

УДК 621.311.25

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК
МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ И ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ**

Терентьев Павел Валерьевич

кандидат технических наук

e-mail: terentyevpv@inbox.ru

Захаров Александр Юрьевич

магистрант

Симонов Александр Сергеевич

Магистрант

ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА

г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация: В статье рассматриваются технические характеристики монокристаллических и поликристаллических фотоэлектрических солнечных модулей распространенных на рынке Российской Федерации производителей, мощностью от 15 до 300 Вт. Выявлены мощности фотоэлектрических солнечных модулей, эффективных к расположению на кровли, для выработки наибольшей электрической мощности за наименьшую стоимость.

Ключевые слова: нетрадиционные источники энергии, фотоэлектрические солнечные модули, энергоэффективность, сельская местность.

Все чаще фотоэлектрические солнечные модули (ФСМ) используют для электроснабжения различных объектов сельской местности, а именно: частных домов, ферм, объектов бытового обслуживания населения и д.р. [1].

Как правило, монтаж фотоэлектрических солнечных модулей проводят на земле или кровле той или иной постройки. Для снижения потерь в питающих кабелях, идущих от ФСМ до электроприемников (ЭП) целесообразнее размещать ФСМ на кровле, также экономя за счет такого расположения площадь земли, которую можно будет использовать более рационально в условиях сельской местности [2]. Размещение ФСМ на кровле ограничивается ее площадью, в связи с этим необходимо подобрать наиболее эффективные ФСМ по их размерам, вырабатываемой мощности и цене.

В таблицах 1-6 приведены характеристики монокристаллических и поликристаллических фотоэлектрических солнечных модулей, наиболее распространенных на рынке Российской Федерации производителей, мощностью ФСМ от 15 до 300 Вт.

Таблица 1

Характеристики монокристаллических и поликристаллических фотоэлектрических солнечных модулей Delta

№ п/п	Наименование ФСМ	Размер модуля (ДхШ), мм	Толщина рамки модуля, мм	Площадь модуля, м ²	Сравнение ФСМ по площади Δ, %	Цена, руб.*
Мощность ФСМ 15 Вт						
1	Delta SM 15-12M	454×294	18	0,133476	+3,7	1370
2	Delta SM 15-12P	390×355	18	0,13845	-3,6	1190
Мощность ФСМ 30 Вт						
1	Delta SM 30-12M	550×350	25	0,1925	+18,2	1890
2	Delta SM 30-12P	650×350	25	0,2275	-15,4	1860
Мощность ФСМ 50 Вт						
1	Delta SM 50-12M	636×554	30	0,352344	+18,0	3020
2	Delta SM 50-12P	770×540	30	0,4158	-15,3	2950
Мощность ФСМ 100 Вт						
1	Delta SM 100-12M	1200×540	30	0,648	+5,5	4720
2	Delta SM 100-12P	1020×670	30	0,6834	-5,2	4090
Мощность ФСМ 150 Вт						
1	Delta SM 150-12M	1485×668	35	0,99198	0,0	5990
2	Delta SM 150-12P	1485×668	35	0,99198	0,0	5830
Мощность ФСМ 200 Вт						
1	Delta SM 200-24M	1580×808	35	1,27664	+3,1	9400

2	Delta SM 200-12P	1330×990	35	1,3167	-3,0	8940
3	Delta SM 200-24P	1330×990	35	1,3167	-3,0	8940
Мощность ФСМ 250 Вт						
1	Delta SM 250-24M	1640×990	35	1,6236	0,0	9690
2	Delta SM 250-24P	1640×990	35	1,6236	0,0	9020

* Цены на фотоэлектрические солнечные модули Delta взяты с сайта www.onlinetrade.ru [3].

Таблица 2

Характеристики монокристаллических и поликристаллических фотоэлектрических
солнечных модулей Восток

№ п/п	Наименование ФСМ	Размер модуля (ДхШ), мм	Толщина рамки модуля, мм	Площадь модуля, м ²	Сравнение ФСМ по площади Δ, %	Цена, руб.*
Мощность ФСМ 100 Вт						
1	Восток ФСМ 100М	1200×540	30	0,648	+5,5	3800
2	Восток ФСМ 100Р	1020×670	30	0,6834	-5,2	3190
Мощность ФСМ 150 Вт						
1	Восток ФСМ 150М	1480×670	30	0,9916	0,0	5100
2	Восток ФСМ 150Р	1480×670	30	0,9916	0,0	4950

* Цены на фотоэлектрические солнечные модули Восток взяты с сайта www.teslum.ru, www.envitechno.ru [4,5].

