

УДК-621.3.031.8

**СОЛНЕЧНАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ ЗАРЯДКИ
МАЛОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА***Руденко Н. В., Лазина Н. Ю.*

Донской государственный
технический университет, Ростов-на-Дону,
Российская Федерация

rnv.2017@mail.run-lazina@mail.ru

С целью разгрузки общественного транспорта, уменьшения числа пробок, улучшения экологической обстановки в крупных городах и сохранения её в курортных городах России предложено создать сети солнечных станций зарядки малого электротранспорта. Представлена методика расчёта эффективности таких станций. Обоснована структурная схема, выполнен расчёт и выбраны элементы структурной схемы типовых станций для г. Сочи и г. Москвы. Показано, что за основу расчёта целесообразно принять мощность приёмников и время бесперебойного энергообеспечения в период отсутствия солнечного света для подзарядки аккумуляторных батарей. Расчёт проведён с условием среднемесячного потребления и запаса надёжности в два дня без активного солнца. Выполнен примерный расчёт стоимости электрооборудования этих станций, предложены меры для развития сети таких станций.

Ключевые слова: экология городов, велоинфраструктура, солнечные станции, зарядка малого электротранспорта, расчёт и выбор элементов.

Введение. В настоящее время проблема загруженности улиц и магистралей является актуальной для многих городов России. По данным сервиса «Яндекс. Пробки», самым «пробочным» городом является Москва, а самые сильные заторы фиксировались там примерно с 17.00 до 18.30. Второе место в рейтинге «Яндекса» три с лишним года назад занял Екатеринбург. Далее шел Новосибирск. Четвертое место заняла Самара, но в вечернее время по уровню пробок ее обходил Санкт-Петербург. В топ-9 самых «пробочных» городов, по версии «Яндекса», попали также Ростов-на-Дону, Краснодар, Омск и Казань [1].

Кроме этого, очевидный вред здоровью человека, растительности, животным, а также почве и водным ресурсам приносят выхлопные газы автомобилей, которые представляют собой сочетание 200–300 химических соединений. Выхлопные газы отрицательно влияют на организм людей в

UDC-621.3.031.8

**SOLAR CHARGING STATION FOR
SMALL ELECTRIC TRANSPORT***Rudenko N. V., Lazina N. Yu.*

Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation

rnv.2017@mail.run-lazina@mail.ru

It is proposed to create a network of solar charging stations for small electric vehicles to relieve public transport, reduce the number of traffic jams, improve the environmental situation in large cities and preserve it in the resort cities of Russia. A methodology for calculating such stations efficiency is proposed. The structural scheme is substantiated; the calculation and selection of the elements of the structural diagram of typical stations for Sochi and Moscow are made. It is shown that for the basis of the calculation it is advisable to take the power of the receivers and the time of uninterrupted power supply in the absence of sunlight for recharging the storage batteries. The calculation was carried out with the condition of average monthly consumption and safety margin in two days without active sun. An approximate calculation of the cost of electrical equipment of these stations is made, measures are proposed for the development of the network of the proposed stations.

Keywords: ecology of cities, bicycle infrastructure, solar stations, charging of small electric transport, calculation and selection of elements.

больших городах, особенно в многочасовых пробках, в районах магистралей и крупных дорожных развязок.

Департамент транспорта правительства Москвы предлагает в качестве одного из решений этой проблемы организацию велоинфраструктуры. В ближайшие годы в столице могут построить сотни километров велодорожек и серьезно пересмотреть организацию движения по дорогам, сместив баланс в пользу пешеходов. В случае успешного хода проекта к концу десятилетия проникновение велотранспорта увеличится в 25 раз по сравнению с 2013 годом и достигнет 1–2 % от общего числа поездок по городу. К 2030 году эта доля может увеличиться до 5 %, то есть на велосипеде будет совершаться каждая двадцатая поездка. Помимо этого, преобразование улиц будет способствовать развитию предпринимательства, а возможность перемещаться по городу на велосипеде разгрузит общественный транспорт и уменьшит число пробок [2].

