можно считать положительным, как не препятствующим повороту при значительных углах, когда поворот происходит, как правило, на небольших скоростях.

При расчетах момента стабилизации были приняты допущения об абсолютной жесткости подвески колес передней поворотной тележки и отсутствии упругой деформации рамы при повороте прицепа. При принятых допущениях поворот сопровождается отрывом внешнего к центру поворота колеса от поверхности движения и отсутствием силовых реакций на него от дороги. В процессе эксплуатации прицепов это явление не следует считать типичным и, в связи с этим, требуется дальнейшее изучение влияния наклона шкворня на момент стабилизации с учетом реакций на внешнее к центру поворота колесо передней тележки при наличии пружинной подвески, упругой деформации рамы эластичности шин, и т.д.

Литература

1. **Иванов В.В. и др.** Основы теории автомобиля и трактора. – Учебн. пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1977.
2. **Литвинов А.С., Фаробин Я.Е.** Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. – М.: Машиностроение, 1984.
3. **Закин Я.Х.** Прикладная теория движения автопоезда. – М.: Транспорт, 1967.
4. **Чудаков Е.А.** Конструкция и расчет автомобиля. Изд. 3-е, исправл. и доп. – М.: Машгиз, 1950.
5. **Строганов Ю.Н., Попова А.И.** Опорно-поворотное устройство прицепа. Патент РФ № 170879, 2017.
6. **Строганов Ю.Н., Желев Д.Й.** Стабилизирующее устройство поворотной тележки прицепа. Заявка в Роспатент о выдаче патента на полезную модель № 2017146475 от 27.12.2017.

УДК 631.152

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

Е.В. Тимофеев, канд. техн. наук

А.Ф. Эрк, канд. техн. наук

В.Н. Судаченко, канд. техн. наук

А.В. Никитин, инженер

Институт агроинженерных и экологических проблем с.-х. производства (г. СПб, РФ)

Контактная информация (e-mail): timofeev_ev84@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ. Одним из путей решения задачи энергосбережения и повышения энергоэффективности работы сельскохозяйственного предприятия Северо-Запада РФ, является использование небольшой мощности автономных систем электроснабжения сельскохозяйственных объектов [1–4]. В этом случае в качестве источников энергии для автономного электроснабжения возможно использование дизельных и бензиновых электростанций, применение возобновляемых источников энергии. Возможность использования энергии солнца для электроснабжения автономных потребителей в институте изучается в течении ряда лет [5–8]. В последнее время в ИАЭП проводились исследования режимов работы солнечных панелей из тонкопленочных тандемных фотоэлектрических панелей (модулей) и сравнивалась эффективность их работы с монокристаллическими фотоэлектрическими панелями. В результате выявлена эффективность их работы в условиях Северо-Западного региона РФ в реальных условиях эксплуатации.

ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА. Задачами проводимых исследований является изучение изменения величин напряжения и тока солнечных модулей в реальных условиях эксплуатации, определение влияния величины солнечной радиации и температуры окружающего воздуха на режимы работы модуля (к.п.д.).

Экспериментальная установка по исследованию работы фотоэлектрических панелей (ФЭП) собрана на базе лаборатории нетрадиционных источников энергии ИАЭП. Установка включала в себя следующие элементы (рис. 1):

- ФЭП монокристаллическая, мощностью 250 Вт;
- ФЭП тандемная тонкопленочная (стандартная), мощностью 160 Вт;

- ФЭП tandemная тонкопленочная (полупрозрачная), мощностью 130 Вт;
- метеорологическая станция «DAVIS Vantage Pro2»;
- регистратор данных электрической сети «DATA Lodger Picolog 1012»;
- измерительный комплекс «Терем 4» с датчиками температуры;
- персональный компьютер.

Рис. 1. Схема экспериментальной установки исследования tandemных фотоэлектрических (солнечных) модулей

Фотоэлектрические модули устанавливаются на штативе с углом наклона к горизонту 60° (ориентация ЮГ) на стене здания (рис. 2, 3). Высота установки модуля от уровня земли 15 м.

Рис. 2. Общий вид монокристаллической (а) и стандартной tandemной тонкопленочной (б) ФЭП, установленных на стене здания

Данные о метеоусловиях получали метеостанцией DAVIS Vantage Pro2, с последующей автоматической обработкой и передачей информации в центр обработки (рис. 4).

Данные о токе и напряжении, на выводах фотоэлектрических модулей, передавались в центр обработки информации, по средствам устройства сбора и регистрации данных «DATA Logger Picolog 1012».

Рис. 3. Общий вид полупрозрачной тандемной тонкопленочной ФЭП, установленной на стене здания

Рис. 4. Общий вид и рабочий интерфейс на ПК метеорологической станции «DAVIS Vantage Pro2»

Общий вид экспериментальной установки представлен на рис. 5.

