

## Дослідження автономної сонячної електростанції для автокемпера

Сохін П.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Анотація.** У даному дослідженні проведено аналіз можливостей встановлення автономної сонячної електростанції на автокемпері типу Roller Team Sirio 599. Визначено потужність генерації електроенергії та розроблено концепцію автономної сонячної станції для даного автокемпера. В роботі також розглянуто графік генерації електроенергії та вивчено споживання електроенергії пристроями, які використовуються в автокемпері. Результати дослідження можуть бути корисні для розробки ефективних систем живлення в подібних транспортних засобах.

**Ключові слова:** автокемпер, сонячна електроенергія, генерація електроенергії, енергозберігаючі технології, енергоефективні технології, електромобілі, автономна сонячна електростанція.

### Вступ

Автокемпер, або будинок на колесах, доволі часто являє собою втілення мрії багатьох людей, які люблять активно подорожувати та водночас мати можливість користуватися перевагами затишної та комфортної домівки. Це відмінний варіант для подорожі, адже тут є практично все необхідне для комфортного проживання: портативний душ, туалет, кухня і спальні місця. Автокемпер поєднує у собі дві основні особливості, які необхідні сучасним людям - це можливість відпочивати у незвичайних місцях і, водночас, працювати, якщо ваша робота передбачає віддалений доступ. На відміну від чітко запланованих перельотів або поїздок на поїзді, будинок на колесах дає можливість пересуватися куди завгодно і коли завгодно. Сподобалося місце в дорозі – зупинилися і провели там кілька днів. Хочете відпочити – звернули на узбіччя і влаштувалися на ночівлю в тій місцині, яка вам прийшла до вподоби [1].

Але, все ж таки, такий вільний спосіб життя, якщо ви звикли до благ цивілізації, вимагає більш уважно та прискіпливо ставитись до підбору місць зупинок. Бо виникає потреба у пошуку спеціально облаштованих стоянок, де можна приєднатися до мережі електроживлення, що дає змогу заживити всі

наявні технічні пристрої та гаджети. Звісно, приєднання до централізованої мережі електроживлення у спеціально підготовлених для цього місцях-стоянках є доволі зручним функціоналом, але, не є безкоштовним. Отже, виникає нагальна потреба у пошуку рішення, як забезпечити собі комфортні умови з точки зору електроживлення, та ще, по можливості, економити кошти. Одне з можливих та найбільш цікавих і ефективних рішень – це встановлення на автокемпер малопотужної сонячної електростанції на базі фотоелектричних модулів. Таке рішення дає можливість зупинитися у будь-якому місці, яке вам сподобалось, звісно, якщо це не обмежено законодавчими нормами та природними умовами, і, водночас, користуватися всіма наявними технологіями, що отримують живлення від електроенергії [2-4].

### Аналіз публікацій

У статті [5] автори для живлення транспортного засобу використовують сонячну енергію разом із традиційною енергією від централізованої електромережі. Сонячна енергія, яку генерує сонячна панель, перетворюється на хімічну енергію та зберігається в акумуляторних батареях. Таким чином, електромобіль на сонячних панелях може

працювати з електродвигуном замість двигуна внутрішнього згорання. Крім того, двигун може працювати від змінного струму, який перетворюється інвертором, що живиться від акумуляторних батарей. Автори роботи пропонують встановити в автомобіль для його живлення літій-полімерний акумулятор на номінальну напругу 360 В з енергією, що накопичується акумуляторною батареєю 100 кВт·год.

В публікації [6] стверджується, що з розвитком автомобільних технологій більшість персональних автомобілів зможуть працювати на сонячній енергії. При цьому транспортні засоби будуть оснащені високоефективними тривимірними вигнутими сонячними панелями. Ці сонячні панелі є значно ефективніші ніж ті, що на цей час існують. Але проблема полягає в тому, що існуючий міжнародний стандарт IEC60904 базується на 2-D площині, і його необхідно розширити до 3-D. Автори в роботі [6] намагаються визначити тривимірне сонячне випромінювання та рейтинг для тривимірних вигнутих сонячних панелей. Це дозволить проводити розрахунки щодо встановлення необхідної кількості сонячних фотоелектричних модулів.