Таблица 3

Характеристики монокристаллических и поликристаллических фотоэлектрических
солнечных модулей SILA

№ п/п	Наименование ФСМ	Размер модуля (ДхШ), мм	Толщина рамки модуля, мм	Площадь модуля, м ²	Сравнение ФСМ по площади Δ, %	Цена, руб.*
Мощность ФСМ 30 Вт						
1	SILA SIM30	540×440	25	0,2376	-3,5	2100
2	SILA SIP30	655×350	25	0,22925	+3,6	1700
Мощность ФСМ 50 Вт						
1	SILA SIM50	770×515	30	0,39655	-8,2	2750
2	SILA SIP50	545×668	30	0,36406	+8,9	2250
Мощность ФСМ 100 Вт						
1	SILA SIM100	1100×668	35	0,7348	-7,0	4420
2	SILA SIP100	1020×670	35	0,6834	+7,5	3730
Мощность ФСМ 150 Вт						
1	SILA SIM150	1485×668	35	0,99198	0,0	5340
2	SILA SIP150	1485×668	35	0,99198	0,0	4920
Мощность ФСМ 200 Вт						
1	SILA SIM200	1580×808	35	1,27664	+3,1	8245
2	SILA SIP200	1330×990	35	1,3167	-3,0	6380
Мощность ФСМ 250 Вт						
1	SILA SIM250	1640×992	40	1,62688	0,0	8240
2	SILA SIP250	1640×992	40	1,62688	0,0	7890
Мощность ФСМ 300 Вт						

1	SILA SIM300	1956×992	45	1,940352	0,0	10900
2	SILA SIP300	1956×992	45	1,940352	0,0	9080

* Цены на фотоэлектрические солнечные модули SILA взяты с сайта www.e-solarpower.ru, www.teslum.ru [4,6].

Таблица 4

Характеристики монокристаллических и поликристаллических фотоэлектрических солнечных модулей Sunways

№ п/п	Наименование ФСМ	Размер модуля (ДхШ), мм	Толщина рамки модуля, мм	Площадь модуля, м ²	Сравнение ФСМ по площади Δ, %	Цена, руб.*
Мощность ФСМ 30 Вт						
1	Sunways FSM 30M	510×450	25	0,2295	+1,8	1940
2	Sunways FSM 30P	525×445	25	0,233625	-1,8	1680
Мощность ФСМ 50 Вт						
1	Sunways FSM 50M	700×510	30	0,357	-8,6	2970
2	Sunways FSM 50P	640×510	30	0,3264	+9,4	2650
Мощность ФСМ 100 Вт						
1	Sunways FSM 100M	1020×670	30	0,6834	0,0	4580
2	Sunways FSM 100P	1020×670	30	0,6834	0,0	3490

* Цены на фотоэлектрические солнечные модули Sunways взяты с сайта www.s-ways.ru [7].

Таблица 5

Характеристики монокристаллических и поликристаллических фотоэлектрических солнечных модулей One-sun

№ п/п	Наименование ФСМ	Размер модуля (ДхШ), мм	Толщина рамки модуля, мм	Площадь модуля, м ²	Сравнение ФСМ по площади Δ, %	Цена, руб.*
Мощность ФСМ 100 Вт						
1	One-sun OS-100M	1020×670	30	0,6834	0,0	3900
2	One-sun OS-100P	1020×670	30	0,6834	0,0	3980
Мощность ФСМ 150 Вт						
1	One-sun OS-150M	1482×676	35	1,001832	0,0	5300
2	One-sun OS-150P	1482×676	35	1,001832	0,0	5550

* Цены на фотоэлектрические солнечные модули One-sun взяты с сайта www.envitechno.ru [5].

