



Қазақстан

Министерство
образования и науки
Республики Казахстан
Некомерческое акционерное
общество
«ВКТУ им. Д.Серикбаева»

Республикасының
Білім және ғылым
министрлігі
«Д.Серікбаев атындағы
ШҚТУ»
Комерциялық емес акционерлік
қоғамы

УТВЕРЖДАЮ
декан ШТАиТЭ

_____ А.М. Акаев
«___» _____ 2022 г

Қалпына келетін энергетика

Студенттердің өздік жұмысын және курстық жұмысты істеуге арналған
әдістемелік нұсқаулар

Возобновляемая энергетика

Методические указания по выполнению курсовой работы

Специальность: 6В07104 «Электроэнергетика», 6В07103 «Теплоэнергетика»,
Мамандық: 6В07104 «Электрэнергетикасы», 6В07103 «Жылу энергетикасы»

Өскемен
Усть-Каменогорск
2022

Методические указания по выполнению курсовой работы разработана в школе «ШТАиТЭ» на основании Государственного общеобразовательного стандарта высшего образования, утв. Приказом Министра образования и науки РК от 31.10.2018г. №604, Правил организации учебного процесса по кредитной технологии (Приказ Министра образования и науки РК от 12.10.2018 г. №563), Образовательной программы, Рабочего учебного плана, Каталога элективных дисциплин.

Одобрено Комиссией по обеспечению качества

Председатель

Дата 29.08.2022 г. протокол №1

Акаев А.М.

Руководитель образовательной программы

Сарсенова А.А.

6B07104

6B07103

Разработал

Асылжанова А.Б.

Преподаватель

Естаулетова А.Е.

Преподаватель

Сарсенова А.А.

Преподаватель

Дуйсембаева Г.С.

Преподаватель

Каримов Е.К.

Старший преподаватель

ЗАДАНИЕ
на выполнение курсовой работы

Тема проекта (работы) «Расчет солнечной установки»

Исходные данные к проекту (работе) генеральный план школы (нужно подобрать генплан школы), перечень оборудования

Перечень подлежащих разработке в курсовой работе вопросов или краткое содержание Расчет общего энергопотребления, технико-экономический расчет, выбор оборудования, определение суммы капиталовложений

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Лист 1 Генеральный план

Лист 2 План с расстановкой оборудования

Лист 3 Опора солнечной установки

1 Расчет солнечной установки

Общее энергопотребление рассчитывается по всем помещениям школы.

Номер	Помещение	Наличие свет-ка OTN	Мощность, Вт	Время работы, ч	Энергопотребление в сутки, Вт·ч
1	Помещение класса	Да		1,3	
2	Рекреация	Нет		2,0	
3	Помещение класса	Да		1,4	
4	Помещение класса	Да		1,4	
5	Помещение класса	Да		1,4	
6,7	Санузел	Нет		1,8	
8	Коридор	Нет		1,8	
9	Вестибюль	Нет		1,8	
10	Универсальная мастерская	Да		1,8	
11	Электрощитовая	Нет		0,33	
12	Иструментальная	Нет		2,0	
13	Раздевальная	Нет		1,0	
-	Уборные раздевальной	Нет		0,5	
14	Раздевальная	Нет		1,0	
-	Уборные раздевальной	Нет		0,5	
15	Снарядная	Нет		1,0	
16	Коридор	Нет		1,8	
17	Кладовая сухих продуктов	Нет		0,5	
18	Кладовая овощей	Нет		0,5	
19	Загрузочная	Нет		0,5	
20	Тамбур	Нет		0,5	
21	Кухня	Нет		1,8	
22	Мойка	Нет		1,8	
23	Обеденный зал	Нет		1,5	
24	Комната для персонала	Нет		1,8	
25	Коридор	Нет		1,8	
26	Кабинет врача	Нет		1,8	
27	Процедурный кабинет	Нет		1,0	
28	Комната уборочного инвентаря	Нет		0,5	

