

УДК 62-231+ 621.383.51

**КОНСТРУКЦИЯ МЕХАНИЗМА
РАСКРЫТИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ
ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ***Князев Д. С., Петров А. М.*

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

danil_knyazev_96@inbox.rupetrov_a_m@mail.ru

Предложен вариант конструкции солнечной батареи с раскрывающимися панелями на основе механизма шарнирного параллелограмма для оснащения перспективного электромобиля на солнечной энергии. Проведены автоматизированные расчеты конструкции на ветровую нагрузку и инерционную нагрузку, обусловленную динамическим воздействием в процессе движения электромобиля. По результатам расчетов определены значения коэффициентов запаса прочности и динамичности.

Ключевые слова: солнечная батарея, электромобиль, механизм шарнирного параллелограмма, кривошип, запас прочности.

Введение. Солнечные батареи, вырабатывающие электрическую энергию за счет прямого преобразования энергии солнечного излучения в полупроводниковых фотоэлементах, находят все более широкое применение в солнечной энергетике, космической технике, в легких наземных транспортных средствах, маломерном судостроении, а также в авиации. Благодаря простоте, малому весу и экологичности солнечные батареи являются одним из перспективных источников энергии будущего. Обычно фотоэлементы батареи, каждый из которых обладает крайне малой мощностью, объединяют в группы на плоских панелях. Коммутируя эти группы в различных последовательных и параллельных сочетаниях, получают источники постоянного тока с необходимыми значениями мощности и электродвижущей силы. Примеры использования солнечных батарей в энергетике, промышленном производстве, в быту и на транспорте описаны в [1].

Целью работы является разработка конструкции механизма раскрытия солнечных батарей электромобиля и ее расчет на прочность по нагрузкам, возникающим в процессе эксплуатации.

Конструкция механизма раскрытия батарей. Общий вид электромобиля с установленной солнечной батареей представлен на рис. 1. Батарея крепится на крыше кузова. В процессе движения, когда требуется уменьшить габариты транспортного средства, батарея находится в сложенном состоянии, а вырабатываемая ею мощность минимальна и требует использования дополнительного источника энергии в виде аккумулятора, подзарядка которого

UDC 62-231+ 621.383.51

**DESIGN OF THE MECHANISM OF
ELECTRIC CAR SOLAR PANELS
DEPLOYMENT***Knyazev D. S., Petrov A. M.*

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

danil_knyazev_96@inbox.rupetrov_a_m@mail.ru

The article proposes an example of the solar battery design with deploying panels on the basis of parallel link mechanism for equipping a perspective solar-powered electric vehicle. The computer-aided design calculation for wind and inertial loads due to the dynamic effect during the movement of the electric vehicle was carried out. Based on the calculation results, safety and dynamic factors were determined.

Keywords: solar battery, electric car, parallel link mechanism, crank, safety factor.

происходит во время продолжительных остановок, на которых батарею раскрывают, увеличивая облучаемую поверхность в два раза (рис. 2).

В качестве механизма раскрытия для каждой из створок применен шарнирный параллелограмм, приводимый в движение электроцилиндром — шарико-винтовой передачей с серводвигателем, шток которого крепится к одному из кривошипов (рис. 3) [2].

