

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт

Электрические станции и электроэнергетические системы

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 И.В. Коваленко

подпись

« 26 » июня 2020г.

БАКЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02.04 – Электрические станции

Разработка системы электроснабжения частного дома на базе
фотоэлектрических панелей в г. Абакан

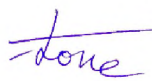
Руководитель доцент, канд. техн. наук



16.06.2020г .А.В. Бобров

подпись, дата

Выпускник ФЭ16-03Б, 071621188



12.06.2020г .Г.В. Токояков

подпись, дата

Красноярск 2020

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт

Электрические станции и электроэнергетические системы

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 И.В. Коваленко

подпись

« 26 » июня 2020г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту: Токоякову Григорию Викторовичу.

Группа: ФЭ16-03Б. Направление: 13.03.02.04 – Электрические станции

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка системы электроснабжения частного дома на базе фотоэлектрических панелей в г. Абакан»

Утверждено приказом по университету № 20661/с от 10 декабря 2019 г.

Руководитель ВКР: А.В. Бобров, доцент кафедры «Электрические станции и электроэнергетические системы», кандидат технических наук, Сибирский федеральный университет, Политехнический институт.

Задачи ВКР:

- разработать систему электроснабжения частного дома на базе фотоэлектрических панелей с возможностью бесперебойного электроснабжения;
- произвести выбор основного оборудования;
- произвести расчёт токов короткого замыкания;
- выбрать коммутационную аппаратуру и проводники;
- выполнить компоновку основных элементов в виде чертежей.

Перечень разделов ВКР:

- место расположения объекта электроснабжения;
- анализ потребления электрической энергии;
- расчёт солнечного излучения;
- выбор основного оборудования;
- выбор проводников;
- расчёт токов короткого замыкания;
- электрическая схема системы электроснабжения;
- выбор коммутационных аппаратов, предохранителей и шин;
- технико-экономические показатели проекта.

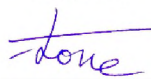
Руководитель ВКР



подпись

А.В. Бобров

Задание принял к исполнению



подпись

Г.В. Токояков

«6» декабря 2019г.





РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка системы электроснабжения частного дома на базе фотоэлектрических панелей в г. Абакан» содержит 96 страниц текстового документа, 29 рисунков, 58 таблиц, 16 использованных источников, 11 листов графического материала.

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА, СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА, СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ, ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАНЕЛИ, ГЛАВНАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ, СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ, РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, КОМПОНОВКА ЩИТОВ, ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН ЧАСТНОГО УЧАСТКА, ВЫБОР ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.

Целью данной выпускной квалификационной работы являлась разработка системы электроснабжения частного дома на базе фотоэлектрических панелей в г. Абакан.

В ходе работы выбраны количество и тип солнечных панелей, инвертор, дизельный генератор, аккумуляторная батарея, коммутационная аппаратура и прочее электрооборудование. Составлены электрическая схема системы электроснабжения, генеральный план участка и компоновка щитов.

СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ					
Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата	
		Разраб. Г. В. Токаяков		12.06.2020	
		Проверил А. В. Бодров		16.06.2020	
		Н.контр. А.В. Бодров		16.06.2020	
		Утверд. И.В. Коваленко		16.06.2020	
Разработка системы электроснабжения частного дома на базе фотоэлектрических панелей в г. Абакан					
			Лит.	Лист	Листов
			4	96	
ЭСиЭС					

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Место расположения.....	8
2 Анализ потребления электрической энергии.....	9
3 Расчёт солнечного излучения.....	13
3.1 Положение Солнца.....	13
3.2 Солнечное излучение.....	14
3.3 Наклон солнечной панели.....	15
3.3.1 Наклон солнечных панелей на крыше хозблока.....	16
3.3.2 Наклон солнечных панелей на крыше жилого дома.....	17
3.4 Суммарное солнечное излучение.....	18
3.4.1 Суммарное солнечное излучение на панели, устанавливаемые на крышу хозблока.....	19
3.4.2 Суммарное солнечное излучение на панели, устанавливаемые на крышу жилого дома.....	23
4 Выбор основного оборудования.....	26
4.1 Выбор солнечных панелей.....	26
4.1.1 Расчёт количества солнечных панелей.....	27
4.1.2 Выработка солнечных панелей.....	39
4.1.3 Выработка солнечной электрической станции.....	44
4.1.4 Предварительные технико-экономических показатели автономной системы электроснабжения.....	47
4.1.5 Сравнение систем автономного электроснабжения на базе монокристаллических и поликристаллических панелей.....	48
4.2 Выбор инвертора.....	52
4.3 Выбор дизельного генератора.....	53
4.4 Выбор аккумуляторных батарей.....	54
5 Структурная схема.....	55
6 Выбор проводов.....	56
7 Токи короткого замыкания.....	58
8 Выбор коммутационной аппаратуры, предохранителей и шин.....	60
9 Капитальные затраты проекта.....	63
Заключение.....	66
Список использованных источников.....	67
Приложение А. Электроприёмники.....	68
Приложение Б. Распределение нагрузки.....	69
Приложение В. Июньский суточный график нагрузки.....	73
Приложение Г. Декабрьский суточный график нагрузки.....	77
Приложение Д. Положение Солнца по дням за 2019 г.....	81
Приложение Е. Параметры монокристаллической солнечной батареи <i>SilaSolar</i> 350 Вт PERC (5BB).....	88
Приложение Ж. Параметры поликристаллической солнечной батареи <i>SilaSolar</i> 330 Вт PERC (5BB).....	90

Приложение З. Параметры инвертора <i>SILA-M</i> 20 кВт	92
Приложение И. Параметры дизельного генератора ТСС АД-16С-Т400-1РМ11	94
Приложение К. Параметры аккумулятора SunStonePower MLG12-200.....	95

					СФУ ПИ ВКР—130302.04—2020 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата		6

ВВЕДЕНИЕ

Солнечная энергетика – направление альтернативной энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде.

Солнечная энергетика использует возобновляемый источник энергии и является «экологически чистой», то есть не производящей вредных отходов во время активной фазы использования.

Производство энергии с помощью солнечных электростанций хорошо согласовывается с концепцией распределённого производства энергии.

Поток солнечного излучения, проходящий через площадку в 1 м^2 , расположенную перпендикулярно потоку излучения на расстоянии одной астрономической единицы от центра Солнца (на входе в атмосферу Земли), равен $1\,367 \text{ Вт/м}^2$ (солнечная постоянная). Из-за поглощения, при прохождении атмосферной массы Земли, максимальный поток солнечного излучения на уровне моря (на Экваторе) – $1\,020 \text{ Вт/м}^2$. Однако следует учесть, что среднесуточное значение потока солнечного излучения через единичную горизонтальную площадку как минимум в π раза меньше из-за смены дня и ночи и изменения угла Солнца над горизонтом. Зимой в умеренных широтах это значение в два раза меньше.

Возможная выработка энергии уменьшается из-за глобального затемнения – уменьшения потока солнечного излучения, доходящего до поверхности Земли.

Достоинства:

- перспективность, доступность и неисчерпаемость источника энергии в условиях постоянного роста цен на традиционные виды энергоносителей;
- теоретически, полная безопасность окружающей среды, хотя существует вероятность того, что повсеместное внедрение солнечной энергетики может изменить альбедо (характеристику отражательной, или рассеивающей, способности) земной поверхности и привести к изменению климата, однако при современном уровне потребления энергии это крайне маловероятно.

Недостатки:

- зависимость от погоды и времени суток;
- сезонность в средних широтах и несовпадение периодов выработки энергии и потребности в энергии, а также нерентабельность в высоких широтах и необходимость аккумуляции энергии;
- при промышленном производстве – необходимость дублирования солнечных энергетических установок традиционными сопоставимой мощности;
- высока стоимость конструкции, связанная с применением редких элементов (к примеру, индий и теллур);
- необходимость периодической очистки поглощающей поверхности от загрязнения;
- нагрев атмосферы над электростанцией;
- необходимость использования больших площадей;
- сложность производства и утилизация самих фотоэлементов в связи с содержанием в них ядовитых веществ, например свинец, кадмий, галлий и т.д. [1].

					СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата		7

1 Место расположения

В данном курсовом проекте будет проектироваться система автономного электроснабжения жилого участка в городе Абакан по координатам: $53^{\circ} 39' 41,1''$ с.ш. и $91^{\circ} 20' 6,5''$ в.д. Солнечные панели будут располагаться на крыше хозблока и на крыше дома с южной стороны.

План участка, на котором обозначены габаритные размеры жилого дома и хозблока, представлен на рисунке 1.

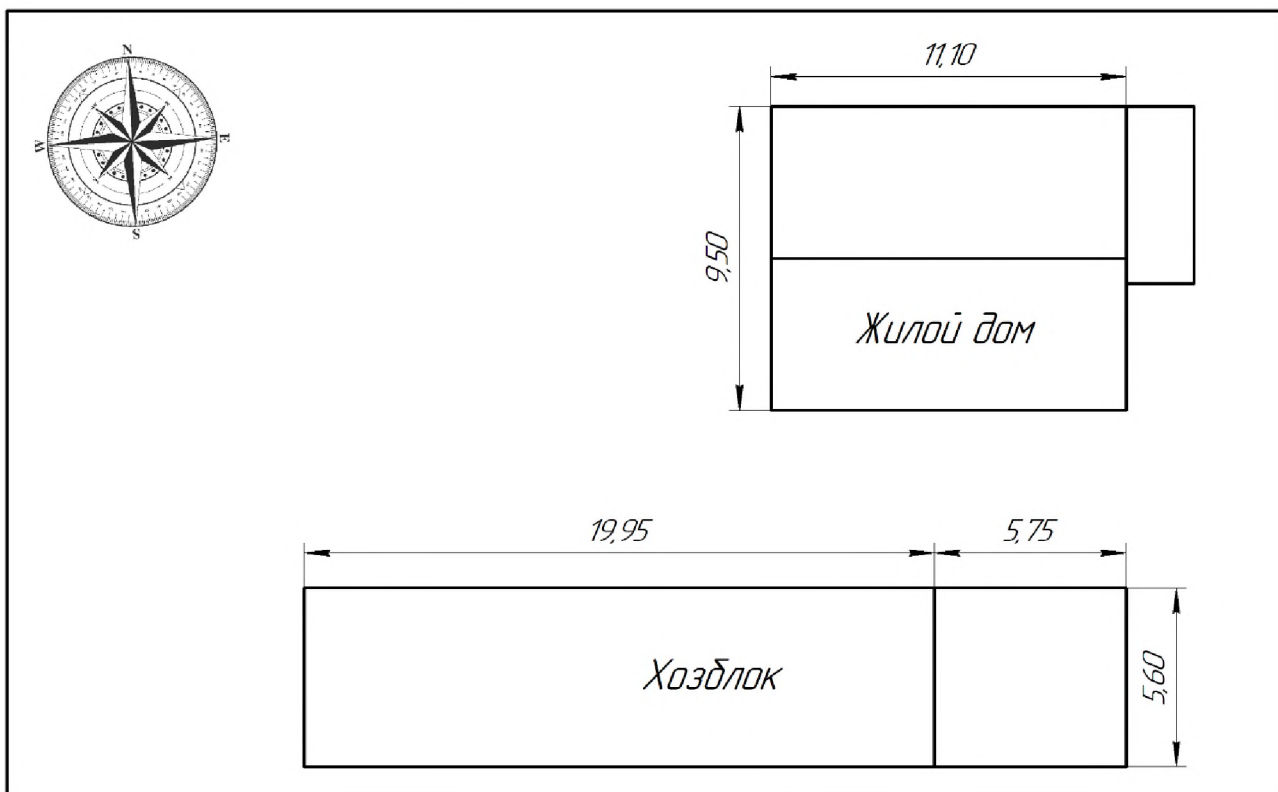


Рисунок 1 – План участка

Уровни крыши дома над уровнем пола представлен на рисунке 2.

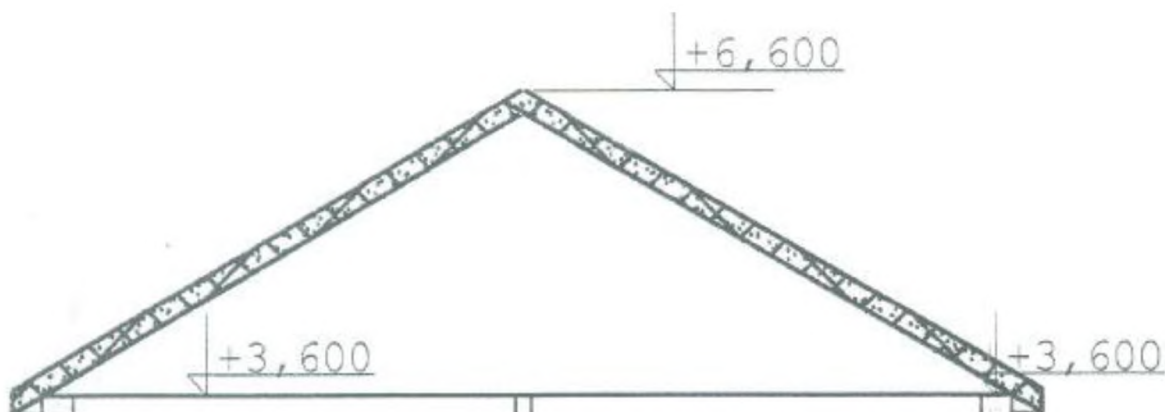


Рисунок 2 – Уровни крыши дома над уровнем пола

Уровни крыши хозблока над уровнем пола представлены на рисунке 3.

					СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата		8



Рисунок 3 – Уровни крыши хозблока над уровнем пола

2 Анализ потребления электрической энергии

Для проектирования системы электроснабжения определимся с электроприёмниками и их количеством (приложение А) [2][3][4][5], а также с распределением нагрузки (приложение Б). Смоделируем предполагаемые суточные графики нагрузки.

Планировка освещения в доме и хозблоке представлены на рисунках 4 и 5.

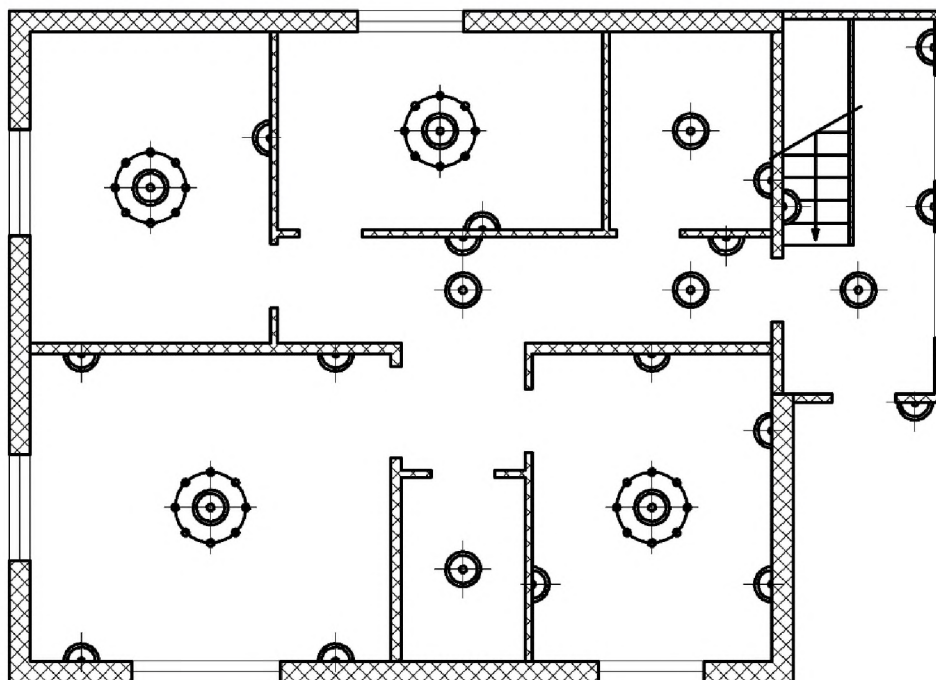


Рисунок 4 – План освещения дома

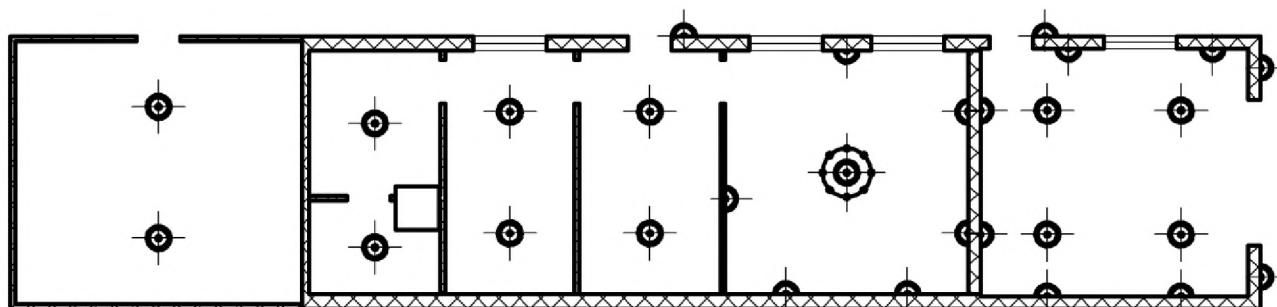


Рисунок 5 – План освещения хозблока

Предполагаемый июньский суточный график нагрузки представлен в приложении В и на рисунке 6.

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата

СФУ ПИ ВКР-130302.04-2020 ПЗ

Лист

9

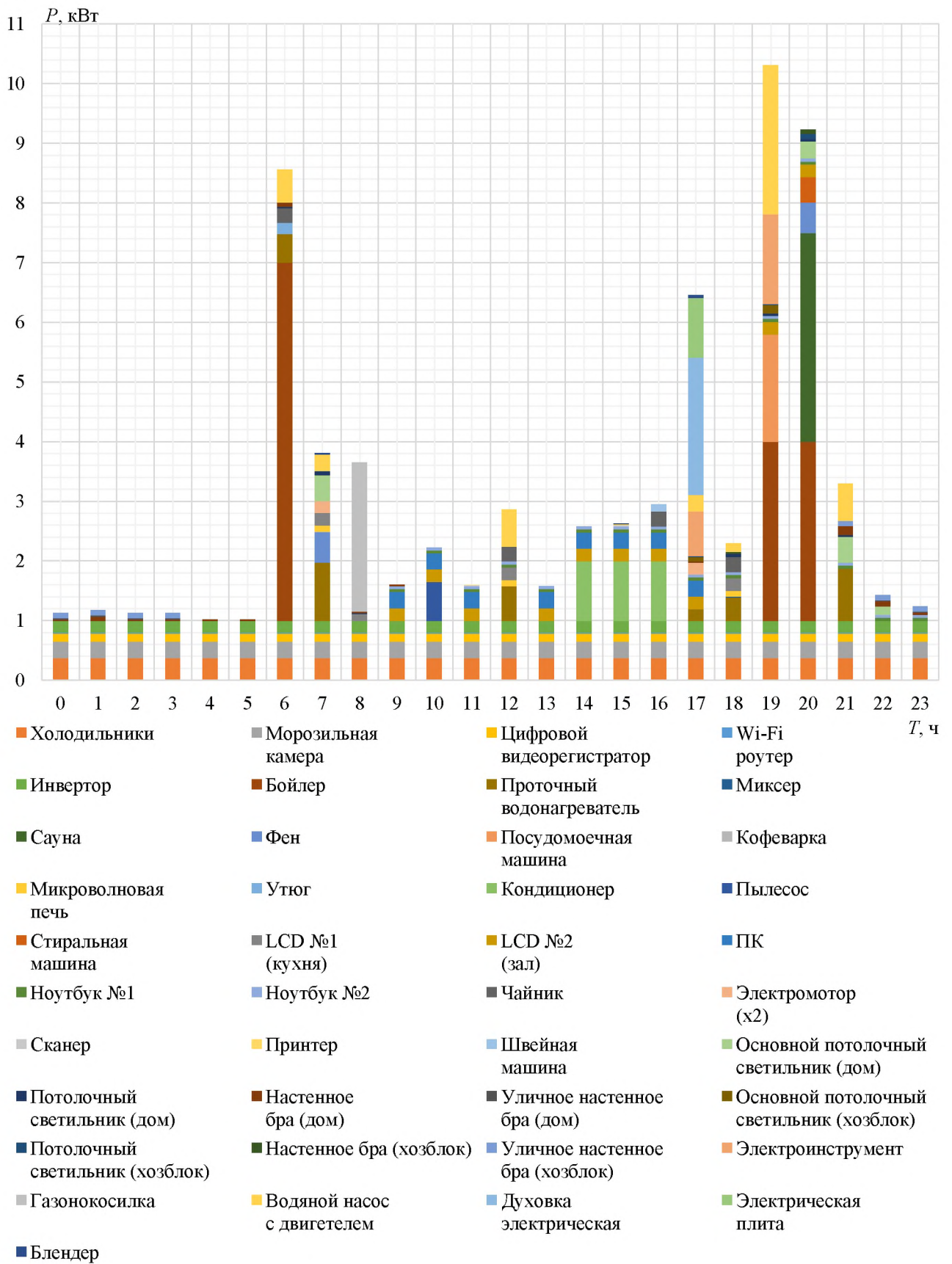


Рисунок 6 – Июньский график нагрузки

Предполагаемый декабрьский суточный график нагрузки представлен в приложении Г и на рисунке 7.

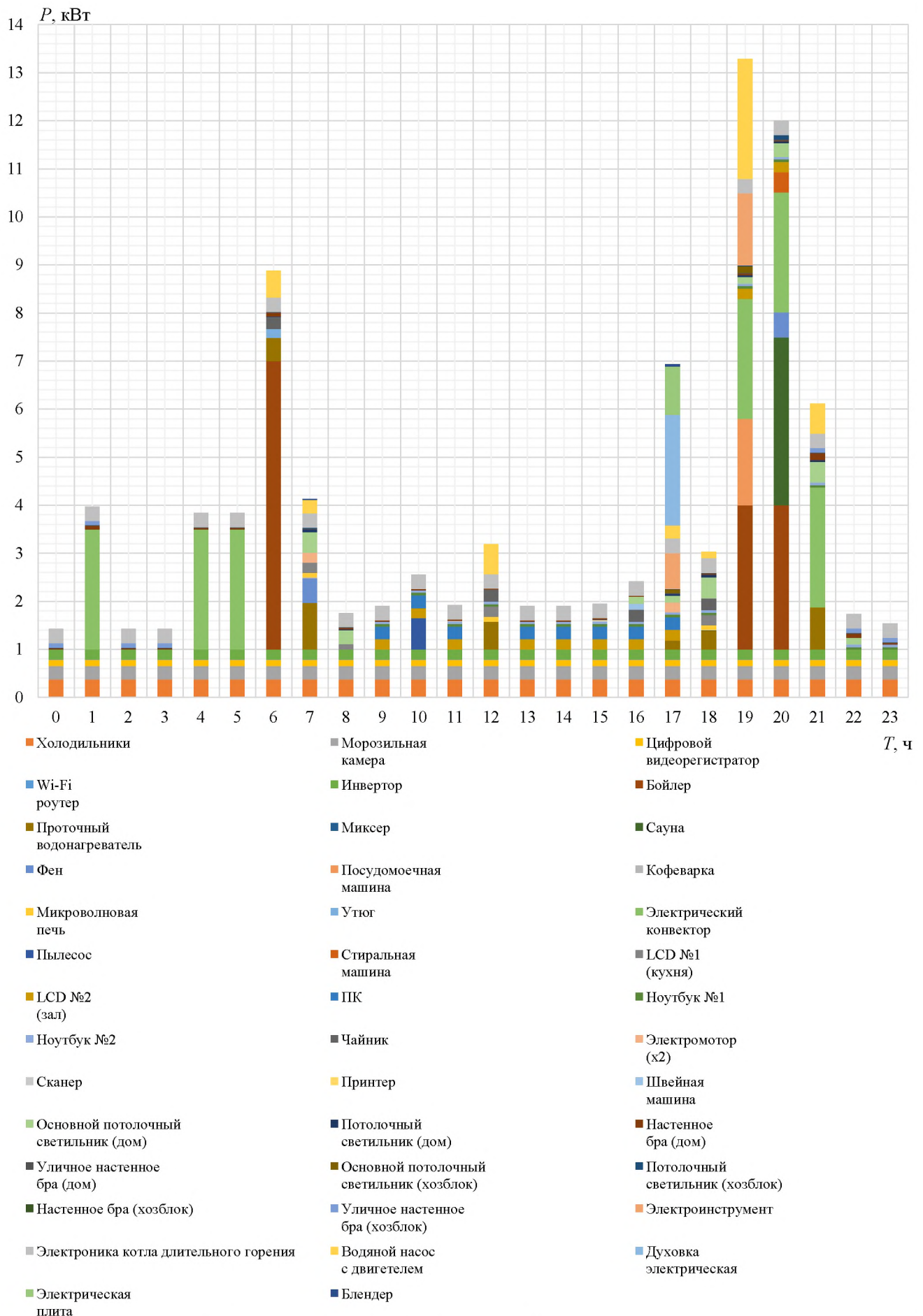


Рисунок 7 – Декабрьский суточный график нагрузки

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

СФУ ПИ ВКР-130302.04-2020 ПЗ

Лист

11

Предполагаемая среднесуточная нагрузка по месяцам представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Среднесуточная нагрузка по месяцам

T, ч	P, кВт											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	1,377	1,327	1,277	1,227	1,177	1,127	1,177	1,227	1,277	1,327	1,377	1,427
1	3,508	3,042	2,575	2,108	1,642	1,175	1,642	2,108	2,575	3,042	3,508	3,975
2	1,377	1,327	1,277	1,227	1,177	1,127	1,177	1,227	1,277	1,327	1,377	1,427
3	1,377	1,327	1,277	1,227	1,177	1,127	1,177	1,227	1,277	1,327	1,377	1,427
4	3,367	2,898	2,428	1,958	1,489	1,019	1,489	1,958	2,428	2,898	3,367	3,837
5	3,367	2,898	2,428	1,958	1,489	1,019	1,489	1,958	2,428	2,898	3,367	3,837
6	8,825	8,772	8,719	8,666	8,613	8,560	8,613	8,666	8,719	8,772	8,825	8,878
7	4,076	4,022	3,968	3,914	3,860	3,806	3,860	3,914	3,968	4,022	4,076	4,130
8	2,074	2,390	2,706	3,021	3,337	3,653	3,337	3,021	2,706	2,390	2,074	1,759
9	1,852	1,802	1,752	1,702	1,652	1,602	1,652	1,702	1,752	1,802	1,852	1,902
10	2,498	2,444	2,390	2,336	2,282	2,228	2,282	2,336	2,390	2,444	2,498	2,552
11	1,867	1,813	1,759	1,705	1,651	1,597	1,651	1,705	1,759	1,813	1,867	1,921
12	3,136	3,082	3,028	2,974	2,920	2,866	2,920	2,974	3,028	3,082	3,136	3,190
13	1,848	1,794	1,740	1,686	1,632	1,578	1,632	1,686	1,740	1,794	1,848	1,902
14	2,015	2,127	2,240	2,353	2,465	2,578	2,465	2,353	2,240	2,127	2,015	1,902
15	2,062	2,175	2,287	2,400	2,513	2,625	2,513	2,400	2,287	2,175	2,062	1,949
16	2,505	2,593	2,682	2,771	2,859	2,948	2,859	2,771	2,682	2,593	2,505	2,416
17	6,853	6,774	6,695	6,616	6,537	6,458	6,537	6,616	6,695	6,774	6,853	6,932
18	2,909	2,786	2,662	2,539	2,416	2,292	2,416	2,539	2,662	2,786	2,909	3,032
19	12,794	12,297	11,799	11,301	10,804	10,306	10,804	11,301	11,799	12,297	12,794	13,292
20	11,540	11,078	10,617	10,155	9,693	9,232	9,693	10,155	10,617	11,078	11,540	12,002
21	5,645	5,176	4,706	4,236	3,767	3,297	3,767	4,236	4,706	5,176	5,645	6,115
22	1,681	1,631	1,581	1,531	1,481	1,431	1,481	1,531	1,581	1,631	1,681	1,731
23	1,489	1,439	1,389	1,339	1,289	1,239	1,289	1,339	1,389	1,439	1,489	1,539
$W_{н.с.}$ кВт·ч	90,044	87,014	83,983	80,952	77,922	74,891	77,922	80,952	83,983	87,014	90,044	93,075

Предполагаемый годовой график нагрузки представлен в таблице 2 и на рисунке 8.

Таблица 2 – Годовой график нагрузки

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Дней	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$W_{н.м.}$ кВт·ч	2791,4	2436,4	2603,5	2428,6	2415,6	2246,7	2415,6	2509,5	2519,5	2697,4	2701,3	2885,3
$W_{н.г.}$ кВт·ч	27 589,3											

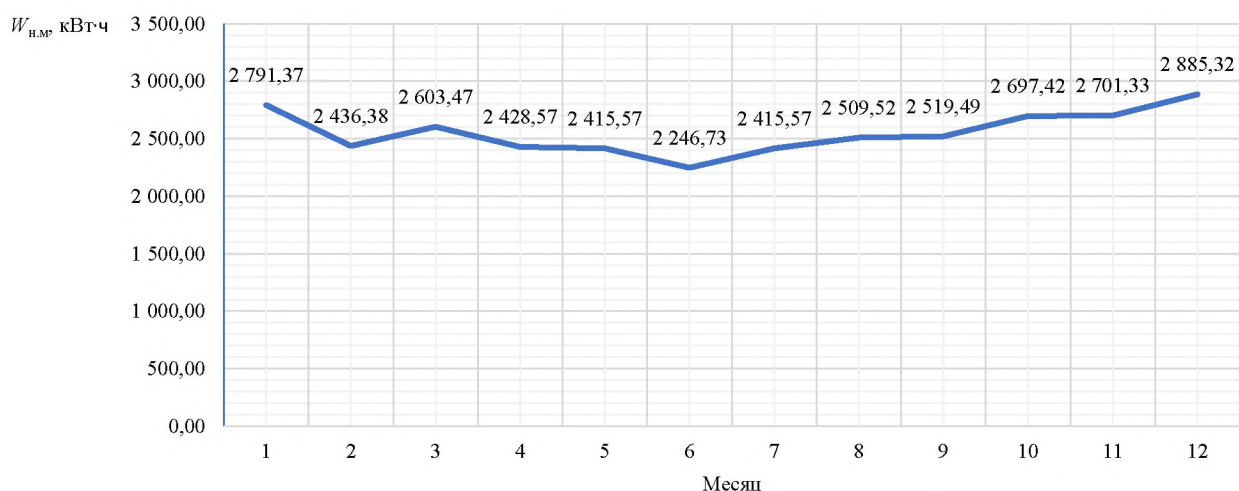


Рисунок 8 – Годовой график нагрузки

3 Расчёт солнечного излучения

3.1 Положение Солнца

Положение Солнца за 2019 год представлено в приложении Д.

Время восхода, зенита и заката по [6].

Уровень Солнца над горизонтом рассчитан по [7].

Угол солнечного склонения, т.е. угловое положение Солнца в солнечный полдень относительно плоскости экватора, рассчитан по формуле:

$$\delta = 23,5 \sin \left(360^\circ \cdot \frac{284 + n}{365} \right), \quad (1)$$

где n – порядковый номер дня года, отсчитываемый с 1 января.

Среднее по месяцам положением Солнца представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Положение Солнца по месяцам

Месяц	1	2	3	4	5	6
Восход	9:01	8:16	7:08	5:55	4:54	4:26
Заход	17:06	18:01	18:58	19:54	20:49	21:24
Высота над горизонтом α , °	15,58	23,43	34,41	46,00	55,11	59,39
Угол склонения δ , °	-20,89	-13,35	-2,39	9,51	18,85	23,13

Окончание таблицы 3

Месяц	7	8	9	10	11	12
Восход	4:45	5:34	6:28	7:23	8:20	9:04
Заход	21:15	20:23	19:12	17:59	16:59	16:36
Высота над горизонтом α , °	57,54	50,09	39,26	27,72	18,08	13,36
Угол склонения δ , °	21,15	13,32	2,00	-9,87	-19,09	-23,14

Время зенита в рамках суток в течение года изменяется незначительно, поэтому принимаем его средним по году, равным 12:55.

3.2 Солнечное излучение

На базе данных о времени восхода и захода Солнца из таблицы 3 и [8] прямое солнечное излучение на нормальную к лучу поверхность I_n и диффузионное излучение на горизонтальную поверхность I_d представлены в таблицах 4 и 5 соответственно.