В последнее время на городских дорогах появился малый электротранспорт, который имеет следующие достоинства: не надо нести расходов на ГСМ и обслуживание, проходить ТО, получать права и платить налоги, такой транспорт можно хранить дома и не бояться за его сохранность, он легко закатывается в подъезд и входит в лифт (в основном, такие средства — складные и удобны как при транспортировке в обычном транспорте, так и при размещении в домашних условиях), зарядка от электрической сети 220 вольт, т.е. от обычной розетки, прост в обслуживании, не требует специальных навыков в ремонте и установке дополнительного оборудования. Однако с учётом ограниченного запаса хода от аккумуляторов малой ёмкости (не более 20 км) решение указанной задачи не может быть полным без построения сети станций зарядки малого электротранспорта [3].

В настоящее время отсутствуют сети станций зарядки малого электротранспорта в городах, где загружены улицы, а также в курортных городах и зонах отдыха, где в целях защиты природы ограничено автомобильное движение. Целью данного исследования является разработка предложений по созданию солнечной станции для зарядки малого электротранспорта (ССЗМЭТ).

Требования к ССЗМЭТ должны быть следующие:

- возможность работы круглосуточно и круглый год;
- возможность работы независимо от погодных условий;
- возможность одновременной зарядки до двух электровелосипедов;
- обеспечение надёжности оборудования.

При расчёте целесообразно использовать известную методику [4, 5]. Солнечная станция состоит из солнечной батареи, контроллера уровня зарядки аккумуляторных батарей (АКБ) и инвертора. Расчёт солнечной батареи относится к многофакторным расчётам, т.е. изменение одного показателя в цепочке приводит или к изменению всей системы, или к введению в систему новых элементов. За основу расчёта принимаются мощность приёмников и время бесперебойного энергообеспечения в период отсутствия солнечного света для подзарядки АКБ. Расчёт ведётся при условии среднемесячного потребления энергии и запаса надёжности в два дня без активного солнца.

Пример расчёта. Исходные данные:

— освещённость солнечной панели: $T_c=9,68$ часа в сутки (г. Сочи, средняя за год), получена как среднее арифметическое за 12 месяцев с учетом среднесуточного количества солнечных часов, представленных на рис. 1 [6];



Рис. 1. Усреднённое количество часов за день, в течение которых прямые солнечные лучи достигают поверхности земли в г. Сочи

— освещённость солнечной панели: $T_M=5,725$ часа в сутки (г. Москва, средняя за год); получена как среднее арифметическое за 12 месяцев с учетом среднесуточного количества солнечных часов, представленных на рис. 2 [7];

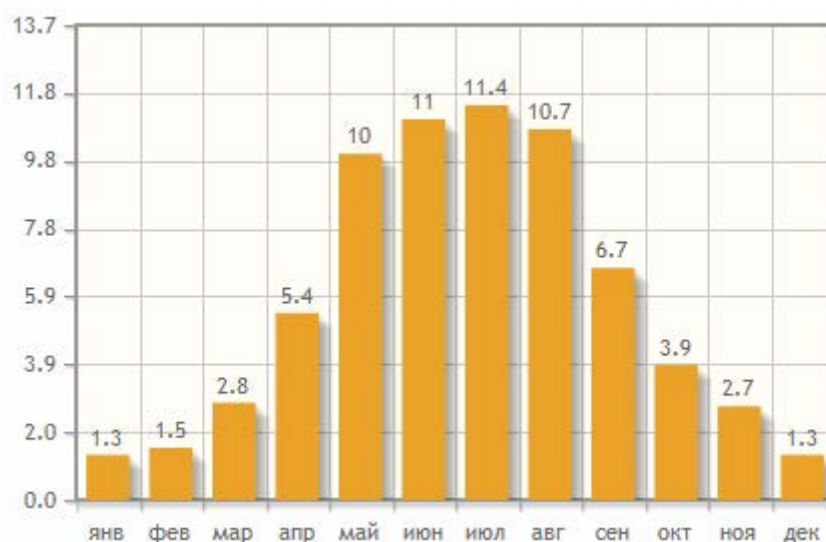


Рис. 2. Усреднённое количество часов за день, в течение которых прямые солнечные лучи достигают поверхности земли в г. Москве

— два электровелосипеда мощностью $P_{ЭВ}=250$ Вт каждый, заряжаются $T_3=22$ часа в сутки;
— осветительные приборы общей мощностью $P_{ОСВ}=200$ Вт, работают $T_{ОСВ}=6$ часов в сут-
ки;

— КПД инвертора $\eta_{и}=0,93$ [8];

— характеристики одной аккумуляторной батареи: ёмкость $C_A=200$ А*ч, напряжение на разомкнутых зажимах $U_A=12$ В [9];

— уровень зарядки АКБ $\alpha=0,7$;

— характеристики одного фотоэлектрического модуля: мощность $P_{ФЭМ}=200$ Вт, напряжение $U_{ФЭМ}=24$ В, габариты [В×Г×Ш], см — $158 \times 3.5 \times 81$ [10].

