

УДК 624.011.2

ДЕРЕВ'ЯНІ ДВОТАВРОВОЇ БАЛКИ ЯК НЕСУЧІ ЕЛЕМЕНТИ В СИСТЕМАХ ВІДСТЕЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ СОНЦЯ

ДЕРЕВЯННЫЕ ДВОТАВРОВЫЕ БАЛКИ КАК НЕСУЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СИСТЕМАХ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ СОЛНЦА

WOODEN I-BEAMS AS THE CARRIED ELEMENTS IN THE SUNTRACKING SYSTEMS

*Стоянов В.В. д.т.н., проф., Коршак О.М. к.т.н., доц., Бояджі А. А. к.т.н., ст. викл., Бойко О.В. асп., ас., Севцов С.В. магістр,
(Одеська державна академія будівництва та архітектури)*

*Стоянов В.В. д.т.н., проф., Коршак О.М. к.т.н., доц., Бояджи А. А. к.т.н., ст. пр., Бойко А.В. асп., асс., Севцов С.В. магистр
(Одесская государственная академия строительства и архитектуры)*

*Stoyanov V.V. Dr.Sc. (Eng.), Prof., Korshak O. M. Cand. Sc. (Eng.), Assist. Prof., Boyadzhi A. O., Cand. Sc. (Eng.), Assist. Prof., Boyko A.V. post graduate., Sevtsov S.V. master's degree
(Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture)*

Анотація. У статті розглядається можливе використання дерев'яних двотаврових балок в якості несучих конструкцій (як вертикальних, так і горизонтальних) для сонячних панелей. Перераховано позитивні і негативні сторони застосування ДДБ в такого виду конструкціях, для негативних вказані можливі методи їх усунення. Виконано розрахунок і проектування конструкцій, що включають механізми переміщення (необхідних для систем стеження за положенням сонця, що збільшують ККД сонячних панелей).

Аннотация. В статье рассматривается возможное использование деревянных двутавровых балок в качестве несущих конструкций (как вертикальных, так и горизонтальных) для солнечных панелей. Перечислены положительные и отрицательные стороны применения ДДБ в такого вида конструкциях, для отрицательных указаны возможные методы их устранения. Выполнен расчет и проектирование конструкций, включающих механизмы перемещения (необходимых для систем слежения за положением солнца, увеличивающих КПД солнечных панелей).

Annotation. The article discusses the possible use of wooden I-beams as supporting structures (vertical and horizontal) for solar panels. The main objective of the research is the development of an energy efficient (in comparison with traditional stationary) systems of a small solar power plant. The positive and negative sides of the use of I-beams in this type of construction are listed, for negative ones possible methods for their elimination are indicated. The calculation taking into account the heat capacity of the materials of the structural elements revealed the possibility of significantly increasing the efficiency of solar panels (up to 23%) by reducing the heating temperature of the photovoltaic cells. With an increase in the temperature of the photovoltaic cell by 1°, its efficiency drops by 0.5%. A positive effect can be achieved by applying light (coefficient of relative blackness to 0.4) wood frame elements. Also, the wooden frame can be integrated into the design of the coating for the rational use of space. The calculation of the bearing capacity and design of structures, including the mechanisms of movement (necessary for tracking the position of the sun, increasing the efficiency of solar panels). Movement in the nodes is carried out using linear actuators. The use of this type of actuators allows you to automate and program the movement of the panel, depending on the annual position of the sun. A preliminary calculation of the presented structures for solar panels showed the feasibility of using wooden elements for the

following indicators: the ability to increase the efficiency of solar panels by reducing their heating from more heat-intensive wooden elements; in mass production wooden structures will be more cost-effective than aluminum; ease of assembly and installation; ease of wooden structures; using of domestic materials; using of renewable materials resources.

Ключові слова. Дерев'яні двотаврові балки, клеєні дерев'яні балки, двотавр, несуча здатність, сонячні панелі, енергоефективність, відновлювані джерела електроенергії.

Ключевые слова. Деревянные двутавровые балки, клееные деревянные балки, двутавр, несущая способность, солнечные панели, энергоэффективность, возобновляемые источники электроэнергии.

Keywords. Wooden I-beams, glued wooden beams, I-beam, carrying capacity, solar panels, energy efficiency, renewable sources of electricity.

Введение. В настоящее время в обществе все чаще поднимаются вопросы, связанные с проблемами экологии и защитой окружающей среды. По мнению мировых здравоохранительных и экологических организаций одной из наиболее опасных для здоровья и загрязняющих окружающую среду является добыча таких природных энергоносителей как сланцевый и природный газ, нефть и т.д. Таким образом актуальным на сегодняшний день остается развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и ресурсосбережение. В 2010 году 16,7 % мирового потребления энергии поступало из возобновляемых источников. В 2015 году этот показатель составил 19,3 % [1]. Доля традиционной биомассы постепенно сокращается, в то время как доля современной возобновляемой энергии растёт. С 2004 по 2013 годы доля электроэнергии, производимой в Евросоюзе из возобновляемых источников, выросла с 14 % до 25 % [3]. Наиболее быстрое развитие среди ВИЭ в настоящее время получили фотоэлектрические солнечные электростанции (СЭС).