Таблица 4 – Прямое солнечное излучение на нормальную к лучу поверхность по месяцам

T, ч	$I_n, \text{кВт/м}^2$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,13	0,16	0,14	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,18	0,25	0,31	0,28	0,23	0	0	0	0
7	0	0	0,12	0,25	0,3	0,35	0,34	0,3	0,13	0	0	0
8	0	0,08	0,23	0,32	0,34	0,4	0,41	0,36	0,26	0,13	0	0
9	0,07	0,16	0,35	0,39	0,39	0,44	0,47	0,43	0,39	0,25	0,14	0,06
10	0,11	0,21	0,38	0,39	0,4	0,46	0,48	0,44	0,4	0,26	0,17	0,09
11	0,15	0,25	0,41	0,38	0,41	0,47	0,48	0,45	0,41	0,28	0,19	0,12
12	0,19	0,3	0,44	0,38	0,42	0,49	0,49	0,46	0,42	0,29	0,22	0,15
13	0,14	0,25	0,4	0,36	0,38	0,46	0,47	0,45	0,38	0,25	0,16	0,11
14	0,09	0,21	0,36	0,34	0,34	0,42	0,45	0,41	0,35	0,21	0,11	0,08
15	0,04	0,16	0,32	0,32	0,3	0,39	0,43	0,38	0,31	0,17	0,05	0,04
16	0,02	0,11	0,22	0,23	0,24	0,33	0,35	0,29	0,23	0,11	0,03	0,02
17	0	0,05	0,12	0,13	0,19	0,27	0,28	0,2	0,14	0,06	0	0
18	0	0	0,02	0,04	0,13	0,21	0,2	0,11	0,06	0	0	0
19	0	0	0	0,02	0,09	0,16	0,15	0,07	0,03	0	0	0
20	0	0	0	0	0,04	0,11	0,1	0,04	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,05	0,05	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 5 – Диффузионное солнечное излучение на горизонтальную поверхность по месяцам

T, ч	$I_d, \text{кВт/м}^2$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,06	0,06	0,05	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,07	0,11	0,11	0,1	0,07	0	0	0	0
7	0	0	0,06	0,12	0,15	0,15	0,13	0,11	0,05	0	0	0
8	0	0,06	0,11	0,16	0,19	0,18	0,17	0,14	0,1	0,06	0	0
9	0,05	0,11	0,17	0,21	0,23	0,22	0,2	0,18	0,15	0,12	0,08	0,05
10	0,07	0,13	0,18	0,23	0,24	0,23	0,21	0,19	0,16	0,13	0,09	0,06
11	0,09	0,15	0,2	0,24	0,25	0,23	0,23	0,2	0,17	0,14	0,1	0,08

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

Окончание таблицы 5

T, ч	$I_{д}, \text{кВт/м}^2$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	0,11	0,17	0,21	0,26	0,26	0,24	0,24	0,21	0,18	0,15	0,11	0,09
13	0,08	0,14	0,18	0,23	0,24	0,22	0,22	0,19	0,16	0,12	0,08	0,06
14	0,05	0,1	0,16	0,2	0,21	0,2	0,19	0,17	0,13	0,09	0,05	0,04
15	0,02	0,07	0,13	0,17	0,19	0,18	0,17	0,15	0,11	0,06	0,02	0,01
16	0,01	0,05	0,1	0,12	0,14	0,14	0,13	0,11	0,09	0,04	0,01	0,01
17	0	0,02	0,07	0,07	0,1	0,11	0,1	0,07	0,07	0,02	0	0
18	0	0	0,03	0,02	0,05	0,07	0,06	0,03	0,04	0	0	0
19	0	0	0	0,01	0,03	0,05	0,05	0,02	0,02	0	0	0
20	0	0	0	0	0,02	0,04	0,03	0,01	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,02	0,02	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.3 Наклон солнечной панели

Для достижения наибольшего эффекта от использования солнечных панелей (батарей) необходимо, чтобы поверхность панели находилась под прямым углом к прямым солнечным лучам, как показано на рисунке 9.

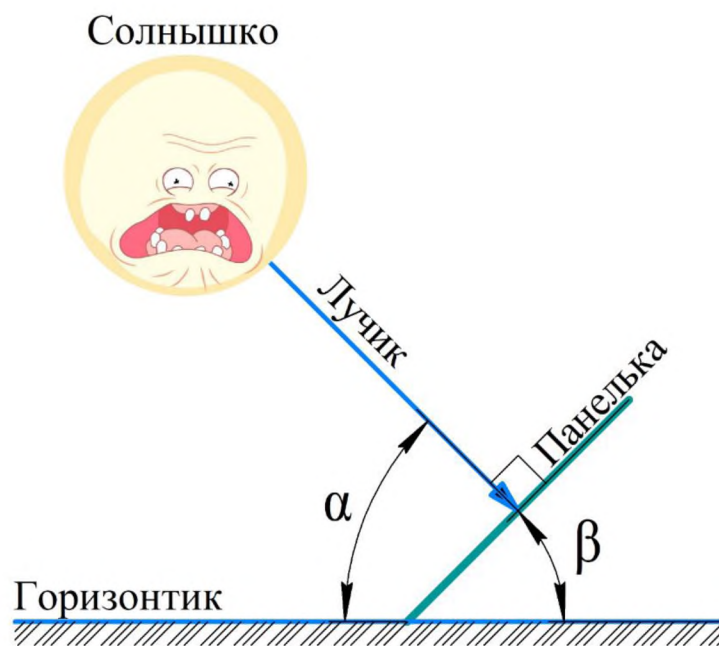


Рисунок 9 – Положение солнечной панели

Таким образом необходимо, чтобы угол наклона панели к горизонту был равен, °:

$$\beta = 90 - \alpha, \quad (2)$$

где α – высота Солнца над горизонтом по таблице 3.

Необходимые углы наклона панели к горизонту по месяцам представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Необходимый угол наклона панели к горизонту по месяцам

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\beta, ^\circ$	74,42	66,57	55,59	44,00	34,89	30,61	32,46	39,92	50,74	62,28	71,92	76,64

Для достижения наибольшего эффекта в течение года необходимо регулирование угла наклона солнечной панели к горизонту.

3.3.1 Наклон солнечных панелей на крыше хозблока

Крыша хозблока разделена на 2 части, имеющих разные уровни над уровнем пола, но угол наклона к горизонту одинаков и находится по формуле:

$$\tau_{\text{хб}} = \arctg \frac{a_{\text{хб}} - b_{\text{хб}}}{c_{\text{хб}} + \Delta c_{\text{хб}}} \quad (3)$$

где $a_{\text{хб}}$ – высший уровень одной из двух частей крыши, равный 4,5 м;

$b_{\text{хб}}$ – низший уровень той же части крыши, равный 3,4 м;

$c_{\text{хб}}$ – ширина хозблока, равная 5,6 м;

$\Delta c_{\text{хб}}$ – ширина части крыши, которая располагается не над фундаментом, принимаемая равной 0,4 м.

Таким образом, угол наклона крыши хозблока будет равен:

$$\tau_{\text{хб}} = \arctg \frac{4,5 - 3,4}{5,6 + 0,4} = 10,39^\circ.$$

Угол наклона крыши хозблока не эффективен для максимально полезного использования солнечных панелей, поэтому на неё будут устанавливаться комплекты крепления солнечных батарей с регулируемым углом наклона относительно плоскости установки, который регулируется от 30° до 60° [9].

Тогда минимальный и максимальный углы наклона солнечных панелей к горизонту будут находиться по формулам, $^\circ$:

$$\begin{aligned} \beta_{\text{хб}}^{\min} &= \tau_{\text{хб}} + 30; \\ \beta_{\text{хб}}^{\max} &= \tau_{\text{хб}} + 60, \end{aligned} \quad (4)$$

и будут равняться:

$$\beta_{\text{хб}}^{\min} = 10,39 + 30 = 40,39^\circ,$$

$$\beta_{\text{хб}}^{\max} = 10,39 + 60 = 70,39^\circ.$$

Исходя из формулы (4), комплекты крепления необходимо регулировать на углы наклона из условия:

$$30^\circ \geq \lambda_{\text{хб}} = \beta - \tau_{\text{хб}} \leq 60^\circ, \quad (5)$$

где $\lambda_{\text{хб}}$ – угол наклона комплектов крепления солнечных панелей на крыше хозблока, $^\circ$.

Углы наклона комплектов крепления солнечных панелей и углы наклона панелей на крыше хозблока к горизонту по месяцам представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Углы наклона на крыше хозблока по месяцам

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\lambda_{\text{хб}}, ^\circ$	60,00	56,18	45,20	33,61	30,00				40,35	51,89	60,00	
$\beta_{\text{хб}}, ^\circ$	70,39	66,57	55,59	44,00	40,39				50,74	62,28	70,39	

3.3.2 Наклон солнечных панелей на крыше жилого дома

Угол наклона крыши жилого дома к горизонту будет находиться по формуле:

$$\tau_{\text{д}} = \arctg \frac{a_{\text{д}} - b_{\text{д}}}{c_{\text{д}}/2} \quad (6)$$

где $a_{\text{д}}$ – высший уровень крыши дома, равный 6,6 м;

$b_{\text{д}}$ – низший уровень крыши дома, равный 3,6 м;

$c_{\text{д}}$ – ширина дома, равная 9,5 м.

Таким образом угол наклона крыши жилого дома к горизонту будет равен:

$$\tau_{\text{д}} = \arctg \frac{6,6 - 3,6}{9,5/2} = 32,28^\circ.$$

Наибольшей эффективностью солнечные панели на крыше жилого дома будут обладать в июле. Установка креплений с регулируемым углом наклона (также есть от 10° до 15° и от 15° до 30°) уменьшит эффективность солнечных панелей в середине года, но увеличит зимой, когда нагрузка больше. Примем к использованию крепления солнечных батарей с регулируемым углом наклона относительно плоскости установки, который регулируется от 15° до 30° .

Тогда минимальный и максимальный углы наклона солнечных панелей к горизонту будут находиться по формулам, $^\circ$:

$$\begin{aligned} \beta_{\text{д}}^{\text{min}} &= \tau_{\text{д}} + 15; \\ \beta_{\text{д}}^{\text{max}} &= \tau_{\text{д}} + 30, \end{aligned} \quad (7)$$

и будут равняться:

$$\beta_{\text{д}}^{\text{min}} = 32,28 + 15 = 47,28^{\circ},$$

$$\beta_{\text{д}}^{\text{max}} = 32,28 + 30 = 62,28^{\circ}.$$

Исходя из формулы (4), комплекты крепления необходимо регулировать на углы наклона из условия:

$$15^{\circ} \geq \lambda_{\text{д}} = \beta - \tau_{\text{д}} \leq 30^{\circ}, \quad (8)$$

где $\lambda_{\text{д}}$ – угол наклона комплектов крепления солнечных панелей на крыше жилого дома, $^{\circ}$.

Углы наклона комплектов креплений и углы наклона панелей на крыше жилого дома к горизонту по месяцам представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Углы наклона на крыше жилого дома по месяцам

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\lambda_{\text{д}}, ^{\circ}$	30,00	23,32	15,00					18,46		30,00		
$\beta_{\text{д}}, ^{\circ}$	62,28	55,59	47,28					50,74		62,28		

3.4 Суммарное солнечное излучение

В общем случае на наклонную поверхность падают три компонента суммарного солнечного излучения:

– прямое солнечное излучение, кВт/м², определяемое по формуле:

$$I_{\text{пф}} = I_{\text{п}} \cos \xi, \quad (9)$$

где $\cos \xi$ – привязка к положению солнечной панели относительно Солнца, о.е., которая принимается равной 0, если получилась меньше 0:

$$\cos \xi = \cos(\varphi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\varphi - \beta) \sin \delta, \quad (10)$$

где φ – широта местности, равная $53^{\circ} 39' 41,1''$ с.ш. или $56,66^{\circ}$,

ω – часовой угол движения Солнца, равный 0° в солнечный полдень (каждый час времени соответствует 15° , причём значения часового угла до полудня считаются положительными, а после – отрицательными):

$$\omega = \frac{\pi T}{12}; \quad (11)$$

– диффузное солнечное излучения, кВт/м², определяемое по формуле:

$$I_{\text{дф}} = I_{\text{д}} \frac{1 + \cos \beta}{2}; \quad (12)$$

– отражённое солнечное излучение, кВт/м², определяемое по формуле:

$$I_{\text{отр}} = \rho(I_{\text{п}} + I_{\text{д}}) \frac{1 - \cos\beta}{2}, \quad (13)$$

где ρ – альbedo, о.е.

Суммарная интенсивность солнечного излучения на панель, кВт/м², будет определяться по формуле:

$$I_{\Sigma} = I_{\text{пф}} + I_{\text{дф}} + I_{\text{отр}}. \quad (14)$$

Величины альbedo по месяцам представлены в таблице 9 [8].

Таблица 9 – Альbedo по месяцам

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ρ , о.е.	0,6	0,53	0,3	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,17	0,21	0,23	0,53

3.4.1 Суммарное солнечное излучение на панели, устанавливаемые на крышу хозблока

Привязка к положению солнечных панелей, устанавливаемых на крышу хозблока, относительно Солнца по месяцам представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Привязка к положению солнечных панелей, устанавливаемых на крыше хозблока, относительно Солнца по месяцам

T, ч	$\cos\zeta_{\text{сб}}$, о.е.											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0,237	0,172	0	0	0	0	0	0	0	0,098	0,237	0,237
8	0,481	0,421	0,241	0,041	0	0	0	0	0,158	0,352	0,481	0,481
9	0,691	0,642	0,484	0,298	0,237	0,237	0,237	0,237	0,408	0,582	0,691	0,691
10	0,855	0,818	0,694	0,535	0,481	0,481	0,481	0,481	0,630	0,773	0,855	0,855
11	0,960	0,939	0,857	0,735	0,691	0,691	0,691	0,691	0,810	0,911	0,960	0,960
12	1,000	0,996	0,961	0,886	0,855	0,855	0,855	0,855	0,934	0,987	1,000	1,000
13	0,971	0,985	1,000	0,976	0,960	0,960	0,960	0,960	0,995	0,995	0,971	0,971
14	0,877	0,907	0,971	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,987	0,936	0,877	0,877
15	0,723	0,767	0,875	0,955	0,971	0,971	0,971	0,971	0,913	0,813	0,723	0,723
16	0,519	0,575	0,720	0,845	0,877	0,877	0,877	0,877	0,776	0,634	0,519	0,519
17	0,280	0,344	0,516	0,678	0,723	0,723	0,723	0,723	0,587	0,413	0,280	0,280
18	0,022	0,089	0,277	0,464	0,519	0,519	0,519	0,519	0,357	0,163	0,022	0,022
19	0	0	0,019	0,219	0,280	0,280	0,280	0,280	0,103	0	0	0
20	0	0	0	0	0,022	0,022	0,022	0,022	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Значения прямого солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Прямое солнечное излучение на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам

T, ч	$I_{\text{пф.хб.}}$, кВт/м ²											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0,034	0,055	0,013	0	0	0	0	0,041	0,046	0	0
9	0,048	0,103	0,169	0,116	0,093	0,104	0,112	0,102	0,159	0,146	0,097	0,041
10	0,094	0,172	0,264	0,209	0,192	0,221	0,231	0,211	0,252	0,201	0,145	0,077
11	0,144	0,235	0,351	0,279	0,283	0,325	0,332	0,311	0,332	0,255	0,182	0,115
12	0,190	0,299	0,423	0,337	0,359	0,419	0,419	0,393	0,392	0,286	0,220	0,150
13	0,136	0,246	0,400	0,351	0,365	0,442	0,451	0,432	0,378	0,249	0,155	0,107
14	0,079	0,190	0,349	0,340	0,340	0,420	0,450	0,410	0,346	0,197	0,096	0,070
15	0,029	0,123	0,280	0,305	0,291	0,379	0,418	0,369	0,283	0,138	0,036	0,029
16	0,010	0,063	0,158	0,194	0,210	0,289	0,307	0,254	0,179	0,070	0,016	0,010
17	0	0,017	0,062	0,088	0,137	0,195	0,202	0,145	0,082	0,025	0	0
18	0	0	0,006	0,019	0,067	0,109	0,104	0,057	0,021	0	0	0
19	0	0	0	0,004	0,025	0,045	0,042	0,020	0,003	0	0	0
20	0	0	0	0	0,001	0,002	0,002	0,001	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Значения диффузного солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам представлено в таблице 12.

Таблица 12 – Диффузное солнечное излучение на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам

T, ч	$I_{\text{дф.хб.}}$, кВт/м ²											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,053	0,053	0,044	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,060	0,097	0,097	0,088	0,062	0	0	0	0
7	0	0	0,047	0,103	0,132	0,132	0,115	0,097	0,041	0,000	0	0
8	0	0,042	0,086	0,138	0,167	0,159	0,150	0,123	0,082	0,044	0	0
9	0,033	0,077	0,133	0,181	0,203	0,194	0,176	0,159	0,122	0,088	0,053	0,033
10	0,047	0,091	0,141	0,198	0,211	0,203	0,185	0,167	0,131	0,095	0,060	0,040
11	0,060	0,105	0,157	0,206	0,220	0,203	0,203	0,176	0,139	0,103	0,067	0,053
12	0,073	0,119	0,164	0,224	0,229	0,211	0,211	0,185	0,147	0,110	0,073	0,060
13	0,053	0,098	0,141	0,198	0,211	0,194	0,194	0,167	0,131	0,088	0,053	0,040

Окончание таблицы 12

T, ч	$I_{\text{дф.хб}}, \text{кВт/м}^2$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	0,033	0,070	0,125	0,172	0,185	0,176	0,167	0,150	0,106	0,066	0,033	0,027
15	0,013	0,049	0,102	0,146	0,167	0,159	0,150	0,132	0,090	0,044	0,013	0,007
16	0,007	0,035	0,078	0,103	0,123	0,123	0,115	0,097	0,073	0,029	0,007	0,007
17	0	0,014	0,055	0,060	0,088	0,097	0,088	0,062	0,057	0,015	0	0
18	0	0	0,023	0,017	0,044	0,062	0,053	0,026	0,033	0	0	0
19	0	0	0	0,009	0,026	0,044	0,044	0,018	0,016	0	0	0
20	0	0	0	0	0,018	0,035	0,026	0,009	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,018	0,018	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Значения отражённого солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Отражённое солнечное излучение на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам

T, ч	$I_{\text{отр.хб}}, \text{кВт/м}^2$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,003	0,004	0,003	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,005	0,006	0,008	0,007	0,006	0	0	0	0
7	0	0	0,012	0,008	0,008	0,009	0,008	0,008	0,006	0	0	0
8	0	0,022	0,022	0,010	0,009	0,010	0,010	0,010	0,011	0,011	0	0
9	0,024	0,043	0,034	0,013	0,011	0,012	0,012	0,012	0,017	0,021	0,017	0,019
10	0,036	0,054	0,037	0,013	0,011	0,012	0,012	0,012	0,017	0,022	0,020	0,026
11	0,048	0,064	0,040	0,013	0,012	0,013	0,013	0,012	0,018	0,024	0,022	0,035
12	0,060	0,075	0,042	0,013	0,012	0,013	0,013	0,013	0,019	0,025	0,025	0,042
13	0,044	0,062	0,038	0,012	0,011	0,012	0,012	0,012	0,017	0,021	0,018	0,030
14	0,028	0,049	0,034	0,011	0,010	0,011	0,011	0,011	0,015	0,017	0,012	0,021
15	0,012	0,037	0,029	0,010	0,009	0,010	0,011	0,010	0,013	0,013	0,005	0,009
16	0,006	0,026	0,021	0,007	0,007	0,008	0,009	0,008	0,010	0,008	0,003	0,005
17	0	0,011	0,012	0,004	0,005	0,007	0,007	0,005	0,007	0,004	0	0
18	0	0	0,003	0,001	0,003	0,005	0,005	0,003	0,003	0	0	0
19	0	0	0	0,001	0,002	0,004	0,004	0,002	0,002	0	0	0
20	0	0	0	0	0,001	0,003	0,002	0,001	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Значения суммарного солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам представлены в таблице 14.

Графики суммарного солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, в марте, июне, сентябре и декабре представлены на рисунке 10.

Таблица 14 – Суммарное солнечное излучение на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам

T, ч	$I_{\Sigma, \text{хб}}, \text{кВт/м}^2$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,056	0,057	0,047	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,065	0,103	0,104	0,095	0,067	0	0	0	0
7	0	0	0,059	0,111	0,140	0,141	0,123	0,105	0,046	0	0	0
8	0	0,098	0,164	0,161	0,177	0,169	0,160	0,133	0,134	0,100	0	0
9	0,106	0,223	0,336	0,309	0,306	0,310	0,300	0,272	0,298	0,254	0,167	0,094
10	0,177	0,317	0,441	0,419	0,415	0,436	0,428	0,391	0,400	0,318	0,225	0,143
11	0,252	0,403	0,547	0,499	0,515	0,540	0,547	0,500	0,489	0,381	0,271	0,204
12	0,323	0,493	0,630	0,574	0,600	0,643	0,643	0,591	0,558	0,421	0,319	0,252
13	0,233	0,406	0,579	0,561	0,587	0,648	0,657	0,612	0,525	0,357	0,227	0,177
14	0,140	0,310	0,509	0,523	0,535	0,607	0,629	0,571	0,467	0,279	0,142	0,118
15	0,054	0,208	0,411	0,462	0,468	0,548	0,578	0,511	0,386	0,195	0,055	0,044
16	0,023	0,124	0,258	0,305	0,341	0,421	0,430	0,359	0,262	0,108	0,025	0,022
17	0	0,042	0,129	0,152	0,231	0,299	0,297	0,211	0,146	0,044	0	0
18	0	0	0,032	0,037	0,115	0,176	0,161	0,086	0,057	0	0	0
19	0	0	0	0,014	0,054	0,093	0,090	0,039	0,021	0	0	0
20	0	0	0	0	0,020	0,040	0,031	0,011	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,019	0,019	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

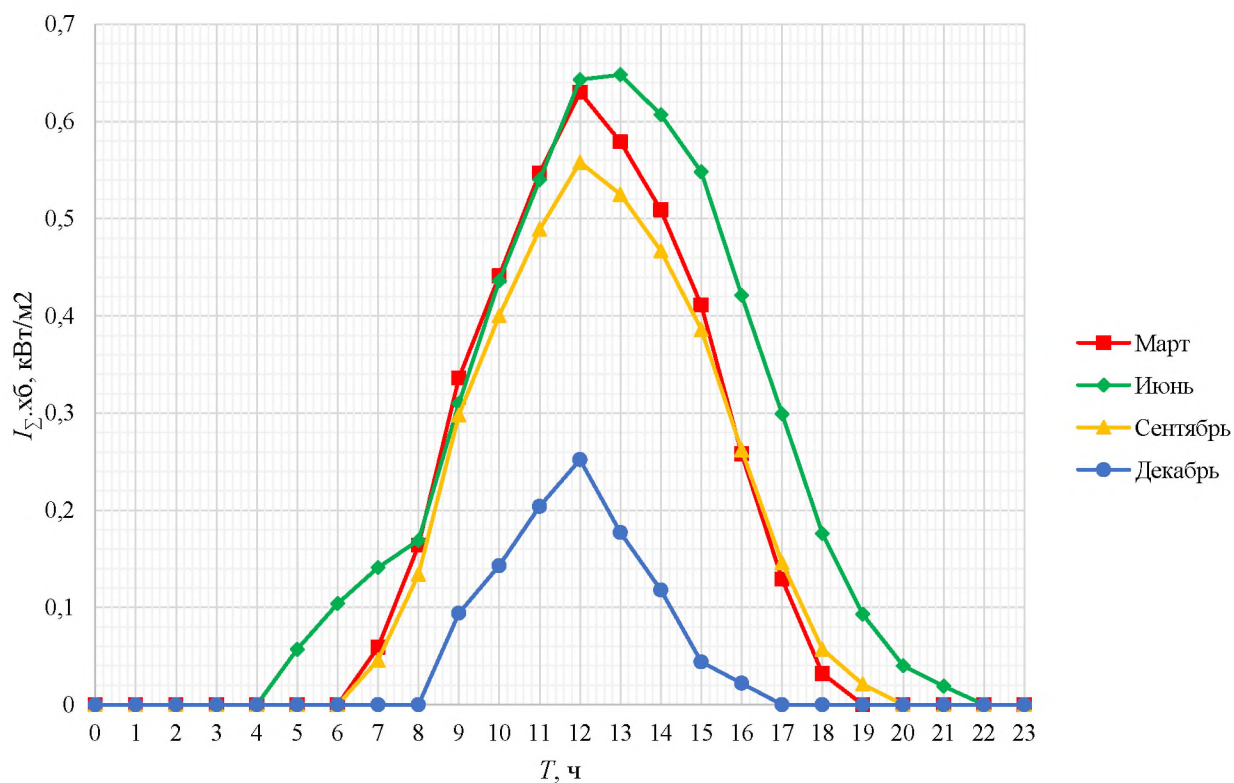


Рисунок 10 – Графики суммарного солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу хозблока

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ

Лист

22

3.4.2 Суммарное солнечное излучение на панели, устанавливаемые на крышу жилого дома

Привязка к положению солнечных панелей, устанавливаемых на крышу жилого дома, относительно Солнца по месяцам представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Привязка к положению солнечных панелей, устанавливаемых на крышу жилого дома, относительно Солнца по месяцам

T, ч	cos ξ_d , о.е.											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0,098	0,098	0	0	0	0	0	0	0	0,098	0,098	0,098
8	0,352	0,352	0,241	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,158	0,352	0,352	0,352
9	0,582	0,582	0,484	0,352	0,352	0,352	0,352	0,352	0,408	0,582	0,582	0,582
10	0,773	0,773	0,694	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,630	0,773	0,773	0,773
11	0,911	0,911	0,857	0,773	0,773	0,773	0,773	0,773	0,810	0,911	0,911	0,911
12	0,987	0,987	0,961	0,911	0,911	0,911	0,911	0,911	0,934	0,987	0,987	0,987
13	0,995	0,995	1,000	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	0,995	0,995	0,995	0,995
14	0,936	0,936	0,971	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,987	0,936	0,936	0,936
15	0,813	0,813	0,875	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,913	0,813	0,813	0,813
16	0,635	0,635	0,720	0,813	0,813	0,813	0,813	0,813	0,776	0,635	0,635	0,635
17	0,413	0,413	0,516	0,635	0,635	0,635	0,635	0,635	0,587	0,413	0,413	0,413
18	0,163	0,163	0,277	0,413	0,413	0,413	0,413	0,413	0,357	0,163	0,163	0,163
19	0	0	0,019	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,103	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Значения прямого солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу жилого дома, по месяцам представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Прямое солнечное излучение на панели, устанавливаемые на крышу жилого дома, по месяцам

T, ч	I _{пф.д.} , кВт/м ²											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0,028	0,055	0,031	0,033	0,039	0,040	0,035	0,041	0,046	0	0
9	0,041	0,093	0,169	0,137	0,137	0,155	0,165	0,151	0,159	0,146	0,082	0,035
10	0,085	0,162	0,264	0,227	0,233	0,268	0,280	0,256	0,252	0,201	0,131	0,070

Окончание таблицы 16

T, ч	$I_{\text{дф.д.}} \text{ кВт/м}^2$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	0,137	0,228	0,351	0,294	0,317	0,363	0,371	0,348	0,332	0,255	0,173	0,109
12	0,187	0,296	0,423	0,346	0,383	0,446	0,446	0,419	0,392	0,286	0,217	0,148
13	0,139	0,249	0,400	0,355	0,375	0,454	0,464	0,444	0,378	0,249	0,159	0,109
14	0,084	0,197	0,349	0,338	0,338	0,418	0,448	0,408	0,346	0,197	0,103	0,075
15	0,033	0,130	0,280	0,300	0,281	0,365	0,402	0,356	0,283	0,138	0,041	0,033
16	0,013	0,070	0,158	0,187	0,195	0,268	0,285	0,236	0,179	0,070	0,019	0,013
17	0	0,021	0,062	0,082	0,121	0,171	0,178	0,127	0,082	0,025	0	0
18	0	0	0,006	0,017	0,054	0,087	0,083	0,045	0,021	0	0	0
19	0	0	0	0,003	0,015	0,026	0,024	0,011	0,003	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Значения диффузного солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу жилого дома, по месяцам представлено в таблице 17.

Таблица 17 – Диффузное солнечное излучение на панели, устанавливаемые на крышу жилого дома, по месяцам

T, ч	$I_{\text{дф.д.}} \text{ кВт/м}^2$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,044	0,044	0,037	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,051	0,081	0,081	0,073	0,051	0	0	0	0
7	0	0	0,044	0,088	0,110	0,110	0,095	0,081	0,037	0	0	0
8	0	0,044	0,081	0,117	0,139	0,132	0,125	0,103	0,073	0,044	0	0
9	0,037	0,081	0,125	0,154	0,169	0,161	0,147	0,132	0,110	0,088	0,059	0,037
10	0,051	0,095	0,132	0,169	0,176	0,169	0,154	0,139	0,117	0,095	0,066	0,044
11	0,066	0,110	0,147	0,176	0,183	0,169	0,169	0,147	0,125	0,103	0,073	0,059
12	0,081	0,125	0,154	0,190	0,190	0,176	0,176	0,154	0,132	0,110	0,081	0,066
13	0,059	0,103	0,132	0,169	0,176	0,161	0,161	0,139	0,117	0,088	0,059	0,044
14	0,037	0,073	0,117	0,147	0,154	0,147	0,139	0,125	0,095	0,066	0,037	0,029
15	0,015	0,051	0,095	0,125	0,139	0,132	0,125	0,110	0,081	0,044	0,015	0,007
16	0,007	0,037	0,073	0,088	0,103	0,103	0,095	0,081	0,066	0,029	0,007	0,007
17	0	0,015	0,051	0,051	0,073	0,081	0,073	0,051	0,051	0,015	0	0
18	0	0	0,022	0,015	0,037	0,051	0,044	0,022	0,029	0	0	0
19	0	0	0	0,007	0,022	0,037	0,037	0,015	0,015	0	0	0
20	0	0	0	0	0,015	0,029	0,022	0,007	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,015	0,015	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Значения отражённого солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу жилого дома, по месяцам представлены в таблице 18.

Значения суммарного солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу жилого дома, по месяцам представлены в таблице 19.

Таблица 18 – Отражённое солнечное излучение на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам

T, ч	$I_{отр.д.}$, кВт/м ²											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,005	0,005	0,005	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,006	0,009	0,010	0,009	0,008	0	0	0	0
7	0	0	0,012	0,009	0,011	0,012	0,011	0,011	0,006	0	0	0
8	0	0,020	0,022	0,012	0,013	0,014	0,014	0,013	0,011	0,011	0	0
9	0,019	0,038	0,034	0,014	0,015	0,016	0,016	0,016	0,017	0,021	0,014	0,016
10	0,029	0,048	0,037	0,015	0,015	0,017	0,017	0,016	0,017	0,022	0,016	0,021
11	0,039	0,057	0,040	0,015	0,016	0,017	0,017	0,017	0,018	0,024	0,018	0,028
12	0,048	0,067	0,042	0,015	0,016	0,018	0,018	0,017	0,019	0,025	0,020	0,034
13	0,035	0,055	0,038	0,014	0,015	0,016	0,017	0,016	0,017	0,021	0,015	0,024
14	0,022	0,044	0,034	0,013	0,013	0,015	0,015	0,015	0,015	0,017	0,010	0,017
15	0,010	0,033	0,029	0,012	0,012	0,014	0,014	0,014	0,013	0,013	0,004	0,007
16	0,005	0,023	0,021	0,008	0,009	0,011	0,012	0,010	0,010	0,008	0,002	0,004
17	0	0,010	0,012	0,005	0,007	0,009	0,009	0,007	0,007	0,004	0	0
18	0	0	0,003	0,001	0,004	0,007	0,006	0,004	0,003	0	0	0
19	0	0	0	0,001	0,003	0,005	0,005	0,002	0,002	0	0	0
20	0	0	0	0	0,001	0,004	0,003	0,001	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,002	0,002	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 19 – Суммарное солнечное излучение на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам

T, ч	$I_{сум.}$, кВт/м ²											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,049	0,049	0,041	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,057	0,089	0,091	0,082	0,059	0	0	0	0
7	0	0	0,056	0,097	0,121	0,122	0,107	0,091	0,042	0	0	0
8	0	0,092	0,158	0,160	0,185	0,185	0,179	0,151	0,126	0,100	0	0
9	0,097	0,212	0,328	0,306	0,321	0,332	0,328	0,299	0,286	0,254	0,154	0,087
10	0,165	0,306	0,432	0,411	0,424	0,453	0,450	0,412	0,387	0,318	0,213	0,135
11	0,241	0,394	0,538	0,484	0,516	0,549	0,557	0,511	0,475	0,381	0,264	0,196
12	0,316	0,487	0,619	0,552	0,589	0,640	0,640	0,590	0,543	0,421	0,318	0,248
13	0,233	0,407	0,570	0,538	0,566	0,631	0,642	0,600	0,512	0,357	0,233	0,178
14	0,143	0,314	0,501	0,498	0,505	0,579	0,602	0,547	0,456	0,279	0,149	0,121
15	0,057	0,214	0,405	0,436	0,432	0,511	0,541	0,479	0,377	0,195	0,060	0,047
16	0,025	0,129	0,253	0,283	0,307	0,382	0,391	0,327	0,254	0,108	0,029	0,024
17	0	0,045	0,126	0,139	0,201	0,261	0,260	0,185	0,140	0,044	0,000	0
18	0	0	0,031	0,033	0,095	0,145	0,133	0,071	0,054	0	0	0
19	0	0	0	0,011	0,040	0,068	0,066	0,028	0,019	0	0	0
20	0	0	0	0	0,016	0,033	0,025	0,009	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,016	0,016	0	0	0	0	0

Окончание таблицы 19

T, ч	$I_{\Sigma, д.}$ кВт/м ²											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Графики суммарного солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу жилого дома, в марте, июне, сентябре и декабре представлены на рисунке 11.