Досить багато сучасних робіт присвячено переобладнанню автомобіля з ДВЗ на електромобіль або гібрид [7-14]. При такій конверсії, досить часто передбачається встановлення сонячних фотоелектричних модулів на дах транспортного засобу. Їх призначення – це електроживлення як допоміжних, так і основних електричних систем автомобіля, а також додаткового електроустаткування. Так, в статті [9] зазначається, що транспортні засоби переобладнують з живлення від одного джерела енергії на подвійне або кілька джерел енергії через постійно зростаючі проблеми з паливом і проблеми, пов'язані з навколишнім середовищем. Незважаючи на те, що гібридні транспортні засоби є екологічно чистим варіантом, вони потребують складних механічних, електричних та електронних частин і систем. В кінцевому підсумку маємо те, що гібридні автомобілі дорожчі за звичайні автомобілі, що працюють на викопному паливі. Одним із економічно ефективних варіантів є переобладнання вживаних автомобілів з ДВЗ на електромобілі. В роботі [10] представлено процес переобладнання традиційного автомобіля з ДВЗ в електричний транспортний засіб. У розробленій силовій установці використовується трифазний ін-

вертор з польовим керуванням та просторово-векторною модуляцією. Розроблена бортова система заряду акумуляторів, що може працювати в режимах Grid to Vehicle та Vehicle to Grid. Тобто, вже переобладнаний транспортний засіб перетворюється у джерело електроживлення для зовнішніх (або внутрішніх) електроспоживачів. В статті [11] представлено дослідження щодо переобладнання існуючого автомобіля з ДВЗ в електромобіль та реалізація деяких функцій, що є в автономних транспортних засобах (у відповідності до рівнів автономності). В статтях [12-14] описано процес переобладнання міського автомобіля з ДВЗ на електромобіль. Приведено основні етапи вибору систем та агрегатів і того, як вони функціонують. Зроблено узагальнення щодо експлуатаційних параметрів електромобіля.

Компанія Monarch Power розробила систему заряджання електромобілів у новому форм-факторі під назвою Lotus Mobile. У розкладеному стані вона нагадує квітку, пелюстками якої є 18 сонячних панелей [15]. У розкладеному вигляді дзеркальна квітка має діаметр чотири метри. Площа поверхні, що збирає світло – 11 м<sup>2</sup>. Винахідники даного пристрою розраховують, що в реальних умовах, з урахуванням усіх втрат і не найкращої погоди, апарат зможе генерувати 2-3 кВт електричної потужності. Крім того, оскільки батареї потрібно інтенсивно охолоджувати, система вироблятиме як побічний продукт гарячу воду. Розрахункова теплова потужність установки також становить від 2 кВт до 3 кВт.

Компанія Tesla також прийняла участь у розробці технічних рішень, що стосується тематики даної роботи. Так, вона представила розкладний сонячний трейлер, оснащений дев'ятьма панелями [16]. Даний причіп може забезпечити приблизно 80 кілометрів додаткового запасу ходу електромобіля. Його електрична потужність генерації електроенергії становить приблизно 2,7 кВт. У трейлері також представлено Starlink від SpaceX, супутниковий інтернет-хаб, який пропонує високошвидкісний широкопasmовий доступ до Інтернету з низькою затримкою у віддалених і сільських місцях шляхом підключення до супутника SpaceX Starlink на орбіті. Даний причіп не має акумулятора але може постійно жити підключену супутникову антену Starlink, забезпечуючи постійний доступ до Інтернету, а також може служити зарядним

пристроєм для невеликих електронних пристроїв, крім того, сонячні батареї можуть заряджати батарею електромобіля від якої буде працювати кліматична система автомобіля.

Компанія Lifestylecamper являється українським виробником краплеподібних причепів-кемперів [17]. Lifestylecamper пропонує комплектацією кемпера стаціонарною сонячною панеллю та портативним модулем, рис. 1. Виробник стверджує, що навіть у похмуру погоду його сонячні панелі забезпечать необхідну кількість електроенергії для підтримки повноцінного заряду акумуляторів та безперебійної роботи холодильника, ноутбука та іншої електроніки. Сонячні панелі можна розмістити на самому кемпері або зберігати окремо, використовуючи лише тоді, коли це потрібно. Потужність панелей: 125 Вт та 130 Вт.



