суммарной продолжительности дня. Например, при максимальном времени зарядки всех автомобилей в диапазоне от 23 до 24 ч число возможных вариантов увеличивается до 410. При этом, в сравнении с ручным способом расчета, несомненными плюсами использования подобного подхода являются быстрота получения результатов и их объем. В связи с этими фактами расчеты требуемого числа ЗС для части наиболее крупных населенных пунктов Уральского федерального округа были выполнены именно в программном комплексе.

Отдельно стоит выделить этап выбора из полученного массива данных оптимального варианта. Для этого в программном продукте предусмотрена отдельная функция, которая для каждого из вариантов рассчитывает отклонение показателей стоимости реализации и затрат пользователей от соответствующих величин средних значений. Данное решение было принято на основании того факта, что приоритетность тех или иных значений для каждого из участников эксплуатационной деятельности подобных объектов будут различны.

По результатам расчета был сформирован список вариантов развития ЗС на территории городов УФО (табл. 3).

Таблица 3

Оптимальные варианты развития сети ЭЗС в городах УФО

Субъект УФО	Населенный пункт	Количество ЗС, шт.			Стоимость реализации, руб.	Затраты пользователей, руб.
		22 кВт	50 кВт	150 кВт		
Курганская область	г. Курган	3	4	1	28 205 000	184 272
	Иные города	4	13	1	63 770 000	372 096
Свердловская область	г. Екатеринбург	34	1	7	122 660 000	794 016
	г. Нижний Тагил	7	0	1	21 265 000	119 568
	Иные города	33	22	7	198 995 000	1218 192
Тюменская область	г. Тюмень	31	2	4	98 505 000	531 744
	г. Тобольск	5	1	0	13 705 000	41 520
	Иные города	22	1	2	62 220 000	293 328
Ханты-Мансийский автономный округ	г. Ханты-Мансийск	5	1	0	13 705 000	41 520
	г. Сургут	6	2	0	19 430 000	66 144
	Иные города	18	0	2	50 510 000	256 032
Челябинская область	г. Челябинск	7	11	0	54 995 000	253 968
	г. Магнитогорск	3	4	0	20 905 000	94 272
	Иные города	21	4	2	71 415 000	350 304

Резюмируя приведенные выше данные, можно говорить, что в результате работы разработанного программного продукта по расчету числа зарядных станций были получены сведения, имеющие высокий уровень корреляции с результатами ручного расчета, а также полученные данные имеют приближение к реальным значениям. Это может свидетельствовать, что в дальнейшем возможно использование, как предлагаемой методики расчета, так и программного продукта для выполнения аналогичных расчетов в рамках иных территорий.

Также стоит отметить, что в рамках данной работы был выполнен лишь приближенный расчет стоимости реализации проекта. В случае дальнейшей проработки отдельных вариантов необходимо выполнять оценку экономического, социально-экономического и иных эффектов от реализации подобных инвестиционных проектов, что и будет выполнено авторами в рамках дальнейших исследований.

Список литературы

1. Демидов Д.И., Пугачев В.В. Прогноз глобального развития электротранспорта и инфраструктуры электрических заправочных станций // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 5 (79). – С. 173–178.
2. Trends and Emerging Technologies for the Development of Electric Vehicles [Электронный ресурс] / T. Mo, Y. Li, K-t. Lau, C.K. Poon, Y. Wu, Y. Luo // Energies. – 2022. – Vol. 15, № 17. – P. 6271. – DOI: 10.3390/en15176271. – URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/17/6271> (дата обращения: 29.01.2023).
3. Omonov F.A., Sotvoldiyev O'U., Dehqonov Q.M. Electric Cars as the Cars of the Future [Электронный ресурс] // Eurasian Journal of Engineering and Technology. – 2022. – Vol. 4. – P. 128–133. – URL: <https://www.geniusjournals.org/index.php/ejet/article/view/916> (дата обращения: 29.01.2023).
4. Юсупова О.А. Текущее состояние и тренды рынка электромобилей в России и мире // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2021. – № 6. – С. 131–143. – DOI: 10.24412/2071-6435-2021-6-131-143.
5. McKinsey Electric Vehicle Index: Europe cushions a global plunge in EV sales [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.libralato.co.uk/docs/McKinsey%20EV%20Index%202020.pdf> (дата обращения: 29.01.2023).

6. Преснякова Е.В., Гурский В.Л., Муха Д.В. Мировой рынок электротранспорта и перспективы его развития. – Минск: Право и экономика, 2020. – 104 с.