Таблица 6

Характеристики монокристаллических и поликристаллических фотоэлектрических солнечных модулей Exmork

№ п/п	Наименование ФСМ	Размер модуля (ДхШ), мм	Толщина рамки модуля, мм	Площадь модуля, м ²	Сравнение ФСМ по площади Δ, %	Цена, руб.*
Мощность ФСМ 100 Вт						

1	Exmork ФСМ-100М	1200×540	30	0,648	+5,5	5000
2	Exmork ФСМ-100Р	1020×670	30	0,6834	-5,2	3950
Мощность ФСМ 250 Вт						
1	Exmork ФСМ-250М	1640×992	40	1,62688	0,0	8704
2	Exmork ФСМ-250Р	1640×992	40	1,62688	0,0	8100

* Цены на фотоэлектрические солнечные модули Exmork взяты с сайта www.envitechno.ru, www.invertory.ru [5,8].

Из приведенных таблиц 1-6 можно сделать вывод, что поликристаллические ФСМ, в большинстве случаев, занимают площадь большую при одинаковой заявленной пиковой электрической мощности, в сравнении с монокристаллическими ФСМ, в отдельных случаях данное превышение составляет более 15%.

На рисунке 1 приведена зависимость изменения стоимости фотоэлектрических солнечных модулей различных производителей мощностью от 15 до 300 Вт.

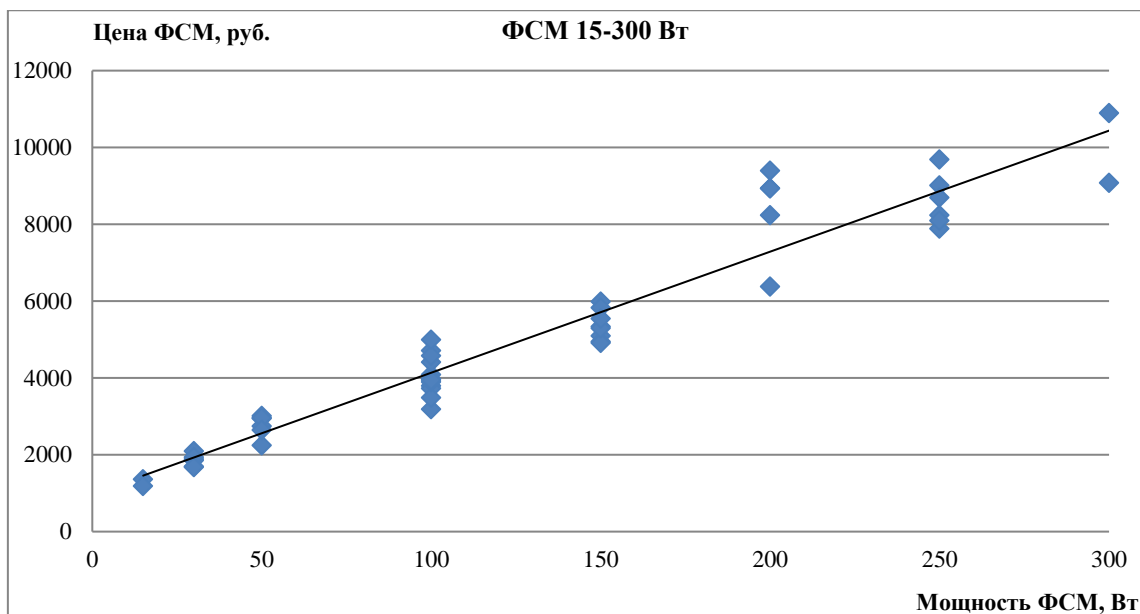


Рисунок 1 – Изменения стоимости фотоэлектрических солнечных модулей от их мощности

Из рисунка 1 видно, что изменение стоимости ФСМ от 15 до 300 Вт можно описать линейным законом распределения:

$$C_{\text{ФСМ}} = 31,51 \cdot P_{\text{max}} + 985,2 \quad (1)$$

где $C_{\text{ФСМ}}$ – ориентировочная стоимость фотоэлектрического солнечного модуля, руб.

P_{max} – пиковая электрическая мощность фотоэлектрического солнечного модуля, Вт.

Формула (1) может быть использована при определении ориентировочной стоимости ФСМ, так как погрешность расчета не превышает 2%.