Суммарная мощность приёмников:

$$P_{ПР} = 2P_{ЭВ} + P_{ОСВ} = 700 \text{ Вт} .$$

Расход энергии в сутки:

$$W_C = P_{ЭВ} \cdot T_3 + P_{ОСВ} \cdot T_{ОСВ} = 12200 \text{Вт} \cdot \text{ч.}$$

Для точного расчёта требуется учитывать вероятность одновременного использования приборов, пиковые и реактивные нагрузки или распределение нагрузки в течение суток. По суммарной мощности потребителей 700 Вт выбираем инвертор МАП Pro 24В мощностью 2,0 кВт (с перспективой роста и компенсации неучтённых нагрузок) [8]. Входное напряжение инвертора $U_{ИНВ} = 24 \text{ В}$.

Полная суточная токовая нагрузка на инвертор с учётом КПД инвертора:

$$Q_{И} = \frac{W_C}{\eta_{И} \cdot U_{ИНВ}} = 546,59 \text{А} \cdot \text{ч.}$$

Эта величина важна для определения количества АКБ, тока подзарядки и надёжности системы.

Для обеспечения двухдневного энергоснабжения токовая нагрузка увеличивается в два раза, при этом учитывается допустимая глубина разрядки батарей $\alpha = 0,7$. Получаем суммарную токовую нагрузку:

$$Q_{\Sigma} = 2 \cdot Q_{И} \cdot \alpha = 765,23 \text{А} \cdot \text{ч.}$$

С учётом ёмкости одной аккумуляторной батареи $C_A = 200 \text{ А} \cdot \text{ч}$ можно получить число блоков батарей на напряжение 24 В (напряжение инвертора):

$$N_B = \frac{Q_{\Sigma}}{C_A} = 3,83.$$

Округляем до большего целого числа 4. Для того чтобы получить напряжение на выходе аккумуляторного модуля (для электропитания инвертора), равное 24 В, необходимо в одном блоке соединить две батареи последовательно. В итоге получается 4 параллельно соединённых блока из двух батарей каждый. Всего $N_{АКБ} = 8$ аккумуляторов.

В дополнение к нагрузке потребителя необходимо добавить нагрузку, учитывающую подзарядку батарей. Она составляет 10 % суммарной запасаемой энергии аккумуляторного модуля [4]. Суммарная запасаемая энергия аккумуляторного модуля:

$$W_{АМ} = N_{АКБ} \cdot C_A \cdot U_A = 19200 \text{Вт} \cdot \text{ч.}$$

Мощность на подзарядку батарей:

$$\Delta W_{ПЗ} = W_{АМ} \cdot 0,1 = 1920 \text{Вт} \cdot \text{ч.}$$

Следовательно, суммарная среднесуточная потребляемая энергия:

$$W_{\SigmaП} = W_{АМ} + \Delta W_{ПЗ} = 21120 \text{Вт} \cdot \text{ч.}$$

Также потери электроэнергии могут возникать из-за сильного нагрева модуля (составляют 4–8 %) и из-за наличия грязи на солнечных панелях или их потемнений (1–3 %) [5]. Примем общие потери в блоке солнечных модулей за 10 %, тогда суммарная среднесуточная вырабатываемая солнечными батареями энергия:

$$W_{\SigmaВ} = 1,1 \cdot W_{\SigmaП} = 23375 \text{Вт} \cdot \text{ч.}$$

Расчёт количества солнечных модулей выполняется для ССЗМЭТ, которые могут быть размещены в г. Сочи и в г. Москве. Для обеспечения солнечной станции энергией в г. Сочи солнечная батарея должна за время освещённости (9,68 часа) выработать среднесуточную потреб-

ность в электроэнергии (23375 Вт*ч). Следовательно, блок из солнечных модулей (с выходным напряжением 24 В и мощностью 200 Вт каждый) должен состоять из следующего числа модулей:

$$N_{\text{ФЭМСочи}} = \frac{W_{\Sigma\text{В}}}{T_{\text{с}} \cdot P_{\text{ФЭМ}}} = 12,04, \text{ т.е. из 12 модулей.}$$