Рис. 1. Причіп-кемпер Lifestylecamper зі стаціонарною сонячною панеллю та портативним модулем

В той же час, в статті [18] докладно описується процес встановлення фотоелектричних модулів на фургон або автокемпер. Автор статті зазначає, що коли ви у подорожі, то може бути важко обійтися без деяких сучасних зручностей, для роботи яких потрібна електрика. Використання фотоелектричних модулів на автокемпері може значно покращити загальні умови подорожі, дозволяючи використовувати кондиціонер у теплу погоду або обігрівач у холодні місяці. Також приведено основні переваги та недоліки встановлення фотоелектричних модулів на автокемпер та надано рекомендації щодо вибору необхідного обладнання і визначення необхідної потужності у генерації електроенергії.

Наприкінці даного аналізу публікацій слід

вказати, що приведені дослідження, це тільки невелика частина робіт, що присвячені даній тематиці. Сонячна енергія є одним із основних видів відновлюваної енергії. Перехід на останні сприяє розвитку чистішої економіки, яка захищає навколишнє середовище, покращує добробут людей і забезпечує стабільність компаній. На цей час сонячна енергія є одною з найефективніших і найдоступніших у секторі відновлюваних джерел. Це необмежене джерело енергії, крім того, що сприяє стійкому розвитку технологій і суспільства в цілому, так і залучає інвестиції, створює робочі місця та підвищує конкурентоспроможність компаній та підприємств [1-4, 19-21].

Отже, дослідження, що спрямовані на обладнання автокемперу сонячною електростанцією, що містить фотоелектричні модулі, являється актуальним і нагальним науково-технічним завданням.

### Мета та постановка задачі

Метою роботи є проведення дослідження щодо встановлення на автокемпер автономної сонячної електростанції та визначення потужності генерації електроенергії.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити вольт-амперні характеристики фотоелектричних модулів та залежність генерованої потужності від електричного навантаження;
- вибір автокемпера для встановлення автономної сонячної електростанції та дослідження електричної потужності устаткування автокемпера для його автономної роботи;
- запропонувати автономну сонячну станцію для автокемпера та дослідити графік генерації нею електроенергії;
- дослідити споживання електроенергії пристроями автокемпера.

### Дослідження фотоелектричних модулів

Для обладнання автокемпера сонячною електростанцією, що містить фотоелектричні модулі було вибрано одні з найпоширеніших на ринку України сонячних панелей. Це монокристалічний модуль (панель) FS-100M/100W та, полікристалічний модуль (панель) FS-110P/110W. Їх технічні характеристики описані в роботі [21].

Для досягнення поставленої мети та фор-

мування розуміння найбільш ефективної роботи вибраних фотоелектричних модулів у складі автономної сонячної електростанції на автокемпі, проведемо дослідження їх вольт-амперних характеристик та залежності потужності генерованої електроенергії від активного електричного навантаження. Результати цих досліджень допоможуть визначити опір навантаження при якому буде виконуватися критерій передачі максимальної потужності в [21].

За технічними характеристиками фотоелектричних модулів визначаємо їх внутрішній опір:

$$R_{\text{вн}} = \frac{U_{\text{хх}}}{I_{\text{кз}}} \quad (1)$$

Відповідно до (1) внутрішній опір панелей дорівнює:  $R_{\text{вн}}(\text{моно}) = 3,34 \text{ Ом}$ ;  $R_{\text{вн}}(\text{полі}) = 3,04 \text{ Ом}$ .

Не менш важливим параметром фотоелектричних модулів є коефіцієнт заповнення  $FF$  – параметр, який в поєднанні зі струмом короткого замикання і напругою холостого ходу визначає максимальну потужність на виході з даного фотоелектричного модуля:

$$FF = \frac{I_{\text{ном}} \cdot U_{\text{ном}}}{I_{\text{кз}} \cdot U_{\text{кз}}} \quad (2)$$

Відповідно до (2) коефіцієнт заповнення досліджуваних фотоелектричних модулів дорівнює:  $FF(\text{моно}) = 0,72$ ;  $FF(\text{полі}) = 0,88$ .

Схему дослідження фотоелектричних модулів наведено на рис. 2.