7. Козар Н.К., Козар А.Н. Будущее автомобильной индустрии // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук: сборник статей VI Международной конференции профессорско-преподавательского состава. – Чебоксары: Общество с ограниченной ответственностью «Издательский дом «Среда», 2022. – С. 278–281.

8. Ильичева И.А., Плоткина У.И. Сравнительный анализ рынка электрозаправочных станций в России и в мире // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли: сборник трудов всероссийской научной и учебно-практической конференции. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – С. 333–339.

9. Слободянюк А.А. Развитие электротранспорта и инфраструктуры электрических заправочных станций // Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительной-архитектурной отрасли: сборник научных трудов VII Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов. – Макеевка: Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 2021. – С. 209–214.

10. Babu K., Pratyush Chakraborty, and Mayukha Pal. Planning of Fast Charging Infrastructure for Electric Vehicles in a Distribution System and Prediction of Dynamic Price [Электронный ресурс] // *Electrical Engineering and Systems Science*. – 2023. – 10 p. – DOI: 10.48550/arXiv.2301.06807. – URL: <https://arxiv.org/abs/2301.06807> (дата обращения: 29.01.2023).

11. Ma J., Zhang L. A Deploying Method for Predicting the Size and Optimizing the Location of an Electric Vehicle Charging Stations [Электронный ресурс] // *Information*. – 2018. – Vol. 9, № 7. – 19 p. – DOI: 10.3390/info9070170. – URL: <https://www.mdpi.com/2078-2489/9/7/170#> (дата обращения: 29.01.2023).

12. Камольцева А.В., Писарев Г.А. Методика определения количества электромобилей на точку зарядки // *Вестник научных конференций*. – 2019. – № 6–2 (46). – С. 56–58.

13. Прошкин А.Р. Факторы, влияющие на определение местоположения электрозаправочных станций // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства: сборник научных статей. – Гродно: Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, 2022. – С. 183–185.

14. Количество собственных легковых автомобилей на 1000 человек населения по субъектам Российской Федерации [Электронный ресурс] / Федеральная служба государственной статистики. – 2022. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/obesp_legk_avto.xls (дата обращения: 29.01.2023).

15. Паранок Д.Е. Анализ базовых языков программирования // Современные информационные технологии в образовании и научных исследованиях (СИТОНИ-2019): материалы VI Международной научно-технической конференции. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2019. – С. 104–110.

References

1. Demidov D.I., Pugachev V.V. Prognoz global'nogo razvitiya jelektrotransporta i infrastruktury jelektricheskikh zapravochnyh stancij [Forecast of global development of electric transport and infrastructure of EV's charging stations]. *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, no. 5 (79), pp. 173-178.

2. Mo T, Li Y, Lau K-t, Poon CK, Wu Y, Luo Y. Trends and Emerging Technologies for the Development of Electric Vehicles. *Energies*, 2022, Vol. 15, No 17: 6271, doi: 10.3390/en15176271, available at: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/17/6271>.

3. Omonov F.A., Sotvoldiyev O'U., Dehqonov Q.M. Electric Cars as the Cars of the Future. *Eurasian Journal of Engineering and Technology*, 2022, Vol. 4, pp. 128–133, available at: <https://www.geniusjournals.org/index.php/ejet/article/view/916>.

4. Jusupova O.A. Tekushhee sostojanie i trendy rynka jelektromobilej v Rossii i mire [Current state and trends of the electric vehicle market in Russia and the world]. *JeTAP: jekonomicheskaja teorija, analiz, praktika*, 2021, no. 6, pp. 131-143, doi: 10.24412/2071-6435-2021-6-131-143.

5. McKinsey Electric Vehicle Index: Europe cushions a global plunge in EV sales available at: <https://www.libralato.co.uk/docs/McKinsey%20EV%20Index%202020.pdf>.

6. Presnjakova E.V., Gurskij V.L., Muha D.V. Mirovoj rynek jelektrotransporta i perspektivy ego razvitiya [The global electric transport market and its development prospects]. *Minsk: Pravo i jekonomika*, 2020, 104 p.

7. Kozar N.K., Kozar A.N. Budushhee avtomobil'noj industrii [The future of the automotive industry]. Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk: Sbornik statej VI Mezhdunarodnoj konferencii professorsko-prepodavatel'skogo sostava. Cheboksary, 2022, pp. 278-281.