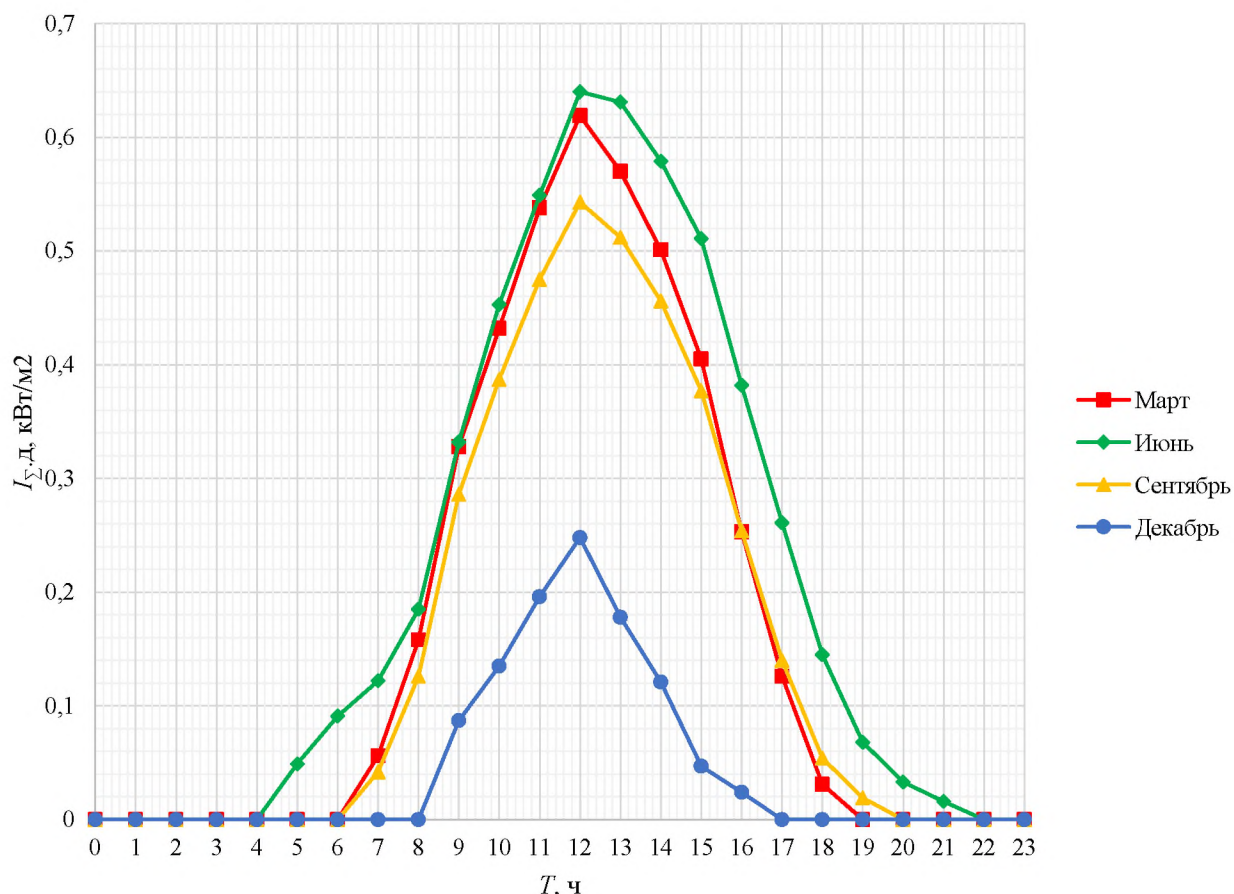


Рисунок 11 – Графики суммарного солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу жилого дома

4 Выбор основного оборудования

4.1 Выбор солнечных панелей

При разработке солнечной электрической станции будут сравниваться монокристаллические и поликристаллические панели.

Комплекты крепления солнечных батарей с регулируемым углом наклона предназначены для батарей мощностью 100-350 Вт. Исходя из этого выбираем следующие типы солнечных панелей [9]:

- 1) монокристаллические *SilaSolar* 350 Вт PERC (5BB) стоимостью 11 960

Изм.	Лист	№ документа	Подп.	Дата
------	------	-------------	-------	------

рублей за единицу;

2) поликристаллические *SilaSolar 330 Вт PERC (5BB)* стоимостью 9 520 рублей за единицу.

Параметры солнечных батарей представлены в приложениях Е и Ж.

Солнечные панели имеют идентичные габариты, что облегчает расчёт количества солнечных панелей.

4.1.1 Расчёт количества солнечных панелей

Солнечные панели на крышах хозблока и жилого дома планируется устанавливать в два ряда. Нижний ряд будет первый, верхний – второй.

Для максимальной эффективности всех панелей необходимо, чтобы первый ряд в течение года не перекрывал второй от прямых солнечных лучей, оптимальный вариант чего показан на рисунке 12.

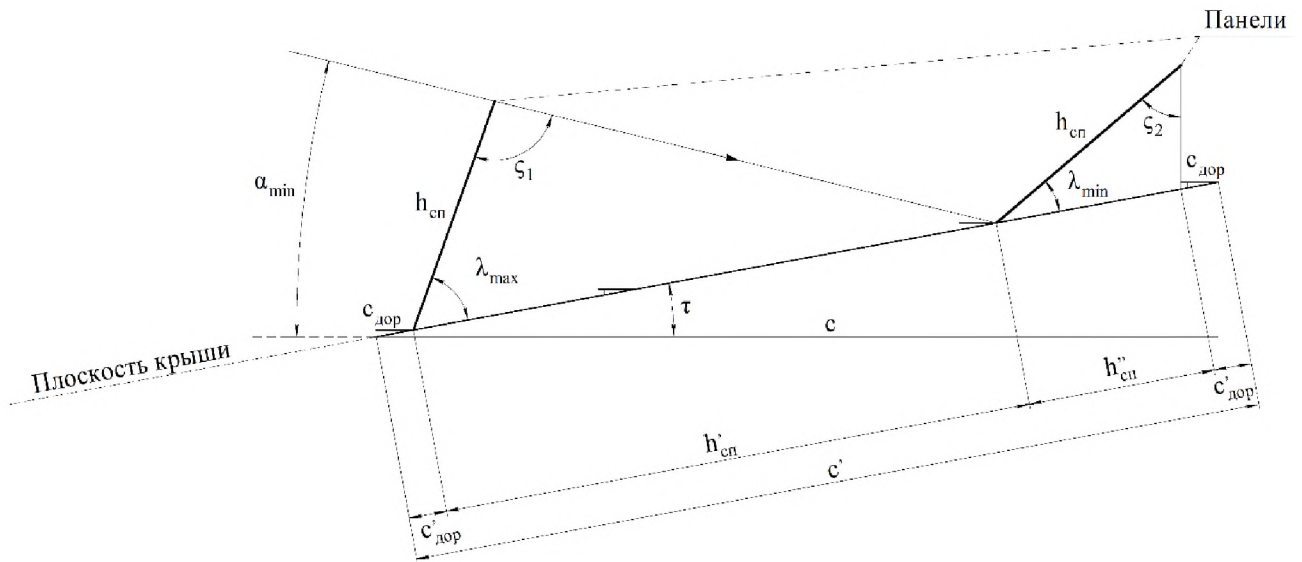


Рисунок 12 – Оптимальное положение солнечных панелей

Плоскость крыши, показанная на рисунке, находится чуть выше реальной плоскости крыши, так как на данной схеме не учитывается высота креплений.

На рисунке присутствуют следующие ранее не приводимые величины:

– ширина крыши, м:

$$c' = \frac{c}{\cos \tau}, \quad (15)$$

где c – ширина крыши в горизонтальной плоскости, для хозблока $c = c_{хб} + \Delta c_{хб}$, а для дома $c = c_{д} / 2$;

– проекция ширины горизонтальной дорожки, необходимой для обслуживания солнечных панелей, зависящее от количества рядов, на плоскость крыши, м:

$$c'_{\text{дор}} = \frac{c_{\text{дор}}}{\cos \tau}, \quad (16)$$

где $c_{\text{дор}}$ – ширина дорожки, принимаемая равной 0,3 м;

– высота солнечной панели $h_{\text{сп}}$, равная 1,956 м;

– угол ζ_1 для определения проекции высоты солнечной панели на плоскость крыши при минимальной высоте Солнца над горизонтом и максимальном угле наклона комплектов крепления $h'_{\text{сп}}$ по [10], м:

$$\zeta_1 = 180 - \lambda_{\text{max}} - (\tau + \alpha_{\text{min}}); \quad (17)$$

– угол для определения проекции высоты солнечной панели на плоскость крыши при минимальном угле наклона комплектов крепления $h''_{\text{сп}}$, °, по [10]:

$$\zeta_2 = 180 - \lambda_{\text{min}} - (\tau + 90). \quad (18)$$

Для возможности установки двух рядов солнечных панелей на крышу и как минимум одной дорожки для обслуживания, должно выполняться условие:

$$2h''_{\text{сп}} + c'_{\text{дор}} \leq c'. \quad (19)$$

Для достижения максимальной эффективности необходимо, чтобы соблюдалось условие:

$$c' - n'_{\text{дор.г}} c'_{\text{дор}} - h'_{\text{сп}} - h''_{\text{сп}} \geq 0, \quad (20)$$

где $n'_{\text{дор.г}}$ – количество крайних горизонтальных дорожек, которые не попадают под проекцию $h'_{\text{сп}}$ (максимум 2), при условии, что:

$$h'_{\text{сп}} - h''_{\text{сп}} \geq c'_{\text{дор}}, \quad (21)$$

иначе должно выполняться условие:

$$c' - n_{\text{дор.г}} c'_{\text{дор}} - h'_{\text{сп}} - h''_{\text{сп}} \geq 0, \quad (22)$$

где $n_{\text{дор.г}}$ – количество горизонтальных дорожек, в данном случае для двух рядов принимаемое равным 3.

Если условие (19) или (20) получается меньше 0, то это значит, что при установке панелей на крышу в два ряда так, чтобы они входили в ширину крыши, с максимально комфортными условиями обслуживания, необходимо

перекрытие части верхней панели от прямых солнечных лучей. Для оптимизации пространства можно убрать одну крайнюю горизонтальную дорожку со стороны нижнего ряда, так как с той стороны будет обеспечиваться только чистка панелей и визуальный контроль, принимая, что с этой стороны доступ к солнечным панелям будет обеспечиваться по лестнице. Если всё равно получается меньше 0, то можно либо убрать вторую крайнюю дорожку, что существенно усложнит обслуживание солнечных панелей, так как с её стороны будет происходить регулирование угла наклона, либо уменьшить количество рядов до одного, либо смириться с тем, что верхний ряд будет использоваться не на максимум в период минимума высоты Солнца над горизонтом, приходящийся на зиму, когда нагрузка наибольшая. Также возможно увеличение ширины крыши c' , путём увеличения её угла наклона.

Доступная для установки длина крыши, м, будет находиться по формуле:

$$d_{\text{дост}} = d - n_{\text{дор.в}} c_{\text{дор}}, \quad (23)$$

где d – длина части крыши, м;

$n_{\text{дор.в}}$ – количество дорожек по вертикали, необходимых для обслуживания солнечных панелей, зависящее от количества комплектов крепления в ряду, принимаемое равным:

$$n_{\text{дор.в}} = n_{\text{к}} + 1, \quad (24)$$

где $n_{\text{к}}$ – количество комплектов крепления в ряду.

Количество солнечных панелей в ряду выбирается из условия:

$$n_{\text{сп}} \leq \frac{d_{\text{дост}}}{c_{\text{сп}}}, \quad (25)$$

где $c_{\text{сп}}$ – ширина солнечной панели, равная 0,992 м.

4.1.1.1 Количество солнечных панелей на крыше хозблока

Крыша хозблока разделена на 2 части. Наибольшая по площади часть будет первой частью, а наименьшая – второй.

Ширина крыши одинакова для обеих частей.

Ширина крыши по равняется:

$$c'_{\text{хб}} = \frac{(5,6 + 0,4)}{\cos 10,39^\circ} = 6,1 \text{ м.}$$

Проекция ширины горизонтальной дорожки равняется:

					СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата		29

$$c'_{\text{дор}} = \frac{0,3}{\cos 10,39^\circ} = 0,305 \text{ м.}$$

Угол ζ_1 :

$$\zeta_{1.\text{хб}} = 180 - 60 - (10,39 + 13,36) = 96,25^\circ,$$

исходя из чего $h'_{\text{сп.хб}} = 4,828 \text{ м.}$

Угол ζ_2 :

$$\zeta_{2.\text{хб}} = 180 - 30 - (10,39 + 90) = 49,61^\circ,$$

исходя из чего $h''_{\text{сп.хб}} = 1,515 \text{ м.}$

Проверка по условию (19):

$$2h''_{\text{сп.хб}} + c'_{\text{дор}} = 2 \cdot 1,515 + 0,305 = 3,335 \text{ м,}$$

что меньше 6,1 м, и, следовательно, проверка пройдена.

Проверка по условию (21):

$$h'_{\text{сп.хб}} - h''_{\text{сп.хб}} = 4,828 - 1,515 = 3,313 \text{ м,}$$

что больше 0,305, исходя из чего по (20):

$$c'_{\text{хб}} - n'_{\text{дор.г}} \cdot c'_{\text{дор}} - h'_{\text{сп.хб}} - h''_{\text{сп.хб}} = 6,1 - 2 \cdot 0,305 - 4,828 - 1,515 = -0,853 \text{ м,}$$

что меньше 0, следовательно, требуются мероприятия по оптимизации пространства крыши.

Так как крыша хозблока будет строиться или реконструироваться (в зависимости от этапа реализации данного проекта) так, чтобы выдержать вес солнечных панелей и комплектов крепления, допустимо несущественно изменить угол наклона крыши.

Примем, что угол наклона крыши составляет 15° . Это изменит ранее рассчитанные в п.3.3.1 и п.3.4.1 параметры, но уточнение проведём после проверки на эффективность.

Ширина крыши равняется:

$$c'_{\text{хб}} = \frac{(5,6 + 0,4)}{\cos 15^\circ} = 6,212 \text{ м.}$$

Проекция ширины горизонтальной дорожки равняется:

					СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата		30

$$c'_{\text{дор.хб}} = \frac{0,3}{\cos 15^\circ} = 0,311 \text{ м.}$$

Угол ζ_1 :

$$\zeta_{1.\text{хб}} = 180 - 60 - (15 + 13,36) = 91,64^\circ,$$

исходя из чего $h'_{\text{сп.хб}} = 4,116 \text{ м.}$

Угол ζ_2 :

$$\zeta_{2.\text{хб}} = 180 - 30 - (15 + 90) = 45^\circ,$$

исходя из чего $h''_{\text{сп.хб}} = 1,432 \text{ м.}$

Проверка по условию (19):

$$2h''_{\text{сп.хб}} + c'_{\text{дор.хб}} = 2 \cdot 1,432 + 0,311 = 3,175 \text{ м,}$$

что меньше 6,212 м, следовательно проверка пройдена.

Проверка по условию (21):

$$h'_{\text{сп.хб}} - h''_{\text{сп.хб}} = 4,116 - 1,432 = 2,684 \text{ м,}$$

что больше 0,311, исходя из чего по (20):

$$c'_{\text{хб}} - n'_{\text{дор.г}} c'_{\text{дор.хб}} - h'_{\text{сп.хб}} - h''_{\text{сп.хб}} = 6,212 - 2 \cdot 0,311 - 4,116 - 1,432 = 0,042 \text{ м,}$$

что больше 0, следовательно мероприятия по оптимизации пространства крыши не требуются.

Доступная длина первой части крыши, принимая, что в ряду 2 комплекта крепления, равна:

$$n_{\text{дор.в.хб1}} = 2 + 1 = 3,$$

$$d_{\text{дост.хб1}} = 19,95 - 3 \cdot 0,3 - 0,1 = 18,95 \text{ м,}$$

где 0,1 – принимаемая длина навеса второй части крыши над первой, м.

Количество солнечных панелей в ряду:

$$\frac{d_{\text{дост.хб1}}}{c_{\text{сп}}} = \frac{18,95}{0,992} = 19,1 \text{ шт,}$$

что округляем до 19 шт.

					СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата		31

В один ряд на первой части крыши хозблока может поместиться 19 солнечных панелей. Исходя из этого в ряд берутся два комплекта крепления: 9-ти и 10-ти солнечных батарей, стоимостью 30 517 и 44 320 рублей соответственно. Количество дорожек по вертикали изменять не требуется.

Доступная длина второй части крыши, принимая, что в ряду 1 комплект крепления, равна:

$$n_{\text{дор.в.хб2}} = 1 + 1 = 2,$$

$$d_{\text{дост.хб2}} = 5,75 - 2 \cdot 0,3 = 5,15 \text{ м.}$$

Количество солнечных панелей в ряду:

$$\frac{d_{\text{дост.хб2}}}{c_{\text{сп}}} = \frac{5,15}{0,992} = 5,2 \text{ шт.},$$

что округляем до 5 шт.

В один ряд на второй части крыши хозблока может поместиться 5 солнечных панелей. Исходя из этого в ряд берётся комплект крепления 5-ти солнечных батарей стоимостью 16 800 рублей. Количество дорожек по вертикали изменять не требуется.

Максимальное количество солнечных панелей на хозблоке составляет 48 единиц.

Схемы установки солнечных панелей на крыше хозблока при максимальном оптимальном покрытии крыши ими представлена на рисунке 13. Примечание: при эксплуатации углы наклона панелей одинаковы.

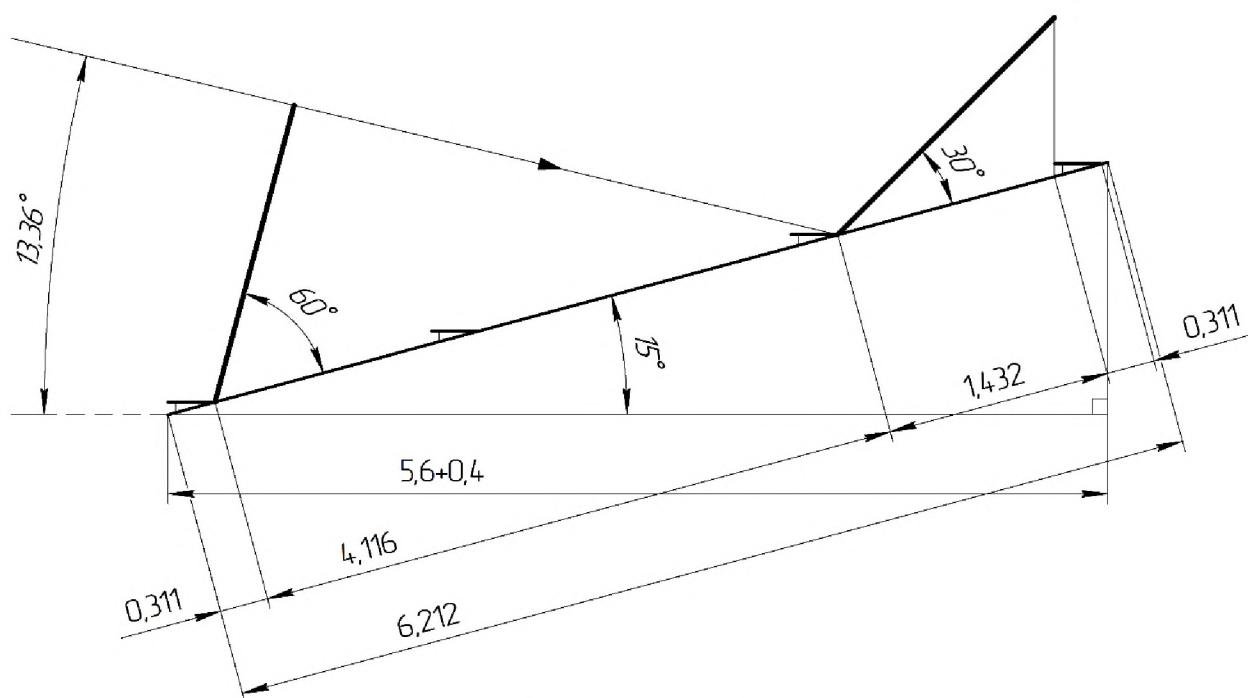


Рисунок 13 – Схемы установки солнечных панелей на крыше хозблока,
лист 1

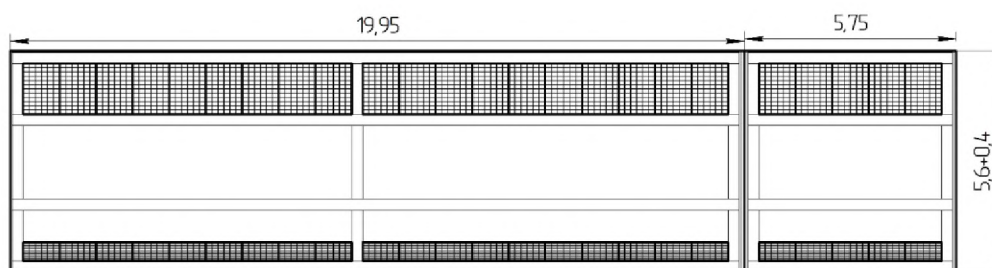


Рисунок 13, лист 2

4.1.1.1 Уточнённые наклон солнечных панелей на крыше хозблока и суммарное солнечное излучение на них

Уточнённые углы наклона на крыше хозблока по месяцам представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Уточнённые углы наклона на крыше хозблока по месяцам

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\lambda_{хб}, ^\circ$	59,42	51,57	40,59	30,00					35,74	47,28	56,92	60,00
$\beta_{хб}, ^\circ$	74,42	66,57	55,59	45,00					50,74	62,28	71,92	75,00

Уточнённая привязка к положению солнечных панелей, устанавливаемых на крышу хозблока, относительно Солнца по месяцам представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Уточнённая привязка к положению солнечных панелей, устанавливаемых на крыше хозблока, относительно Солнца по месяцам

T, ч	$\cos \xi_{хб}, \text{ о.е.}$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0,048	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,058
7	0,305	0,172	0	0	0	0	0	0	0	0,098	0,263	0,315
8	0,541	0,421	0,241	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,158	0,352	0,504	0,550
9	0,740	0,642	0,484	0,315	0,315	0,315	0,315	0,315	0,408	0,582	0,710	0,747
10	0,889	0,818	0,694	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,630	0,773	0,868	0,894
11	0,977	0,939	0,857	0,747	0,747	0,747	0,747	0,747	0,810	0,911	0,967	0,979
12	0,999	0,996	0,961	0,894	0,894	0,894	0,894	0,894	0,934	0,987	1,000	0,998
13	0,952	0,985	1,000	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,995	0,995	0,965	0,949
14	0,841	0,907	0,971	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,987	0,936	0,864	0,835
15	0,672	0,767	0,875	0,949	0,949	0,949	0,949	0,949	0,913	0,813	0,704	0,665
16	0,458	0,575	0,720	0,835	0,835	0,835	0,835	0,835	0,776	0,634	0,496	0,449
17	0,212	0,344	0,516	0,665	0,665	0,665	0,665	0,665	0,587	0,413	0,254	0,202
18	0	0,089	0,277	0,449	0,449	0,449	0,449	0,449	0,357	0,163	0	0
19	0	0	0,019	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,103	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Уточнённые значения прямого солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Уточнённое прямое солнечное излучение на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам

T, ч	$I_{\text{пф.хб}}, \text{кВт/м}^2$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0,000	0,034	0,055	0,019	0,020	0,023	0,024	0,021	0,041	0,046	0,000	0,000
9	0,052	0,103	0,169	0,123	0,123	0,138	0,148	0,135	0,159	0,146	0,099	0,045
10	0,098	0,172	0,264	0,214	0,220	0,253	0,264	0,242	0,252	0,201	0,148	0,080
11	0,147	0,235	0,351	0,284	0,306	0,351	0,359	0,336	0,332	0,255	0,184	0,118
12	0,190	0,299	0,423	0,340	0,375	0,438	0,438	0,411	0,392	0,286	0,220	0,150
13	0,133	0,246	0,400	0,353	0,372	0,450	0,460	0,441	0,378	0,249	0,154	0,104
14	0,076	0,190	0,349	0,339	0,339	0,419	0,449	0,409	0,346	0,197	0,095	0,067
15	0,027	0,123	0,280	0,304	0,285	0,370	0,408	0,361	0,283	0,138	0,035	0,027
16	0,009	0,063	0,158	0,192	0,200	0,276	0,292	0,242	0,179	0,070	0,015	0,009
17	0	0,017	0,062	0,086	0,126	0,179	0,186	0,133	0,082	0,025	0	0
18	0	0	0,006	0,018	0,058	0,094	0,090	0,049	0,021	0	0	0
19	0	0	0	0,004	0,018	0,032	0,030	0,014	0,003	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Уточнённые значения диффузного солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам представлено в таблице 23.

Таблица 23 – Уточнённое диффузное солнечное излучение на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам

T, ч	$I_{\text{дф.хб}}, \text{кВт/м}^2$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,051	0,051	0,043	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,060	0,094	0,094	0,085	0,060	0	0	0	0
7	0	0,000	0,047	0,102	0,128	0,128	0,111	0,094	0,041	0	0	0
8	0	0,042	0,086	0,137	0,162	0,154	0,145	0,119	0,082	0,044	0,000	0
9	0,032	0,077	0,133	0,179	0,196	0,188	0,171	0,154	0,122	0,088	0,052	0,031
10	0,044	0,091	0,141	0,196	0,205	0,196	0,179	0,162	0,131	0,095	0,059	0,038
11	0,057	0,105	0,157	0,205	0,213	0,196	0,196	0,171	0,139	0,103	0,066	0,050
12	0,070	0,119	0,164	0,222	0,222	0,205	0,205	0,179	0,147	0,110	0,072	0,057
13	0,051	0,098	0,141	0,196	0,205	0,188	0,188	0,162	0,131	0,088	0,052	0,038

Окончание таблицы 23

T, ч	$I_{\text{дф.хб}}, \text{кВт/м}^2$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	0,032	0,070	0,125	0,171	0,179	0,171	0,162	0,145	0,106	0,066	0,033	0,025
15	0,013	0,049	0,102	0,145	0,162	0,154	0,145	0,128	0,090	0,044	0,013	0,006
16	0,006	0,035	0,078	0,102	0,119	0,119	0,111	0,094	0,073	0,029	0,007	0,006
17	0	0,014	0,055	0,060	0,085	0,094	0,085	0,060	0,057	0,015	0	0
18	0	0	0,023	0,017	0,043	0,060	0,051	0,026	0,033	0	0	0
19	0	0	0	0,009	0,026	0,043	0,043	0,017	0,016	0	0	0
20	0	0	0	0,000	0,017	0,034	0,026	0,009	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,017	0,017	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Уточнённые значения отражённого солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Уточнённое отражённое солнечное излучение на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам

T, ч	$I_{\text{отр.хб}}, \text{кВт/м}^2$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,004	0,005	0,004	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,005	0,008	0,009	0,008	0,007	0	0	0	0
7	0	0	0,012	0,008	0,010	0,011	0,010	0,010	0,006	0	0	0
8	0	0,022	0,022	0,011	0,012	0,013	0,013	0,012	0,011	0,011	0	0
9	0,026	0,043	0,034	0,013	0,014	0,014	0,015	0,014	0,017	0,021	0,017	0,022
10	0,040	0,054	0,037	0,014	0,014	0,015	0,015	0,015	0,017	0,022	0,021	0,029
11	0,053	0,064	0,040	0,014	0,014	0,015	0,016	0,015	0,018	0,024	0,023	0,039
12	0,066	0,075	0,042	0,014	0,015	0,016	0,016	0,016	0,019	0,025	0,026	0,047
13	0,048	0,062	0,038	0,013	0,014	0,015	0,015	0,015	0,017	0,021	0,019	0,033
14	0,031	0,049	0,034	0,012	0,012	0,014	0,014	0,014	0,015	0,017	0,013	0,024
15	0,013	0,037	0,029	0,011	0,011	0,013	0,013	0,012	0,013	0,013	0,006	0,010
16	0,007	0,026	0,021	0,008	0,008	0,010	0,011	0,009	0,010	0,008	0,003	0,006
17	0	0,011	0,012	0,004	0,006	0,008	0,008	0,006	0,007	0,004	0	0
18	0	0	0,003	0,001	0,004	0,006	0,006	0,003	0,003	0	0	0
19	0	0	0	0,001	0,003	0,005	0,004	0,002	0,002	0	0	0
20	0	0	0	0	0,001	0,003	0,003	0,001	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,002	0,002	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Уточнённые значения суммарного солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам представлены в таблице 25.

Уточнённые графики суммарного солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, в марте, июне, сентябре и декабре представлены на рисунке 14.