Аналогичным образом можно рассчитать число солнечных модулей для обеспечения солнечной станции энергией в г. Москве:

$$N_{\text{ФЭММосква}} = \frac{W_{\Sigma\text{В}}}{T_{\text{М}} \cdot P_{\text{ФЭМ}}} = 20,4, \text{ т.е. 20 модулей.}$$

Для выбора контроллера заряда АКБ необходимо рассчитать максимальный ток заряда как отношение максимальной мощности блока солнечных модулей к напряжению на его выходе. С целью сокращения времени заряда АКБ солнечные модули целесообразно собрать по параллельно-последовательной схеме, чтобы выходное напряжение блока солнечных модулей $U_{\text{БФЭМ}}=48 \text{ В}$. Тогда для станции в г. Сочи максимальный ток заряда АКБ:

$$I_{\text{ЗСочи}} = \frac{N_{\text{ФЭМСочи}} \cdot P_{\text{ФЭМ}}}{U_{\text{БФЭМ}}} = 50 \text{ А.}$$

Аналогичным образом можно рассчитать максимальный ток заряда АКБ для станции в г. Москве:

$$I_{\text{ЗМосква}} = \frac{N_{\text{ФЭММосква}} \cdot P_{\text{ФЭМ}}}{U_{\text{БФЭМ}}} = 83,3 \text{ А.}$$

Следовательно, для станции в Сочи целесообразно выбрать контроллер КЭС PRO MPPT 200/60, который способен принимать напряжение до 200 Вольт и выдавать зарядный ток до 60 А, а для станции в Москве целесообразно выбрать контроллер КЭС DOMINATOR MPPT 200/100, который способен принимать напряжение до 200 Вольт и выдавать зарядный ток до 100 А [11, 12].

Структурная электрическая схема ССЗМЭТ в Сочи представлена на рис. 3.

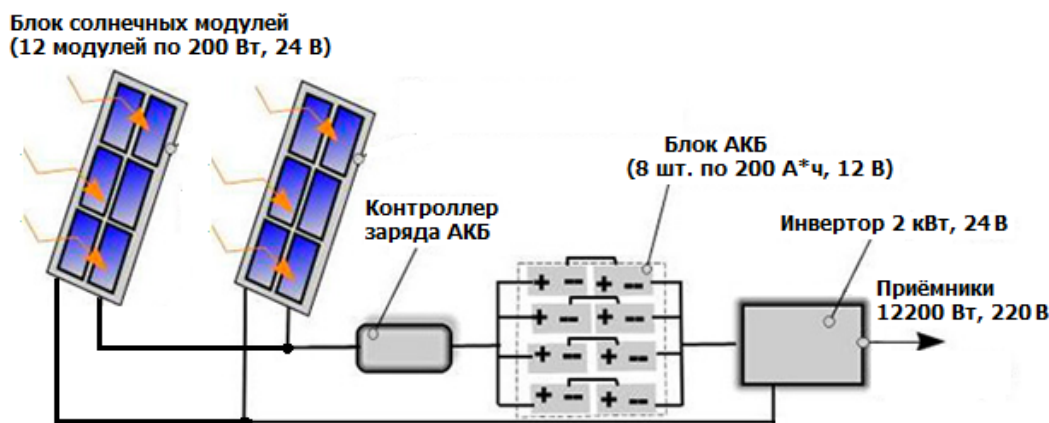


Рис. 3. Структурная электрическая схема ССЗМЭТ в г. Сочи

По аналогии может быть составлена структурная электрическая схема ССЗМЭТ в Москве.

В результате выполненных расчётов и выбора элементов структурной схемы можно составить перечни электрооборудования и определить примерную стоимость двух вариантов солнечных станций в Сочи и в Москве (представлены соответственно в табл. 1 и 2).