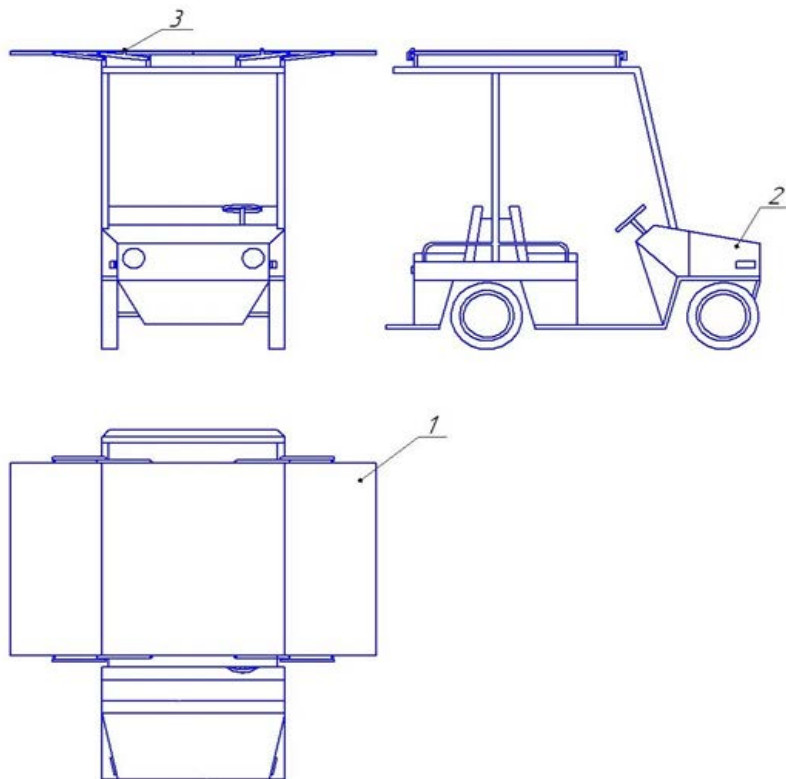


Рис. 1. Общий вид электромобиля:

1 — солнечные батареи (в разложенном состоянии); 2 — кузов; 3 — механизм раскрытия

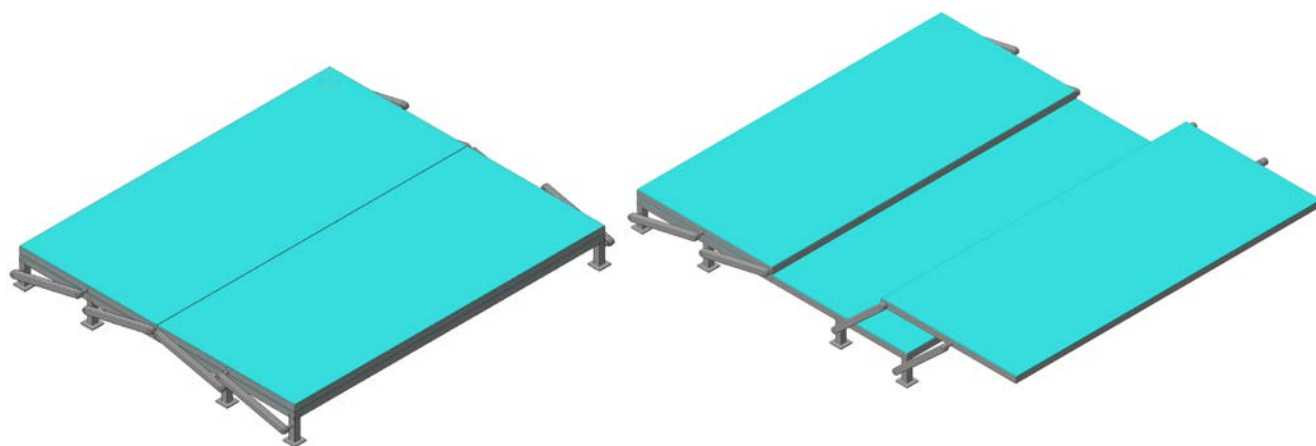


Рис. 2. Солнечная батарея в сложенном состоянии и в процессе раскрытия (справа)

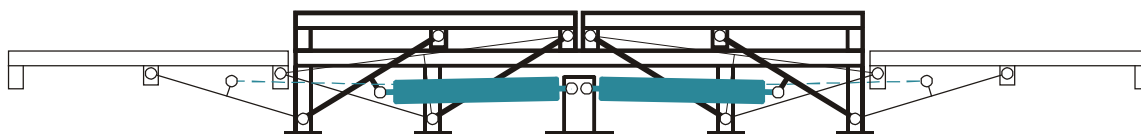


Рис. 3. Схема установки электроцилиндров

При проектировании механизма раскрытия учитывались нагрузки на конструкцию, вызванные силами тяжести ее элементов, ветровое давление, а также динамическое воздействие, связанное с движением электромобиля по неровной дороге.