8. Il'icheva I.A., Plotkina U.I. Sravnitel'nyj analiz rynka jelektrozapravochnyh stancij v Rossii i v mire [Comparative analysis of the market of EV's charging stations in Russia and in the world]. Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya v oblasti upravleniya, jekonomiki i torgovli: Sbornik trudov vsrossijskoj nauchnoj i uchebno-prakticheskoy konferencii. Sankt-Peterburg: POLITEH-PRESS, 2020, pp. 333-339.

9. Slobodjanjuk A.A. Razvitie jelektrotransporta i infrastruktury jelektricheskijh zapravochnyh stancij [Development of electric transport and infrastructure of EV's charging stations]. Nauchno-tehnicheskie dostizheniya studentov, aspirantov, molodyh uchenykh stroitel'no-arhitekturnoj otrasli: Sbornik nauchnyh trudov VII Respublikanskoj konferencii molodyh uchenykh, aspirantov, studentov. Makeevka: Donbasskaja nacional'naja akademija stroitel'stva i arhitektury, 2021, pp. 209-214.

10. Babu K., Pratyush Chakraborty, Mayukha Pal. Planning of Fast Charging Infrastructure for Electric Vehicles in a Distribution System and Prediction of Dynamic Price. *Electrical Engineering and Systems Science*, 2023, 10 p. doi: 10.48550/arXiv.2301.06807, available at: <https://arxiv.org/abs/2301.06807>.

11. Ma J, Zhang L. A Deploying Method for Predicting the Size and Optimizing the Location of an Electric Vehicle Charging Stations. *Information*, 2018, Vol. 9, no. 7, 19 p., doi: 10.3390/info9070170, available at: <https://www.mdpi.com/2078-2489/9/7/170#>.

12. Kamol'ceva A.V., Pisarev G.A. Metodika opredeleniya kolichestva jelektromobilej na tochku zarjadki [Methodology for determining the number of electric vehicles per charging point]. *Vestnik nauchnyh konferencij*, 2019, no. 6-2 (46), pp. 56-58.

13. Proshkin A.R. Faktory, vlijajushhie na opredelenie mestopolozheniya jelektrozapravochnyh stancij [Factors influencing the determination of the location of EV's charging stations]. Tradicii, sovremennye problemy i perspektivy razvitiya stroitel'stva: Sbornik nauchnyh statej. Grodno: Grodnenskiy gosudarstvennyj universitet imeni Janki Kupaly, 2022, pp. 183-185.

14. Kolichestvo sobstvennyh legkovykh avtomobilej na 1000 chelovek naseleniya po sub#ektam Rossijskoj Federacii [The number of own passenger cars per 1000 people of the population in the subjects of the Russian Federation]. Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki. 2022, available at: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/obesp_legk_avto.xls (accessed 29 January 2023).

15. Paranok D.E. Analiz bazovykh jazykov programmirovaniya [Analysis of basic programming languages]. Sovremennye informacionnye tehnologii v obrazovanii i nauchnyh issledovaniyah (SITONI-2019): Materialy VI Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Doneck: Doneckij nacional'nyj tehnikeskij universitet, 2019, pp. 104-110.

Об авторах

Тимоховец Вера Дмитриевна (Тюмень, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» (Россия, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, e-mail: timohovetsvd@tyuiu.ru).

Прошкин Андрей Романович (Тюмень, Россия) – обучающийся кафедры «Автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» (Россия, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, e-mail: andrey.proshkin.99@gmail.com).

About the authors

Vera D. Timokhovets (Tyumen, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Highways and Airfields, Industrial University of Tyumen (38 Volodarsky Street, Tyumen, 625000, Russian Federation, e-mail: timohovetsvd@tyuiu.ru).

Andrey R. Proshkin (Tyumen, Russian Federation) – Student, Department of Highways and Airfields, Industrial University of Tyumen (38 Volodarsky str., Tyumen, 625000, Russian Federation, e-mail: andrey.proshkin.99@gmail.com).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Вклад авторов равноценен.

Поступила: 22.01.2023

Одобрена: 13.02.2023

Принята к публикации: 20.04.2023

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Тимоховец, В.Д. Разработка программного продукта по расчету числа электрозаправочных станций / В.Д. Тимоховец, А.Р. Прошкин // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2023. – № 2. – С. 56–64. DOI: 10.15593/24111678/2023.02.06

Please cite this article in English as: Timokhovets V.D., Proshkin A.R. Development of a software product for calculating the number of EV charging stations. *Transport facilities. Ecology*, 2023, no. 2, pp. 56-64. DOI: 10.15593/24111678/2023.02.06