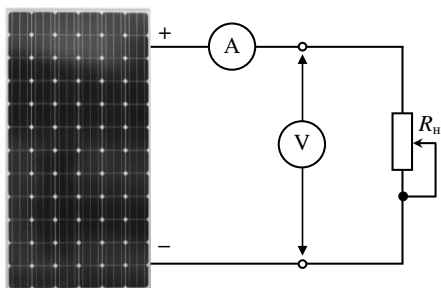
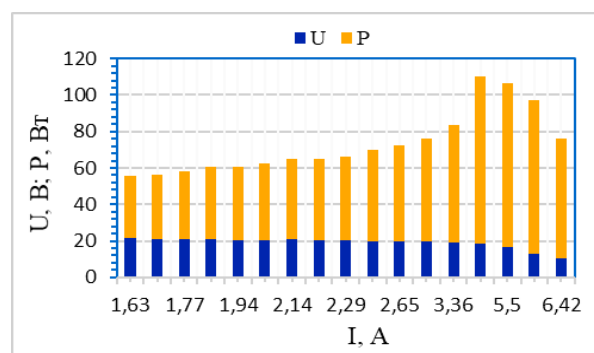


Рис. 2. Схема дослідження фотоелектричних модулів [21]

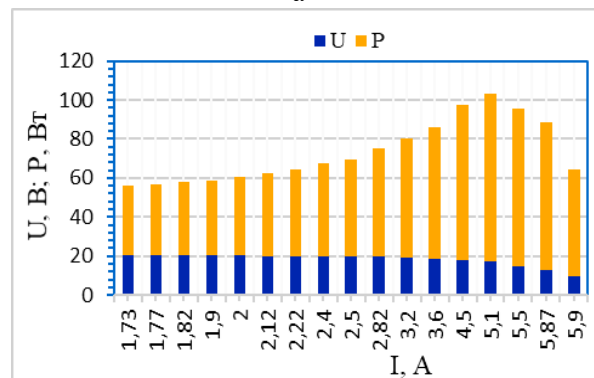
Результати досліджень фотоелектричних модулів приведено у вигляді графіків на рис. 3. Перша точка відповідає опору навантаження 10 Ом, остання – 2 Ом. Інші значення опору навантаження для вибраних фотоелектричних модулів FS-100M/100W та

FS-110P/110W досліджувати недоцільно у зв'язку з їх малою ефективністю роботи у цьому діапазоні навантаження. Це виходить з аналізу графіків, рис. 3.

Роблячи висновки за результатами проведених досліджень (рис. 3) можна стверджувати, що вибрані фотоелектричні модулі мають найбільшу ефективність роботи в діапазоні активного навантаження від 3 Ом до 3,5 Ом. Тобто, при виборі даних фотоелектричних модулів для розбудови автономної сонячної електростанції необхідно забезпечити їх навантаження у зазначеному діапазоні. При іншому навантаженні дані фотоелектричні модулі будуть працювати неефективно.



а



б

Рис. 3. Експериментальні дослідження фотоелектричних модулів: а – полікристалічна панель; б – монокристалічна панель

Беручи до уваги проведений огляд використання енергозберігаючих технологій на транспорті та проведені дослідження фотоелектричних модулів щодо їх ефективної роботи, пропонується на автокемпі встановити малопотужну автономну сонячну електростанцію на основі розглянутих монокристалічних та полікристалічних фотоелектричних модулів (панелях).

### Автономна сонячна електростанція для автокемпера

Зазначимо основні аспекти встановлення автономної сонячної електростанції на автокемпер. Найважливішими компонентами автономної сонячної електростанції є сонячні панелі або фотоелектричні модулі, контролер заряду/інвертор та акумуляторна батарея для накопичення генерованої електроенергії.

Залежно від того, скільки електроенергії споживають електричні пристрої в автокемпері протягом дня, визначається, наскільки високою повинна бути потужність фотоелектричних модулів сонячної електростанції.

Сонячна електростанція для мобільного будинку коштує від 15000 до 50000 грн. На збирання та монтаж ще потрібно витратити до 20000 грн (залежно від типу автокемпера, вибраних компонентів, їх кількості, потужності тощо).

Автокемпер, на який пропонується встановлювати автономну сонячну електростанцію, після ретельного аналізу, пропонується Roller Team Sirio 599, рис. 4.

Характеристики Roller Team Sirio 599  
Бренду: ROLLER TEAM, модель: SIRIO 599, рік випуску: 2006:

- двигун: FORD TRANSIT 2.0 TDCi (виробник Fiat);
- потужність: 125 CV din / 7 CV tax;
- розміри: (Д) 6,10 м x (Ш) 2,33 м x (В) 2,90 м;
- GVW / Порожня вага / CU: 3500 кг / 2546 кг / 954 кг;
- спальні місця: 4/4, включаючи 2/заднє двоярусне ліжко та 2/переднє ліжко Coachbuilt4
- баки EP / EU: 110л. / 100л.