На рисунках 2,3 приведен анализ стоимости 1 Вт мощности наиболее распространенных на рынке Российской Федерации фотоэлектрических солнечных модулей различных производителей.

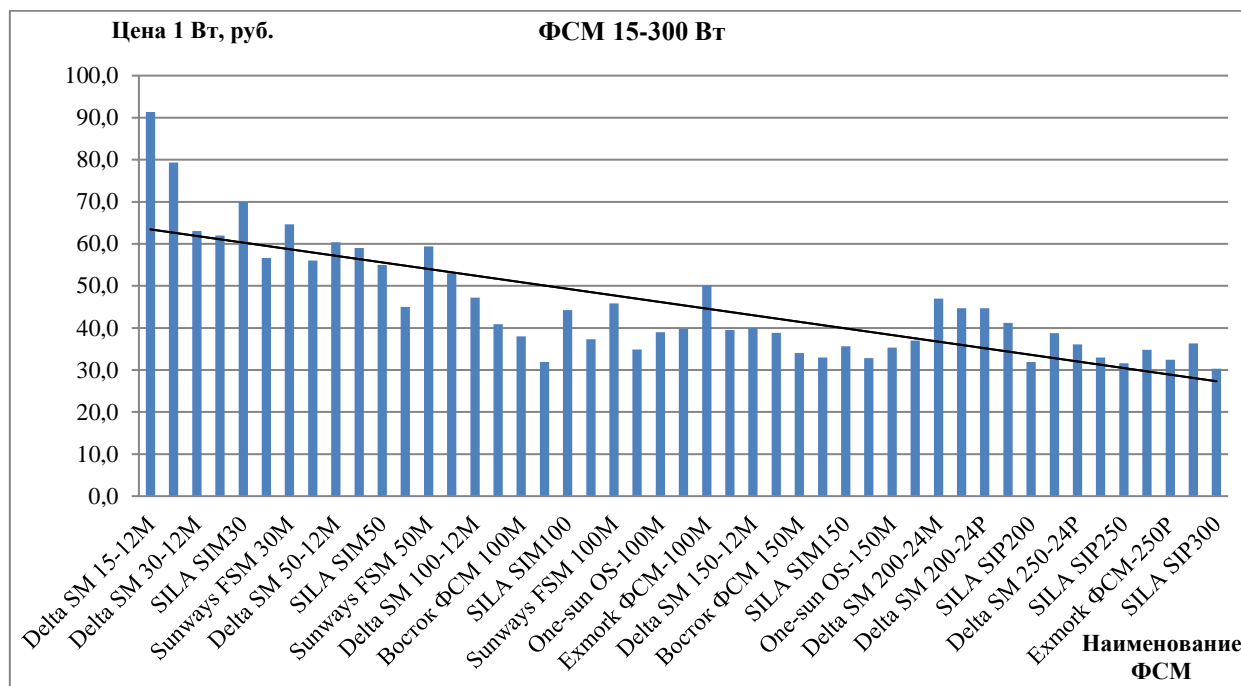


Рисунок 2 – Стоимость 1 Вт мощности фотоэлектрических солнечных модулей различных производителей