Расчет конструкции на ветровую нагрузку

Согласно изложенной в СНиП 2.01.07–85 [3] стандартной методике расчета ветровой нагрузки, ее полное значение определяется формулой

$$F_{\text{ветр}} = \omega_m A, \quad (1)$$

где ω_m — нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки; A — площадь поверхности, в данном случае суммарная площадь панелей батареи в разложенном состоянии: $A = 1,322 \times 1,172 = 1,550 \text{ м}^2$. Параметр ω_m зависит от нормативного значения ветрового давления ω_0 , коэффициента k , учитывающего изменение ветрового давления по высоте, и аэродинамического коэффициента c :

$$\omega_m = \omega_0 k c. \quad (2)$$

Для множителей в формуле (2) были приняты следующие значения: $\omega_0 = 0,38 \text{ кПа}$, что соответствует II и III ветровым районам, к которым относится Ростовская область; $k = 0,75$ — для открытой местности (как наиболее продуваемой) при высоте до 5 м над поверхностью земли; $c \approx 2$ — для открытых конструкций навесного типа.

Последовательная подстановка выбранных значений в формулы (2) и (1) дает

$$F_{\text{ветр}} = 0,38 \cdot 10^3 \cdot 0,75 \cdot 2 \cdot 1,550 = 883,5 \text{ Н.}$$

Направление вектора $F_{\text{ветр}}$ выбрано вертикальным вниз — наиболее неблагоприятный случай, когда ветровая нагрузка суммируется с нагрузкой от сил тяжести.

Результаты автоматизированного статического расчёта конструкции при данном значении $F_{\text{ветр}}$ с учетом собственного веса, выполненного в модуле АРМ FEM [4], представлены на рис. 4 в виде карты коэффициента запаса прочности по пределу текучести. Наименьшее значение составило 37,28 единиц, что свидетельствует о вполне достаточном резерве прочности.

Проведенные вычисления вполне аналогичны описанному в работе [5] расчету на ветровую нагрузку рамы стационарной солнечной батареи.