Рис. 4. Автокемпер Roller Team Sirio 599

Устаткування автокемпера: USB-роутер; радіо-мультимедіа; камера заднього виду;

холодильник триходовий; водонагрівач TRUMA; передній обігрів Trumatic + Trumavent; мансардне вікно; електрична підніжка; телевизор; перемикач батареї; мікрохвильова піч; фотоелектричні модулі; супутникова антена; туалет; душ та інше.

Беручи до уваги наведені технічні характеристики автокемпера та номінальні показники електроживлення його устаткування, на нього можна встановити автономну сонячну електростанцію, потужністю до 1,2 кВт.

Отже, проведемо дослідження встановлення на автокемпер автономної сонячної електростанції з максимальною потужністю 1,2 кВт.

Даний тип сонячної електростанції призначений для роботи на даху автокемпера, як альтернатива його підключення до мережі електроживлення, яке є витратним або неможливим (в залежності від наявних умов). Також дана сонячна електростанція призначена для резервного електропостачання автокемпера в разі відключення електроенергії або зникнення напруги в електромережі, до якої підключено автокемпер.

Характеристики автономної сонячної станції для автокемпера Roller Team Sirio 599, рис. 5:

- потужність фотоелектричних модулів – 1,215 кВт;
- потужність навантаження, що підключається (потужність інвертора) – 2 кВт;
- тип фотоелектричних модулів – монокристалічні;
- вироблення ел.енергії за місяць (літній період) – до 175 кВт·год;
- вироблення ел.енергії за 8 місяців (з березня по жовтень) - до 1127 кВт·год;
- вироблення ел.енергії за 12 місяців – до 1277 кВт·год;
- ємність акумуляторних батарей – 100 А·год, 24 В (2,4 кВт·год).



Рис. 5. Автономна сонячна електростанція,  $P = 1,2$  кВт для автокемпера

Фотоелектричні модулі можна використо-  
вувати будь-які, головне, щоб їх сумарна но-  
мінальна потужність складала 1,2 кВт. Та-  
кож, відповідно до проведених досліджень,  
потрібно відслідковувати точку максимал-  
ної ефективності, що відповідає визначеному  
опору навантаження.

З урахуванням результатів проведених  
досліджень пропонуємо фотоелектричну па-  
нель Sunport 405 Вт (монокристалічний тип),  
яка за своїми габаритами та номінальною  
потужністю повністю відповідає поставле-  
ним завданням та без проблем може бути  
змонтована на дах автокемпера Roller Team

Sirio 599 у кількості 3 штук. Щоб збільшити  
кількість енергії, яку генерують фотоелект-  
ричні модулі, слід використовувати сонячний  
контролер із відстеженням максимальної по-  
тужності (MPPT). В іншому випадку, слід  
провести експериментальні дослідження  
аналогічно представленим вище, щоб визна-  
чити найбільш ефективний опір навантажен-  
ня для даних фотоелектричних модулів.

Провівши аналіз роботи сонячних електрос-  
танцій в широтах України, представлено усє-  
реднені значення генерації електроенергії за-  
пропонованою автономною сонячною елект-  
ростанцією потужністю 1,2 кВт (рис. 6) [22].



Рис. 6. Генерація електроенергії автономною сонячною електростанцією потужністю 1,2 кВт

Враховуючи наведені вище дані узагаль-  
нено склад і вартість основних компонентів  
автономної сонячної електростанції, потуж-  
ністю 1,2 кВт, призначеної для встановлен-  
ня на автокемпер, табл. 1

Дана автономна сонячна електростан-  
ція може забезпечити електроенергією  
наступних електроспоживачів автокем-  
пера, дивись табл. 2 [22].

Таблиця 1 – Склад і вартість основних  
компонентів автономної сонячної електростанції,  
 $P = 1,2$  кВт

Найменування	Вартість, грн
Фотоелектричний модуль Sunport spr405nh7h 405 Вт - 3 шт.	19320
Інвертор FSP Xpert Solar 2000VA PWM, 2 кВт - 1 шт.	11196
Акумуляторна батарея Challenger A12-100 (12В, 100 А·год) – 2 шт.	18214
Всього:	48730

Таблиця 2 – Споживання електроенергії пристроями автокемпера

Найменування	Потужність, Вт	Кількість	Час роботи, год. на добу	Споживання елект-роенергії, Вт·год на добу	Споживання елект-роенергії, кВт·год на місяць
Лампа світлодіодна	9	5	5	225	7,0
Зарядний пристрій м/тел.	5	2	1	10	0,3
Холодильник	125	1	10	1250	38,8
Ноутбук та USB-роутер	75	1	3	225	7,0
Телевізор	80	1	3	240	7,4
Супутникова антена	20	1	3	60	1,9
Мікрохвильова піч	800	1	0,2	160	5,0
Всього:	1114			2170	67,4

## Висновки

Проведено дослідження щодо встановлення на автокемпер автономної сонячної електростанції та визначення потужності генерації електроенергії.