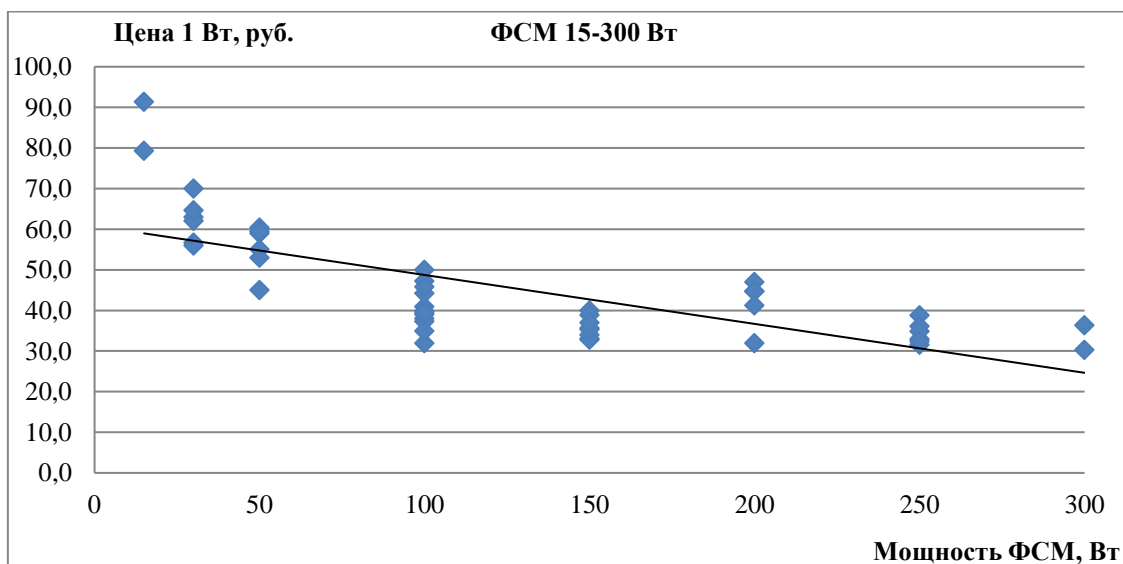


Рисунок 3 – Стоимость 1 Вт мощности фотоэлектрических солнечных модулей от 15 до 300 Вт

Из рисунков 2,3 видно, что изменение стоимости 1 Вт мощности ФСМ от 15 до 300 Вт можно описать линейным законом распределения:

$$C = -0,1204 \cdot P_{\max} + 60,773 \quad (2)$$

где C – стоимость 1 Вт мощности фотоэлектрического солнечного модуля, руб.
 P_{\max} – пиковая электрическая мощность фотоэлектрического солнечного модуля, Вт.

На рисунке 4 приведена зависимость изменения площади фотоэлектрических солнечных модулей различных производителей мощностью от 15 до 300 Вт.

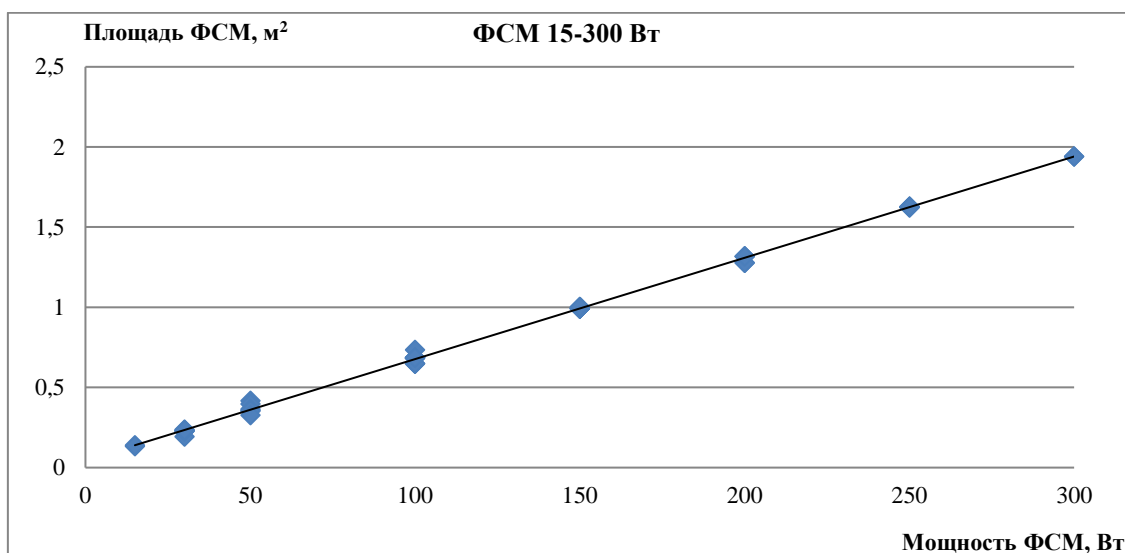


Рисунок 4 – Зависимость площади фотоэлектрических солнечных модулей от их мощности

Из рисунка 4 видно, что изменение площади ФСМ от 15 до 300 Вт можно описать линейным законом распределения:

$$S_{\text{ФСМ}} = 0,0063 \cdot P_{\max} + 0,0445 \quad (3)$$

где $S_{\text{ФСМ}}$ – ориентировочная площадь фотоэлектрического солнечного модуля, м².