Таблица 25 – Уточнённое суммарное солнечное излучение на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, по месяцам

T, ч	$I_{\Sigma, \text{хб}}, \text{кВт/м}^2$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,055	0,056	0,047	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,065	0,102	0,103	0,094	0,067	0	0	0	0
7	0	0	0,059	0,111	0,138	0,139	0,121	0,103	0,046	0	0	0
8	0	0,098	0,164	0,166	0,194	0,190	0,182	0,152	0,134	0,100	0	0
9	0,110	0,223	0,336	0,315	0,333	0,341	0,333	0,303	0,298	0,254	0,169	0,098
10	0,182	0,317	0,441	0,424	0,439	0,464	0,458	0,419	0,400	0,318	0,227	0,148
11	0,256	0,403	0,547	0,502	0,534	0,563	0,571	0,522	0,489	0,381	0,272	0,207
12	0,325	0,493	0,630	0,576	0,612	0,659	0,659	0,606	0,558	0,421	0,318	0,254
13	0,232	0,406	0,579	0,562	0,591	0,653	0,663	0,618	0,525	0,357	0,226	0,176
14	0,138	0,310	0,509	0,522	0,531	0,604	0,625	0,568	0,467	0,279	0,140	0,116
15	0,053	0,208	0,411	0,460	0,458	0,536	0,566	0,501	0,386	0,195	0,054	0,043
16	0,022	0,124	0,258	0,302	0,328	0,406	0,414	0,346	0,262	0,108	0,025	0,021
17	0	0,042	0,129	0,151	0,218	0,282	0,280	0,199	0,146	0,044	0	0
18	0	0	0,032	0,036	0,105	0,160	0,147	0,078	0,057	0	0	0
19	0	0	0	0,013	0,046	0,080	0,077	0,033	0,021	0	0	0
20	0	0	0	0	0,018	0,037	0,028	0,010	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,019	0,019	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

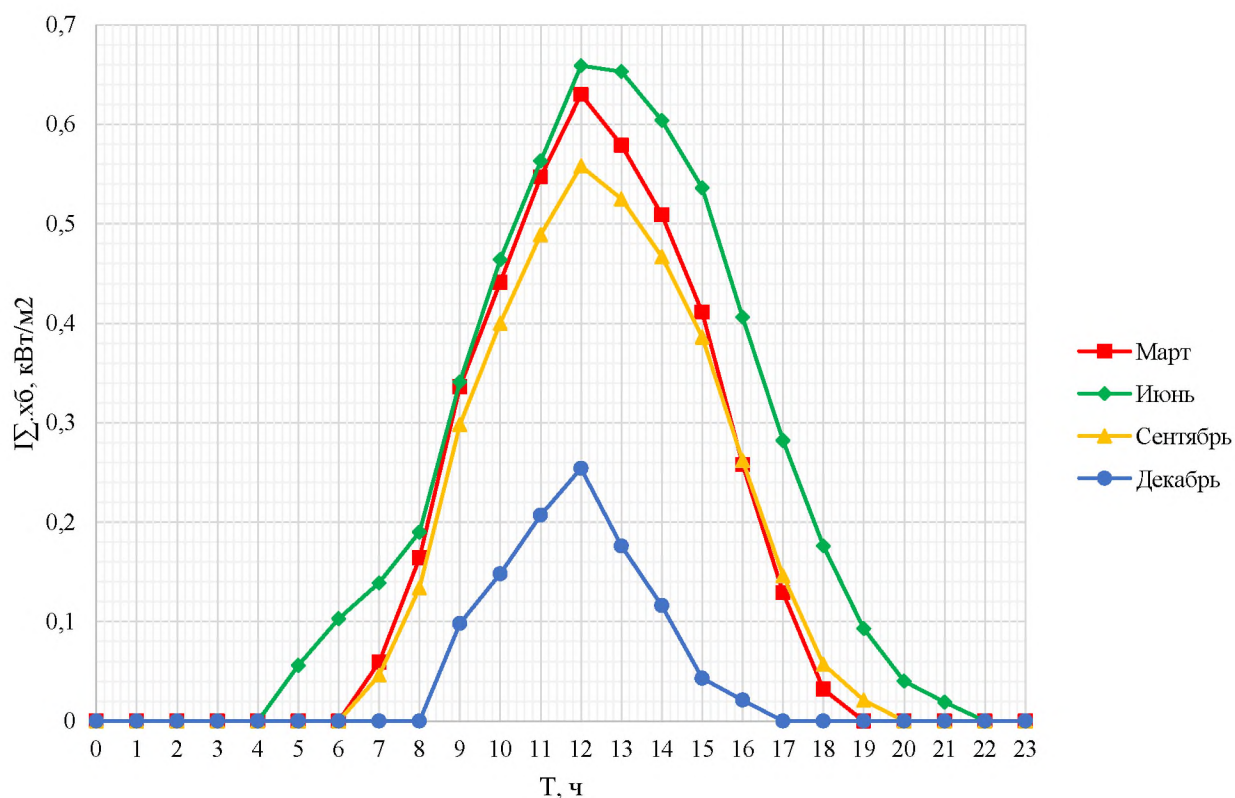


Рисунок 14 – Уточнённые графики суммарного излучения на панели, устанавливаемые на крышу хозблока

Соотношения уточнённых значений суммарного солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, к изначальным (табл. 14) представлено в таблице 26.

Таблица 26 – Соотношения уточнённых значений суммарного солнечного излучения на панели, устанавливаемые на крышу хозблока, к изначальным

T, ч	Δ, о.е.											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	0,989	0,983	0,997	-	-	-	-	-
6	-	-	-	1,004	0,988	0,992	0,986	0,997	-	-	-	-
7	-	-	0,995	0,996	0,985	0,986	0,986	0,986	1,010	-	-	-
8	-	1,000	0,998	1,030	1,094	1,122	1,136	1,144	0,999	1,004	-	-
9	1,037	0,998	1,001	1,020	1,087	1,099	1,111	1,115	1,001	1,001	1,014	1,042
10	1,027	1,000	1,000	1,013	1,057	1,065	1,071	1,071	1,001	1,000	1,010	1,033
11	1,017	1,001	1,001	1,007	1,037	1,042	1,043	1,044	1,000	1,000	1,005	1,015
12	1,007	0,999	0,999	1,003	1,020	1,025	1,025	1,025	1,000	0,999	0,998	1,006
13	0,997	1,001	0,999	1,002	1,006	1,008	1,009	1,010	1,001	1,001	0,995	0,992
14	0,987	0,999	0,999	0,998	0,992	0,994	0,994	0,995	0,999	1,001	0,989	0,979
15	0,977	1,002	1,000	0,995	0,978	0,979	0,980	0,981	1,000	1,000	0,979	0,971
16	0,960	0,998	0,998	0,991	0,963	0,963	0,963	0,962	1,000	0,996	0,984	0,962
17	-	1,008	1,001	0,990	0,944	0,942	0,942	0,943	0,999	0,998	-	-
18	-	-	1,009	0,982	0,913	0,910	0,911	0,910	1,004	-	-	-
19	-	-	-	0,945	0,860	0,856	0,860	0,855	0,999	-	-	-
20	-	-	-	-	0,919	0,936	0,918	0,882	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	0,979	0,979	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.1.1.2 Количество солнечных панелей на крыше жилого дома

Ширина крыши равняется:

$$c'_d = \frac{(9,5/2)}{\cos 32,28^\circ} = 5,618 \text{ м.}$$

Проекция ширины горизонтальной дорожки равняется:

$$c'_{\text{дор.д}} = \frac{0,3}{\cos 32,28^\circ} = 0,355 \text{ м.}$$

Угол ζ_1 :

$$\zeta_{1,д} = 180 - 30 - (32,28 + 13,36) = 104,37^\circ,$$

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

исходя из чего $h'_{\text{сп.д}} = 2,651$ м.

Угол ζ_2 :

$$\zeta_{2.д} = 180 - 15 - (\tau + 90) = 42,72^\circ,$$

исходя из чего $h''_{\text{сп.д}} = 1,57$ м.

Проверка по условию (19):

$$2h''_{\text{сп.д}} + c'_{\text{дор.д}} = 2 \cdot 1,57 + 0,355 = 3,495 \text{ м},$$

что меньше 5,618 м, следовательно проверка пройдена.

Проверка по условию (21):

$$h'_{\text{сп.д}} - h''_{\text{сп.д}} = 2,651 - 1,57 = 1,081 \text{ м},$$

что больше 0,355, исходя из чего по (20):

$$c'_д - n'_{\text{дор.г}} c'_{\text{дор.д}} - h'_{\text{сп.д}} - h''_{\text{сп.д}} = 5,618 - 2 \cdot 0,355 - 2,651 - 1,57 = 0,687 \text{ м},$$

что больше 0, следовательно мероприятия по оптимизации пространства крыши не требуются.

Доступная длина крыши, принимая, что в ряду 1 комплект крепления, равна:

$$n_{\text{дор.в.д}} = 1 + 1 = 2,$$

$$d_{\text{дост.д}} = 11,1 - 2 \cdot 0,3 = 10,5 \text{ м}.$$

Количество солнечных панелей в ряду:

$$\frac{d_{\text{дост.д}}}{c_{\text{сп}}} = \frac{10,5}{0,992} = 10,6 \text{ шт},$$

что округляем до 10 шт.

В один ряд на крыше дома моего может поместиться 10 солнечных панелей. Исходя из этого в ряд берётся комплект крепления 10-ти солнечных батарей стоимостью 40 420 рублей. Количество дорожек по вертикали изменять не требуется.

Максимальное количество солнечных панелей на крыше жилого дома составляет 20 единиц.

Схемы установки солнечных панелей на крыше жилого дома при максимальном оптимальном покрытии крыши ими представлена на рисунке 15. Примечание: при эксплуатации углы наклона панелей одинаковы.

					СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата		38

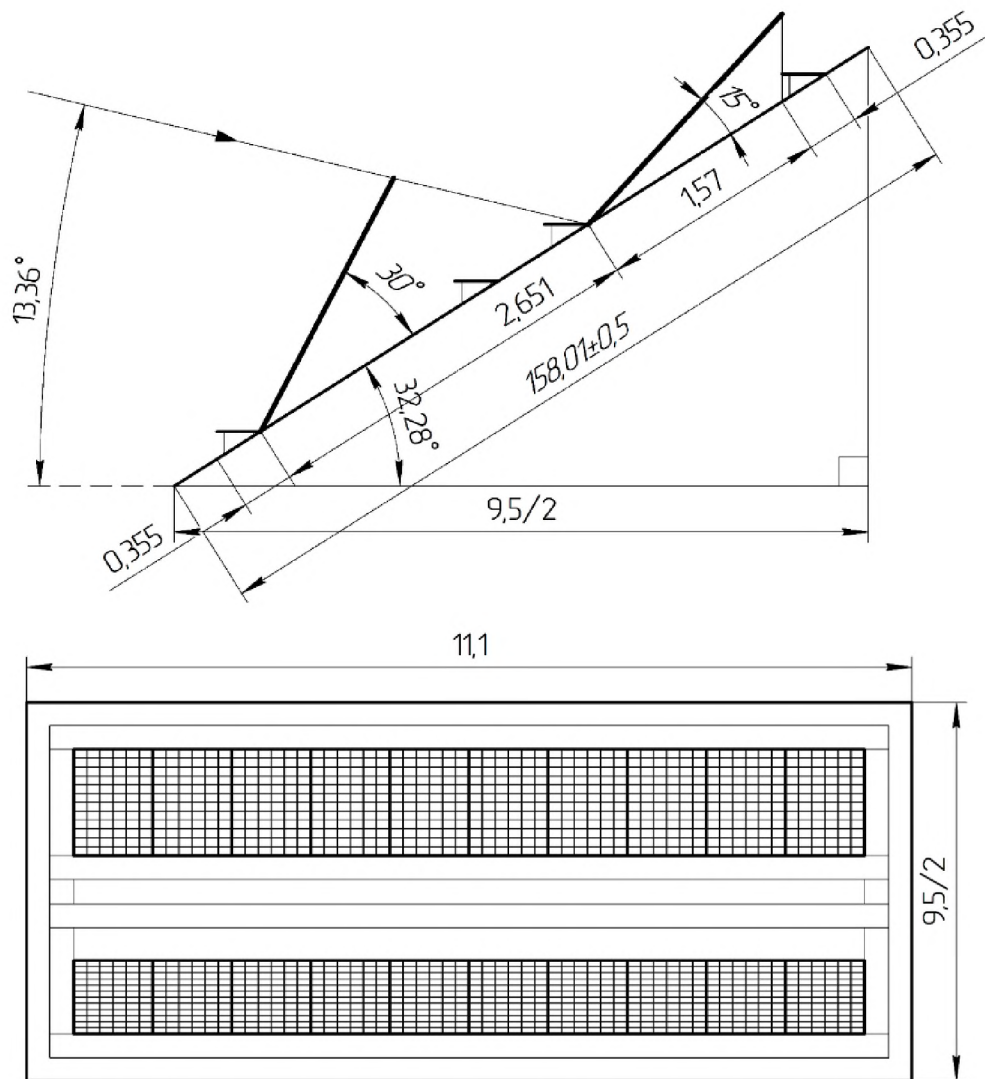


Рисунок 15 – Схемы установки солнечных панелей на крыше жилого дома

4.1.2 Выработка солнечных панелей

Выработка солнечных панелей определяется по формуле, кВт:

$$P_{\text{сп}} = n_{\text{сп}} F_{\text{сп}} \eta_{\text{сп}} I_{\Sigma}, \quad (26)$$

где $n_{\text{сп}}$ – количество солнечных панелей;

$F_{\text{сп}}$ – общая площадь элементов одной панели, равная $0,156^2 \cdot 72 = 1,752192 \text{ м}^2$;

$\eta_{\text{сп}}$ – эффективность модуля, о.е,

и она не может превышать максимально возможную выработку за один час, кВт:

$$P_{\text{сп.max}} = n_{\text{сп}} P_{\text{сп1}}, \quad (27)$$

где $P_{\text{сп1}}$ – номинальная мощность одной панели, кВт.

4.1.2.1 Выработка монокристаллических солнечных панелей

Максимально возможная выработка монокристаллических солнечных панелей за час составляет:

$$P_{\text{сп.макс}} = (48 + 20) \cdot 0,35 = 16,8 + 7 = 23,8 \text{ кВт.}$$

Выработка монокристаллических солнечных панелей, установленных на крышу хозблока, по месяцам представлена в таблице 27.

Таблица 27 – Выработка монокристаллических солнечных панелей, установленных на крышу хозблока, по месяцам

T, ч	P _{сп.хб} , кВт											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,840	0,850	0,710	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,989	1,544	1,564	1,421	1,013	0	0	0	0
7	0	0	0,890	1,676	2,091	2,108	1,839	1,569	0,704	0	0	0
8	0	1,486	2,481	2,514	2,936	2,876	2,756	2,308	2,031	1,523	0	0
9	1,666	3,376	5,099	4,779	5,044	5,167	5,054	4,598	4,526	3,856	2,567	1,485
10	2,755	4,806	6,688	6,434	6,653	7,041	6,948	6,350	6,070	4,824	3,445	2,239
11	3,887	6,118	8,302	7,618	8,101	8,535	8,651	7,918	7,414	5,780	4,129	3,141
12	4,934	7,470	9,547	8,728	9,284	9,990	9,990	9,190	8,461	6,380	4,826	3,845
13	3,523	6,162	8,774	8,520	8,956	9,905	10,057	9,370	7,968	5,421	3,424	2,662
14	2,094	4,698	7,712	7,916	8,048	9,153	9,485	8,613	7,078	4,236	2,130	1,753
15	0,800	3,160	6,235	6,970	6,941	8,133	8,590	7,599	5,852	2,958	0,817	0,648
16	0,335	1,876	3,906	4,584	4,979	6,149	6,276	5,240	3,973	1,630	0,373	0,321
17	0	0,642	1,958	2,283	3,306	4,272	4,243	3,018	2,211	0,666	0	0
18	0	0	0,489	0,551	1,592	2,428	2,224	1,186	0,867	0	0	0
19	0	0	0	0,201	0,704	1,207	1,174	0,505	0,318	0	0	0
20	0	0	0	0	0,279	0,568	0,432	0,147	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,282	0,282	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W _{сп.хб.сут.} , кВт·ч	19,995	39,794	62,081	63,762	71,298	80,228	80,133	68,625	57,474	37,273	21,711	16,093

Выработка монокристаллических солнечных панелей, установленных на крышу жилого дома, по месяцам представлена в таблице 28.

Суммарная выработка монокристаллических солнечных панелей по месяцам представлена в таблице 29.

Таблица 28 – Выработка монокристаллических солнечных панелей,

установленных на крышу жилого дома, по месяцам

T, ч	P _{сп.д.} , кВт											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,307	0,311	0,260	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,362	0,564	0,573	0,521	0,373	0	0	0	0
7	0	0	0,352	0,612	0,763	0,771	0,673	0,576	0,267	0	0	0
8	0	0,581	0,999	1,012	1,170	1,169	1,129	0,952	0,793	0,634	0	0
9	0,611	1,340	2,071	1,931	2,027	2,098	2,073	1,889	1,806	1,607	0,971	0,551
10	1,044	1,932	2,730	2,594	2,680	2,862	2,843	2,601	2,444	2,010	1,348	0,852
11	1,523	2,491	3,396	3,061	3,260	3,467	3,517	3,229	2,999	2,408	1,669	1,240
12	1,998	3,078	3,911	3,488	3,724	4,042	4,042	3,728	3,430	2,658	2,009	1,567
13	1,474	2,569	3,599	3,399	3,574	3,989	4,053	3,789	3,235	2,259	1,470	1,122
14	0,906	1,982	3,163	3,146	3,194	3,661	3,807	3,459	2,880	1,765	0,944	0,766
15	0,359	1,352	2,557	2,754	2,728	3,226	3,421	3,028	2,380	1,233	0,377	0,297
16	0,157	0,816	1,596	1,790	1,939	2,415	2,473	2,064	1,608	0,679	0,182	0,153
17	0	0,286	0,794	0,876	1,269	1,650	1,643	1,170	0,884	0,277	0	0
18	0	0	0,194	0,206	0,598	0,914	0,839	0,449	0,340	0	0	0
19	0	0	0	0,071	0,250	0,428	0,416	0,179	0,122	0	0	0
20	0	0	0	0	0,102	0,208	0,159	0,054	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,103	0,103	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W _{сп.д.сут.} , кВт·ч	8,070	16,426	25,362	25,302	28,148	31,888	31,973	27,539	23,190	15,531	8,969	6,546

Таблица 29 – Суммарная выработка монокристаллических солнечных панелей по месяцам

T, ч	P _{сп.г.} , кВт											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1,147	1,161	0,971	0	0	0	0	0
6	0	0	0	1,351	2,108	2,137	1,942	1,385	0	0	0	0
7	0	0	1,242	2,288	2,854	2,879	2,513	2,145	0,971	0	0	0
8	0	2,067	3,481	3,525	4,107	4,045	3,885	3,260	2,824	2,157	0	0
9	2,277	4,715	7,170	6,710	7,071	7,265	7,128	6,487	6,332	5,463	3,538	2,035
10	3,799	6,738	9,418	9,028	9,333	9,903	9,792	8,951	8,514	6,834	4,793	3,091
11	5,410	8,609	11,698	10,679	11,361	12,001	12,168	11,147	10,413	8,189	5,798	4,381
12	6,932	10,548	13,458	12,216	13,008	14,032	14,032	12,918	11,892	9,038	6,835	5,411
13	4,997	8,731	12,374	11,919	12,531	13,895	14,111	13,158	11,203	7,680	4,894	3,784
14	3,000	6,681	10,874	11,062	11,242	12,814	13,291	12,072	9,958	6,001	3,074	2,518
15	1,159	4,511	8,792	9,724	9,669	11,360	12,011	10,627	8,233	4,191	1,193	0,944
16	0,492	2,692	5,502	6,374	6,918	8,564	8,749	7,304	5,581	2,310	0,555	0,474

Окончание таблицы 29

T, ч	$P_{\text{сп.}\Sigma}, \text{ кВт}$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
17	0	0,928	2,751	3,159	4,575	5,921	5,887	4,188	3,096	0,943	0	0
18	0	0	0,684	0,757	2,190	3,343	3,063	1,635	1,208	0	0	0
19	0	0	0	0,272	0,954	1,636	1,590	0,685	0,440	0	0	0
20	0	0	0	0	0,381	0,776	0,590	0,202	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,385	0,385	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$W_{\text{сп.}\Sigma \text{ сут.}}$ кВт·ч	28,065	56,220	87,444	89,064	99,446	112,12	112,11	96,164	80,664	52,804	30,680	22,639

4.1.2.2 Выработка поликристаллических солнечных панелей

Максимально возможная выработка поликристаллических солнечных панелей составляет:

$$P_{\text{сп.}\max} = (48 + 20) \cdot 0,33 = 15,84 + 6,6 = 22,44 \text{ кВт.}$$

Выработка поликристаллических солнечных панелей, установленных на крышу хозблока, по месяцам представлена в таблице 30.

Таблица 30 – Выработка поликристаллических солнечных панелей, установленных на крышу хозблока, по месяцам

T, ч	$P_{\text{сп.}\text{хб.}}, \text{ кВт}$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,792	0,801	0,670	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,933	1,456	1,474	1,340	0,955	0	0	0	0
7	0	0	0,839	1,581	1,972	1,988	1,734	1,480	0,664	0	0	0
8	0	1,401	2,340	2,370	2,768	2,712	2,598	2,176	1,915	1,436	0	0
9	1,571	3,183	4,808	4,506	4,756	4,872	4,766	4,336	4,267	3,636	2,421	1,400
10	2,598	4,532	6,306	6,066	6,273	6,638	6,551	5,987	5,723	4,548	3,248	2,111
11	3,665	5,769	7,828	7,183	7,638	8,047	8,157	7,465	6,991	5,450	3,893	2,962
12	4,652	7,044	9,001	8,230	8,753	9,419	9,419	8,665	7,978	6,015	4,550	3,625
13	3,322	5,810	8,273	8,033	8,445	9,340	9,483	8,834	7,513	5,111	3,228	2,510
14	1,975	4,430	7,271	7,463	7,589	8,630	8,943	8,121	6,673	3,994	2,008	1,653
15	0,754	2,979	5,879	6,571	6,544	7,669	8,099	7,165	5,518	2,789	0,770	0,611
16	0,316	1,769	3,683	4,322	4,695	5,798	5,918	4,940	3,746	1,537	0,352	0,303
17	0	0,605	1,846	2,153	3,117	4,028	4,001	2,846	2,085	0,628	0	0
18	0	0	0,461	0,520	1,501	2,289	2,097	1,119	0,818	0	0	0
19	0	0	0	0,189	0,664	1,139	1,106	0,477	0,300	0	0	0
20	0	0	0	0	0,263	0,535	0,407	0,139	0	0	0	0

Окончание таблицы 30

T, ч	$P_{\text{сп.лб}}, \text{кВт}$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21	0	0	0	0	0	0,266	0,266	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$W_{\text{сп.лб.сут.}}$, кВт·ч	18,853	37,521	58,535	60,119	67,225	75,645	75,555	64,705	54,191	35,144	20,470	15,174

Выработка поликристаллических солнечных панелей, установленных на крышу жилого дома, по месяцам представлена в таблице 31.

Таблица 31 – Выработка поликристаллических солнечных панелей, установленных на крышу жилого дома, по месяцам

T, ч	$P_{\text{сп.д.}}, \text{кВт}$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,289	0,293	0,246	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,341	0,532	0,540	0,491	0,351	0	0	0	0
7	0	0	0,332	0,577	0,719	0,727	0,635	0,543	0,252	0	0	0
8	0	0,548	0,942	0,954	1,104	1,102	1,064	0,898	0,748	0,598	0	0
9	0,576	1,263	1,953	1,821	1,911	1,978	1,955	1,781	1,703	1,515	0,915	0,519
10	0,984	1,821	2,574	2,446	2,527	2,699	2,681	2,452	2,305	1,895	1,271	0,803
11	1,436	2,349	3,202	2,886	3,074	3,268	3,316	3,045	2,828	2,271	1,574	1,169
12	1,884	2,902	3,688	3,289	3,511	3,811	3,811	3,515	3,234	2,506	1,894	1,477
13	1,389	2,422	3,394	3,205	3,370	3,762	3,822	3,572	3,050	2,130	1,386	1,058
14	0,854	1,869	2,982	2,966	3,011	3,452	3,589	3,262	2,716	1,664	0,890	0,722
15	0,338	1,275	2,411	2,597	2,572	3,042	3,226	2,855	2,244	1,162	0,355	0,280
16	0,148	0,769	1,505	1,688	1,828	2,277	2,331	1,946	1,516	0,641	0,172	0,145
17	0	0,269	0,748	0,826	1,196	1,555	1,549	1,103	0,834	0,262	0	0
18	0	0	0,183	0,194	0,564	0,862	0,791	0,423	0,321	0	0	0
19	0	0	0	0,067	0,236	0,404	0,393	0,169	0,115	0	0	0
20	0	0	0	0	0,096	0,196	0,150	0,051	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,097	0,097	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$W_{\text{сп.д.сут.}}$, кВт·ч	7,609	15,488	23,913	23,856	26,540	30,066	30,147	25,966	21,865	14,643	8,457	6,172

Суммарная выработка поликристаллических солнечных панелей по месяцам представлена в таблице 32.

Таблица 32 – Суммарная выработка поликристаллических солнечных панелей по

месяцам

T, ч	$P_{\text{сп.}\Sigma}, \text{ кВт}$											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1,081	1,095	0,915	0	0	0	0	0
6	0	0	0	1,274	1,987	2,015	1,831	1,306	0	0	0	0
7	0	0	1,171	2,158	2,691	2,714	2,369	2,023	0,916	0	0	0
8	0	1,949	3,282	3,324	3,872	3,814	3,663	3,073	2,662	2,034	0	0
9	2,147	4,446	6,761	6,327	6,667	6,850	6,721	6,117	5,970	5,151	3,336	1,919
10	3,582	6,353	8,880	8,512	8,800	9,337	9,232	8,440	8,028	6,443	4,519	2,914
11	5,101	8,117	11,030	10,069	10,712	11,316	11,473	10,510	9,818	7,721	5,466	4,131
12	6,536	9,946	12,689	11,518	12,265	13,230	13,230	12,180	11,212	8,522	6,444	5,102
13	4,711	8,233	11,667	11,238	11,815	13,101	13,305	12,407	10,563	7,241	4,614	3,568
14	2,829	6,299	10,253	10,430	10,600	12,082	12,532	11,383	9,389	5,658	2,898	2,374
15	1,092	4,254	8,289	9,168	9,117	10,711	11,325	10,020	7,762	3,951	1,125	0,890
16	0,464	2,538	5,187	6,010	6,523	8,075	8,249	6,886	5,262	2,178	0,523	0,447
17	0	0,875	2,594	2,978	4,314	5,583	5,550	3,948	2,919	0,889	0	0
18	0	0	0,645	0,714	2,065	3,152	2,888	1,542	1,139	0	0	0
19	0	0	0	0,257	0,899	1,542	1,499	0,646	0,415	0	0	0
20	0	0	0	0	0,359	0,731	0,557	0,190	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,363	0,363	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$W_{\text{сп.}\Sigma}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}$	26,462	53,009	82,448	83,976	93,765	105,71	105,70	90,670	76,056	49,787	28,927	21,346

4.1.3 Выработка солнечной электрической станции

Выработка солнечной электрической станции $P_{\text{эс}}$ без учёта заряда АКБ определяется из условий:

$$\begin{aligned} \text{если } P_{\text{сп.}\Sigma} \leq P, \text{ то } P_{\text{эс}} &= P_{\text{сп.}\Sigma}; \\ \text{если } P_{\text{сп.}\Sigma} > P, \text{ то } P_{\text{эс}} &= P. \end{aligned} \quad (28)$$

Процент покрытия нагрузки выработкой солнечной электрической станцией определяется по формуле:

$$W_{\%} = \frac{W_{\text{эс.сут}}}{W_{\text{н.с}}} \cdot 100. \quad (29)$$

Годовая выработка солнечной электрической станции, кВт·ч, определяется по формуле:

$$W_{\text{эс.год}} = W_{\text{н.г}} \frac{W_{\%.\text{ср.год}}}{100}, \quad (30)$$

где $W_{\%.\text{ср.год}}$ – среднегодовой процент покрытия нагрузки выработкой солнечной электрической станцией.

4.1.3.1 Выработка солнечной электрической станции на базе монокристаллических панелей

В таблице 33 представлена выработка солнечной электрической станции на базе монокристаллических панелей.

Таблица 33 – Выработка солнечной электрической станции на базе монокристаллических панелей

T, ч	$P_{\text{эс}}$, кВт											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1,147	1,019	0,971	0	0	0	0	0
6	0	0	0	1,351	2,108	2,137	1,942	1,385	0	0	0	0
7	0	0	1,242	2,288	2,854	2,879	2,513	2,145	0,971	0	0	0
8	0	2,067	2,706	3,021	3,337	3,653	3,337	3,021	2,706	2,157	0	0
9	1,852	1,802	1,752	1,702	1,652	1,602	1,652	1,702	1,752	1,802	1,852	1,902
10	2,498	2,444	2,390	2,336	2,282	2,228	2,282	2,336	2,390	2,444	2,498	2,552
11	1,867	1,813	1,759	1,705	1,651	1,597	1,651	1,705	1,759	1,813	1,867	1,921
12	3,136	3,082	3,028	2,974	2,920	2,866	2,920	2,974	3,028	3,082	3,136	3,190
13	1,848	1,794	1,740	1,686	1,632	1,578	1,632	1,686	1,740	1,794	1,848	1,902
14	2,015	2,127	2,240	2,353	2,465	2,578	2,465	2,353	2,240	2,127	2,015	1,902
15	1,159	2,175	2,287	2,400	2,513	2,625	2,513	2,400	2,287	2,175	1,193	0,944
16	0,492	2,593	2,682	2,771	2,859	2,948	2,859	2,771	2,682	2,310	0,555	0,474
17	0	0,928	2,751	3,159	4,575	5,921	5,887	4,188	3,096	0,943	0,000	0
18	0	0	0,684	0,757	2,190	2,292	2,416	1,635	1,208	0	0	0
19	0	0	0	0,272	0,954	1,636	1,590	0,685	0,440	0	0	0
20	0	0	0	0	0,381	0,776	0,590	0,202	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,385	0,385	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$W_{\text{эс.сут}}$, кВт·ч	14,866	20,825	25,261	28,776	35,519	38,721	37,605	31,188	26,299	20,648	14,965	14,788
$W_{\%}$, %	16,51	23,93	30,08	35,55	45,58	51,70	48,26	38,53	31,32	23,73	16,62	15,89
$W_{\%.\text{ср.год}}$, %	31,47											

Годовая выработка солнечной электрической станции на базе монокристаллических панелей составляет:

$$W_{\text{эс,год}} = 27859,334 \cdot \frac{31,47}{100} = 8768,556 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

4.1.3.2 Выработка солнечной электрической станции на базе поликристаллических панелей

В таблице 34 представлена выработка солнечной электрической станции на базе поликристаллических панелей.

Таблица 34 – Выработка солнечной электрической станции на базе поликристаллических панелей

T, ч	P _{эс} , кВт											
	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1,081	1,019	0,915	0	0	0	0	0
6	0	0	0	1,274	1,987	2,015	1,831	1,306	0	0	0	0
7	0	0	1,171	2,158	2,691	2,714	2,369	2,023	0,916	0	0	0
8	0	1,949	2,706	3,021	3,337	3,653	3,337	3,021	2,662	2,034	0	0
9	1,852	1,802	1,752	1,702	1,652	1,602	1,652	1,702	1,752	1,802	1,852	1,902
10	2,498	2,444	2,390	2,336	2,282	2,228	2,282	2,336	2,390	2,444	2,498	2,552
11	1,867	1,813	1,759	1,705	1,651	1,597	1,651	1,705	1,759	1,813	1,867	1,921
12	3,136	3,082	3,028	2,974	2,920	2,866	2,920	2,974	3,028	3,082	3,136	3,190
13	1,848	1,794	1,740	1,686	1,632	1,578	1,632	1,686	1,740	1,794	1,848	1,902
14	2,015	2,127	2,240	2,353	2,465	2,578	2,465	2,353	2,240	2,127	2,015	1,902
15	1,092	2,175	2,287	2,400	2,513	2,625	2,513	2,400	2,287	2,175	1,125	0,890
16	0,464	2,538	2,682	2,771	2,859	2,948	2,859	2,771	2,682	2,178	0,523	0,447
17	0	0,875	2,594	2,978	4,314	5,583	5,550	3,948	2,919	0,889	0,000	0
18	0	0	0,645	0,714	2,065	2,292	2,416	1,542	1,139	0	0	0
19	0	0	0	0,257	0,899	1,542	1,499	0,646	0,415	0	0	0
20	0	0	0	0	0,359	0,731	0,557	0,190	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0,363	0,363	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W _{эс,сут} , кВт·ч	14,772	20,599	24,994	28,329	34,708	37,936	36,812	30,603	25,930	20,339	14,865	14,707
W _{%,} %	16,41	23,67	29,76	34,99	44,54	50,65	47,24	37,80	30,87	23,37	16,51	15,80
W _{%,ср,год} , %	30,97											

Годовая выработка солнечной электрической станции на базе поликристаллических панелей составляет:

$$W_{\text{эс.год}} = 27859,334 \cdot \frac{30,97}{100} = 8627,915 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

4.1.4 Предварительные технико-экономических показатели автономной системы электроснабжения

Для окончательного выбора базы солнечной электрической станции необходимо произвести расчёт капитальных затрат на базе основного оборудования. Целевыми показателями являются себестоимость, комбинированная себестоимость электроэнергии, а также срок окупаемости.

Капиталовложения, руб, определяются по формуле:

$$K = n_{\text{сп}} C_{\text{сп1}} (1 + Z_{\text{СМР}}) + C_{\text{ксп}} + D, \quad (35)$$

где $C_{\text{сп1}}$ – цена одной солнечной панели, руб;

$Z_{\text{СМР}}$ – затраты на строительство, монтажные работы, которые не будем учитывать, приняв, что монтаж оборудования будет осуществляться самостоятельно;

D – стоимость доставки, которая при заказе от двух солнечных панелей осуществляется бесплатно;

$C_{\text{ксп}}$ – стоимость комплектов крепления солнечных панелей, руб, находимая по:

$$C_{\text{ксп}} = \sum n_{\text{ксп1}} C_{\text{ксп1}}, \quad (36)$$

где $n_{\text{ксп}}$ – количество комплектов крепления солнечных панелей одного типа;

$C_{\text{ксп1}}$ – стоимость одного комплекта крепления, руб.