Аналіз публікацій за темою дослідження показав, що сонячна енергія є одним із основних видів відновлюваної енергії. Перехід на роботу від неї сприяє розвитку чистішої економіки, яка захищає навколишнє середовище, покращує добробут людей і забезпечує стабільність компаній та установ. На цей час сонячна енергія є одною з найефективніших і найдоступніших у секторі відновлюваних джерел. Це необмежене джерело енергії, крім того, що сприяє стійкому розвитку технологій і суспільства в цілому, так і залучає інвестиції, створює робочі місця та підвищує конкурентоспроможність компаній та підприємств.

Проведено дослідження вольт-амперних характеристик фотоелектричних модулів та залежність генерованої ними потужності електроенергії від навантаження. Досліджені фотоелектричні модулі мають найбільшу ефективність роботи в діапазоні активного навантаження від 3 Ом до 3,5 Ом. Тобто, при виборі фотоелектричних модулів даного типу для автономної сонячної електростанції необхідно забезпечити їх навантаження у зазначеному діапазоні опорів.

Визначено тип автокемпера, а саме, Roller Team Sirio 599 для встановлення автономної сонячної електростанції. Проведено дослідження його устаткування щодо споживання електроенергії.

Запропоновано автономну сонячну станцію для обраного автокемпера та досліджено графік генерації електроенергії даною станцією. Досліджено споживання електроенергії пристроями автокемпера.

Підсумовуючи проведені дослідження встановлення та роботи автономної сонячної електростанції на автокемпер Roller Team Sirio 599 можна зазначити, що починаючи з березня місяця вона повністю здатна забезпечити його електроспоживання. Взимку та в листопаді місяці, в кліматичних умовах України, дана сонячна електростанція може покрити лише частину потреб у електроспоживанні. А враховуючи, що для обігріву автокемпера використовують електричні прилади, то взагалі, не варто розраховувати на дану електростанцію, як основне джерело електроенергії.

## Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що немає конфлікту інтересів щодо публікації цієї статті.

## Література

1. Года, М. Будинок на колесах: історія, переваги та поради для тих, хто хоче мандрувати без обмежень. (2020). Retrieved from [https://24tv.ua/budinok-kolesah-istoriya-perevagi-poradi-dlya-novini-ukrayini\\_n1395180](https://24tv.ua/budinok-kolesah-istoriya-perevagi-poradi-dlya-novini-ukrayini_n1395180). Hoda, M. Budynok na kolesakh: istoriia, perevahy ta porady dlia tykh, khto khoche mandruvaty bez obmezhen. [Motor home: history, benefits and advice for those who want to travel without restrictions] Retrieved from [https://24tv.ua/budinok-kolesah-istoriya-perevagi-poradi-dlya-novini-ukrayini\\_n1395180](https://24tv.ua/budinok-kolesah-istoriya-perevagi-poradi-dlya-novini-ukrayini_n1395180). [in Ukrainian].
2. Hnatov, A., & Arhun, S. (2017). Energy saving technologies for urban bus transport. *International journal of automotive and mechanical engineering*, 14(4), 4649-4664.
3. Hnatov, A., Arhun, S., Hnatova, H., & Sokhin, P. (2021). Technical and economic calculation of a solar-powered charging station for electric vehicles. *Automobile Transport*, (49), 71–78. <https://doi.org/10.30977/AT.2019-8342.2021.49.0.05>
4. Hnatov, A., Patlins, A., Arhun, S., Kunicina, N., Hnatova, H., Ulianets, O., & Romanovs, A. (2020, September). Development of a unified energy-efficient system for urban transport. In 2020 6th IEEE International Energy Conference (ENERGYCon) (pp. 248-253). IEEE.
5. Mohammadi, F. (2018). Design, analysis, and electrification of a solar-powered electric vehicle. *Journal of Solar Energy Research*, 3(4), 293-299.
6. Araki, K., Ota, Y., Nishioka, K., Tobita, H., Ji, L., Kelly, G., & Yamaguchi, M. (2018, June). Toward the Standardization of the Car-roof PV—The challenge to the 3-D Sunshine Modeling and Rating of the 3-D Continuously Curved PV Panel. In 2018 IEEE 7th world conference on photovoltaic energy conversion (WCPEC)(A joint conference of 45th IEEE PVSC, 28th PVSEC & 34th EU PVSEC) (pp. 0368-0373). IEEE.
7. Гнатів, А. В., Аргун, Ш. В., Гнатова, Г. А., & Сохін, П. А. (2022). Переобладнання автомобіля з ДВЗ в електромобіль. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*, (21), 22–30. Hnatov, A. V., Arhun, Shch. V., Hnatova, H. A., & Sokhin, P. A. (2022). Pereobladnannia avtomobilia z DVZ v elektromobil. [Conversion of a car from an ICE into an electric car.] *Avtomobil i elektronika. Suchasni tekhnolohii*, (21), 22–30. <https://doi.org/10.30977/VEIT.2022.21.0.1> [in Ukrainian].