P_{\max} – пиковая электрическая мощность фотоэлектрического солнечного модуля, Вт.

На рисунках 5,6 приведен анализ изменения занимаемой площади 1 Вт мощности фотоэлектрических солнечных модулей различных производителей.

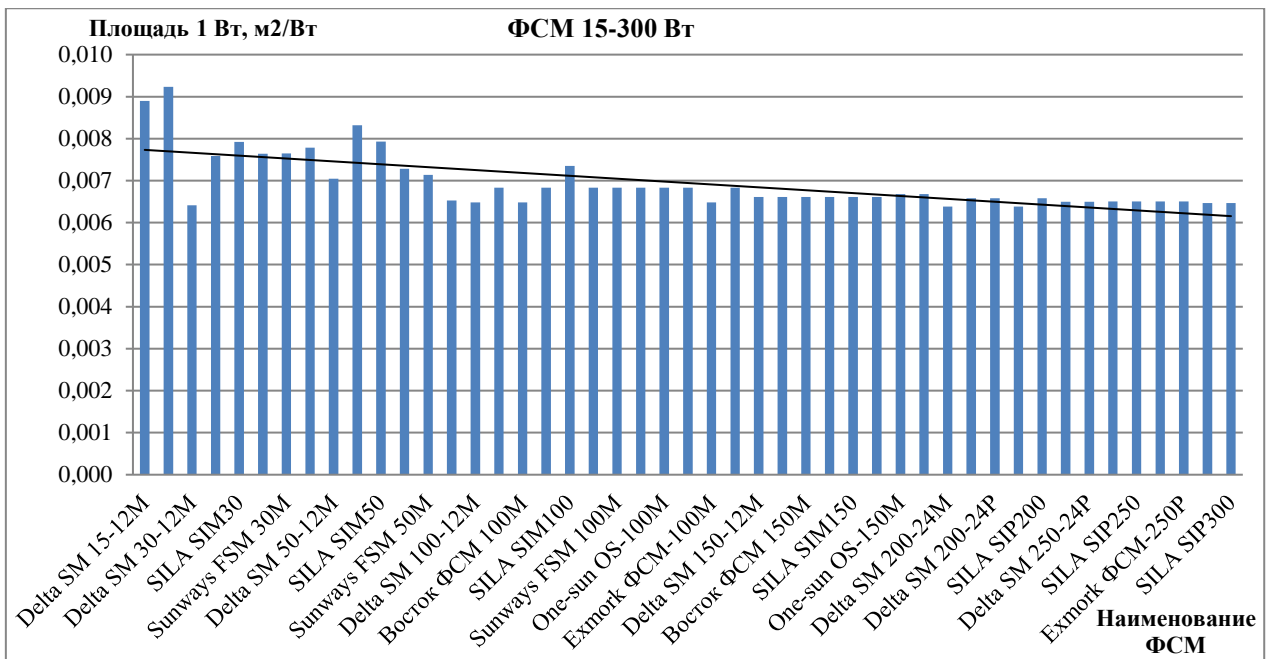


Рисунок 5 – Площадь 1 Вт мощности фотоэлектрических солнечных модулей различных производителей