Капиталовложения в солнечную станцию в зависимости от типа панелей представлены в таблице 35.

Себестоимость электроэнергии, руб/кВт·ч, определяется по:

$$C_{\text{эс}} = \frac{K + IT_{\text{сл}}}{W_{\text{эс.год}} T_{\text{сл}}}, \quad (37)$$

где I – издержки обслуживания СЭС, принимаемые равными 0,5 % от K , руб./год;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы солнечной панели, год.

Себестоимость электроэнергии в зависимости от типа панелей представлена в таблице 36.

Себестоимость электроэнергии от комбинированной солнечно-дизельной системы, руб/кВт·ч:

$$C_{\text{комб}} = \frac{W_{\text{эс.год}} C_{\text{эс}} + 0,33 \text{Ц}_{\text{дт}} (W_{\text{н.г}} - W_{\text{эс.год}})}{W_{\text{н.г}}}, \quad (38)$$

где $\text{Ц}_{\text{дт}}$ – цена дизельного топлива, равная 50 руб./л.

Себестоимость электроэнергии от комбинированной солнечно-дизельной системы в зависимости от типа панелей представлена в таблице 37.

Срок окупаемости проекта, год, выражается по:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{W_{\text{эс.год}} (0,33 \text{Ц}_{\text{дт}} - C_{\text{эс}})}. \quad (38)$$

Срок окупаемости проекта в зависимости от типа панелей представлен в таблице 38.

Таблица 35 – Капиталовложения в солнечную станцию в зависимости от типа панелей

Тип	$n_{\text{сп}}$	$\text{Ц}_{\text{сп1}}$, руб	$n_{\text{реп}}$	$\text{Ц}_{\text{реп1}}$, руб	$\text{Ц}_{\text{реп}}$, руб	К, руб
Монокристалл.	68	11 960	2 (5; 30-60)	16 800	264 114	1 077 394
			2 (9; 30-60)	30 517		
Поликристалл.		9 520	2 (10; 30-60)	44 320		911 474
			2 (10; 15-30)	40 420		

Таблица 36 – Себестоимость электроэнергии в зависимости от типа панелей

Тип	К, руб	И, руб/год	$T_{\text{сп}}$, год	$W_{\text{эс.год}}$, кВт·ч	$C_{\text{эс}}$, руб/кВт·ч
Монокристалл.	1 077 394	5 386,97	30	8 768,556	4,71
Поликристалл.	911 474	4 557,37	30	8 627,915	4,05

Таблица 37 – Себестоимость электроэнергии от комбинированной солнечно-дизельной системы в зависимости от типа панелей

Тип	$W_{\text{н.г}}$, кВт·ч	$W_{\text{эс.год}}$, кВт·ч	$\text{Ц}_{\text{дт}}$, руб/л	$C_{\text{эс}}$, руб/кВт·ч	$C_{\text{комб}}$, руб/кВт·ч
Монокристалл.	27 589,3	8 768,556	50	4,71	12,75
Поликристалл.		8 627,915		4,05	12,61

Таблица 38 – Срок окупаемости в зависимости от типа панелей

Тип	К, руб	$W_{\text{эс.год}}$, кВт·ч	$\text{Ц}_{\text{дт}}$, руб/л	$C_{\text{эс}}$, руб/кВт·ч	$T_{\text{ок}}$, год
Монокристалл.	1 077 394	8 768,556	50	4,71	10,59
Поликристалл.	911 474	8 627,915		4,05	8,49

4.1.5 Сравнение систем автономного электроснабжения на базе монокристаллических и поликристаллических панелей

На рисунке 16 представлены графики выработки электроэнергии монокристаллическими (слева) и поликристаллическими (справа) солнечными панелями в марте, июне, сентябре и декабре.

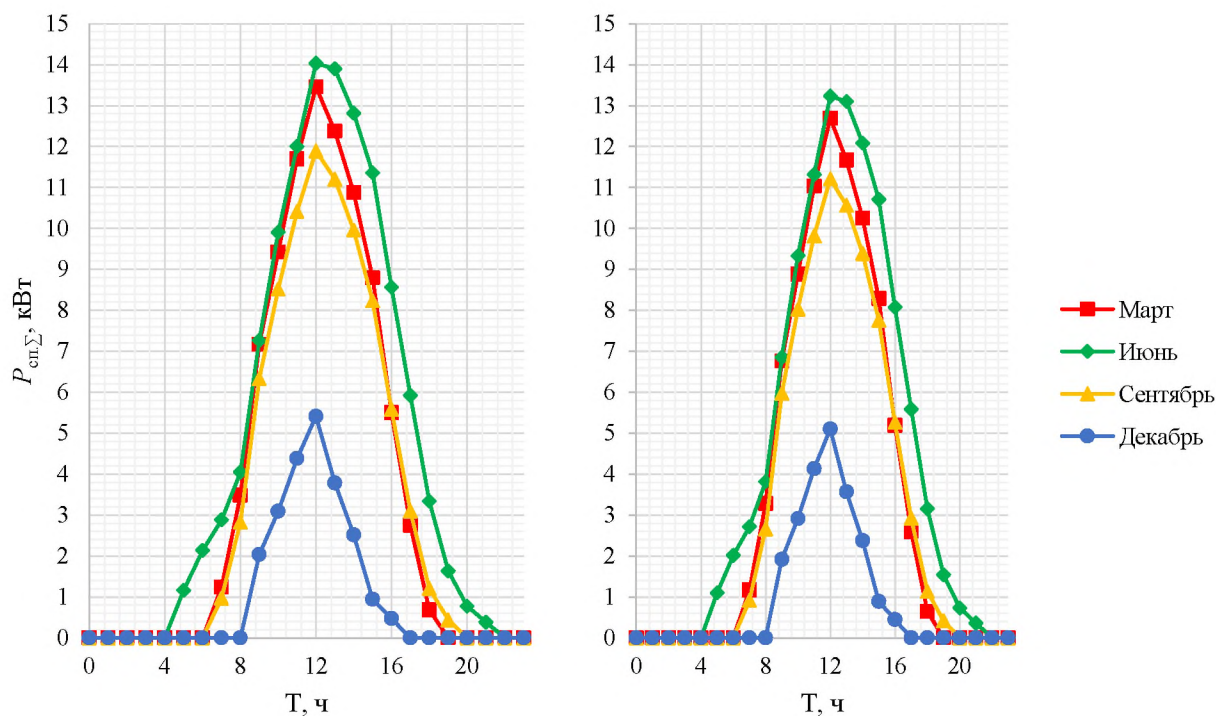


Рисунок 16 – Графики выработки электроэнергии монокристаллическими (слева) и поликристаллическими (справа) солнечными панелями

На рисунке 17 представлены графики покрытия нагрузки выработкой электроэнергии монокристаллическими и поликристаллическими солнечными панелями в марте.

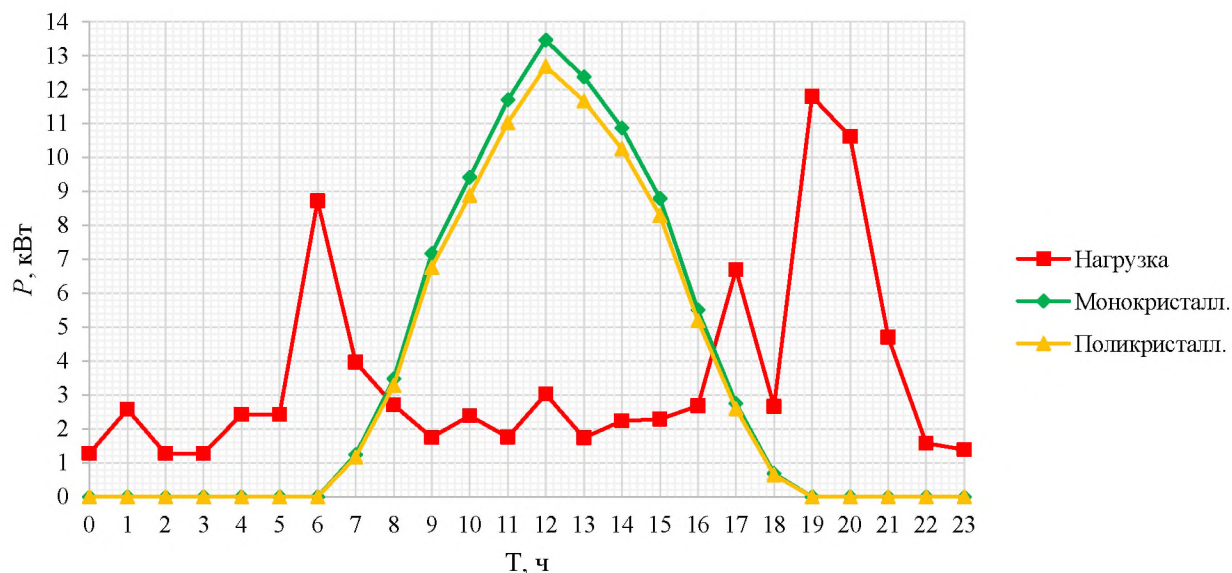


Рисунок 17 – Графики покрытия нагрузки выработкой монокристаллическими и поликристаллическими солнечными панелями в марте

На рисунке 18 представлены графики покрытия нагрузки выработкой электроэнергии монокристаллическими и поликристаллическими солнечными панелями в июне.

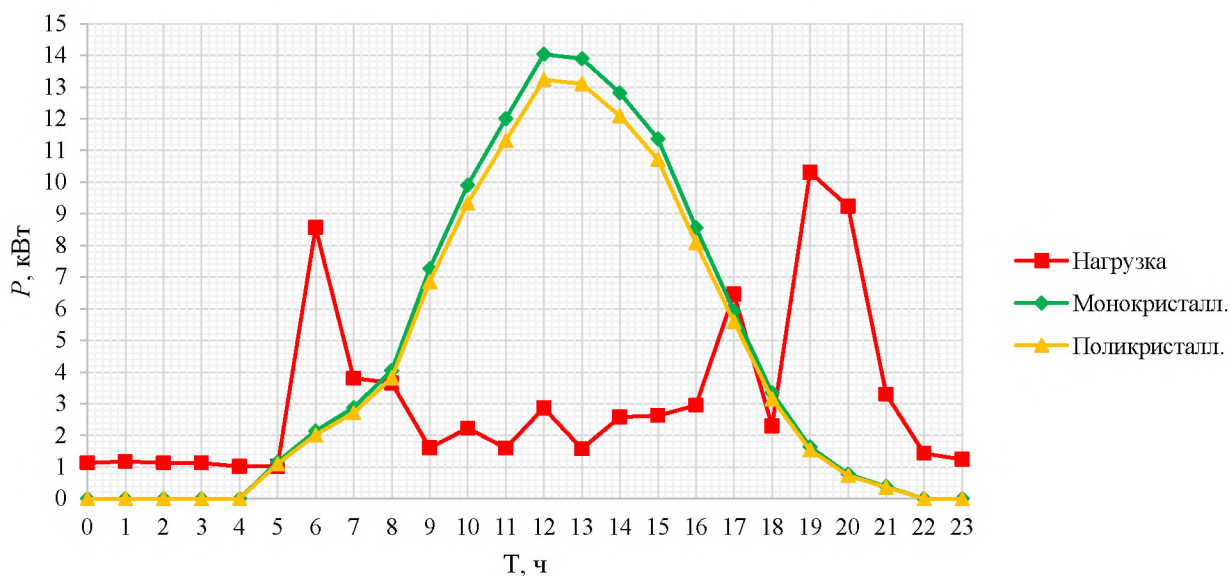


Рисунок 18 – Графики покрытия нагрузки выработкой монокристаллическими и поликристаллическими солнечными панелями в июне

На рисунке 19 представлены графики покрытия нагрузки выработкой электроэнергии монокристаллическими и поликристаллическими солнечными панелями в сентябре.

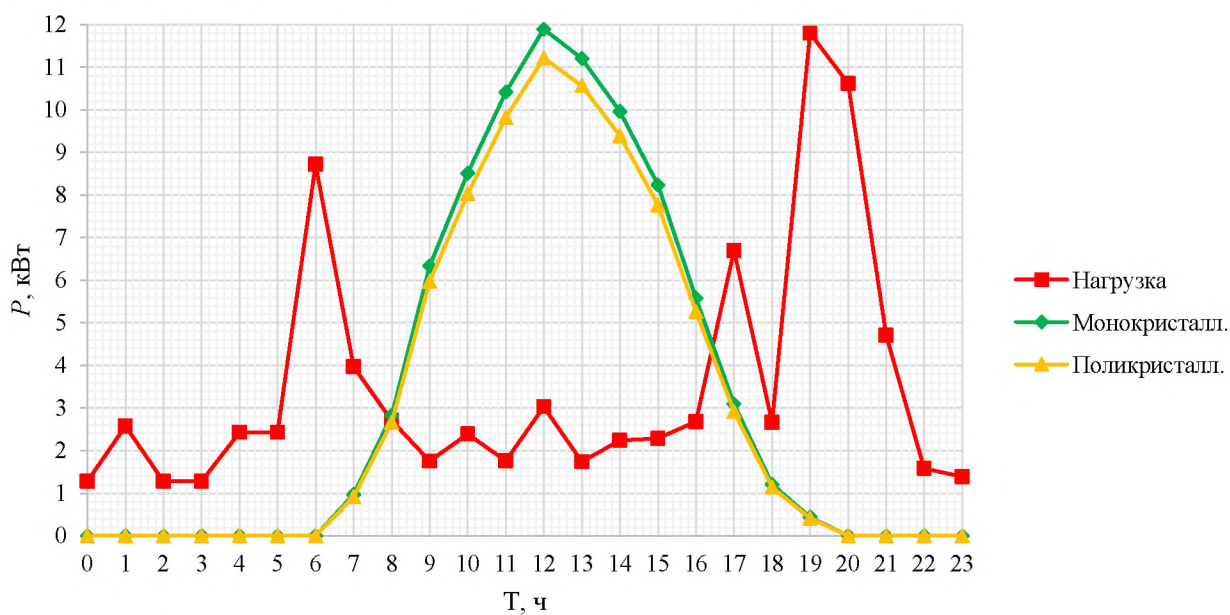


Рисунок 19 – Графики покрытия нагрузки выработкой монокристаллическими и поликристаллическими солнечными панелями в сентябре

На рисунке 20 представлены графики покрытия нагрузки выработкой электроэнергии монокристаллическими и поликристаллическими солнечными панелями в декабре.

На рисунке 21 представлены графики выработки электроэнергии солнечной станции на базе монокристаллических (слева) и поликристаллических (справа) солнечных панелей в марте, июне, сентябре и декабре.

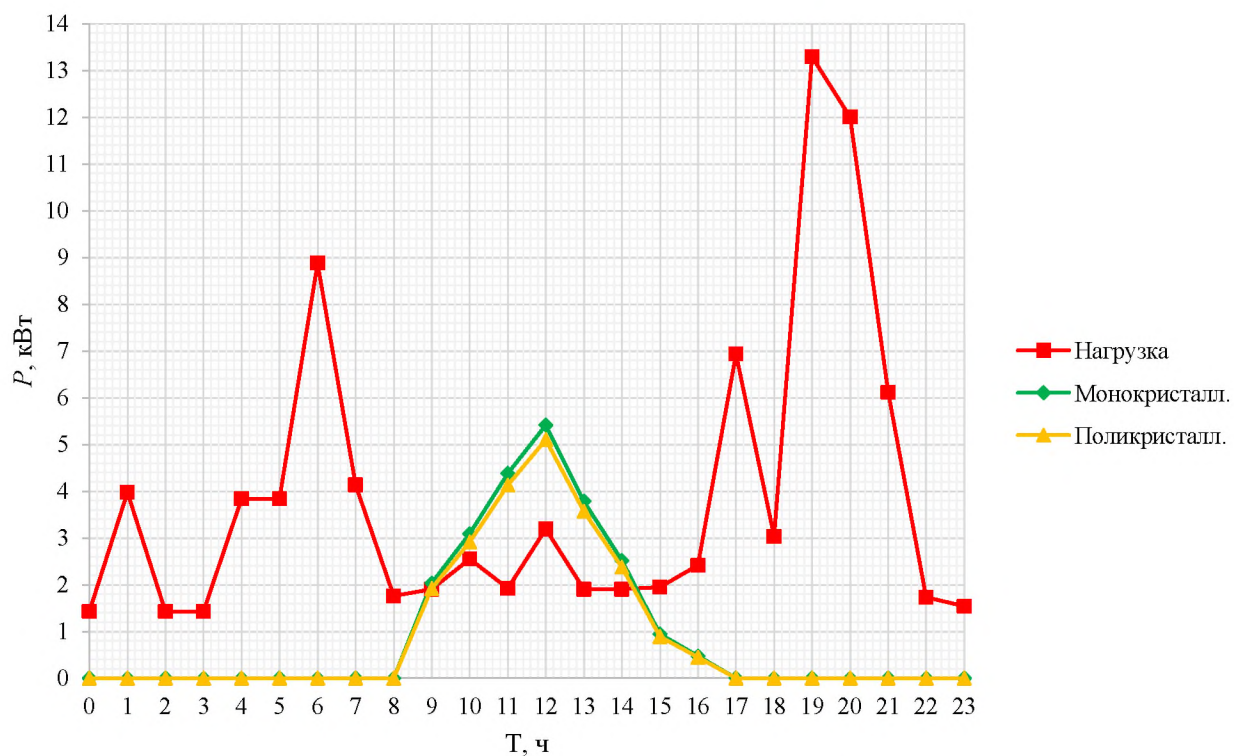


Рисунок 20 – Графики покрытия нагрузки выработкой монокристаллическими и поликристаллическими солнечными панелями в декабре

На рисунке 22 представлены технико-экономические показатели в зависимости от типа солнечных панелей.

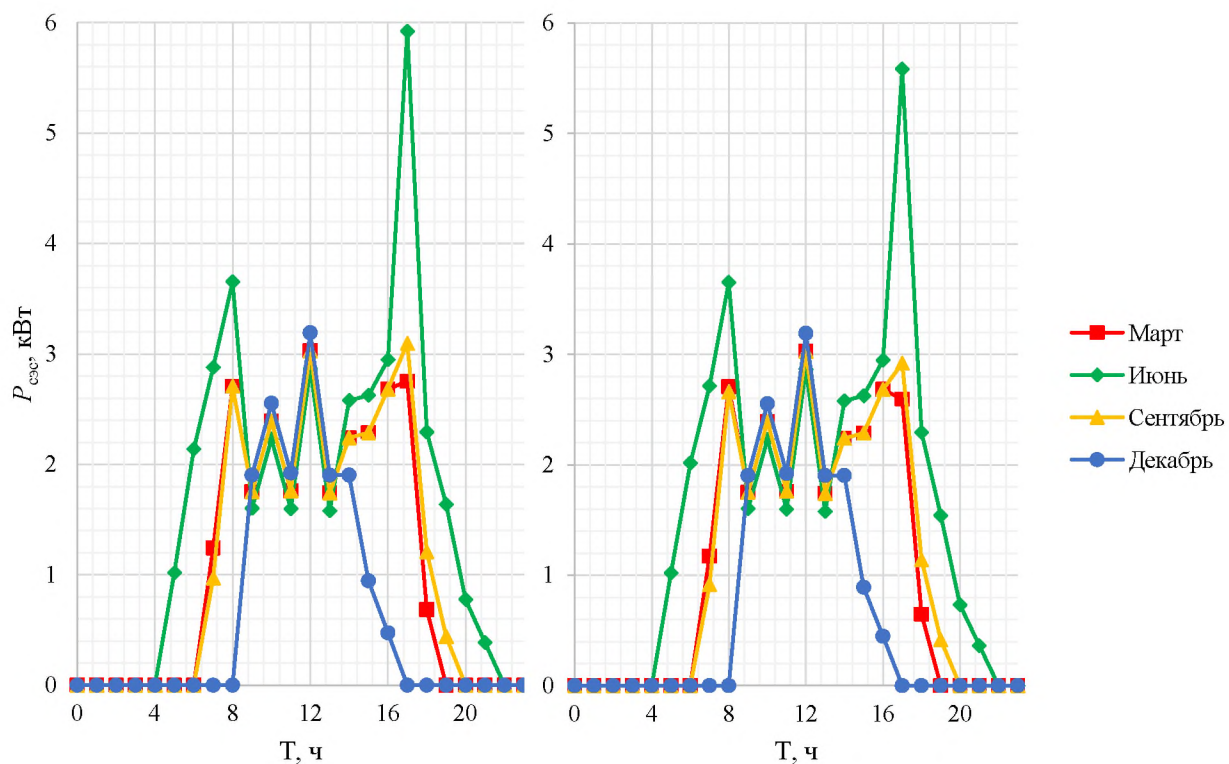


Рисунок 21 – Графики выработки электроэнергии солнечной станцией на базе монокристаллических (слева) и поликристаллических (справа) солнечных панелей

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

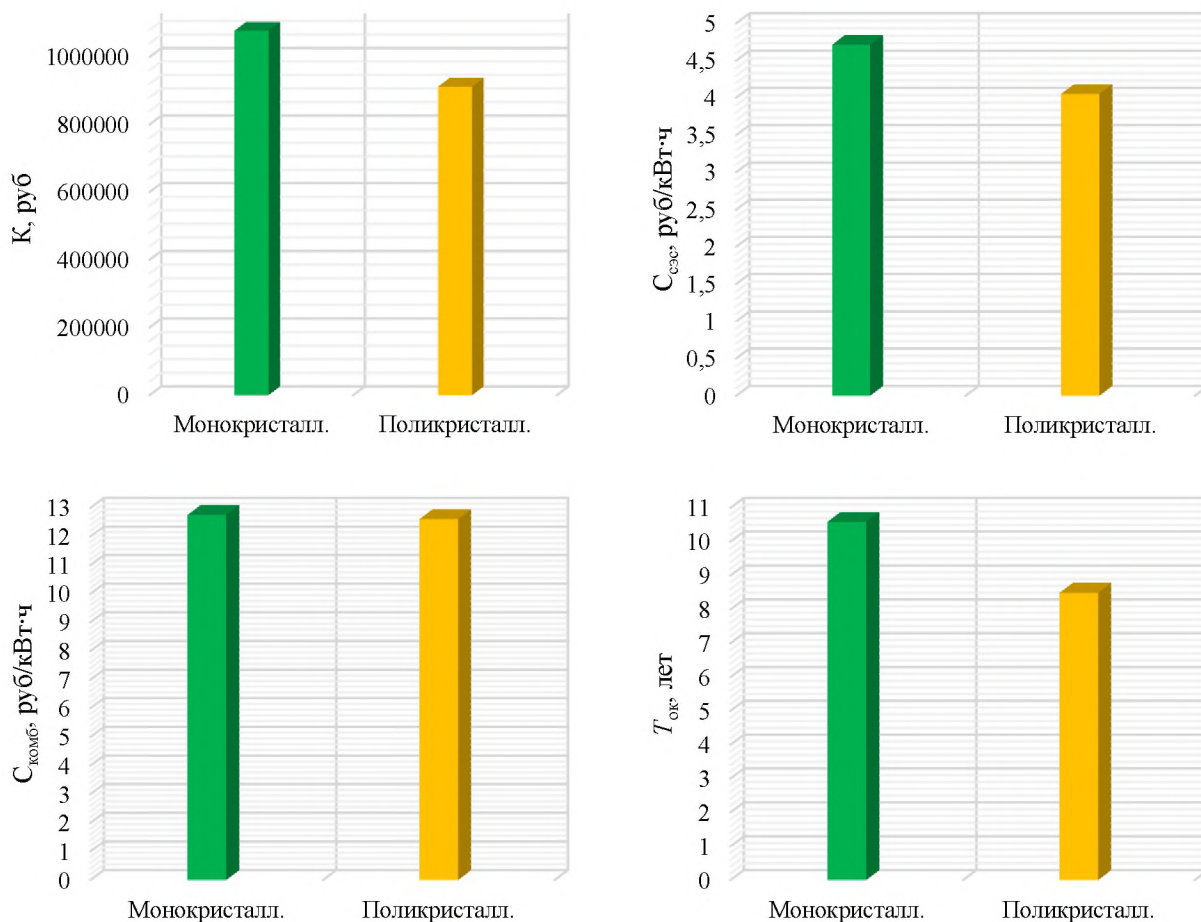


Рисунок 22 – Техничко-экономические показатели в зависимости от типа солнечных панелей

Хоть выработка солнечной электрической станции на базе монокристаллических панелей больше, чем у аналогичной на базе поликристаллических панелей, по технико-экономическим показателям она является явным аутсайдером, в связи с чем окончательно выбираем поликристаллические солнечные панели *SilaSolar 330 Вт PERC (5BB)*.

Солнечная батарея *SilaSolar 330 Вт PERC (5BB)* состоит из ячеек поликристаллического кремния (*5 busbar*), произведённых по технологии *PERC*.

Под термином *PERC* подразумевается солнечный элемент с технологией пассивации задней поверхности кремниевой пластины. *PERC (Passivated Emitter Rear Cell)* расшифровывается как пассивированный эмиттер заднего контакта и означает диэлектрический слой на задней части *PERC* солнечного элемента.

4.2 Выбор инвертора

Выбор инвертора будет осуществляться из условия:

$$P_{\text{инв. max}}^{\text{сп}} \geq P_{\text{сп. } \Sigma}^{\text{max}}, \quad (31)$$

где $P_{инв.маx}^{сп}$ – максимальная мощность подключаемых солнечных батарей, кВт;
 $P_{сп.Σ}^{max}$ – максимальная суточная суммарная выработка электроэнергии, при использовании монокристаллических солнечных панелей равная 14,111 кВт, а при использовании поликристаллических – 13,305 кВт.

На основе этого условия выбирается система инверторов *SILA-M* 20кВт, состоящая из трёх однофазных гибридных инверторов *SILA 5000M*, с максимальной мощностью солнечных батарей 15 кВт стоимостью 268 592 рублей [9]. Параметры инвертора представлены в приложении 3.

Инвертор *SILA-M* 20кВт обладает следующими особенностями:

- чистая синусоида на выходе;
- микропроцессорное управление;
- встроенный контроллер заряда;
- несколько режимов работы: параллельно с сетью, автономно, параллельно с сетью в режиме резервного источника питания;
- большой жидкокристаллический дисплей отображает всю основную информацию о работе системы солнечного электроснабжения;
- возможность соединения с компьютером для настройки и мониторинга работы системы электроснабжения;
- регулировка зарядного тока;
- настройка нижнего и верхнего порога зарядки аккумуляторов;
- выход для управления внешними устройствами (такими как генераторы).

4.3 Выбор дизельного генератора

Дизельный генератор обладает следующими особенностями перед генераторами на других типах топлива:

- большой ресурс;
- минимальные требования к хранению и использованию топлива;
- в сравнении с бензиновыми генераторами меньшей стоимостью топлива;
- в сравнении с газовыми генераторами: высоким уровнем безопасности, так как газ может взорваться, из-за чего его нужно хранить и эксплуатировать при особых условиях, отсутствием необходимости оборудования помещения датчиком утечки газа, а также возможностью запуска при низких температурах при определённых условиях,
- большой вес, что компенсируется невостребованностью частых переносов;
- невозможность включения при низких температурах – при работе зимой в неотапливаемых помещениях требуется подогрев топлива, что компенсируется хранением топлива в прогреваемом помещении;
- повышенный уровень шума, компенсируется местом расположения (гараж) и условиями использования (аварийные ситуации).
- большой расход топлива, что компенсируется его относительной дешевизной и условиями использования (аварийные ситуации).

Дизельный генератор выбирается из условия, что он должен полностью покрывать наибольший максимум суточной нагрузки, который приходится на декабрь и равен 13,292 кВт, не превышать номинальную мощность инвертора, равную 20 кВт, а также иметь запас мощности 10 – 20%. Условием удовлетворяет генератор типа ТСС АД-16С-Т400-1РМ11 компании ООО «МегаВатт» основной мощностью 16 кВт с двигателем *TSS Diesel TDK 22 4LT*, который стоит 297 312 рублей [11]. Параметры представлены в приложении И.

Минимальный запас мощности составляет:

$$\delta_{\text{зап}} \geq \frac{P_{\text{ном}} - P_{\text{макс}}}{P_{\text{ном}}} \cdot 100 = \frac{16 - 13,292}{16} \cdot 100 = 16,925 \%$$

4.4 Выбор аккумуляторных батарей

Аккумуляторные батареи выбирается из условия, что она должна покрывать ночное потребление зимой в период с 23 до 5 часов, составляющее 17,469 кВт·ч.

Ёмкость АКБ, А·ч, выбирается исходя из условия:

$$C_{\text{АКБ}} \geq C_{\text{АКБ.треб}} = \frac{W_{\text{н.23-5}}}{U_{\text{ном.АКБ}} \eta_{\text{АКБ}}}, \quad (32)$$

где $C_{\text{АКБ.треб}}$ – требуемая ёмкость АКБ, А·ч;

$\eta_{\text{АКБ}}$ – эффективность АКБ, принимаемая равной 0,7 о.е.;

$U_{\text{ном.АКБ}}$ – номинальное напряжение АКБ, принимаемое равным 12 В.

Требуемая ёмкость АКБ равняется:

$$C_{\text{АКБ.треб}} = \frac{17,469 \cdot 10^3}{12 \cdot 0,7} = 2079,6 \text{ А·ч.}$$

Необходимую ёмкость набираем АКБ *SunStonePower MLG12-200* стоимостью 25 960 [9] рублей, параметры которого приведены в приложении И. Необходимое количество, которое должно быть кратно 4 при входном напряжении инверторов для связи с АКБ 48 В, будет находиться из условия:

$$n_{\text{АКБ}} \geq n_{\text{АКБ.треб}} = \frac{C_{\text{АКБ.треб}}}{C_{\text{АКБ.ном}}}, \quad (33)$$

где $n_{\text{АКБ.треб}}$ – требуемое количество АКБ;

$C_{\text{АКБ.ном}}$ – номинальная ёмкость АКБ.

Требуемое количество АКБ составляет:

$$n_{\text{АКБ.треб}} = \frac{2079,6}{200} = 10,398,$$

исходя из чего необходимое количество АКБ составляет 12 единиц.

Общая ёмкость АКБ, А·ч, определяется по:

$$C_{\text{АКБ}} = n_{\text{АКБ}} C_{\text{АКБ.ном}}, \quad (34)$$

и равняется:

$$C_{\text{АКБ}} = 12 \cdot 200 = 2400 \text{ А}\cdot\text{ч},$$

что соответствует условию (32).

Гелевый тяговый аккумулятор *SunStonePower MLG 200Ач 12В* зарекомендовал себя как надёжный аккумулятор для систем резервного электроснабжения и для работы в системах электропитания на солнечных батареях.

Особенности и преимущества:

- полностью герметичная конструкция, утечка электролита невозможна;
- предназначен для глубоких разрядов;
- система внутренней рекомбинации газа, нет необходимости в доливе воды;
- нет ограничений на перевозку воздушным, железнодорожным или автотранспортом;
- соответствие требованиям *UL*;
- эксплуатация в любом положении;
- легированные кальцием свинцовые пластины обеспечивают высокую плотность энергии;
- легированные кальцием свинцовые пластины обеспечивают высокую плотность энергии;
- низкий саморазряд.

5 Структурная схема

На рисунке 23 представлена структурная схема системы электроснабжения.

Солнечные панели СП используются для автономного электроснабжения. Аккумуляторные батареи АКБ аккумулируют излишки вырабатываемой электроэнергии, и отдают запасённую электроэнергию при её дефиците.

Дизельный генератор является резервом.

Для защиты от перегрузки и токов короткого замыкания будут использоваться автоматические выключатели.

Для защиты от токов утечки будут использоваться устройства защитного отключения (УЗО).

От энергосистемы мощностью 200 МВА к счётчику электроэнергии,

					СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата		55

предоставляемому поставщиком электроэнергии, подводится четырёхжильный кабель 3L+PEN.

По данной структурной схеме была составлена электрическая схема.