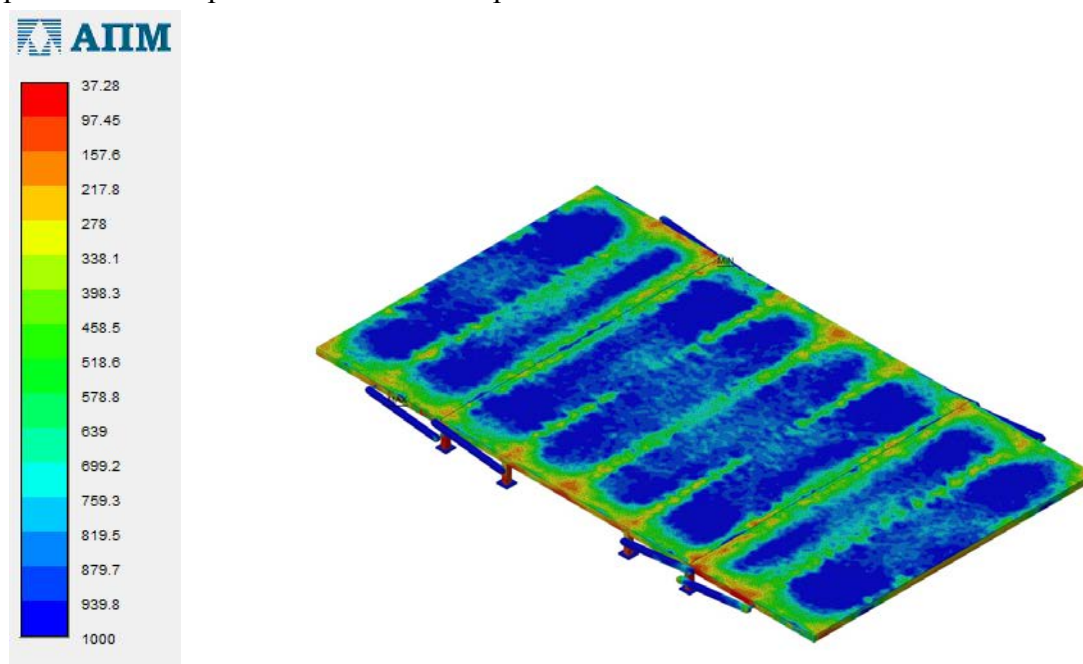


Рис. 4. Карта коэффициента запаса прочности по пределу текучести

Расчет конструкции на динамическую нагрузку в процессе движения. Перед передвижением электромобиля панели батареи приводят в сложенное состояние с целью уменьшения общих габаритов. Неровность дороги вызывает дополнительную нагрузку на раму электромобиля. Эта нагрузка носит динамический характер, она передается на опоры, детали механизма параллелограмма, а также на силовые элементы солнечных панелей. Определение параметров динамической нагрузки и вызываемых ею напряжений в конструкции представляет собой сложную задачу, требующую специальных подходов к ее решению. При достаточно грубом анализе инженерного характера можно ограничиться определением коэффициента динамичности, дающим некое осредненное представление об отношении величины динамической нагрузки к ее статическому значению. В рассматриваемом ниже частном случае воздействия вертикального направления данный коэффициент определяется формулой

$$k_{\text{дин}} = 1 + \frac{a}{g}, \quad (3)$$

где a — некоторое осредненное линейное ускорение конструкции батареи; g — постоянная ускорения свободного падения. Коэффициент $k_{\text{дин}}$ показывает во сколько раз возрастают значения компонент напряженно-деформированного состояния в конструкции по сравнению со статическим нагружением за счет сил тяжести.

В более общем случае следует учитывать также отсутствие синхронности в передаче воздействия на отдельные опоры. Тем не менее, даже в упрощенной постановке задачи величина коэффициента динамичности, определяемая по формуле (3), несет хотя и не полную, но полезную информацию относительно стойкости конструкции батареи к воздействиям, обусловленным неровностями дороги.

При проведении автоматизированного расчета принимался заданным допускаемый коэффициент запаса прочности по пределу текучести для стальных силовых элементов конструкции, в том числе элементов жесткости панелей $[S] = 2$. Рассчитанная величина максимально допустимого коэффициента динамичности составила $k_{\text{дин}} = 37,3$. На рис. 5 приведена карта распределения значений коэффициента запаса в элементах конструкции, соответствующая данному значению $k_{\text{дин}}$.