Таблица 1

Перечень электрооборудования ССЗМЭТ в г. Сочи
и его примерная стоимость

№ п/п	Наименование блока	Элементы	Количество, шт.	Цена за шт., руб.	Стоимость, руб.
1	Блок солнечных модулей	Фотоэлектрический модуль ФЭМ 200-24 В	12	13900	166800
2	Контроллер заряда АКБ	Контроллер КЭС PRO MPPT 200/60	1	31500	31500
3	Блок АКБ	Аккумуляторная батарея гелевая Volta GST 12-200	8	26700	213600
4	Инвертор	МАП Pro 24В, 2кВт	1	32500	32500
ИТОГО — 444400					

Таблица 2

Перечень электрооборудования ССЗМЭТ в г. Москве
и его примерная стоимость

№ п/п	Наименование блока	Элементы	Количество, шт.	Цена за шт., руб.	Стоимость, руб.
1	Блок солнечных модулей	Фотоэлектрический модуль ФЭМ 200-24 В	20	13900	278000
2	Контроллер заряда АКБ	Контроллер КЭС DOMINATOR MPPT 200/100	1	40900	213600
3	Блок АКБ	Аккумуляторная батарея гелевая Volta GST 12-200	8	26700	213600
4	Инвертор	МАП Pro 24В, 2кВт	1	32500	32500
ИТОГО — 565000					

Выводы. Предложенная методика расчёта солнечных станций для зарядки малого электро-транспорта может быть использована для расчёта аналогичных станций зарядки электромобилей. Для этого её необходимо дополнить устройством быстрого заряда.

Представленный перечень электрооборудования позволяет оценить стоимость всего проекта для его реализации.

Для развития сети солнечных станций зарядки малого электротранспорта целесообразны следующие меры:

- совмещение таких станций с пунктами проката;
- применение на выходе инвертора преобразователей для зарядки ноутбуков, телефонов и других мобильных гаджетов;

— автоматизация процессов оплаты и зарядки, а также выполнение оборудования в анти-вандалном варианте;

— размещение электрооборудования, особенно АКБ, в зимнее время в утеплённом помещении для устранения возможности саморазрядки.

Внедрение сети предложенных станций позволит разгрузить общественный транспорт, уменьшить число пробок, улучшить экологическую обстановку в крупных городах и сохранить её в курортных и туристических центрах России.

Библиографический список

1. Караваев, А. В. Россиянам измерили пробки. Эксперты назвали самые загруженные города России / А. В. Караваев [Электронный ресурс] / Газета.ru. — Режим доступа: http://www.gazeta.ru/auto/2017/02/17_a_10530191.shtml (дата обращения: 10.03.18).

2. Стратегия 2020: 8 ключевых идей [Электронный ресурс] / Афиша. — Режим доступа: <http://velo.afisha.ru/page10.html> (дата обращения: 10.03.18).

3. Электрический велосипед [Электронный ресурс] / Википедия. — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 10.03.18).

4. Как рассчитать солнечную батарею? [Электронный ресурс] / ЭнергоСток. — Режим доступа: <http://energystock.ru/solnechnye-batarei/raschet> (дата обращения: 10.03.18).

5. Как произвести расчет солнечных панелей [Электронный ресурс] / Poluchi-Teplo.ru/ — Режим доступа: <http://poluchi-teplo.ru/soln/kak-proizvesti-raschet-solnechnyih-paneley.html> (дата обращения: 10.03.18).

6. Погода в Сочи по месяцам [Электронный ресурс] / Погода для туристов: прогнозы, статистика, анализ. — Режим доступа: <http://pogoda.turtella.ru/Russia/Sochi/monthly/> (дата обращения: 10.03.18).

7. Погода в Москве по месяцам [Электронный ресурс] / Погода для туристов: прогнозы, статистика, анализ. — Режим доступа: <https://pogoda.turtella.ru/Russia/Moscow/monthly/> (дата обращения: 10.03.18).

8. Инверторы [Электронный ресурс] / Энергия. — Режим доступа: http://www.invertor.ru/zzz/item/map_pro_24_2 (дата обращения: 10.03.18).

9. Гелевые аккумуляторные батареи [Электронный ресурс] / Энергия. — Режим доступа: http://www.invertor.ru/zzz/item/gst_12_200 (дата обращения: 10.03.18).

10. Солнечные батареи [Электронный ресурс] / Энергия. — Режим доступа: http://www.invertor.ru/zzz/item/black_fe_mono_200_24 (дата обращения: 10.03.18).

11. Солнечные контроллеры [Электронный ресурс] / Энергия. — Режим доступа: http://www.invertor.ru/zzz/item/kes_pro_mppt_200_60 (дата обращения: 10.03.18).

12. Солнечные контроллеры [Электронный ресурс] / Энергия. — Режим доступа: http://www.invertor.ru/zzz/item/kes_dominator_mppt_200_100 (дата обращения: 10.03.18).