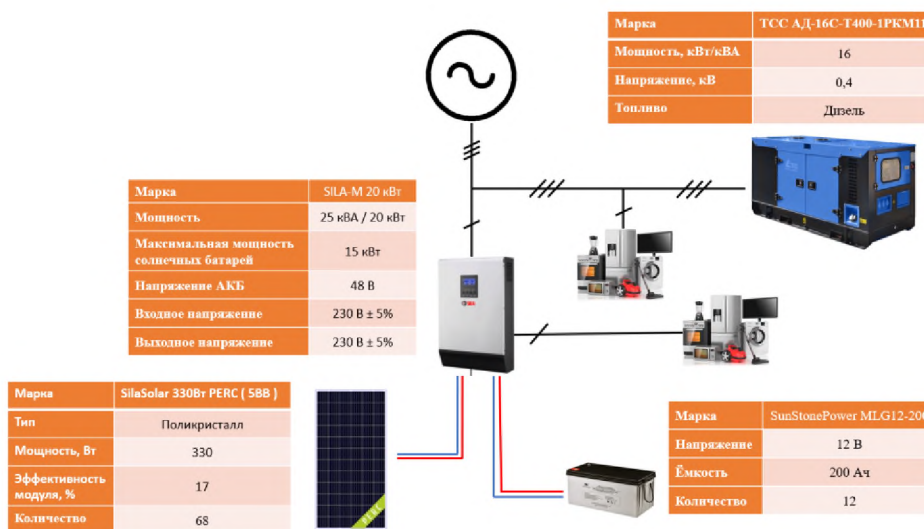


Рисунок 23 – Структурная схема системы электроснабжения

6 Выбор проводов

Провода выбираются из условия:

$$I_{\text{доп}} \geq I'_p = k_{\text{зап}} I_p = k_{\text{зап}} \frac{S}{\sqrt{3}U} \cdot 1000, \quad (35)$$

где $I_{\text{доп}}$ – длительно допустимый через провод, в данном условии зависящий от количества жил, А, по п. 1.2.10 ПУЭ;

I'_p – расчётный ток нагрузки с учётом коэффициента запаса, А, для цепей постоянного тока принимаемый равным максимальному току заряда одного инвертора;

$k_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса, который берётся из диапазона 1,1–1,3 о.е.;

I_p – расчётный ток нагрузки, А;

P – пропускная способность инвертора или активная мощность нагрузки, кВт;

$\sqrt{3}$ применяется для трёхфазных систем (энергосистема и генератор);

U – номинальное напряжение, В.

При прокладке нескольких проводов в одном канале они выбираются из условия:

$$I_{\text{доп}} = k_{\text{попр}} I_{\text{доп}}^{\text{откр}} \geq I'_p, \quad (36)$$

где $k_{\text{попр}}$ – коэффициент поправки, зависящий от количества проводов в канале электропроводки;

$I_{доп}^{откр}$ – длительно допустимый ток через провод при открытой прокладке, А;

Провода выбираются с медными жилами. Минимальное сечение медной жилы при стационарной прокладке равняется 1,0 мм² по п. 2.1.1 ПУЭ.

В таблице 39 представлен выбор проводов. Провода берётся по [12]

Таблица 39 – Выбор проводов

Элемент	P, кВт	U, В	I _p , А	k _{зап}	I' _p , А	Кол-во жил	В одном канале	F, мм ²	I _{доп} , А	Марка		
в цепях QFD												
UZ1	6,667	230	28,99	1,0	28,99	3	6	6,0	34,00	ВВГ-Пнг 3x6		
UZ2	6,667		28,99	1,0	28,99		6	6,0	34,00	ВВГ-Пнг 3x6		
UZ3	6,667		28,99	1,0	28,99		6	6,0	34,00	ВВГ-Пнг 3x6		
BL1Д1	6,000		26,09	1,0	26,09		4	6,0	34,00	ВВГ-Пнг 3x6		
BL1Д2	5,000		21,74	1,1	23,91		7	4,0	25,83	ПВС 3x4		
BL2Д1	3,500		15,22	1,0	15,22		7	2,5	18,90	ВВГ-Пнг 3x2,5		
BL2Д2	1,800		7,83	1,0	7,83		7	1,0	10,71	ПВС 3x1,0		
BL2Д3	2,300		10,00	1,0	10,00		7	1,0	10,71	ПВС 3x1,0		
BL2X	3,500		15,22	1,0	15,22		5	4,0	27,88	ПВС 3x4		
BL3X1	3,500		15,22	1,0	15,22		5	4,0	27,88	ПВС 3x4		
BL3X2	6,000		36,96	1,2	44,35		5	6,0	34,00	ПВС 3x4		
BL3X3	2,500		10,87	1,2	13,04		5	2,5	17,68	ВВГ-Пнг 3x2,5		
L1Д1.1	2,500		10,87	1,0	10,87		4	1,0	14,00	ПВС 3x1,0		
L1Д4.1	0,425		1,85	1,0	1,85		7	1,0	10,20	ПВС 3x1,0		
L3X3.1	2,500		10,87	1,0	10,87		1	1,0	14,00	ПВС 3x1,0		
в цепях QF												
UZ1	6,667	230	28,99	1,00	28,99	3	6	6,0	34,00	ВВГ-Пнг 3x6		
UZ2	6,667		28,99	1,00	28,99		6	6,0	34,00	ВВГ-Пнг 3x6		
UZ3	6,667		28,99	1,00	28,99		6	6,0	34,00	ВВГ-Пнг 3x6		
L1В	0,132		0,57	1,0	0,57		2	1,0	14,00	ПВС 3x1,0		
L1ДО	0,474		2,06	1,1	2,27		7	1,0	10,71	ПВС 3x1,0		
L1Д10	0,036		0,16	1,1	0,17		4	1,0	14,00	ПВС 3x1,0		
L1Д1.2	0,573		2,49	1,1	2,74		4	1,0	14,00	ПВС 3x1,0		
L1Д2	7,041		30,61	1,0	30,61		2	10,0	34	ВВГ-Пнг 3x6		
L1Д3	4,265		18,54	1,2	22,25		7	4,0	25,83	ПВС 3x4		
L1Д4.2	2,638		11,47	1,1	12,62		7	1,5	14,49	ВВГ-Пнг 3x1,5		
L1Д5	3,814		16,58	1,2	19,90		7	4,0	25,83	ПВС 3x4		
L1Д6	3,866		16,81	1,2	20,17		7	4,0	25,83	ПВС 3x4		
L2ДО	0,402		1,75	1,1	1,92		7	1,0	10,71	ПВС 3x1,0		
L2Д1	4,253		18,49	1,2	22,19		7	4,0	25,83	ПВС 3x4		
L2Д2.1	6,00		26,09	1,2	31,30		7	6,0	31,50	ВВГ-Пнг 3x6		
L2Д2.2	4,71		20,47	1,2	24,56		7	6,0	31,50	ВВГ-Пнг 3x6		
L3ХО1	0,108		0,47	1,1	0,52		4	1,0	14,00	ПВС 3x1,0		
L3X1	1,5		6,52	1,2	7,83		4	1,0	14,00	ПВС 3x1,0		
L3X2	5,638		24,51	1,2	29,42		4	6,0	34,00	ВВГ-Пнг 3x6		
L3ХО2	0,468		2,03	1,1	2,24		4	1,0	14,00	ПВС 3x1,0		
L3X3.2	2,15		9,35	1,3	12,15		3	1,0	14,00	ПВС 3x1,0		
L3X4	6,058		26,34	1,2	31,61		4	6,0	34,00	ВВГ-Пнг 3x6		
L3X5	7,054		30,67	1,0	30,67		4	6,0	34,00	ВВГ-Пнг 3x6		
в цепях QS и F												
GS	20		400	28,87	1,0		28,87	4	1	2,5	49,00	ПвВ 4x16
G	18			25,40	1,0		25,40		1	1,5	27,00	ПвВ 4x10
1	-		48	100,0	1,0		100,0	1	6	35,0	115,60	КГтп 1x35
2	-			100,0	1,0		100,0			35,0	115,60	КГтп 1x35
3	-			100,0	1,0		100,0			35,0	115,60	КГтп 1x35
4				100,0	1,0		100,0			35,0	115,60	КГтп 1x35
5		100,0		1,0	100,0	35,0	115,60			КГтп 1x35		
6		100,0		1,0	100,0	35,0	115,60			КГтп 1x35		

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

7 Токи короткого замыкания

Токи короткого замыкания будут рассчитываться в двух точках: на выводах группы солнечных панелей (К-1), электрическая схема которой представлена на рисунке 24, и за автоматическими выключателями, присоединяемым к вводной шине (К-2), при питании от энергосистемы, электрическая схема чего представлена на рисунке 26.

Короткое замыкание в точке К-1 питается только от солнечных панелей. Инвертор со своей стороны ограничивает токи от других источников питания.

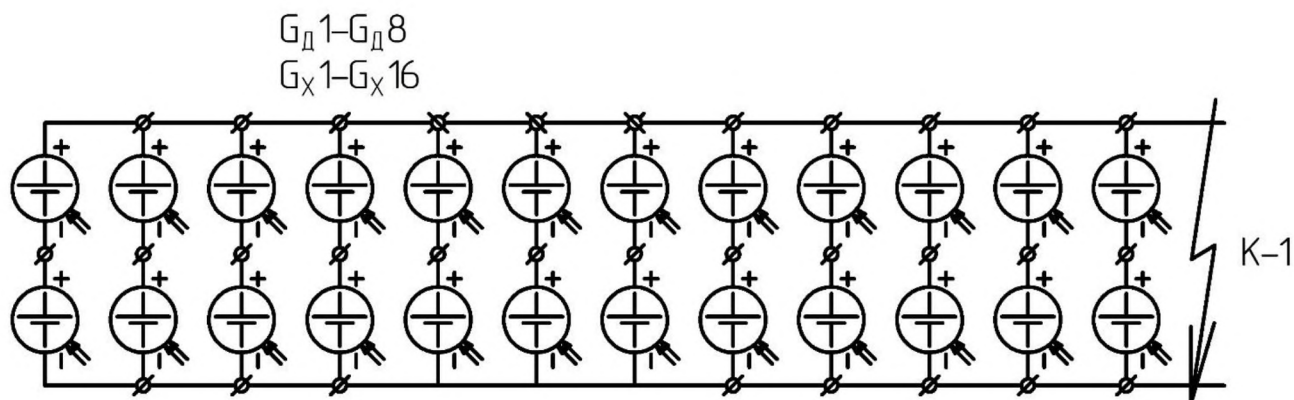


Рисунок 24 – Электрическая схема группы солнечных панелей

Солнечные панели являются источниками тока. Ток короткого замыкания солнечной представлен в паспортных данных и составляет 9,57 А.

Схема замещения короткого замыкания в точке К-1 представлена на рисунке 25.

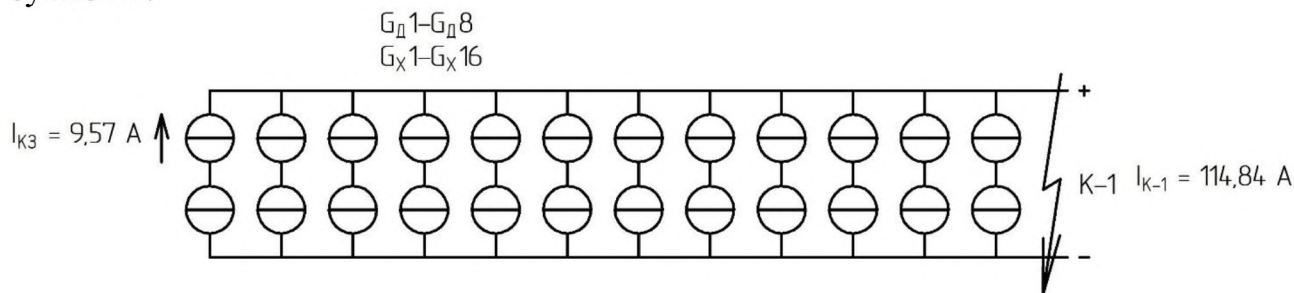


Рисунок 25 – Схема замещения группы солнечных панелей.

Ток короткого замыкания в точке К-1 равен 114,84 А.

Исходные данные для расчёта тока короткого замыкания в точке К-2:

1) энергосистема GS :

– мощность S_{GS} : 200 МВА,

– номинальное напряжение $U_{ном}$: 400 В,

– индуктивное сопротивление x_{GS} : 0,267 мОм;

2) кабельная линия KL_{GS} :

– марка: ПвВ 4х16,

– удельное активное сопротивление $r_{уд}$: 2,4 мОм/м,

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

- удельное индуктивное сопротивление $x_{уд}$: 0,084 мОм/м,
 - длина: 5,175 м (от центра веранды до восточной границы участка),
 - активное сопротивление жилы $r_{ж}$: 12,42 мОм;
 - индуктивное сопротивление жилы $x_{ж}$: 0,435 мОм;
- 3) активное сопротивление полюса активного выключателя r_{1QFD} : 50 мОм.
 Сопротивлениями рубильника и предохранителей пренебрегаем.

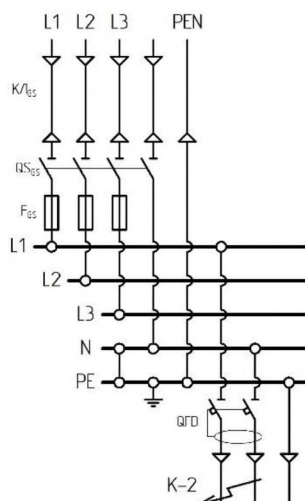


Рисунок 26 – Электрическая схема короткого замыкания в точке К-2

Для упрощения расчётов пренебрегаем тем, что это однофазное замыкание на землю.

Вычисление периодической составляющей тока в начальный момент времени проводилось при помощи электронной вычислительной машины в программе *MATLAB 2014a*. Схема представлена на рисунке 27.

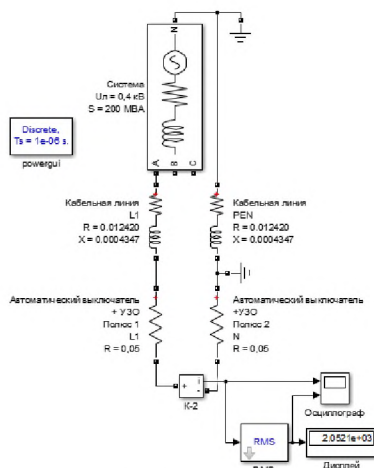


Рисунок 27 – Схема вычисления

Периодическая составляющая тока короткого замыкания в начальный момент времени $I_{п0}^{K-2}$ равна 2,052 кА.

Ударный коэффициент равен:

$$k_{уд} = 1 + e^{\frac{x_{GS} + x_{ж}}{2 \cdot 50 \cdot \pi (r_{ж} + I_{1QFD})}} = 1 + e^{\frac{0,267 + 0,435}{2 \cdot 50 \cdot \pi (12,42 + 50)}} = 2,0,$$

Ударный ток равен:

$$i_{уд} = \sqrt{2} I_{п0} k_{уд} = \sqrt{2} \cdot 2,052 \cdot 2,0 = 5,804 \text{ кА.}$$

8 Выбор коммутационной аппаратуры, предохранителей и шин

Автоматические выключатели в сети 0,23 кВ выбираются:

– по номинальному току:

$$I'_p \leq I_{ном.QF} \leq I_{доп}, \quad (37)$$

где $I_{ном.QF}$ – номинальный ток автоматического выключателя, А.

– по номинальной отключающей способности, кА:

$$I_{откл.ном} \geq i_{уд}. \quad (38)$$

При этом автоматические выключатели выбираются ближайшим номиналом к $I_{доп}$.

Автоматические выключатели будут выбираться типоразмера $S 200$ с номинальной отключающей способностью 6 кА.

УЗО выбирается:

– по номинальному току, А:

$$I_{ном.QD} \geq I_{ном.QF}; \quad (39)$$

– по номинальному дифференциальному отключающему току, мА:

$$\Delta I_{ном} \geq 3\Delta I = 3(0,4I'_p + 0,01L_{пр}), \quad (40)$$

где ΔI – ток утечки, мА;

L – длина фазного проводника, м.

Будут выбираться устройства УЗО типоразмера $DDA202 A$, объединяемые на месте монтажа с автоматическими выключателями типоразмера $S 200$.

Для повышения уровня защиты от возгорания при замыканиях на заземлённые части будут использоваться УЗО с током срабатывания 100 мА.

В групповых сетях, питающих штепсельные розетки, будут устанавливаться УЗО с номинальным током срабатывания не более 30 мА.

Рубильники и предохранители выбираются из условия:

$$I_{\text{ном. QS/F}} \geq I_{\text{доп}} \quad (41)$$

Рубильники в цепи энергосистемы и в цепях постоянного тока будут выбираться с встраиваемыми предохранителями.

Шины выбираются по количеству кабельных выводов и исходя из условия:

$$I_{\text{ном}} \geq I'_{\text{р. макс}} \quad (40)$$

Цены на шины берётся по [16]

Вся коммутационная аппаратура и предохранители выбираются номинальным напряжением не меньше 230 кВ, в том числе и в цепях постоянного тока.

В таблице 40 представлен расчёт токов утечки. Для приблизительного представления длин проводов была составлена топология каналов электропроводки, представленная на рисунке 28.

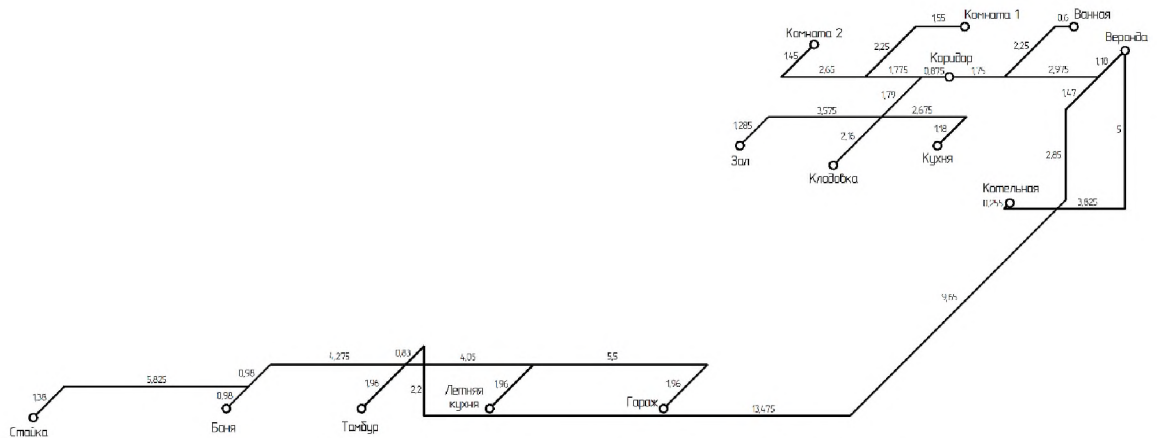


Рисунок 28 – Топология каналов электропроводки

Таблица 40 – Расчёт токов утечки в выбор номиналов дифференциальных отключающих токов

В цепи элемента	$I'_{\text{р}}, \text{A}$	$L_{\text{пр}}, \text{м}$	$\Delta I, \text{мА}$	$3\Delta I, \text{мА}$	$\Delta I_{\text{ном}}, \text{мА}$
UZ1	36,23	103,5	15,53	46,58	100
UZ2	36,23	61,7	15,11	45,33	100
UZ3	36,23	106,7	15,56	46,68	100
VL1Д1	26,09	9,1	10,53	31,58	30
VL1Д2	23,91	16,5	9,73	29,19	30
VL2Д1	15,22	12,4	6,21	18,63	30
VL2Д2	7,83	12,4	3,25	9,76	10
VL2Д3	10,00	12,4	4,12	12,37	30
VL2X	15,22	37,7	6,46	19,39	30
VL3X1	15,22	37,9	6,47	19,40	30
VL3X2	26,09	45,1	10,89	32,66	100
VL3X3	13,04	33,6	5,55	16,66	30
L1Д1.1	10,87	9,1	4,44	13,32	30
L1Д4.1	1,85	7,0	0,81	2,43	10
L3X3.1	10,87	3,0	4,38	13,13	30

Выбор коммутационной аппаратуры и предохранителей представлен в таблице 41. Используемое оборудование изготавливается корпорацией ABB [13][14]

Таблица 41 – Выбор коммутационной аппаратуры и предохранителей

Элемент	I'_p, A	$I_{доп}, A$	Маркировка	$I_{ном}, A$
<i>QFD</i>				
UZ1	28,99	34,00	S 201-C 32 NA	32
			DDA202 A S-40/0,1	40
UZ2	28,99	34,00	S 201-C 32 NA	32
			DDA202 A S-40/0,1	40
UZ3	28,99	34,00	S 201-C 32 NA	32
			DDA202 A S-40/0,1	40
BL1Д1	26,09	34,00	S 201-B 32 NA	32
			DDA202 A-40/0,03	40
BL1Д2	23,91	25,83	S 201-B 25 NA	25
			DDA202 A-25/0,03	25
BL2Д1	15,22	18,90	S 201-B 16 NA	16
			DDA202 A-25/0,03	25
BL2Д2	7,83	10,71	S 201-B 10 NA	10
			DDA202 A-25/0,01	25
BL2Д3	10,00	10,71	S 201-B 10 NA	10
			DDA202 A-25/0,03	25
BL2X	15,22	27,88	S 201-B 25 NA	25
			DDA202 A-25/0,03	25
BL3X1	15,22	27,88	S 201-B 25 NA	25
			DDA202 A-25/0,03	25
BL3X2	26,09	34,00	S 201-D 32 NA	32
			DDA202 A-40/0,1	40
BL3X3	13,04	17,68	S 201-B 16 NA	16
			DDA202 A-25/0,03	25
L1Д1.1	10,87	14,00	S 201-B 13 NA	13
			DDA202 A-25/0,03	25
L1Д4.1	1,85	10,20	S 201-B 10 NA	10
			DDA202 A-25/0,01	25
L3X3.1	10,87	14,00	S 201-B 13 NA	13
			DDA202 A-25/0,03	25
<i>QF</i>				
UZ1	28,99	34,00	S 201-C 32 NA	32
UZ2	28,99	34,00	S 201-C 32 NA	32
UZ3	28,99	34,00	S 201-C 32 NA	32
L1B	0,57	14,00	S 201-B 13 NA	13
L1ДО	2,27	10,71	S 201-B 10 NA	10
L1Д10	0,17	14,00	S 201-B 13 NA	13
L1Д1.2	2,74	14,00	S 201-B 13 NA	13
L1Д2	30,61	34,00	S 201-B 32 NA	32
L1Д3	22,25	25,83	S 201-B 25 NA	25
L1Д4.2	12,62	14,49	S 201-B 13 NA	13
L1Д5	19,90	25,83	S 201-B 25 NA	25
L1Д6	20,17	25,83	S 201-B 25 NA	25
L2ДО	1,92	10,71	S 201-B 10 NA	10
L2Д1	22,19	25,83	S 201-B 25 NA	25
L2Д2.1	31,30	31,50	S 201-B 32 NA	32
L2Д2.2	24,56	31,50	S 201-B 25 NA	25
L3X01	0,52	14,00	S 201-B 13 NA	13
L3X1	7,83	14,00	S 201-B 13 NA	13
L3X2	29,42	34,00	S 201-B 32 NA	32
L3X02	2,24	14,00	S 201-B 13 NA	13
L3X3.2	12,15	14,00	S 201-B 13 NA	13
L3X4	31,61	34,00	S 201-B 32 NA	32
L3X5	30,67	34,00	S 201-B 32 NA	32
<i>QS</i>				
GS	28,87	49,00	OS63D22N1	63

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ

Лист

62

Окончание таблицы 41

Элемент	I'_p, A	$I_{доп}, A$	Маркировка	$I_{НОМ}, A$
<i>G</i>	25,40	27,00	<i>OT40F4N2</i>	40
1	100,00	115,60	<i>OS125D02</i>	125
2	100,00	115,60	<i>OS125D02</i>	125
3	100,00	115,60	<i>OS125D02</i>	125
<i>F</i>				
<i>GS</i>	28,87	49,00	<i>OFAF000H40</i>	40
1	100,00	115,60	<i>OFAF000H100</i>	100
2	100,00	115,60	<i>OFAF000H100</i>	100
3	100,00	115,60	<i>OFAF000H100</i>	100
4	100,00	115,60	<i>OFAF000H100</i>	100
5	100,00	115,60	<i>OFAF000H100</i>	100
6	100,00	115,60	<i>OFAF000H100</i>	100
Держатели <i>F</i>				
4	100,00	115,60	<i>OFAX00S2</i>	-
5	100,00	115,60	<i>OFAX00S2</i>	-
6	100,00	115,60	<i>OFAX00S2</i>	-
Шины				
Вводная	28,87	-	<i>IEK YND10-4-15-125</i>	125
			<i>YNN10-812-16D-K07</i>	125
<i>L1</i>	28,99	-	<i>IEK YND10-2-15-125</i>	125
			<i>YNN10-812-16D-K05</i>	125
<i>L2</i>	28,99	-	<i>IEK YND10-2-07-100</i>	100
			<i>YNN10-69-8D-K05</i>	125
<i>L3</i>	28,99	-	<i>IEK YND10-2-15-125</i>	125
			<i>YNN10-812-16D-K05</i>	125

9 Капитальные затраты проекта

Капиталовложения в проект представлены в таблице 42.

Цены проводов и боксов берутся по [12].

Цены коммутационной аппаратуры и предохранителей берутся по [15].

Таблица 42 – Капитальные вложения в проект

Наименование	Цена, руб	Количество, шт/м	Сумма, руб
<i>S 201-B 10 NA</i>	923,05	5	4 615,25
<i>S 201-B 13 NA</i>	1 920,62	10	19 206,20
<i>S 201-B 16 NA</i>	842,80	2	1 685,60
<i>S 201-B 25 NA</i>	1 009,02	8	8 072,16
<i>S 201-B 32 NA</i>	1 163,83	6	6 982,98
<i>S 201-C 32 NA</i>	1 058,04	6	6 348,24
<i>S 201-D 32 NA</i>	2 645,08	1	2 645,08
<i>DDA202 A S-40/0,1</i>	23 900,82	3	71 702,46
<i>DDA 202 A-25/0,01</i>	16 098,20	2	32 196,40
<i>DDA 202 A-25/0,03</i>	17 563,66	8	140 509,28
<i>DDA 202 A-40/0,03</i>	18 651,70	1	18 651,70
<i>DDA 202 A-40/0,1</i>	15 321,04	1	15 321,04
<i>OT40F4N2</i>	2 886,34	1	2 886,34
<i>OS63D22N1</i>	29 325,11	1	29 325,11
<i>OS125D02</i>	14 152,19	3	42 456,56

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ

Лист

63

Окончание таблицы 42

Наименование	Цена, руб	Количество, шт/м		Сумма, руб
<i>OFAF000H40</i>	571,81	2		1 143,62
<i>OFAF000H100</i>	571,81	12		6 861,72
<i>OFAH00S2</i>	13 874,90	3	1	13 874,90
ВВГ-Пнг 3x1,5	25,00	7,005	50	1 250,00
ВВГ-Пнг 3x2,5	55,00	46,04	50	2 750,00
ВВГ-Пнг 3x6,0	126,00	117,34	150	18 900,00
ПВС 3x1,0	31,00	130,745	150	4 650,00
ПВС 3x4,0	98,00	181,48	200	19 600,00
КГТп 1x35,0	255,00	206,85	300	76 500,00
ППГнг 4x1,5	62,00	24,07	50	3 100,00
ППГнг 4x2,5	90,00	5,175	50	4 500,00
<i>IEK YND10-4-15-125</i>	1 290,00	1		1 290,00
<i>IEK YND10-2-15-125</i>	778,00	2		1 556,00
<i>IEK YND10-2-07-100</i>	456,00	1		456,00
<i>YNN10-812-16D-K07</i>	266,00	1		266,00
<i>YNN10-812-16D-K05</i>	262,00	2		524,00
<i>YNN10-69-8D-K05</i>	76,00	1		76,00
Бокс <i>EKF Mod-1-2</i>	5 049,00	1		5 049,00
Бокс <i>EKF Mod-4-2</i>	10 649,00	1		10 649,00
Бокс <i>EKF Mod-4-3</i>	10 909,00	1		10 909,00
<i>SilaSolar 330 Вт PERC (5BB)</i>	9 520,00	68		647 360,00
Комплект крепления 5-ти солнечных батарей с регулируемым углом наклона (30-60)	16 800,00	2		33 600,00
Комплект крепления 9-ти солнечных батарей с регулируемым углом наклона (30-60)	30 517,00	2		61 034,00
Комплект крепления 10-ти солнечных батарей с регулируемым углом наклона (30-60)	44 320,00	2		88 640,00
Комплект крепления 10-ти солнечных батарей с регулируемым углом наклона (15-30)	40 420,00	2		80 840,00
ТСС АД-16С-Т230-1РKM11	297 312,00	1		297 312,00
<i>SunStonePower MLG 200 Ач 12 В</i>	25 960,00	12		311 520,00
<i>SILA-M 20 кВт</i>	268 592,00	1		268 592,00
Капиталовложения в проект К				2 375 407,64
в том числе в схему солнечной электрической станции К _{СЭС}				1 385 649,92

Итоговые капиталовложения в проект составляют 2 375 407,64 руб.

Издержки проекта составляют 11 877,04 руб.

Издержки схемы солнечной электрической станции составляют 6 928,25 руб.

Сравним выгодность проекта с общедоступными вариантами электроснабжения путём расчёта себестоимости кВт·ч.

Себестоимость электроэнергии, учитывая полные капиталовложения, по (37):

					СФУ ПИ ВКР—130302.04—2020 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата		64

$$C_{\text{пр}} = \frac{2\,371\,239,64 + 12\,541,36 \cdot 30}{8\,627,92 \cdot 30} = 10,55 \text{ руб/кВт}\cdot\text{ч.}$$

Срок окупаемости проекта по (38):

$$T_{\text{ок.пр}} = \frac{2\,508\,271,99}{8\,627,92 \cdot (0,33 \cdot 50 - 11,14)} = 46,30 \text{ лет.}$$

Сравнивая со средним значением стоимости кВт·ч электроэнергии при питании от энергосистемы, равным 3 руб/кВт·ч, и со стоимостью кВт·ч при питании от дизельного генератора, равного 14,375 руб/кВт·ч, видно, что данная система электроснабжения выходит гораздо дороже. Это связано с тем, что учитываются всех компоненты системы, когда как часть из них не участвует в преобразовании и передаче солнечной энергии.

Рассмотрим себестоимость и срок окупаемости, учитывая только вложения в СЭС:

$$C_{\text{пр}} = \frac{1\,385\,649,92 + 6\,928,25 \cdot 30}{8\,627,92 \cdot 30} = 6,16 \text{ руб/кВт}\cdot\text{ч.}$$

$$T_{\text{ок.пр}} = \frac{1\,385\,649,92}{8\,627,92 \cdot 6,16} = 26,09 \text{ лет.}$$

В данном случае себестоимость и срок окупаемости существенно ниже, чем при учёте полных вложений в проект, и система начинает приносить прибыль после 26 лет, но всё так же себестоимость энергии СЭС выше тарифа энергосистемы. Но тем не менее СЭС позволяет не зависеть от внешней сети. Также рассчитанная стоимость является постоянной величиной для данной установки, в то время как тариф на электроэнергию их внешней сети может увеличиваться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы:

– составлены и проанализированы графики нагрузок жилого частного дома;

– распределена нагрузка по фазам;

– сравнены технико-экономические показатели монокристаллических и поликристаллических солнечных панелей, в результате чего были выбраны поликристаллические панели;

– спроектирована система электроснабжения частного дома на базе фотоэлектрических моделей отвечающая требованиям максимальной безопасности и надёжности при минимуме затрат;

– выбрано современное оборудование;

– рассчитаны капиталовложения.

Результатом работы является проект системы электроснабжения загородного участка с максимальной суточной нагрузкой 13,292 кВт, установленной мощностью СЭС 22,44 кВт, годовой выработкой 8 627,92 кВт·ч. Капиталовложения в проект составляют 2 375 407,64 руб, в СЭС - 1 385 649,92 руб.

Схема солнечной электрической станции обеспечивает максимальную независимость от внешней энергосистемы, а дизельный генератор защищает от непредвиденных ситуаций.

Совместная работа энергосистемы и солнечной электрической станции позволяет снизить затраты на электроэнергию.

					СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документ	Подп.	Дата		66

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Солнечная энергетика [Электронный ресурс] : статья / свободная энциклопедия «WikipediA». – Режим доступа: wikipedia.org
- 2 Мощность бытовых приборов – средние значения [Электронный ресурс] : справочная информация / Студия ремонтов «Атрактив». – Режим доступа: attractiff.ru
- 3 Электропотребление бытовых приборов [Электронный ресурс] : разное / сайт «Альтернативная энергия». – Режим доступа: alternativenenergy.ru
- 4 Энергопотребление бытовых приборов [Электронный ресурс] : справочная информация / ООО «Энмаг». – Режим доступа: ecovolt.ru
- 5 Потребляемая мощность бытовых приборов [Электронный ресурс] : статья / сайт «Electroshaman». – Режим доступа: electroshaman.ru
- 6 Время восхода и захода Солнца в г. Абакан [Электронный ресурс] : восход Солнца / сайт «Восход Солнца». – Режим доступа: voshod-solnca.ru
- 7 Азимут и высота Солнца над горизонтом [Электронный ресурс] : дата и время / Каталог онлайн калькуляторов «PANETCALC». – Режим доступа: planetcalc.ru
- 8 Научно-прикладной справочник по климату СССР : научный сборник, серия 3, многолетние данные, части 1-6, выпуск 21, Красноярский край, Тувинская АССР, книга 1. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1990.
- 9 Компания «Технолайн» [Электронный ресурс] : интернет-магазин «ТехноЛайн». / Режим доступа: e-solarpower.ru
- 10 Два угла и сторона треугольника «А» [Электронный ресурс] : геометрический калькулятор / интерактивный справочник «Geleot». – Режим доступа: https://geleot.ru/education/math/geometry/calc/triangle/two_angles_and_side_a
- 11 Дизельный генератор ТСС АД-16С-Т400-1РМ11 [Электронный ресурс] : каталог / компания «МегаВатт». – Режим доступа: mw-power.ru
- 12 Электроустановочные изделия [Электронный ресурс] : свет и электрика / компания «220 Вольт». – Режим доступа: 220-volt.ru
- 13 System pro M compact® и другие модульные устройства [Электронный ресурс] : технический каталог. – Режим доступа: http://www.ep.ru/product/katalogs/ABB/03_System_pro_M.pdf.
- 14 Выключатели нагрузки до 3150 А [Электронный ресурс] : технический каталог. – Режим доступа: http://www.ep.ru/product/katalogs/ABB/07_Switch.pdf
- 15 Компания ЭТМ [Электронный ресурс] : интернет-магазин «ЭТМ». – Режим доступа: etm.ru
- 16 Шины [Электронный ресурс]

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Электроприёмники

Таблица П.А – Электроприёмники

Электроприёмник	P , кВт	n
Бойлер	6	1
Сауна	3,5	1
Проточный водонагреватель	3,5	1
Вытяжка	0,25	1
Миксер	0,2	1
Фен	1,538	1
Духовка электрическая	2,3	1
Посудомоечная машина	1,8	1
Обогреватель	1,5	1
Электрический конвектор	2,5	1
Микроволновая печь	1,5	1
Утюг	1,1	1
Кондиционер	1	1
Электрическая кухонная плита	1	1
Пылесос	0,65	1
Стиральная машина	0,425	1
Блендер	0,3	1
Морозильная камера	0,273	1
ЖК телевизор (LCD)	0,213	3
Холодильник	0,188	2
ПК	0,27	1
Увлажнитель воздуха	0,075	1
Стереосистема	0,06	1
Ноутбук	0,05	3
Принтер	0,045	1
Цифровой видеорегистратор	0,033	4
Wi-Fi роутер	0,007	2
Зарядка для мобильного телефона	0,004	7
Чайник	3	1
Электромотор	3	2
Сканер	0,07	1
Швейная машина	0,12	1
Котёл длительного горения автономный с бункером для угля	12	1
Основной потолочный светильник (дом)	0,144	4
Потолочный светильник (дом)	0,018	7
Настенное бра (дом)	0,012	16
Уличное настенное бра (дом)	0,018	1
Основной потолочный светильник (хозблок)	0,144	1
Потолочный светильник (хозблок)	0,018	12
Настенное бра (хозблок)	0,012	12
Уличное настенное бра (хозблок)	0,018	3
Электроинструмент	1,5	1
Инвертор	0,2	1

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Распределение нагрузки

Таблица П.Б – Распределение нагрузки

Фаза	Месторасположение	Помещение	Электроприёмники	Обозначение группы	P_1 , кВт	n , шт	P_{Σ} , кВт	P , кВт	l , м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Питание через инверторы										
L1	Дом	Двор	-	Цифровой видеоре- гистратор	L1Дв (1)	0,033	4	0,132	0,132	4,000
		Веранда, коридор, ванная, комнаты 1 и 2	Настенное бра	L1ДО (2)	0,012	8	0,096	0,474	19,305	
			Уличное настенное бра		0,018	1	0,018			
			Потолочный све- тильник		0,018	4	0,072			
			Основной потолоч- ный светильник		0,144	2	0,288			
		Котельная	Потолочный све- тильник	L1Д1О (3)	0,018	2	0,036	0,036	9,080	
			Водяной насос	L1Д1.1 (4)	2,5	1	2,5	2,5	9,080	
			Котёл длительного горения	L1Д1.2 (5)	0,3	1	0,3	0,573	9,080	
			Морозильная ка- мера		0,273	1	0,273			
		Веранда	Пылесос	L1Д2 (6)	0,65	1	0,65	7,041	4,000	
			Морозильная ка- мера		0,273	1	0,273			
			Стереосистема		0,06	1	0,06			
			Ноутбук		0,05	1	0,05			
			Зарядка для мо- бильного телефона		0,004	2	0,008			
			Чайник		3	1	3			
			Электроинструмент		1,5	1	1,5			
			Кофеварка		1,5	1	1,5			
		Коридор	Утюг	L1Д3 (7)	1,1	1	1,1	4,265	5,905	
			Кондиционер		1	1	1			
			Пылесос		0,65	1	0,65			
			Wi-Fi роутер		0,007	1	0,007			
Зарядка для мо- бильного телефона	0,004		2		0,008					
Электроинструмент	1,5		1		1,5					
Ванная	Стиральная машина	L1Д4.1 (8)	0,425	1	0,425	0,425	7,005			
	Фен	L1Д4.2 (9)	1,538	1	1,538	2,638	7,005			
	Утюг		1,1	1	1,1					
Комната 1	Фен	L1Д5 (10)	1,538	1	1,538	3,814	12,355			

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ

Лист

69

Продолжение таблицы П.Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L1	Дом	Комната 1	Утюг	L1Д5 (10)	1,1	1	1,1	3,814	12,355
			Пылесос		0,65	1	0,65		
			ЖК-телевизон (LCD)		0,213	1	0,213		
			Увлажнитель воздуха		0,075	1	0,075		
			Стереосистема		0,06	1	0,06		
			Ноутбук		0,05	1	0,05		
			Зарядка для мобильного телефона		0,004	2	0,008		
			Швейная машина		0,12	1	0,12		
		Комната 2	Утюг	L1Д6 (11)	1,1	1	1,1	3,866	12,655
			Фен		1,538	1	1,538		
			Пылесос		0,65	1	0,65		
			Увлажнитель воздуха		0,075	1	0,075		
			Стереосистема		0,06	1	0,06		
			ПК		0,27	1	0,27		
			Принтер		0,045	1	0,045		
			Сканер		0,07	1	0,07		
Ноутбук	0,05		1		0,05				
Зарядка для мобильного телефона	0,004		2		0,008				
L2	Дом	Кухня, кладовка, зал	Настенное бра	L2ДО (1)	0,012	8	0,096	0,402	19,445
			Потолочный светильник		0,018	1	0,018		
			Основной потолочный светильник		0,144	2	0,288		
		Зал	Фен	L2Д1 (2)	1,538	1	1,538	4,253	13,430
			Утюг		1,1	1	1,1		
			ЖК-телевизон (LCD)		0,213	1	0,213		
			ПК		0,27	1	0,27		
			Принтер		0,045	1	0,045		
			Сканер		0,07	1	0,07		
			Увлажнитель воздуха		0,075	1	0,075		
			Стереосистема		0,06	1	0,06		
			Ноутбук		0,05	2	0,1		
			Зарядка для мобильного телефона		0,004	3	0,012		
			Пылесос		0,65	1	0,65		
		Швейная машина	0,12	1	0,12				
		Кухня	Чайник	L2Д2.1 (3)	3	1	3	6,00	12,425
Кофеварка	1,5		1		1,5				
Микроволновая печь	1,5		1		1,5				
Вытяжка	L2Д2.2 (4)		0,25	1	0,25	4,71	12,425		

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

СФУ ПИ ВКР-130302.04-2020 ПЗ

Лист

70

Продолжение таблицы П.Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L2	Дом	Кухня	Миксер	L2Д2.2 (4)	0,2	1	0,2	4,71	12,425
			Обогреватель		1,5	1	1,5		
			Пылесос		0,65	1	0,65		
			Блендер		0,3	1	0,3		
			Электрическая кухонная плита		1	1	1		
			Морозильная камера		0,273	1	0,273		
			ЖК-телевизор (LCD)		0,213	1	0,213		
			Холодильник		0,188	1	0,188		
			Увлажнитель воздуха		0,075	1	0,075		
			Ноутбук		0,05	1	0,05		
			Зарядка для мобильного телефона		0,004	2	0,008		
L3	Хозблок	Стайка	Обогреватель	L3X1 (3)	1,5	1	1,5	1,5	12,460
			Потолочный светильник	L3XO1 (1)	0,018	6	0,108	0,108	13,440
		Баня	Фен	L3X2 (4)	1,538	1	1,538	5,638	6,235
			Чайник		3	1	3		
			Утюг		1,1	1	1,1		
		Тамбур, летняя кухня, гараж	Настенное бра	L3XO2 (2)	0,012	12	0,144	0,468	15,430
			Уличное настенное бра		0,018	4	0,072		
			Потолочный светильник		0,018	6	0,108		
			Основной потолочный светильник		0,144	1	0,144		
		Тамбур	Водяной насос	L3X3.1 (5)	2,5	1	2,5	2,5	3,000
			Электроинструмент	L3X3.2 (6)	1,5	1	1,5	2,15	3,000
			Пылесос		0,65	1	0,65		
		Летняя кухня	Микроволновая печь	L3X4 (7)	1,5	1	1,5	6,058	6,010
			Блендер		0,3	1	0,3		
			Чайник		3	1	3		
			Миксер		0,2	1	0,2		
			Блендер		0,3	1	0,3		
			Ноутбук		0,05	2	0,1		
			Зарядка для мобильного телефона		0,004	2	0,008		
			Пылесос		0,65	1	0,65		
Гараж	Электроинструмент		L3X5 (8)		1,5	1	1,5		
	Конвектор	2,5		1	2,5				
	Ноутбук	0,05		1	0,05				
	Зарядка для мобильного телефона	0,004		1	0,004				
	Чайник	3		1	3				

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

СФУ ПИ ВКР-130302.04-2020 ПЗ

Лист

71

Окончание таблицы П.Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Питание с вводной шины									
L1	Дом	Котельная	Бойлер	BL1Д1 (1)	6	1	6	6	9,080
		Веранда	Газонокосилка	BL1Д2 (2)	2,5	1	2,5	5	16,455
			Электрический конвектор		2,5	1	2,5		
		Комната 1	Комната 2						
L2	Кухня	Проточный водонагреватель	BL2Д1 (1)	3,5	1	3,5	3,50	12,425	
		Посудомоечная машина	BL2Д2 (2)	1,8	1	1,8	1,80	12,425	
		Электрическая духовка	BL2Д3 (3)	2,3	1	2,3	2,3	12,425	
L3	Хозблок	Летняя кухня	Проточный водонагреватель	BL2X (4)	3,5	1	3,5	3,5	37,665
		Баня	Сауна	BL3X1 (1)	3,5	1	3,5	3,5	37,890
		Гараж	Электродвигатель	BL3X2 (2)	3	2	6	6	45,125
		Тамбур	Газонокосилка	BL3X2 (3)			2,5	2,5	33,615

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Июньский суточный график нагрузки

Таблица П.В – Июньский график нагрузки

Т, ч	Холодильники	Морозильная камера	Цифровой видеорегистратор	Wi-Fi роутер	Инвертор	Бойлер
1	2	3	4	5	6	7
0	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
1	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
2	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
3	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
4	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
5	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
6	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	6
7	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
8	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
9	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
10	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
11	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
12	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
13	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
14	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
15	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
16	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
17	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
18	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
19	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	3
20	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	3
21	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
22	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
23	0,376	0,273	0,132	0,014	0,2	0
Σ	9,024	6,552	3,168	0,336	4,8	12

Продолжение таблицы П.В

Т, ч	Проточный водонагреватель	Миксер	Сауна	Фен	Посудомоечная машина	Кофеварка
1	8	9	10	11	12	13
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0,486	0	0	0	0	0
7	0,972	0	0	0,513	0	0,013
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0,583	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
17	0,194	0	0	0	0	0
18	0,389	0,017	0	0	0	0

Продолжение таблицы П.В

Т, ч	Проточный водонагреватель	Миксер	Сауна	Фен	Посудомоечная машина	Кофеварка
1	8	9	10	11	12	13
19	0	0	0	0	1,8	0
20	0	0	3,5	0,513	0	0
21	0,875	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
Σ	3,5	0,017	3,5	1,025	1,8	0,013

Продолжение таблица П.В

Т, ч	Микроволновая печь	Утюг	Кондиционер	Пылесос	Стиральная машина	LCD №1 (кухня)	LCD №2 (зал)
1	14	15	16	17	18	19	20
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0,183	0	0	0	0	0
7	0,1	0	0	0	0	0,213	0
8	0	0	0	0	0	0,116	0
9	0	0	0	0	0	0	0,213
10	0	0	0	0,65	0	0	0,213
11	0	0	0	0	0	0	0,213
12	0,1	0	0	0	0	0,213	0
13	0	0	0	0	0	0	0,213
14	0	0	1	0	0	0	0,213
15	0	0	1	0	0	0	0,213
16	0	0	1	0	0	0	0,213
17	0	0	0	0	0	0	0,213
18	0,1	0	0	0	0	0,213	0
19	0	0	0	0	0	0	0,213
20	0	0	0	0	0,425	0	0,213
21	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0
Σ	0,3	0,183	3	0,65	0,425	0,755	2,13

Продолжение таблицы П.В

Т, ч	ПК	Ноутбук №1	Ноутбук №2	Чайник	Электромоторы	Сканер	Принтер
1	21	22	23	24	25	26	27
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,25	0	0	0
7	0	0	0	0	0,2	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0
9	0,27	0,05	0,05	0	0	0	0
10	0,27	0,05	0,05	0	0	0	0
11	0,27	0,05	0,05	0	0	0,012	0,008

Продолжение таблицы П.В

Т, ч	ПК	Ноутбук №1	Ноутбук №2	Чайник	Электромоторы	Сканер	Принтер
1	21	22	23	24	25	26	27
12	0	0,05	0,05	0,25	0	0	0
13	0,27	0,05	0,05	0	0	0	0
14	0,27	0,05	0,05	0	0	0	0
15	0,27	0,05	0,05	0	0	0,023	0,015
16	0,27	0,05	0,05	0,25	0	0	0
17	0,27	0,05	0,05	0	0,2	0	0
18	0	0,05	0,05	0,25	0	0	0
19	0	0,05	0,05	0	0	0	0
20	0	0,05	0,05	0	0	0	0
21	0	0,05	0,05	0	0	0	0
22	0	0,05	0,05	0	0	0	0
23	0	0,05	0,05	0	0	0	0
Σ	2,16	0,75	0,75	1	0,4	0,035	0,026

Продолжение таблицы П.В

Т, ч	Швейная машина	Основной потолочный светильник (дом)	Потолочный светильник (дом)	Настенное бра (дом)	Уличное настенное бра (дом)
1	28	29	30	31	32
0	0	0	0	0,024	0,018
1	0	0	0	0,072	0,018
2	0	0	0	0,024	0,018
3	0	0	0	0,024	0,018
4	0	0	0	0,024	0
5	0	0	0	0,024	0
6	0	0	0,018	0,072	0
7	0	0,432	0,054	0	0
8	0	0	0,018	0,024	0
9	0	0	0	0,024	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0,009	0	0
16	0,12	0	0	0	0
17	0	0	0	0,024	0
18	0	0	0,054	0	0
19	0	0	0,036	0	0
20	0	0,288	0,036	0	0
21	0	0,432	0,036	0,144	0
22	0	0,144	0	0,084	0,018
23	0	0	0	0,036	0,018
Σ	0,12	1,296	0,261	0,6	0,108

Продолжение таблицы П.В

Т, ч	Основной потолочный светильник (хозблок)	Потолочный светильник (хозблок)	Настенное бра (хозблок)	Уличное настенное бра (хозблок)
1	33	34	35	36
0	0	0	0	0,09
1	0	0	0	0,09
2	0	0	0	0,09
3	0	0	0	0,09

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

Продолжение таблицы П.В

Т, ч	Основной потолочный светильник (хозблок)	Потолочный светильник (хозблок)	Настенное бра (хозблок)	Уличное настенное бра (хозблок)
1	33	34	35	36
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0,012	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0,072	0,012	0	0
18	0	0	0,036	0
19	0,144	0,018	0	0
20	0	0,09	0,072	0
21	0	0	0	0,09
22	0	0	0	0,09
23	0	0	0	0,09
Σ	0,216	0,132	0,108	0,63

Продолжение таблицы П.В

Т, ч	Электроинструмент	Газонокосилка	Водяной насос с двигателем	Духовка электрическая	Электрическая плита	Блендер	Итого
1	37	38	39	40	41	42	43
0	0	0	0	0	0	0	1,127
1	0	0	0	0	0	0	1,175
2	0	0	0	0	0	0	1,127
3	0	0	0	0	0	0	1,127
4	0	0	0	0	0	0	1,019
5	0	0	0	0	0	0	1,019
6	0	0	0,556	0	0	0	8,560
7	0	0	0,278	0	0	0,025	3,806
8	0	2,5	0	0	0	0	3,653
9	0	0	0	0	0	0	1,602
10	0	0	0	0	0	0	2,228
11	0	0	0	0	0	0	1,597
12	0	0	0,625	0	0	0	2,866
13	0	0	0	0	0	0	1,578
14	0	0	0	0	0	0	2,578
15	0	0	0	0	0	0	2,625
16	0	0	0	0	0	0	2,948
17	0,75	0	0,278	2,3	1	0,05	6,458
18	0	0	0,139	0	0	0	2,292
19	1,5	0	2,5	0	0	0	10,306
20	0	0	0	0	0	0	9,232
21	0	0	0,625	0	0	0	3,297
22	0	0	0	0	0	0	1,431
23	0	0	0	0	0	0	1,239
Σ	2,25	2,5	5	2,3	1	0,075	74,891

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

СФУ ПИ ВКР-130302.04-2020 ПЗ

Лист

76

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Декабрьский суточный график нагрузки

Таблица П.Г – Декабрьский график нагрузки

Т, ч	Электроника котла длительного горения	Холодильники	Морозильная камера	Цифровой видеорегистратор	Wi-Fi
1	2	3	4	5	6
0	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
1	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
2	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
3	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
4	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
5	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
6	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
7	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
8	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
9	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
10	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
11	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
12	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
13	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
14	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
15	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
16	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
17	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
18	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
19	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
20	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
21	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
22	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
23	0,3	0,376	0,273	0,132	0,014
Σ	7,2	9,024	6,552	3,168	0,336

Продолжение таблицы П.Г

Т, ч	Инвертор	Бойлер	Проточный водонагреватель	Миксер	Сауна	Фен	Посудомоечная машина
1	7	8	9	10	11	12	13
0	0,2	0	0	0	0	0	0
1	0,2	0	0	0	0	0	0
2	0,2	0	0	0	0	0	0
3	0,2	0	0	0	0	0	0
4	0,2	0	0	0	0	0	0
5	0,2	0	0	0	0	0	0
6	0,2	6	0,486	0	0	0	0
7	0,2	0	0,972	0	0	0,513	0
8	0,2	0	0	0	0	0	0
9	0,2	0	0	0	0	0	0
10	0,2	0	0	0	0	0	0
11	0,2	0	0	0	0	0	0
12	0,2	0	0,583	0	0	0	0
13	0,2	0	0	0	0	0	0
14	0,2	0	0	0	0	0	0
15	0,2	0	0	0	0	0	0
16	0,2	0	0	0	0	0	0
17	0,2	0	0,194	0	0	0	0
18	0,2	0	0,389	0,017	0	0	0

Продолжение таблицы П.Г

Т, ч	Инвертор	Бойлер	Проточный водонагреватель	Миксер	Сауна	Фен	Посудомоечная машина
1	7	8	9	10	11	12	13
19	0,2	3	0	0	0	0	1,8
20	0,2	3	0	0	3,5	0,513	0
21	0,2	0	0,875	0	0	0	0
22	0,2	0	0	0	0	0	0
23	0,2	0	0	0	0	0	0
Σ	4,8	12	3,5	0,017	3,5	1,025	1,8

Продолжение таблицы П.Г

Т, ч	Кофеварка	Микроволновая печь	Утюг	Электрический конвектор	Пылесос	Стиральная машина
1	14	15	16	17	18	19
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	2,5	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	2,5	0	0
5	0	0	0	2,5	0	0
6	0	0	0,183	0	0	0
7	0,0125	0,1	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0,65	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0,1	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0,1	0	0	0	0
19	0	0	0	2,5	0	0
20	0	0	0	2,5	0	0,425
21	0	0	0	2,5	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
Σ	0,0125	0,3	0,183	15	0,65	0,425

Продолжение таблицы П.Г

Т, ч	LCD №1 (кухня)	LCD №2 (зал)	ПК	Ноутбук №1	Ноутбук №2	Чайник	Электромоторы
1	20	21	22	23	24	25	26
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0,25	0
7	0,213	0	0	0	0	0	0,2
8	0,116	0	0	0	0	0	0
9	0	0,213	0,27	0,05	0,05	0	0
10	0	0,213	0,27	0,05	0,05	0	0

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

Продолжение таблицы П.Г

Т, ч	LCD №1 (кухня)	LCD №2 (зал)	ПК	Ноутбук №1	Ноутбук №2	Чайник	Электромоторы
1	20	21	22	23	24	25	26
11	0	0,213	0,27	0,05	0,05	0	0
12	0,213	0	0	0,05	0,05	0,25	0
13	0	0,213	0,27	0,05	0,05	0	0
14	0	0,213	0,27	0,05	0,05	0	0
15	0	0,213	0,27	0,05	0,05	0	0
16	0	0,213	0,27	0,05	0,05	0,25	0
17	0	0,213	0,27	0,05	0,05	0	0,2
18	0,213	0	0	0,05	0,05	0,25	0
19	0	0,213	0	0,05	0,05	0	0
20	0	0,213	0	0,05	0,05	0	0
21	0	0	0	0,05	0,05	0	0
22	0	0	0	0,05	0,05	0	0
23	0	0	0	0,05	0,05	0	0
Σ	0,755	2,13	2,16	0,75	0,75	1	0,4

Продолжение таблицы П.Г

Т, ч	Сканер	Принтер	Швейная машина	Основной потолочный светильник (дом)	Потолочный светильник (дом)	Настенное бра (дом)
1	27	28	29	30	31	32
0	0	0	0	0	0	0,024
1	0	0	0	0	0	0,072
2	0	0	0	0	0	0,024
3	0	0	0	0	0	0,024
4	0	0	0	0	0	0,024
5	0	0	0	0	0	0,024
6	0	0	0	0	0,018	0,072
7	0	0	0	0,432	0,054	0
8	0	0	0	0,288	0,018	0,024
9	0	0	0	0	0	0,024
10	0	0	0	0	0	0,024
11	0,012	0,008	0	0	0	0,024
12	0	0	0	0	0	0,024
13	0	0	0	0	0	0,024
14	0	0	0	0	0	0,024
15	0,023	0,015	0	0	0,009	0,024
16	0	0	0,12	0,144	0	0,024
17	0	0	0	0,144	0,036	0
18	0	0	0	0,432	0,054	0,024
19	0	0	0	0,144	0,036	0,024
20	0	0	0	0,288	0,036	0,024
21	0	0	0	0,432	0,036	0,144
22	0	0	0	0,144	0	0,084
23	0	0	0	0	0	0,036
Σ	0,035	0,023	0,12	2,448	0,297	0,816

Продолжение таблицы П.Г

Т, ч	Уличное настенное бра (дом)	Основной потолочный светильник (хозблок)	Потолочный светильник (хозблок)	Настенное бра (хозблок)	Уличное настенное бра (хозблок)
1	33	34	35	36	37
0	0,018	0	0	0	0,09
1	0,018	0	0	0	0,09
2	0,018	0	0	0	0,09
3	0,018	0	0	0	0,09
4	0,018	0	0	0	0
5	0,018	0	0	0	0
6	0,018	0	0	0	0
7	0,018	0	0,018	0	0
8	0,018	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0
17	0,018	0,072	0,012	0	0
18	0,018	0	0	0,002	0
19	0,018	0,144	0,018	0	0
20	0,018	0	0,09	0	0
21	0,018	0	0	0	0,09
22	0,018	0	0	0	0,09
23	0,018	0	0	0	0,09
Σ	0,288	0,216	0,138	0,002	0,63

Окончание таблицы П.Г

Т, ч	Электроинструмент	Водяной насос с двигателем	Духовка электрическая	Электрическая плита	Блендер	Итого
1	38	39	40	41	42	43
0	0	0	0	0	0	1,427
1	0	0	0	0	0	3,975
2	0	0	0	0	0	1,427
3	0	0	0	0	0	1,427
4	0	0	0	0	0	3,837
5	0	0	0	0	0	3,837
6	0	0,556	0	0	0	8,878
7	0	0,278	0	0	0,025	4,130
8	0	0	0	0	0	1,759
9	0	0	0	0	0	1,902
10	0	0	0	0	0	2,552
11	0	0	0	0	0	1,921
12	0	0,625	0	0	0	3,190
13	0	0	0	0	0	1,902
14	0	0	0	0	0	1,902
15	0	0	0	0	0	1,949
16	0	0	0	0	0	2,416
17	0,75	0,278	2,3	1	0,05	6,932
18	0	0,139	0	0	0	3,032
19	1,5	2,5	0	0	0	13,292
20	0	0	0	0	0	12,002
21	0	0,625	0	0	0	6,115
22	0	0	0	0	0	1,731
23	0	0	0	0	0	1,539
Σ	2,25	5	2,3	1	0,075	93,075

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

СФУ ПИ ВКР-130302.04-2020 ПЗ

Лист

80

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Положение Солнца по дням за 2019 год

Таблица П.Г – Положение Солнца по дням за 2019 год

Дата	<i>n</i>	Восход	Зенит	Заход	Высота над горизонтом α , °	Угол склонения δ , °
01.январь	1	9:13	12:58	16:44	13,30	-23,06
02.январь	2	9:12	12:59	16:45	13,38	-22,98
03.январь	3	9:12	12:59	16:46	13,47	-22,89
04.январь	4	9:12	13:00	16:47	13,57	-22,80
05.январь	5	9:12	13:00	16:48	13,67	-22,69
06.январь	6	9:11	13:00	16:50	13,79	-22,59
07.январь	7	9:11	13:01	16:51	13,91	-22,47
08.январь	8	9:10	13:01	16:52	14,03	-22,35
09.январь	9	9:10	13:02	16:54	14,17	-22,22
10.январь	10	9:09	13:02	16:55	14,31	-22,09
11.январь	11	9:08	13:03	16:57	14,46	-21,95
12.январь	12	9:07	13:03	16:58	14,61	-21,80
13.январь	13	9:07	13:03	17:00	14,78	-21,64
14.январь	14	9:06	13:04	17:02	14,95	-21,48
15.январь	15	9:05	13:04	17:03	15,13	-21,31
16.январь	16	9:04	13:04	17:05	15,31	-21,14
17.январь	17	9:03	13:05	17:07	15,50	-20,96
18.январь	18	9:02	13:05	17:08	15,70	-20,78
19.январь	19	9:01	13:05	17:10	15,90	-20,58
20.январь	20	9:00	13:06	17:12	16,11	-20,39
21.январь	21	8:58	13:06	17:14	16,33	-20,18
22.январь	22	8:57	13:06	17:16	16,55	-19,97
23.январь	23	8:56	13:07	17:17	16,78	-19,75
24.январь	24	8:54	13:07	17:19	17,01	-19,53
25.январь	25	8:53	13:07	17:21	17,25	-19,30
26.январь	26	8:52	13:07	17:23	17,50	-19,07
27.январь	27	8:50	13:08	17:25	17,75	-18,83
28.январь	28	8:49	13:08	17:27	18,01	-18,59
29.январь	29	8:47	13:08	17:29	18,27	-18,34
30.январь	30	8:46	13:08	17:31	18,54	-18,08
31.январь	31	8:44	13:08	17:33	18,82	-17,82
01.февраль	32	8:42	13:09	17:35	19,10	-17,55
02.февраль	33	8:41	13:09	17:37	19,38	-17,28
03.февраль	34	8:39	13:09	17:39	19,67	-17,01
04.февраль	35	8:37	13:09	17:41	19,97	-16,72
05.февраль	36	8:35	13:09	17:43	20,26	-16,44
06.февраль	37	8:34	13:09	17:45	20,57	-16,15
07.февраль	38	8:32	13:09	17:47	20,88	-15,85
08.февраль	39	8:30	13:09	17:49	21,19	-15,55
09.февраль	40	8:28	13:09	17:51	21,51	-15,24
10.февраль	41	8:26	13:09	17:53	21,83	-14,93
11.февраль	42	8:24	13:09	17:55	22,15	-14,62
12.февраль	43	8:22	13:09	17:57	22,48	-14,30
13.февраль	44	8:20	13:09	17:59	22,81	-13,98
14.февраль	45	8:18	13:09	18:01	23,15	-13,65
15.февраль	46	8:16	13:09	18:03	23,49	-13,32
16.февраль	47	8:14	13:09	18:05	23,83	-12,98
17.февраль	48	8:12	13:09	18:07	24,18	-12,64
18.февраль	49	8:10	13:09	18:09	24,53	-12,30
19.февраль	50	8:07	13:09	18:11	24,88	-11,95
20.февраль	51	8:05	13:09	18:13	25,24	-11,60
21.февраль	52	8:03	13:09	18:15	25,60	-11,25

Изм.	Лист	№ документа	Подп.	Дата

СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ

Лист

81

Продолжение таблицы П.Д

Дата	п	Восход	Зенит	Заход	Высота над горизонтом α , °	Угол склонения δ , °
22.фев	53	8:01	13:09	18:17	25,96	-10,89
23.фев	54	7:59	13:09	18:19	26,32	-10,53
24.фев	55	7:56	13:09	18:21	26,69	-10,17
25.фев	56	7:54	13:08	18:23	27,06	-9,80
26.фев	57	7:52	13:08	18:25	27,43	-9,43
27.фев	58	7:50	13:08	18:27	27,81	-9,06
28.фев	59	7:47	13:08	18:28	28,18	-8,69
01.мар	60	7:45	13:08	18:30	28,56	-8,31
02.мар	61	7:43	13:08	18:32	28,94	-7,93
03.мар	62	7:40	13:07	18:34	29,32	-7,55
04.мар	63	7:38	13:07	18:36	29,71	-7,17
05.мар	64	7:36	13:07	18:38	30,09	-6,78
06.мар	65	7:33	13:07	18:40	30,48	-6,39
07.мар	66	7:31	13:06	18:42	30,87	-6,00
08.мар	67	7:29	13:06	18:44	31,25	-5,61
09.мар	68	7:26	13:06	18:46	31,64	-5,22
10.мар	69	7:24	13:06	18:48	32,03	-4,82
11.мар	70	7:21	13:05	18:49	32,43	-4,42
12.мар	71	7:19	13:05	18:51	32,82	-4,03
13.мар	72	7:16	13:05	18:53	33,21	-3,63
14.мар	73	7:14	13:05	18:55	33,61	-3,23
15.мар	74	7:12	13:04	18:57	34,00	-2,82
16.мар	75	7:09	13:04	18:59	34,40	-2,42
17.мар	76	7:07	13:04	19:01	34,79	-2,02
18.мар	77	7:04	13:03	19:03	35,19	-1,62
19.мар	78	7:02	13:03	19:04	35,58	-1,21
20.мар	79	6:59	13:03	19:06	35,98	-0,81
21.мар	80	6:57	13:02	19:08	36,37	-0,40
22.мар	81	6:54	13:02	19:10	36,77	0,00
23.мар	82	6:52	13:02	19:12	37,16	0,40
24.мар	83	6:49	13:02	19:14	37,56	0,81
25.мар	84	6:47	13:01	19:15	37,95	1,21
26.мар	85	6:44	13:01	19:17	38,34	1,62
27.мар	86	6:42	13:01	19:19	38,74	2,02
28.мар	87	6:40	13:00	19:21	39,13	2,42
29.мар	88	6:37	13:00	19:23	39,52	2,82
30.мар	89	6:35	13:00	19:25	39,91	3,23
31.мар	90	6:32	12:59	19:26	40,30	3,63
01.апр	91	6:30	12:59	19:28	40,68	4,03
02.апр	92	6:27	12:59	19:30	41,07	4,42
03.апр	93	6:25	12:58	19:32	41,45	4,82
04.апр	94	6:22	12:58	19:34	41,84	5,22
05.апр	95	6:20	12:58	19:36	42,22	5,61
06.апр	96	6:18	12:57	19:37	42,60	6,00
07.апр	97	6:15	12:57	19:39	42,98	6,39
08.апр	98	6:13	12:57	19:41	43,35	6,78
09.апр	99	6:10	12:57	19:43	43,73	7,17
10.апр	100	6:08	12:56	19:45	44,10	7,55
11.апр	101	6:06	12:56	19:47	44,47	7,93
12.апр	102	6:03	12:56	19:48	44,84	8,31
13.апр	103	6:01	12:56	19:50	45,20	8,69
14.апр	104	5:58	12:55	19:52	45,56	9,06
15.апр	105	5:56	12:55	19:54	45,92	9,43
16.апр	106	5:54	12:55	19:56	46,28	9,80
17.апр	107	5:52	12:55	19:58	46,64	10,17
18.апр	108	5:49	12:54	20:00	46,99	10,53
19.апр	109	5:47	12:54	20:01	47,34	10,89