8. Patlins, A., Hnatov, A., Arhun, S., Hnatova, H., & Saraiev, O. (2022, May). Features of converting a car with an internal combustion engine into an electric car. In 2022 IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON) (pp. 1-6). IEEE.
  9. Karim, A., & Shahid, Z. (2018). Performance and cost analysis of conventional petrol car converted into solar-electric hybrid car. *Journal of Energy Resources Technology*, 140(3), 032009.
  10. Pedrosa, D., Monteiro, V., Gonçalves, H., Martins, J. S., & Afonso, J. L. (2014, October). A case study on the conversion of an internal combustion engine vehicle into an electric vehicle. In 2014 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC) (pp. 1-5). IEEE.
  11. Francis, J., Narayamparambil, A. B., Johnson, A., Mathew, J., Sankar, V., & George, J. M. (2021, November). Conversion of internal combustion engine car to semi-autonomous electric car. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2070, No. 1, p. 012203). IOP Publishing.
  12. Dankov, D., Madjarov, N., & Prodanov, P. (2021, September). Description of the conversion process and results on the Opel Corsa with an internal combustion engine into an electric car. In 2021 XXX International Scientific Conference Electronics (ET) (pp. 1-5). IEEE.
  13. Vražić, M., Vuljaj, D., Pavasović, A., & Pauković, H. (2014, May). Study of a vehicle conversion from internal combustion engine to electric drive. In 2014 IEEE international energy conference (ENERGYCON) (pp. 1544-1548). IEEE.
  14. Lairenlakpam, R., Thakre, G. D., Gupta, P., Singh, Y., & Kumar, P. (2018, December). Electric conversion of a polluting gasoline vehicle into an electric vehicle and its performance and drive cycle analysis. In 2018 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES) (pp. 1-6). IEEE.
  15. "Сонячна квітка" дозволить електромобілям стати незалежними від станцій підзарядки. (2015). Retrieved from <https://vikna.if.ua/cikavo/42057/view>. "Soniachna kvitka" dozvolyt ektromobiliam staty nezaleznyymi vid stantsii pidzariadky. (2015) ["Sunflower" will allow electric cars to become independent from charging stations] Retrieved from <https://vikna.if.ua/cikavo/42057/view>. [in Ukrainian].
  16. Tesla unveils solar range extender trailer with SpaceX Starlink internet terminal. (2022). Retrieved from <https://electrek.co/2022/07/04/tesla-unveils-solar-range-extender-trailer-spacex-starlink-internet-terminal/>.
  17. Сонячна панель для кемпера. (n.d.). Retrieved from <https://lifestylecamper.ua/sonyachna-panel-dlya-kempera/>. Soniachna panel dlia kempera. (n.d.). [Solar panel for camper] Retrieved from <https://lifestylecamper.ua/sonyachna-panel-dlya-kempera/>. [in Ukrainian].
  18. Як встановити сонячні панелі на кемпер або фургон. Retrieved from <https://solarnipaneli.energy/uk/як-встановити-сонячні-панелі-на-кемпе/>. Yak vstanovyty soniachni paneli na kemper abo furhon. [How to install solar panels on a camper or van.] Retrieved from <https://solarnipaneli.energy/uk/як-встановити-сонячні-панелі-на-кемпе/>. [in Ukrainian].
  19. Гнатів, А. В., & Аргун, Ш. В. (2017). Аналіз схем сонячних електростанцій на фотоелектричних модулях для зарядних станцій електромобілів. *Автомобільний транспорт*, (41), 163-169. Hnatov, A. V., & Arhun, Shch. V. (2017). Analiz skhem soniachnykh elektrostantsii na fotoelektrychnykh moduliakh dlia zariadnykh stantsii elektromobiliv. [Analysis of schemes of solar power plants on photovoltaic modules for charging stations of electric vehicles.] *Avtomobylnyi transport*, (41), 163-169. [in Ukrainian].
  20. Гнатів, А. В., Аргун, Ш. В., Гнатова, Г. А., & Тарасов, К. С. (2020). Сонячна зарядна електростанція – комплекс для проведення лабораторних та практичних занять. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*, (17), 19-26. Hnatov, A. V., Arhun, Shch. V., Hnatova, H. A., & Tarasov, K. S. (2020). Soniachna zariadna elektrostantsiia – kompleks dlia provedennia laboratornykh ta praktychnykh zaniat. [The solar charging power station is a complex for conducting laboratory and practical classes.] *Vehicle and electronics. Innovative technologies*, (17), 19-26. [in Ukrainian].
  21. Paulus, A., Arhun, S., Hnatov, A., Dziubenko, O., & Ponikarovska, S. (2018, November). Determination of the best load parameters for productive operation of PV panels of series FS-100M and FS-110P for sustainable energy efficient road pavement. In 2018 IEEE 59th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON) (pp. 1-6). IEEE.
  22. Сонячні батареї 1,8 кВт для дачі та невеликого будинку. Soniachni batarei 1,8 kVt dlia dachi ta nevelykoho budynku [Solar batteries 1.8 kW for summer cottages and small houses] (2019, August 11). <https://alteco.in.ua/ua/rishennia-alternatyvnoi-enerhetyky/soniachni-eklektrostantsii-dlia-domu/soniachni-batarei-dlia-dachi-1-kvt-3a> [Ukraine]
- Сохін Павло Андрійович<sup>1</sup>, аспірант кафедри автомобільної електроніки, тел. +38 0633473433, [info@elektrocar.com.ua](mailto:info@elektrocar.com.ua)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2823-2239>