29	Спортивный зал	Нет		2,0	
30	Санузел для девочек	Нет		1,5	
31	Санузел для мальчиков	Нет		1,5	
32	Санузел для персонала	Нет		1,5	
33	Коридор	Нет		1,8	
34	Гардероб	Нет		1,8	
35	Комната охраны	Нет		1,8	
36	Венткамера	Нет		0,3	
37	Коридор	Нет		2,0	
38	Насосная	Нет		0,3	
39	Коридор	Нет		1,8	
40	Тамбур	Нет		0,5	
41	Тамбур	Нет		0,5	
42	Актовый зал (зрители)	Нет		0,5	
42	Актовый зал (сцена)	Нет		0,5	
43	Коридор	Нет		1,8	
44	Библиотека с книгохранилищем	Да		1,8	
45	Кабинет директора	Нет		1,8	
46	Помещение класса	Да		1,5	
47	Рекреация	Нет		1,8	
48	Класс иностранного языка	Да		1,4	
49	Класс иностранного языка	Да		1,4	
50	Лаборантская физики	Нет		1,4	
51	Лаборатория физики	Да		1,4	
52	Кабинет информатики	Да		1,4	
53	Лаборантская	Нет		1,4	
54	Помещение класса	Да		1,4	
55	Лаборантская биологии	Нет		1,4	
56	Лаборатория естественных наук	Да		1,4	
57	Лаборантская химии	Нет		1,4	
58	Кабинет труда	Да		1,4	
59	Учительская	Нет		1,8	
60	Лестничная клетка	Нет		1,8	
61	Лестничная клетка	Нет		1,8	
ИТОГО:					

1.1 Расчет общего энергопотребления

Для определения мощности солнечных батарей и выбора сопутствующего оборудования в виде контроллеров заряда, аккумуляторных батарей и инверторов, необходимо выполнить расчет потребления электроэнергии осветительной нагрузки школы. Для этого составляется

таблица среднесуточного потребления в зимнее время, когда нагрузка максимальна, а длительность светового дня минимальна, исходя из которой по максимальному энергопотреблению выбирается общая ёмкость аккумуляторных батарей.

Энергопотребление освещением кухни рассчитывается по формуле

$$W = P \cdot t \quad (5.1)$$

где P—установленная мощность освещения из таблицы 4.6, Вт
t — время работы освещения в сутки, ч

1.2 Расчет мощности и количества солнечных модулей

Расчёт солнечных панелей начинается с выбора угла их установки по отношению к горизонтальной поверхности. Согласно рекомендациям оптимальный угол наклона для весны и осени принимается равным значению широты местности. Для зимы к этому значению прибавляется 10-15 градусов, а летом от этого значения отнимается 10-15 градусов. Поэтому обычно рекомендуется менять дважды в год угол наклона с "летнего" на "зимний". Местность находится на широте 47 градусов. Следовательно зимой наклон панелей для лучшей производительности будет равен 63 градусам, а летом 33 градусам [8].

Далее необходимо определить количество солнечной энергии, на которое можно рассчитывать в данной местности. Здесь учитываются два фактора: среднегодовая солнечная радиация, а также ее среднемесячные значения при наилучших погодных условиях. В таблице 1.2 представлены данные о ежемесячной солнечной инсоляции.

Таблица 1.2

Уровни солнечной инсоляции при угле солнечной панели 63 градусов

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Инсоляция, кВт·ч/м ²	2,14	3,30	4,21	5,05	5,03	5,06
Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Инсоляция, кВт·ч/м ² , в день	4,93	5,27	5,18	3,90	2,81	2,03

5.2.1 Модуль мощностью P_E в течении выбранного периода выработает следующее количество энергии:

$$W = \frac{k \cdot P_E \cdot E}{1000} \quad (5.2)$$

где k – поправочный коэффициент, учитывающий потери мощности солнечных элементов, равный 0,5 в летний период при их нагреве на солнце и 0,7 в зимний период при наклонном падении лучей на поверхность модулей в течении дня [8].