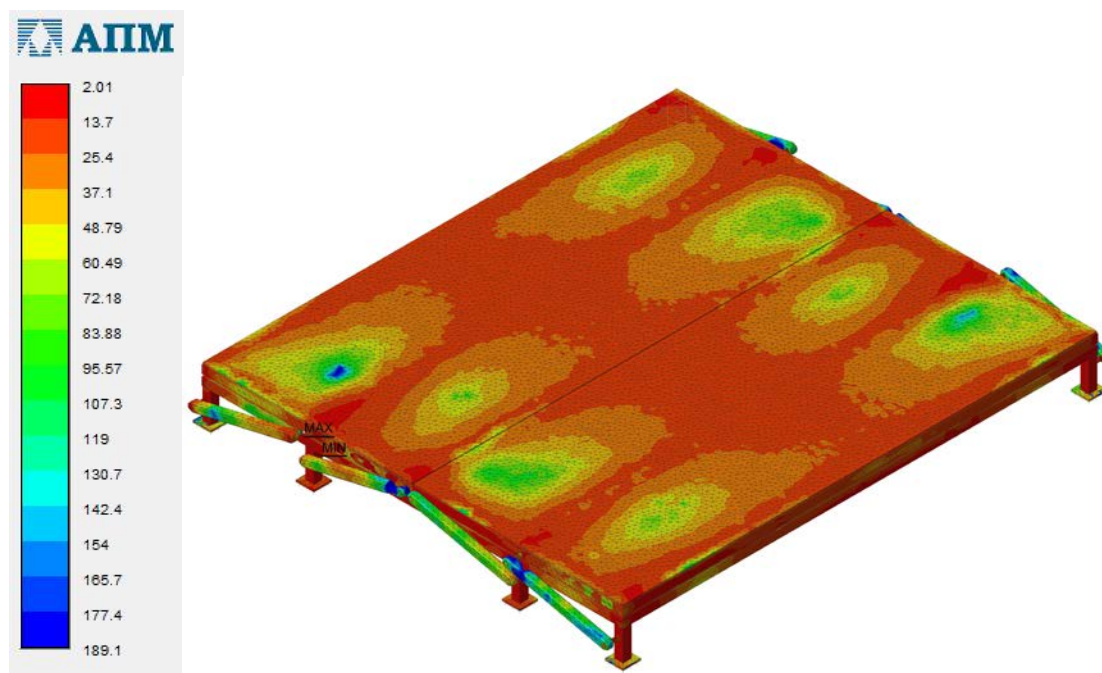


Рис. 5. Карта коэффициента запаса прочности по пределу текучести

Высокое значение коэффициента $k_{\text{дин}}$ также свидетельствует о безопасности эксплуатации электромобиля в условиях довольно ощутимого возможного динамического воздействия.

Заключение. Проведенные прочностные расчеты предлагаемой конструкции механизма раскрытия солнечных батарей на ветровую нагрузку и динамическое воздействие во время движения электромобиля показали:

– в раскрытом состоянии, соответствующем наибольшей площади парусности и, следовательно, наибольшей ветровой нагрузке, конструкция обладает достаточным запасом прочности. Коэффициент запаса по пределу текучести составил $S \approx 37$.

– расчет на динамическое воздействие, вызываемое неровностью дороги, дал для коэффициента динамичности значение $k_{\text{дин}} = 37,3$ при допускаемом коэффициенте запаса прочности по пределу текучести $[S] = 2$, что также указывает на наличие достаточных резервов сопротивления конструкции нагрузкам подобного вида.

Библиографический список

1. Применение солнечных батарей сегодня [Электронный ресурс] / Современные технологии techno-guide.ru. – Режим доступа: <http://www.techno-guide.ru/energetika/solnechnye-batarei/primery-primeneniya-solnechnykh-batarej-segodnya.html> (дата обращения 10.04.2018).
2. Серводвигатели SEW - EURODRIVE. Характеристики и особенности [Электронный ресурс] / Комплексные решения. – Режим доступа: http://www.comsol.ru/katalog/privodnaya_tehnika/seg/servodvigateli_sew-eurodrive_harakteristiki_i_osobennosti.html (дата обращения 08.04.2018).
3. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85 / Министерство регионального развития Российской Федерации. — Москва: Минрегион России, 2011. — 96 с.
4. APM FEM. Система прочностного анализа для КОМПАС-3D: Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://apm.ru/downloads/register/APM_FEM.pdf (дата обращения: 19.03.2018).
5. Кукаркин, И. Д. Создание и прочностной расчет конструкции крепления солнечного модуля ФСМ 200П в системе КОМПАС 3D [Электронный ресурс] / И. Д. Кукаркин, К. А. Тимолянов // Молодой исследователь Дона. — 2016. — № 3. — С.6. — Режим доступа: <http://mid-journal.ru/upload/iblock/c40/13-kukarkintimolyanov-174-.pdf>. (дата обращения: 19.03.2018).