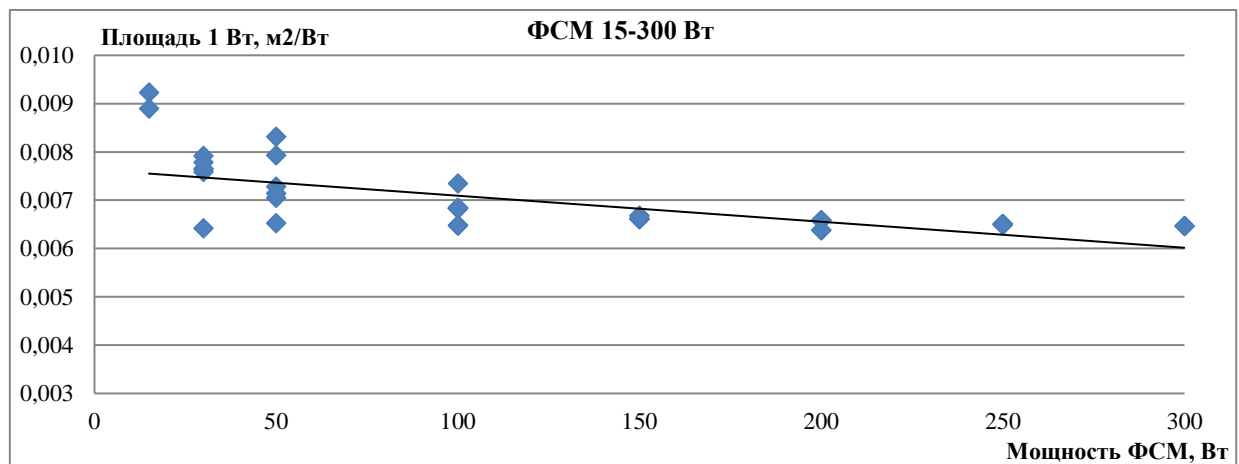


Рисунок 6 – Площадь 1 Вт мощности фотоэлектрических солнечных модулей от 15 до 300 Вт

Из рисунков 5,6 видно, что изменение площади 1 Вт мощности ФСМ от 15 до 300 Вт можно описать линейным законом распределения:

$$S = -5E^{-06} \cdot P_{\max} + 0,0076 \quad (4)$$

где S – площадь 1 Вт мощности фотоэлектрического солнечного модуля, руб.

P_{\max} – пиковая электрическая мощность фотоэлектрического солнечного модуля, Вт.

Для определения ориентировочной площади ФСМ можно записать еще одно уравнение:

$$S_{\text{ФСМ}} = (-5E^{-06} \cdot P_{\max} + 0,0076) \cdot P_{\max} \quad (5)$$

где $S_{\text{ФСМ}}$ – ориентировочная площадь фотоэлектрического солнечного модуля, руб.

Формула (3) является более точной, так как погрешность расчета составляет около 1%. Формула (5) также может быть использована при определении ориентировочной площади ФСМ, погрешность расчета составит 4,6 %.

Проведенный анализ характеристик монокристаллических и поликристаллических фотоэлектрических солнечных модулей различных производителей, применяемых для электроснабжения объектов сельской местности показал, что наиболее эффективными для монтажа на кровле являются ФСМ мощностью от 100 Вт и более, среди которых стоит отдельно выделить фотоэлектрические солнечные модули мощностью 150, 250 и 300 Вт. Они позволяют более эффективно использовать площадь кровли для выработки наибольшей электрической мощности за наименьшую стоимость.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 02.02.2015 г. № 151-р (ред. От 13.01.2017 г.) «Об утверждении Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года».

2. Филатов Д.А. Применение возобновляемых источников энергии для повышения эффективности электроснабжения сельскохозяйственных предприятий: дисс. канд. техн. наук. - Нижний Новгород, 2016. – 154 с.

3. https://www.onlinetrade.ru/catalogue/solnechnye_paneli-c3916/

4. <https://teslum.ru/katalog/solnechnyie-paneli/>

5. <https://envitechno.ru/catalog/solnechnye-batarei/>

6. <https://e-solarpower.ru/solar/solar-panels/>

7. <https://s-ways.ru/products/solnechnye-moduli-sunways-serii-fsm/>

8. <https://invertory.ru/category/solnechnye-batarei/>

**COMPARATIVE ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF SINGLE-
CRYSTAL AND POLYCRYSTALLINE PHOTOELECTRIC SOLAR
MODULES OF VARIOUS PRODUCERS APPLICABLE FOR ELECTRIC
SUPPLY OF RURAL OBJECTS**

Terentyev Pavel Valerievich

Ph. D. (Engineering)

e-mail: terentyevpv@inbox.ru

Zakharov Alexander Yuryevich

Undergraduate

Simonov Alexander Sergeevich

Undergraduate

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy

Nizhny Novgorod, Russia

Abstract: The article discusses the technical characteristics of single-crystal and polycrystalline photovoltaic solar modules distributed by manufacturers on the market of the Russian Federation, with power from 15 to 300 watts. The capacities of photovoltaic solar modules that are efficient to be located on the roof are identified to generate the greatest electrical power at the lowest cost.

Key words: alternative energy sources, photovoltaic solar modules, energy efficiency, rural area.