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

СФУ ПИ ВКР-130302.04-2020 ПЗ

Лист

82

Продолжение таблицы П.Д

Дата	п	Восход	Зенит	Заход	Высота над горизонтом α , °	Угол склонения δ , °
20.апр	110	5:45	12:54	20:03	47,68	11,25
21.апр	111	5:42	12:54	20:05	48,03	11,60
22.апр	112	5:40	12:54	20:07	48,37	11,95
23.апр	113	5:38	12:53	20:09	48,70	12,30
24.апр	114	5:36	12:53	20:11	49,03	12,64
25.апр	115	5:34	12:53	20:12	49,36	12,98
26.апр	116	5:31	12:53	20:14	49,69	13,32
27.апр	117	5:29	12:53	20:16	50,01	13,65
28.апр	118	5:27	12:53	20:18	50,33	13,98
29.апр	119	5:25	12:52	20:20	50,65	14,30
30.апр	120	5:23	12:52	20:22	50,96	14,62
01.май	121	5:21	12:52	20:23	51,26	14,93
02.май	122	5:19	12:52	20:25	51,57	15,24
03.май	123	5:17	12:52	20:27	51,86	15,55
04.май	124	5:15	12:52	20:29	52,16	15,85
05.май	125	5:13	12:52	20:31	52,45	16,15
06.май	126	5:11	12:52	20:33	52,73	16,44
07.май	127	5:09	12:52	20:34	53,01	16,72
08.май	128	5:07	12:52	20:36	53,29	17,01
09.май	129	5:05	12:52	20:38	53,56	17,28
10.май	130	5:03	12:52	20:40	53,83	17,55
11.май	131	5:02	12:52	20:41	54,09	17,82
12.май	132	5:00	12:51	20:43	54,35	18,08
13.май	133	4:58	12:51	20:45	54,60	18,34
14.май	134	4:56	12:51	20:47	54,84	18,59
15.май	135	4:55	12:52	20:48	55,08	18,83
16.май	136	4:53	12:52	20:50	55,32	19,07
17.май	137	4:51	12:52	20:52	55,55	19,30
18.май	138	4:50	12:52	20:53	55,78	19,53
19.май	139	4:48	12:52	20:55	56,00	19,75
20.май	140	4:47	12:52	20:57	56,21	19,97
21.май	141	4:45	12:52	20:58	56,42	20,18
22.май	142	4:44	12:52	21:00	56,62	20,39
23.май	143	4:43	12:52	21:01	56,82	20,58
24.май	144	4:41	12:52	21:03	57,01	20,78
25.май	145	4:40	12:52	21:04	57,20	20,96
26.май	146	4:39	12:52	21:06	57,38	21,14
27.май	147	4:38	12:52	21:07	57,55	21,31
28.май	148	4:36	12:52	21:08	57,72	21,48
29.май	149	4:35	12:53	21:10	57,88	21,64
30.май	150	4:34	12:53	21:11	58,03	21,80
31.май	151	4:33	12:53	21:12	58,18	21,95
01.июн	152	4:32	12:53	21:14	58,32	22,09
02.июн	153	4:31	12:53	21:15	58,46	22,22
03.июн	154	4:30	12:53	21:16	58,59	22,35
04.июн	155	4:30	12:53	21:17	58,71	22,47
05.июн	156	4:29	12:54	21:18	58,83	22,59
06.июн	157	4:28	12:54	21:19	58,94	22,69
07.июн	158	4:28	12:54	21:20	59,04	22,80
08.июн	159	4:27	12:54	21:21	59,14	22,89
09.июн	160	4:26	12:54	21:22	59,22	22,98
10.июн	161	4:26	12:55	21:23	59,31	23,06
11.июн	162	4:25	12:55	21:24	59,38	23,14
12.июн	163	4:25	12:55	21:25	59,45	23,20
13.июн	164	4:25	12:55	21:25	59,52	23,26
14.июн	165	4:24	12:55	21:26	59,57	23,32
15.июн	166	4:24	12:55	21:27	59,62	23,36

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

СФУ ПИ ВКР-130302.04-2020 ПЗ

Лист

83

Продолжение таблицы П.Д

Дата	п	Восход	Зенит	Заход	Высота над горизонтом α , °	Угол склонения δ , °
16.июн	167	4:24	12:56	21:27	59,66	23,40
17.июн	168	4:24	12:56	21:28	59,70	23,44
18.июн	169	4:24	12:56	21:28	59,73	23,46
19.июн	170	4:24	12:56	21:29	59,75	23,48
20.июн	171	4:24	12:56	21:29	59,77	23,49
21.июн	172	4:24	12:57	21:29	59,77	23,50
22.июн	173	4:24	12:57	21:29	59,77	23,50
23.июн	174	4:25	12:57	21:30	59,77	23,49
24.июн	175	4:25	12:57	21:30	59,76	23,47
25.июн	176	4:25	12:57	21:30	59,74	23,45
26.июн	177	4:26	12:58	21:30	59,71	23,42
27.июн	178	4:26	12:58	21:30	59,68	23,38
28.июн	179	4:27	12:58	21:30	59,64	23,34
29.июн	180	4:27	12:58	21:29	59,59	23,29
30.июн	181	4:28	12:58	21:29	59,54	23,23
01.июл	182	4:29	12:59	21:29	59,47	23,17
02.июл	183	4:29	12:59	21:28	59,41	23,10
03.июл	184	4:30	12:59	21:28	59,33	23,02
04.июл	185	4:31	12:59	21:28	59,25	22,94
05.июл	186	4:32	12:59	21:27	59,17	22,84
06.июл	187	4:33	13:00	21:26	59,07	22,75
07.июл	188	4:34	13:00	21:26	58,97	22,64
08.июл	189	4:35	13:00	21:25	58,86	22,53
09.июл	190	4:36	13:00	21:24	58,75	22,41
10.июл	191	4:37	13:00	21:24	58,63	22,29
11.июл	192	4:38	13:00	21:23	58,50	22,15
12.июл	193	4:39	13:00	21:22	58,37	22,02
13.июл	194	4:40	13:01	21:21	58,23	21,87
14.июл	195	4:41	13:01	21:20	58,09	21,72
15.июл	196	4:43	13:01	21:19	57,94	21,56
16.июл	197	4:44	13:01	21:18	57,78	21,40
17.июл	198	4:45	13:01	21:16	57,61	21,23
18.июл	199	4:47	13:01	21:15	57,44	21,05
19.июл	200	4:48	13:01	21:14	57,27	20,87
20.июл	201	4:50	13:01	21:13	57,09	20,68
21.июл	202	4:51	13:01	21:11	56,90	20,49
22.июл	203	4:53	13:01	21:10	56,71	20,28
23.июл	204	4:54	13:01	21:09	56,51	20,08
24.июл	205	4:56	13:01	21:07	56,30	19,86
25.июл	206	4:57	13:01	21:06	56,09	19,64
26.июл	207	4:59	13:01	21:04	55,88	19,42
27.июл	208	5:00	13:01	21:03	55,66	19,19
28.июл	209	5:02	13:01	21:01	55,43	18,95
29.июл	210	5:04	13:01	20:59	55,20	18,71
30.июл	211	5:05	13:01	20:58	54,96	18,46
31.июл	212	5:07	13:01	20:56	54,72	18,21
01.авг	213	5:08	13:01	20:54	54,47	17,95
02.авг	214	5:10	13:01	20:52	54,22	17,69
03.авг	215	5:12	13:01	20:51	53,97	17,42
04.авг	216	5:14	13:01	20:49	53,70	17,14
05.авг	217	5:15	13:01	20:47	53,44	16,87
06.авг	218	5:17	13:01	20:45	53,17	16,58
07.авг	219	5:19	13:01	20:43	52,89	16,29
08.авг	220	5:20	13:01	20:41	52,61	16,00
09.авг	221	5:22	13:01	20:39	52,33	15,70
10.авг	222	5:24	13:01	20:37	52,04	15,40
11.авг	223	5:26	13:00	20:35	51,75	15,09

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

СФУ ПИ ВКР-130302.04-2020 ПЗ

Лист

84

Продолжение таблицы П.Д

Дата	п	Восход	Зенит	Заход	Высота над горизонтом α , °	Угол склонения δ , °
12.авг	224	5:27	13:00	20:33	51,45	14,78
13.авг	225	5:29	13:00	20:31	51,15	14,46
14.авг	226	5:31	13:00	20:29	50,85	14,14
15.авг	227	5:33	13:00	20:27	50,54	13,81
16.авг	228	5:34	13:00	20:25	50,23	13,48
17.авг	229	5:36	12:59	20:23	49,91	13,15
18.авг	230	5:38	12:59	20:20	49,59	12,81
19.авг	231	5:40	12:59	20:18	49,27	12,47
20.авг	232	5:42	12:59	20:16	48,94	12,13
21.авг	233	5:43	12:59	20:14	48,61	11,78
22.авг	234	5:45	12:58	20:12	48,28	11,43
23.авг	235	5:47	12:58	20:09	47,94	11,07
24.авг	236	5:49	12:58	20:07	47,61	10,71
25.авг	237	5:50	12:58	20:05	47,26	10,35
26.авг	238	5:52	12:57	20:02	46,92	9,99
27.авг	239	5:54	12:57	20:00	46,57	9,62
28.авг	240	5:56	12:57	19:58	46,22	9,25
29.авг	241	5:57	12:56	19:55	45,87	8,88
30.авг	242	5:59	12:56	19:53	45,51	8,50
31.авг	243	6:01	12:56	19:51	45,15	8,12
01.сен	244	6:03	12:56	19:48	44,79	7,74
02.сен	245	6:05	12:55	19:46	44,43	7,36
03.сен	246	6:06	12:55	19:44	44,07	6,97
04.сен	247	6:08	12:55	19:41	43,70	6,59
05.сен	248	6:10	12:54	19:39	43,33	6,20
06.сен	249	6:12	12:54	19:36	42,96	5,81
07.сен	250	6:13	12:54	19:34	42,59	5,41
08.сен	251	6:15	12:53	19:31	42,22	5,02
09.сен	252	6:17	12:53	19:29	41,84	4,62
10.сен	253	6:19	12:53	19:26	41,46	4,22
11.сен	254	6:20	12:52	19:24	41,08	3,83
12.сен	255	6:22	12:52	19:22	40,70	3,43
13.сен	256	6:24	12:51	19:19	40,32	3,03
14.сен	257	6:26	12:51	19:17	39,94	2,62
15.сен	258	6:27	12:51	19:14	39,56	2,22
16.сен	259	6:29	12:50	19:12	37,17	1,82
17.сен	260	6:31	12:50	19:09	38,79	1,42
18.сен	261	6:32	12:50	19:07	38,40	1,01
19.сен	262	6:34	12:49	19:04	38,01	0,61
20.сен	263	6:36	12:49	19:02	37,62	0,20
21.сен	264	6:38	12:48	18:59	37,24	-0,20
22.сен	265	6:40	12:48	18:57	36,85	-0,61
23.сен	266	6:41	12:48	18:54	36,46	-1,01
24.сен	267	6:43	12:47	18:52	36,07	-1,42
25.сен	268	6:45	12:47	18:49	35,68	-1,82
26.сен	269	6:47	12:47	18:47	35,29	-2,22
27.сен	270	6:48	12:46	18:44	34,90	-2,62
28.сен	271	6:50	12:46	18:42	34,51	-3,03
29.сен	272	6:52	12:46	18:39	34,12	-3,43
30.сен	273	6:54	12:45	18:37	33,73	-3,83
01.окт	274	6:55	12:45	18:34	33,35	-4,22
02.окт	275	6:57	12:45	18:32	32,96	-4,62
03.окт	276	6:59	12:44	18:30	32,57	-5,02
04.окт	277	7:01	12:44	18:27	32,18	-5,41
05.окт	278	7:03	12:44	18:25	31,80	-5,81
06.окт	279	7:04	12:43	18:22	31,41	-6,20
07.окт	280	7:06	12:43	18:20	31,03	-6,59

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

СФУ ПИ ВКР-130302.04-2020 ПЗ

Лист

85

Продолжение таблицы П.Д

Дата	п	Восход	Зенит	Заход	Высота над горизонтом α , °	Угол склонения δ , °
08.окт	281	7:08	12:43	18:17	30,65	-6,97
09.окт	282	7:10	12:42	18:15	30,27	-7,36
10.окт	283	7:12	12:42	18:13	29,89	-7,74
11.окт	284	7:14	12:42	18:10	29,51	-8,12
12.окт	285	7:15	12:42	18:08	29,13	-8,50
13.окт	286	7:17	12:41	18:05	28,76	-8,88
14.окт	287	7:19	12:41	18:03	28,38	-9,25
15.окт	288	7:21	12:41	18:01	28,01	-9,62
16.окт	289	7:23	12:41	17:58	27,64	-9,99
17.окт	290	7:25	12:40	17:56	27,27	-10,35
18.окт	291	7:27	12:40	17:54	26,91	-10,71
19.окт	292	7:28	12:40	17:52	26,54	-11,07
20.окт	293	7:30	12:40	17:49	26,18	-11,43
21.окт	294	7:32	12:40	17:47	25,82	-11,78
22.окт	295	7:34	12:40	17:45	25,47	-12,13
23.окт	296	7:36	12:39	17:43	25,11	-12,47
24.окт	297	7:38	12:39	17:41	24,76	-12,81
25.окт	298	7:40	12:39	17:38	24,42	-13,15
26.окт	299	7:42	12:39	17:36	24,07	-13,48
27.окт	300	7:44	12:39	17:34	23,73	-13,81
28.окт	301	7:46	12:39	17:32	23,39	-14,14
29.окт	302	7:48	12:39	17:30	23,06	-14,46
30.окт	303	7:49	12:39	17:28	22,73	-14,78
31.окт	304	7:51	12:39	17:26	22,40	-15,09
01.ноя	305	7:53	12:39	17:24	22,07	-15,40
02.ноя	306	7:55	12:39	17:22	21,75	-15,70
03.ноя	307	7:57	12:39	17:20	21,44	-16,00
04.ноя	308	7:59	12:39	17:18	21,13	-16,29
05.ноя	309	8:01	12:39	17:16	20,82	-16,58
06.ноя	310	8:03	12:39	17:14	20,51	-16,87
07.ноя	311	8:05	12:39	17:12	20,21	-17,14
08.ноя	312	8:07	12:39	17:11	19,92	-17,42
09.ноя	313	8:09	12:39	17:09	19,63	-17,69
10.ноя	314	8:11	12:39	17:07	19,34	-17,95
11.ноя	315	8:13	12:39	17:05	19,06	-18,21
12.ноя	316	8:15	12:39	17:04	18,79	-18,46
13.ноя	317	8:17	12:39	17:02	18,51	-18,71
14.ноя	318	8:19	12:40	17:00	18,25	-18,95
15.ноя	319	8:20	12:40	16:59	17,99	-19,19
16.ноя	320	8:22	12:40	16:57	17,73	-19,42
17.ноя	321	8:24	12:40	16:56	17,48	-19,64
18.ноя	322	8:26	12:40	16:54	17,24	-19,86
19.ноя	323	8:28	12:40	16:53	17,00	-20,08
20.ноя	324	8:30	12:41	16:52	16,77	-20,28
21.ноя	325	8:32	12:41	16:50	16,54	-20,49
22.ноя	326	8:33	12:41	16:49	16,77	-20,68
23.ноя	327	8:35	12:41	16:48	16,11	-20,87
24.ноя	328	8:37	12:42	16:47	15,90	-21,05
25.ноя	329	8:39	12:42	16:46	15,70	-21,23
26.ноя	330	8:40	12:42	16:44	15,50	-21,40
27.ноя	331	8:42	12:43	16:43	15,31	-21,56
28.ноя	332	8:44	12:43	16:42	15,13	-21,72
29.ноя	333	8:45	12:43	16:41	14,95	-21,87
30.ноя	334	8:47	12:44	16:41	14,78	-22,02
01.дек	335	8:48	12:44	16:40	14,62	-22,15
02.дек	336	8:50	12:44	16:39	14,46	-22,29
03.дек	337	8:51	12:45	16:38	14,32	-22,41

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

СФУ ПИ ВКР-130302.04-2020 ПЗ

Лист

86

Окончание таблицы П.Д

Дата	п	Восход	Зенит	Заход	Высота над горизонтом α , °	Угол склонения δ , °
04.дек	338	8:53	12:45	16:38	14,17	-22,53
05.дек	339	8:54	12:46	16:37	14,04	-22,64
06.дек	340	8:56	12:46	16:36	13,91	-22,75
07.дек	341	8:57	12:46	16:36	13,79	-22,84
08.дек	342	8:58	12:47	16:36	13,68	-22,94
09.дек	343	8:59	12:47	16:35	13,57	-23,02
10.дек	344	9:01	12:48	16:35	13,48	-23,10
11.дек	345	9:02	12:48	16:35	13,39	-23,17
12.дек	346	9:03	12:49	16:34	13,30	-23,23
13.дек	347	9:04	12:49	16:34	13,23	-23,29
14.дек	348	9:05	12:50	16:34	13,16	-23,34
15.дек	349	9:06	12:50	16:34	13,10	-23,38
16.дек	350	9:07	12:50	16:34	13,05	-23,42
17.дек	351	9:07	12:51	16:34	13,01	-23,45
18.дек	352	9:08	12:51	16:35	12,97	-23,47
19.дек	353	9:09	12:52	16:35	12,94	-23,49
20.дек	354	9:10	12:52	16:35	12,92	-23,50
21.дек	355	9:10	12:53	16:35	12,91	-23,50
22.дек	356	9:11	12:53	16:36	12,90	-23,49
23.дек	357	9:11	12:54	16:36	12,90	-23,48
24.дек	358	9:12	12:54	16:37	12,91	-23,46
25.дек	359	9:12	12:55	16:38	12,93	-23,44
26.дек	360	9:12	12:55	16:38	12,96	-23,40
27.дек	361	9:12	12:56	16:39	12,99	-23,36
28.дек	362	9:13	12:56	16:40	13,03	-23,32
29.дек	363	9:13	12:57	16:41	13,08	-23,26
30.дек	364	9:13	12:57	16:42	13,14	-23,20
31.дек	365	9:13	12:58	16:43	13,21	-23,14

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата

СФУ ПИ ВКР—130302.04—2020 ПЗ

Лист

87

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Параметры монокристаллической солнечной батареи *SilaSolar 350 Вт PERC (5BB)*

Таблица П.Е – Параметры монокристаллической солнечной батареи *SilaSolar 350 Вт PERC (5BB)*

Общие параметры:	
Модель	SIM350 PERC (5BB)
Тип	Монокристаллический PERC
Мощность	350 Ватт
Количество элементов	72шт (6 x 12)
Размер элементов	156 x 156 мм
Вольтаж без нагрузки	45,09 В
Рабочий вольтаж	37,58 В
Ток короткого замыкания	9,88 А
Рабочий ток	9,32 А
Максимальный вольтаж, В	1000
Эффективность модуля, %	18,03
Эффективность ячейки, %	20,60
Солнечный элемент	PERC 5BB (5 bus bar)
Срок службы: ^[SEP]	
Срок службы	не менее 30 лет
Падение мощности за 12 лет	не более 10%
Падение мощности за 30 лет	не более 20%
Гарантия	5 лет
Прочие характеристики:	
Материал рамки	Анодированный алюминиевый сплав
Переднее стекло	Текстурированное, закаленное, ударопрочное
Класс	A
Количество диодов, шт	3
Провода 0,9м с коннекторами MC4	Есть
Ветровая нагрузка	до 2400Па (244 кг на квадратный метр)
Снеговая нагрузка	до 5400Па (550 кг на квадратный метр)
Градоустойчивость	Макс. диаметр 25мм, макс. скорость 83 км/ч
Сертификаты	TUV:IEC 61215 Edition II / IEC 61730 I and II
Температурные режимы: ^[SEP]	
Рабочая температура	от -40°C до +85°C

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата

СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ

Лист

88

Окончание таблицы П.Е

Габариты, вес:	
Длина	1956 мм
Ширина	992 мм
Высота	45 мм
Общая площадь	1,62 м2
Вес	23 кг

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата

СФУ ПИ ВКР-130302.04-2020 ПЗ

Лист

89

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Параметры поликристаллической солнечной батареи *SilaSolar 350 Вт PERC (5BB)*

Таблица П.Ж – Параметры поликристаллической солнечной батареи *SilaSolar 330 Вт PERC (5BB)*

Общие параметры:	
Модель	SIP330 PERC (5BB)
Тип	Поликристаллический PERC
Мощность	330 Ватт
Количество элементов	72шт (6 x 12)
Размер элементов	156 x 156 мм
Вольтаж без нагрузки	44,72 В
Рабочий вольтаж	37,62 В
Ток короткого замыкания	9,57 А
Рабочий ток	8,86 А
Максимальный вольтаж, В	1000
Эффективность модуля, %	17,00
Эффективность ячейки, %	18,65
Солнечный элемент	PERC 5BB (5 bus bar)
Срок службы: ^[1] _[SEP]	
Срок службы	не менее 30 лет
Падение мощности за 12 лет	не более 10%
Падение мощности за 30 лет	не более 20%
Гарантия	5 лет
Прочие характеристики:	
Материал рамки	Анодированный алюминиевый сплав
Переднее стекло	Текстурированное, закаленное, ударопрочное
Класс	A
Количество диодов, шт	3
Провода 0,9м с коннекторами MC4	Есть
Ветровая нагрузка	до 2400Па (244 кг на квадратный метр)
Снеговая нагрузка	до 5400Па (550 кг на квадратный метр)
Градоустойчивость	Макс. диаметр 25мм, макс. скорость 83 км/ч
Сертификаты	TUV:IEC 61215 Edition II / IEC 61730 I and II
Температурные режимы: ^[1] _[SEP]	
Рабочая температура	от -40°C до +85°C

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ

Лист

90

Окончание таблицы П.Ж

Габариты, вес:	
Длина	1956 мм
Ширина	992 мм
Высота	45 мм
Общая площадь	1,62 м ²
Вес	23 кг

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата

СФУ ПИ ВКР-130302.04-2020 ПЗ

Лист

91

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Параметры инвертора *SILA-M 20 кВт*

Таблица П.3.1 – Параметры инвертора *SILA-M 20 кВт*

Технические характеристики	
Модель	SILA-M 20KW
Тип устройства	Бестрансформаторный
Мощность	25000ВА / 20000Вт
Входное напряжение	48 В
Коммуникационный порт	USB
Параметры Инвертора	
Форма выходного сигнала	Чистый синус
Встроенный контроллер заряда	MPPT
Выходное напряжение	230В +-5%
Частота	50 гц
КПД	93%
Защита от перегрузки	110-150% - 10 с ; >150% - 5 с
Пиковая мощность	40 000 Вт (< 5 сек)
Номинальное входное напряжение DC	48 В
Собственное потребление	5 А / 250 Вт
Параметры заряда от сети	
Ток заряда	50 – 250 А (Задается программно)
Максимальное напряжение аккумуляторов	58,4
Напряжение аккумуляторов в буферном режиме	54
Параметры заряда от солнечных батарей	
Максимальная мощность солнечных батарей	15 000 Вт
Ток заряда	50 – 300 А (задается программно)
Номинальное напряжение аккумуляторов	48 В
Нижний и верхний пороги напряжения аккумуляторов	задаются программно
Максимальное напряжение солнечных батарей	145 В (на каждый инвертор)
Диапазон рабочего напряжения солнечных батарей	60~115 В (для каждого инвертора)
Параметры заряда от сети и солнечных батарей	
Максимальная сила тока	550 А
Сила тока (по умолчанию)	250 А

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

Окончание таблицы П.3.1

Параметры сети	
Форма входного сигнала	Чистый синус (сеть или генератор)
Номинальное входное напряжение	230В +5%
Допустимое значение входного напряжения	90~280VAC (Обычный режим), 170~280VAC (UPS режим)
Прочие характеристики	
Температура хранения, С	от -15°С до +60°
Рабочая температура, С	от 0°С до – 55°
Влажность	20~90%
Габариты, мм	120 x 295 x 468 (каждый инвертор)
Вес нетто, кг	70

Таблица П.3.2 – Характеристики подключаемого генератора

В режиме ИБП:	
Коэффициент нелинейных искажений THD	< 10%
Диапазон напряжения	180 – 270 В
Крес- фактор	< 1.6
Максимальное напряжение	< 380 В
Частота	45 – 63 Гц
Биение частоты	< 0.3 Гц / сек
Обычный режим	
Коэффициент нелинейных искажений THD	< 30%
Диапазон напряжения	100 – 270 В
Крест-фактор	< 1.6
Максимальное напряжение	< 380 В
Частота	45 – 63 Гц
Биение частоты	< 0.3 Гц / сек

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Параметры дизельного генератора ТСС АД-16С-Т400-1РМ11

Таблица П.И.1 – Основные характеристики дизельного генератора ТСС АД-16С-Т400-1РМ11

Основная мощность, кВт	16
Резервная мощность, кВт	18
Расход топлива при 100% загрузки, л/час	4,6
Род тока	3-фазный
Резервная мощность, кВт/кВА	18
Частота, Гц	16
Номинальное напряжение, В	400
Гарантия, мес.	24
Ресурс двигателя до капитального ремонта, моточасы	30 000
Расход топлива при 75% загрузки, л/час	3,4

Таблица П.И.2 – Двигатель *TSS Diesel TDK 22 4LT*

Номинальная мощность, кВт/л.с	16
Время автономной работы при 75 % загрузки, ч	15,8
Основная мощность, кВт/кВА	16
Резервная мощность, кВт/кВА	18
Частота вращения вала двигателя, об/мин	1500
Диаметр цилиндра, мм	85
Количество цилиндров	4
Ход поршня, мм	90
Расположение цилиндров	рядное
Рабочий объём, л	2,04
Степень сжатия	18:1

Таблица П.И.3 – Генератор *TSS-SA-16*

Напряжение, В	400/230
Род тока	3-фазный
Номинальный коэффициент мощности	0,8
Номинальный ток, А	29
Класс изоляции	<i>H</i>
Степень защиты	<i>IP23</i>

Таблица П.И.4 – Заправочные ёмкости

Топливный бак, л	54
Система охлаждения, л	5

Таблица П.И.5 – Открытое исполнение

Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	1300×610×1100
Вес, кг	420

Таблица П.И.6 – Комплектация

Аккумуляторные батареи	1×60/12
Глушитель	промышленный
Описание	АКБ, глушитель, техническая документация

Таблица П.И.7 – Система управления

Удалённый мониторинг и управление	Контроллер <i>Lovato RGK600</i>
-----------------------------------	---------------------------------

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

СФУ ПИ ВКР–130302.04–2020 ПЗ

Лист

94

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Параметры аккумулятора *SunStonePower MLG12-200*

Таблица П.К – Параметра аккумулятор *SunStonePower MLG12-200*

Общие параметры:	
Модель	SunStone Power MLG 200Ah 12V
Напряжение	12 В
Емкость	200 Ач
Фактическая емкость при 10-ти часовом цикле разряда	210 Ач
Толщина плюсовых пластин	2,9 мм
Толщина минусовых пластин	2,1 мм
Клеммы	болт М8
Срок службы:	
В буферном режиме	12 лет
В циклическом режиме при 30% глубине разряда	2000 циклов разряда/заряда
В циклическом режиме при 50% глубине разряда	1100 циклов разряда/заряда
В циклическом режиме при 100% глубине разряда	450 циклов разряда/заряда
Температурные режимы:	
Хранение	от -15°C до +40°C
Заряд	от 0°C до +40°C
Разряд	от -15°C до +50°C
Емкость при температуре + 25 °С	200 Ач
Емкость при температуре + 10 °С	190 Ач
Емкость при температуре 0 °С	180 Ач
Емкость при температуре - 10 °С	160 Ач
Емкость при температуре - 20 °С	140 Ач
Параметры заряда,разряда:	
Заряд постоянным напряжением (25°C)	
Циклический режим	14.4-14.8В
Буферный режим	13.5-13.8В
Максимальное напряжение заряда	14,8 В
Минимальное напряжение заряда	10,6 В
Максимальный ток заряда	60 А
Максимальный ток разряда	2000 А (5 сек)
Внутреннее сопротивление	3 мОм

Изм.	Лист	№ документ	Подп.	Дата
------	------	------------	-------	------

Окончание таблицы П.К

Габариты, вес:	
Длина	522 мм
Ширина	240 мм
Высота	218 мм
Вес	61,8 кг

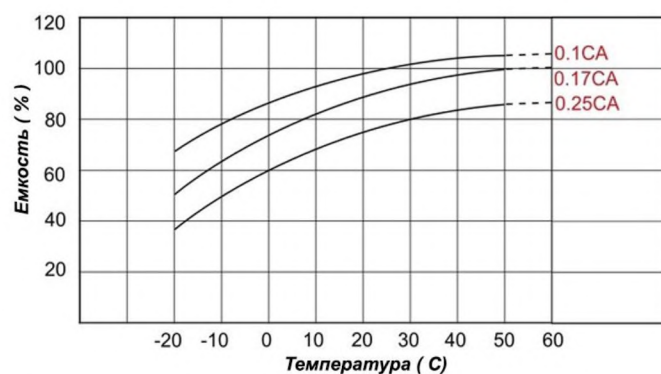
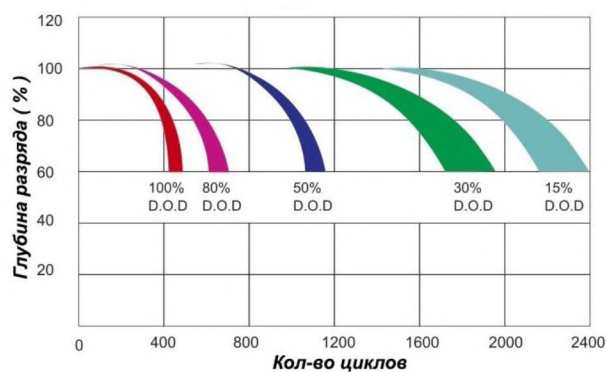


Рисунок П.К – Зависимости циклов разряда от глубины разряда (слева) и ёмкости батареи от температуры окружающей среды

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт

Электрические станции и электроэнергетические системы

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

 И.В. Коваленко
подпись

« 26 » июня 2020г.

БАКЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02.04 – Электрические станции

Разработка системы электроснабжения частного дома на базе
фотоэлектрических панелей в г. Абакан

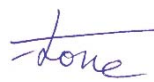
Руководитель доцент, канд. техн. наук



16.06.2020г .А.В. Бобров

подпись, дата

Выпускник ФЭ16-03Б, 071621188



12.06.2020г .Г.В. Токояков

подпись, дата

Красноярск 2020