E – значение инсоляции за выбранный период. Выбирается минимальное значение для проверки возможности поддерживать нагрузку в условиях наименьшей производительности.

Отсюда суммарная мощность солнечных панелей должна быть равна

$$P_E = \frac{1000 \cdot W}{k \cdot E}$$

При выборе солнечных панелей необходимо обратить внимание на ряд факторов: размеры, напряжение, тип и расположение панелей.

Геометрия определяется конкретными условиями установки, если есть возможность выбора между одной большой панелью и несколькими маленькими, предпочтительней выбрать большую, так как в этом случае более эффективно используется общая площадь и меньше внешних соединений, что повышает надёжность. Размеры готовых панелей обычно не слишком велики и не превышают полтора-два квадратных метра при номинальной мощности до 200-300 Вт.

В настоящее время почти все промышленно изготовленные панели фотоэлементов большой мощности имеют номинальное напряжение либо 12 В, либо 24 В. Предпочтительней выбирать 24-вольтовые панели, поскольку рабочие токи у них вдвое меньше, чем у 12-вольтовых той же мощности. Панели с номинальным напряжением выше 24 В встречаются редко и обычно собираются из более низковольтных, а 12-вольтовые панели оправданы лишь в случае, если это рабочее напряжение инвертора в системе с мощностью не более 1,5 кВт, а также если по архитектурным или конструктивным соображениям необходимо использовать панели малого размера, для которых не существует вариантов на 24 В.

В настоящее время наиболее часто предлагаются фотоэлементы на основе монокристаллического или поликристаллического кремния. Монокристаллический кремний обычно имеет КПД в районе 16-18%, а поликристаллический — 12-14%, но он несколько дешевле. Однако в готовых панелях цена за ватт, то есть в пересчёте на вырабатываемую мощность

получается почти одинаковой, и монокристаллический кремний может оказаться даже выгодней. По такому параметру, как степень и скорость деградации, разницы между ними практически нет. В связи с этим выбор в пользу монокристаллического кремния очевиден — при равной мощности панели из него компактнее. Кроме того, зачастую при снижении освещённости монокристаллический кремний обеспечивает номинальное напряжение дольше, чем поликристаллический, а это позволяет получать хоть какую-то энергию даже в весьма пасмурную погоду и в лёгких сумерках. Зато у поликристаллического кремния обычно ниже напряжение холостого хода (т.е. при работе без нагрузки - у монокристаллических фотоэлементов оно может превышать номинал почти вдвое), ниже и напряжение максимальной мощности. Но если подключать панель к инвертору и аккумулятору не напрямую, а через современный контроллер, то это не имеет существенного значения [8].

Принимая вышеуказанные рекомендации выбирается монокристаллическая солнечная панель и указываем характеристики.

Для выбора панелей прилагается ряд интернет ссылок для поиска в

Таблица 1.3

Характеристики солнечной панели

Тип элементов:	
Число элементов и соединений	
Эффективность элементов (КПД), %	
Напряжение разомкнутой цепи (V_{oc}), В	
Мощность, Вт	
Ток короткого замыкания, А	
Номинальное напряжение, В	
Напряжение в точке максимальной мощности, В	
Ток в точке максимальной мощности, А	
Напряжение холостого хода, В	
Ток холостого хода, А	
Габаритные размеры, мм	
Масса, кг	

Для начала необходимо выяснить какое количество панелей выбранной мощности понадобится и какое количество панелей, возможно, горизонтально установить на крыше школы исходя из её площади.

5.2.2 Определение количества требуемых солнечных панелей заданной мощности для питания осветительной нагрузки:

$$N = \frac{P_E}{P} \quad (5.3)$$

где P_E – общая требуемая мощность солнечных панелей, Вт.