Измерения величин напряжения и электрического тока, на участках электрической цепи, проводились с помощью прибора «DATA Logger Picolog 1012». Измерение напряжения осуществлялось на выводах фотоэлектрических модулей с использованием параллельно установленных шунтов напряжения. Измерение электрического тока на участке: фотоэлектрический модуль – нагрузка, осуществлялось через токовый шунт, последовательно включенный в электрическую цепь. Частота замеров – один раз в минуту. Время проведения одного опыта – от 4 до 8 часов.

Полученная информация автоматически вводилась в электронный журнал с указанием даты и времени замеров.

Величины солнечной радиации, скорости ветра, температуры окружающей среды, определялись с помощью метеостанции DAVIS Instruments Vantage Pro2 с частотой замеров один раз в минуту.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. На основании полученных и расчетных данных был проведен сравнительный анализ данных трех ФЭП. Для наглядности построена зависимость интенсивности солнечной радиации от мощности, вырабатываемой каждой ФЭП.

Рис. 5. Общий вид экспериментальной установки исследования фотоэлектрических (солнечных) модулей

Для Санкт-Петербурга и Ленинградской области усредненными показателями интенсивности солнечной радиации приняты 450 Вт/м^2 .

Исследуемые ФЭП имеют различные габаритные размеры, следовательно различные площади поглощения солнечной радиации. Для получения унифицированных значений вырабатываемой панелями мощности в зависимости только от материала и технологии изготовления, полученные данные приведены к единой площади в 1 м^2 (рис. 6).

Рис. 6. График зависимости мощности, вырабатываемой различными видами солнечных панелей с 1 м^2 от интенсивности солнечной радиации

Мощность, вырабатываемая 1 м^2 панелей при интенсивности солнечной радиации 450 Вт/м^2 , равна:

- монокристаллическая панель 25 Вт;
- тонкопленочная стандартная панель 16 Вт;
- тонкопленочная полупрозрачная панель 13 Вт.

В результате установлено, что монокристаллические панели более эффективны в своей работе и имеют более высокий к.п.д. Тонкопленочные тандемные модули показали очень сходные значения, но к.п.д. у них ниже.

Выбор между стандартной или полупрозрачной тонкопленочными панелями, по выработке электрической энергии, не может быть приоритетным. Существенное отличие полупрозрачной тонкопленочной панели – способность пропускать световой поток определенного спектра. Такие панели, кроме прямого назначения, могут быть использованы в глухих оконных рамах, или при остеклении световых шахт на крышах животноводческих предприятий.

На рис. 7 представлено возможное использование данных панелей на современных животноводческих комплексах, в частности на молочной ферме.

Тонкопленочные прозрачные панели предлагается установить в крышных оконных проемах. Данное решение позволяет использовать их как источник освещения, а также как источник электрического тока одновременно.

Монокристаллические кремниевые ФЭП предлагается использовать на крышах фермы, как экологически чистые источники энергии.

Рис. 7. Предлагаемые варианты размещения ФЭП на крышах

ВЫВОДЫ. Возможность использования данных панелей в растениеводстве (остекление теплиц) требует дополнительных исследований спектральных характеристик проходящего через панель света.

Литература

1. Судаченко В.Н., Бровцин В.Н., Мишанов А.П. Концепция формирования структуры энергообеспечения сельхозпроизводства с использованием местных энергоресурсов/ Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. Сборник научных трудов ГНУ СЗНИИМЭСХ, Выпуск 81, 2009.
2. Судаченко В.Н., Эрк А.Ф., Тимофеев Е.В. Методы энергосбережения повышения энергоэффективности предприятий животноводческого направления в условиях Северо-Запада РФ/ Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства/ ИАЭП. – СПб, 2017. – № 91. – С. 5–14.
3. Эрк А.Ф., Судаченко В.Н., Бутримов Е.И. Принципы создания демонстрационной зоны высокой энергоэффективности сельскохозяйственных предприятий в Ленинградской области/ Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. Теоретический и научно-практический журнал. 2016. – № 88. – С. 46–53.
4. Эрк А.Ф., Судаченко В.Н., Тимофеев Е.В., Размук В.А. Методы повышения эффективности использования электрической энергии в животноводстве/ Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства/ ИАЭП. – СПб, 2016. – № 89. – С. 23–31.
5. Судаченко В.Н., Эрк А.Ф., Тимофеев Е.В. Выбор варианта энергоснабжения объектов сельхозпроизводства по экономическим критериям/ Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2017. – № 92. – С. 43–48.
6. Судаченко В.Н., Эрк А.Ф., Тимофеев Е.В. Методика обоснования мощности и выбора оборудования источников аварийного энергоснабжения объектов сельхозпроизводства/ Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2017. – № 92. – С. 57–67.
7. Судаченко В.Н., Эрк А.Ф., Тимофеев Е.В. Обоснование критерия экономической эффективности совместного использования традиционных и возобновляемых энергоисточников/ Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2017. – № 92. – С. 35–43.
8. Эрк А.Ф., Судаченко В.Н., Тимофеев Е.В., Размук В.А. Выбор типа электроснабжения сельскохозяйственного предприятия с использованием солнечных электростанций/ Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства/ ИАЭП. – СПб, 2016. – № 89–С. 19–23.