<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

#### **Study of an autonomous solar power plant for a motorhome**

**Abstract. Problem.** An MH combines two essential features desired by modern travelers: the ability to relax in unconventional locations while still being able to work remotely if one's job requires remote access. However, if you're accustomed to the conveniences that rely on electrical power, you'll find yourself searching for places to connect to the centralized power grid. Alternatively, you'll need to seek solutions to this issue. One of the most intriguing and effective solutions is the installation of a low-power solar power station on the RV, based on photovoltaic modules. This solution enables you to park and enjoy any location you prefer while benefiting from all the available technologies powered by electricity. **Goal.** This study aims to investigate the installation of an autonomous solar power station on an RV and determine its electrical power generation capacity. **Methodology.** Analytical research methods were employed to explore the development and application of solar energy conversion methods and devices to generate electricity. Experimental research methods and mathematical techniques for processing experimental data were also utilized. **Results.** The RV type suitable for installing an autonomous solar power station has been identified, specifically the Roller Team Sirio 599. An investigation of its equipment in terms of electricity consumption has been conducted.

Furthermore, a self-sustaining solar station has been proposed for the selected RV, and the electricity generation schedule of this station has been studied. The electricity consumption by RV appliances has been thoroughly examined. **Originality.** This study explored the volt-ampere characteristics of photovoltaic modules and their power generation dependency on the load. The investigated photovoltaic modules demonstrate maximum operational efficiency in the active load range from 3 ohms to 3.5 ohms. **Practical Value.** The research findings indicate that starting from March, the solar power station on the RV is fully capable of meeting its electricity consumption needs. In the winter months, particularly in November, in Ukraine's climate conditions, this solar power station may only cover a portion of electricity consumption needs. Considering that electrical devices are often used for heating the RV, this solar power station should not be relied upon as the primary source of electrical power.

**Key words:** motorhome, solar electricity, electricity generation, energy-saving technologies, energy-efficient technologies, electric cars, autonomous solar power plant.

**Sokhin Pavlo<sup>1</sup>**, postgraduate, Vehicle Electronics Department, e-mail: info@elektrocar.com.ua, tel. +38 0633473433, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2823-2239>

<sup>1</sup>Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.