Большое количество солнечных дней в Одесской области и поддержка со стороны государства при установке СЭС («зеленый тариф») делает такой вид электроэнергии не только экологически чистым, но и привлекательным для инвестиций.

Анализ последних исследований и публикаций. Актуальным направлением в развитии СЭС являются увеличение КПД самих фотоэлементов (ФЭ) и устройство систем отслеживания положения солнца (трекеров).

При более детальном исследовании работы ФЭ оказалось, что их КПД существенно зависит от температуры их нагревания. С увеличением температуры фотогальванического элемента на 1°, его эффективность падает на 0,5 %. Эта зависимость нелинейна и повышение температуры элемента на 10° приводит к снижению эффективности почти в два раза. Традиционное крепление фотоэлементов на тепломких металлических конструкциях приводит к дополнительному нагреванию элементов и снижению КПД.

Также представляет интерес действительное увеличение КПД СЭС при использовании трекеров. Компании, продающие такие системы, заявляют о 20 – 30 % прироста количества вырабатываемой электроэнергии в случае использовании систем отслеживания по одной из осей (направление с востока на запад при отслеживании дневного перемещения солнца по небосводу и с севера на юг при годовом). Т.о., отслеживание положения солнца по обеим осям может привести к увеличению выработки электроэнергии на 40 – 60% больше по сравнению со стационарными системами.

Определение цели и задачи исследования. Основной задачей исследования является разработка энергоэффективной (в сравнении с традиционными стационарными) системы малой СЭС.

Основная часть исследования. Для экспериментального исследования работы СЭС отбирался вариант, удовлетворяющий следующим требованиям:

- легкий каркас – для снижения энергозатрат на позиционирование;

- каркас, интегрированный в конструкцию покрытия – для рационального использования пространства;
- деревянный каркас – для снижения температуры нагревания фотоэлементов;
- система с годовым отслеживанием положения солнца – в этом случае угол изменения наклона системы составляет приблизительно 30° (от 15° до 45° , что позволяет устанавливать систему на крышах с разным уклоном, а также существенно упрощает конструкцию и снижает затраты на ее изготовление).

В качестве несущих элементов каркаса были выбраны двутавровые деревянные балки со стенкой из ОСП, работа и возможные соединения которых были ранее исследованы на кафедре МДиПК ОГАСА [4]. Применение ДДБ позволит удовлетворить всем вышеперечисленным требованиям. Также следует отметить низкую стоимость используемых материалов и простоту изготовления ДДБ. Недостатки использования древесины такие как низкая огнестойкость, коробление, растрескивание, разрушение от организмов легко решаются с помощью конструктивных и химических мер защиты.

В качестве материала для каркаса солнечных панелей также может применяться древесина лиственницы, высокие физико-механические свойства и стойкость против гниения которой могут существенно продлить период эксплуатации конструкции. Также следует отметить, что широко распространена на территории Украины в Западных Карпатах (до 40 %).

На рис. 1 показана плита из ДДБ, которая опирается на 4 стойки, выполненные также из ДДБ. Все опоры плиты (рис. 2 а) и б)) шарнирные. Поворот конструкции относительно горизонтальной оси предполагается осуществлять при помощи линейного актуатора, представляющего из себя шарико-винтовую пару приводимую в движение при помощи шагового двигателя с редуктором. Применение такого вида актуаторов позволяет автоматизировать и запрограммировать перемещение панели в зависимости от годового положения солнца.

При проектировании рассматривались два варианта соединений элементов плиты. В первом варианте – рассмотренные ранее соединения при помощи стальных труб [4], во втором – соединения при помощи стальных пластин. Для дальнейшего исследования были выбраны узлы с пластинами так как их использование упростит решение опирания плиты на стойки.

Конструкция рассчитывалась на совместное действие собственного веса, веса оборудования, а также нагрузок, связанных с его обслуживанием, монтажных и снеговых нагрузок. При проектировании панели размерами в плане 4500×2000 (мм) задавались минимальным поперечным сечением несущих элементов (полка – 40×40 (мм), сквозная стенка – 100×120 (мм), обеспечивающим запас прочности конструкции более 27%. Для обеспечения геометрической неизменяемости каркаса в конструкцию были добавлены крестовые раскосы.

Расчет теплообмена конструкции в ПК ANSYS Workbench выполнялся в два этапа: сначала применяются тепловые элементы для расчета температурного состояния, а затем вычисленные температуры передаются элементам объемного НДС.

Для расчета температурного состояния твердотельных моделей применяются элементы SOLID87 (тетраэдр с десятью узлами) и SOLID90 (гексаэдр с двадцатью узлами). Основным оболочечным элементом (генерируемым по умолчанию) для задач теплообмена в ANSYS является элемент SHELL57, который не учитывает изменение температуры по толщине элемента. Зато он может учитывать теплопроводность в плоскости и конвекцию из плоскости [4]. Рассчитывались два варианта конструкции. Первый вариант – элементы выполнены как указано на рис. 1 из древесины и ОСП. Во втором варианте двутавровые деревянные элементы были заменены на алюминиевые профили со схожими прочностными характеристиками поперечного сечения.

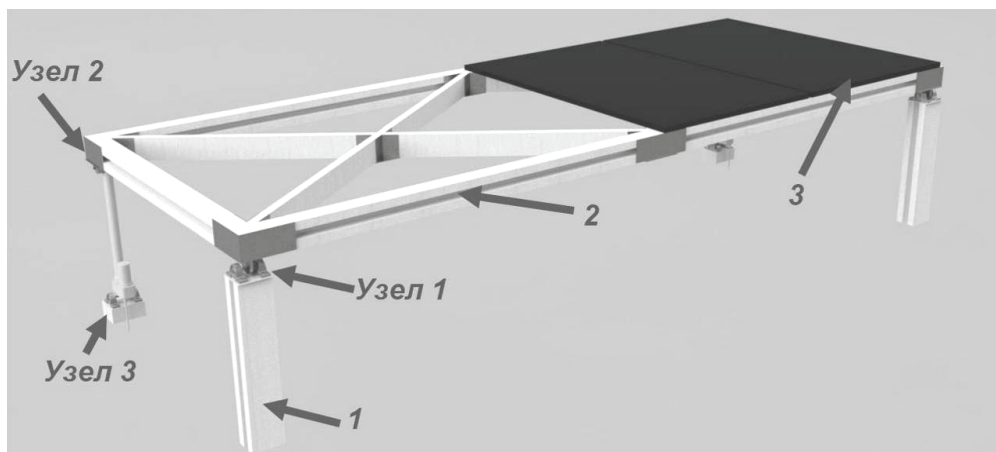


Рис. 1 Конструкция каркаса (1 – стойка; 2 – панель) из ДДБ с установленными на правой половине солнечными панелями (3)

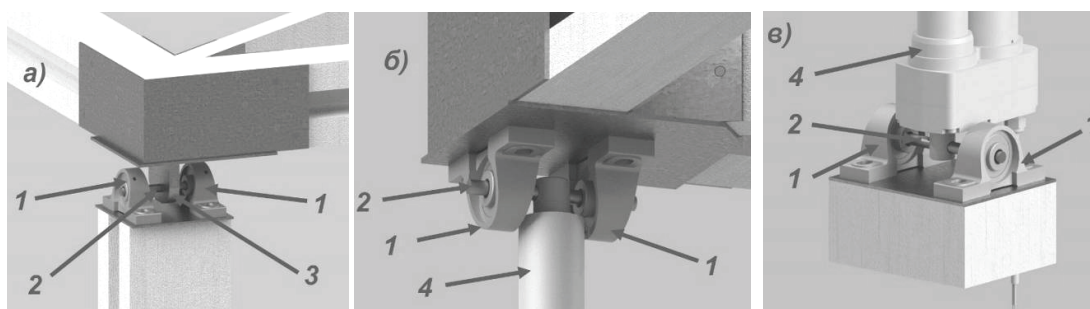


Рис. 2 а) Узел 1; б) Узел 2; в) Узел 3; 1 – подшипник самовыравнивающийся на опоре; 2 – оси (втулки); 3 – проушина; 4 – линейный актуатор (электроцилиндр)

Расчет с учетом теплоемкости материалов элементов конструкции выявил возможность существенно увеличить КПД солнечных панелей (до 23%) за счет применения светлых (коэффициент относительной черноты до 0,4) деревянных элементов каркаса.

Выводы. Предварительный расчет представленных конструкций для солнечных панелей показал целесообразность применения деревянных элементов по следующему ряду показателей: возможность увеличить КПД солнечных панелей за счет уменьшения их нагрева от более теплоемких деревянных элементов; при массовом производстве деревянные конструкции будут экономически эффективнее алюминиевых; простота сборки и монтажа; легкость деревянных конструкций; использование отечественных материалов; использование ресурсозобновляемых материалов.

Литература

1. BMZ. REN21.2017. Renewables 2017 Global Status Report in perspective / BMZ, BMWi, IDB. // Paris: REN21 Secretariat. – 2017.
2. BMZ. REN21.2017. Renewables 2007 Global Status Report in perspective / BMZ, BMWi, IDB. // Paris: REN21 Secretariat. – 2007.
3. Проектирование деревянных полигональных сводчатых покрытий / [О. В. Бойко, В. В. Стоянов, А. О. Бояджи та ін.]. // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – 2017. – №174. – С. 27–32.
4. ДБН В.2.6-161:2017 / ТОВ Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. – 117 с.
5. Серов Е.Н., Санников Ю.Д., Серов А.Е. Проектирование деревянных конструкций//Учебное пособие. – Москва, 2011.- 534с.
6. Золотухин Ю.Д. Испытание строительных конструкций. Выс.шк.-1983 г.
7. Стоянов В.В. Конструкции из дерева и пластмасс. Курс лекций. / Владимир Стоянов. – О.: ВРС, 2005.