P – мощность одной солнечной панели, Вт

5.2.3 Определение максимального числа солнечных панелей, возможного к размещению на крыше школы:

$$N = \frac{S}{2S_1} \quad (5.4)$$

где $S = 721,2$ – площадь крыши школы, m^2 .

$S_1 = 1,28$ – площадь одной солнечной панели, m^2

5.2.4 Определение максимальной длины тени, возможной к отбросу соседним рядом панелей при установке панелей вертикально по формуле:

$$L = h \cdot \operatorname{tg}(\varphi - \delta) \quad (5.5)$$

где φ – широта места наблюдения

δ – угол склонения солнца в день наблюдения, определяющийся для самого короткого дня по формуле:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284+n}{365}\right) \quad (5.6)$$

где n – порядковый номер дня в году, отсчитанный от 1-го января

h – высота солнечной панели над поверхностью, определяющаяся по формуле, м:

$$h = a \cdot \sin\beta \quad (5.7)$$

где a – длина солнечной панели, м

β – угол между панелью и горизонтальной плоскостью

С учётом расстояния между рядами, равному максимальной длине тени, а также ширины и длины крыши выбирается число солнечных панелей в одном ряду и общее число рядов. При расположении солнечных панелей необходимо обеспечить наименьшую длину проводов для уменьшения потерь напряжения в них. При монтаже солнечной батареи на горизонтальной поверхности, для исключения взаимного затенения при круглогодичной работе системы расстояние между рядами должно быть не менее 1,7 высоты ряда зимой и не менее 1,2 высоты ряда при работе в летний период.

Для монтажа панелей на крыше необходимы специальные алюминиевые стойки. Необходимо подобрать стойки и описать их характеристики.

Для более равномерного распределения нагрузки необходимо объединить щитки освещения в группы с приблизительно равной суммарной мощностью и энергопотреблением и отобразить в таблице 1.4. Это в свою очередь поможет рационально поделить солнечные панели и сопутствующее электрооборудования для уменьшения расхода проводникового материала.

Таблица 1.4

Группы освещения

Группа	Щитки освещения группы	Установленная мощность, кВт	Энергопотребление, кВт·ч
I			
II			

Так как установленная мощность и потребление обеих групп практически одинакова половина солнечных панелей будет расположена на крыше над щитками ЩО-1 и ЩО-2, питать группу I и составлять ФЭУ-1, а другая - над ЩО-3 и ЩО-4, питать группу II и составлять ФЭУ-2. В связи с тем, что обе группы одинаковы по солнечным панелям, а следовательно и по количеству требуемого оборудования достаточно выполнить расчёт для одной группы, например, для первой.

5.2.5 Количество солнечных панелей, необходимое для питания ЩО1 и ЩО4 определяется по пропорции:

$$\frac{W_1}{W} = \frac{N_1}{N} \quad (5.8)$$

где W_1 – энергопотребление первой группы, кВт·ч

W – общее энергопотребление, кВт·ч

N_1 – количество панелей, входящих в ФЭУ-1

N – общее количество панелей

1.3 Выбор контроллера заряда

В современных системах контроллер заряда находится между солнечной батареей и аккумуляторами и выполняет нормирование напряжения, вырабатываемое панелями фотоэлементов, к напряжению, необходимому для заряда аккумуляторов с учётом их текущего состояния, в том числе с отключением их от фотоэлементов при полной зарядке во избежание перезаряда. Контроллер выступает ограничителем тока в начале зарядки разряженных аккумуляторов для предотвращения их перегрева и повышенного газовыделения, что не только сильно сокращает срок службы системы, но и является причиной взрыва и пожара.

Дешёвые модели контроллеров заряда для регулирования напряжения на нагрузке обычно используют широтно-импульсную модуляцию (ШИМ, PWM – Pulse Width Modulation). Большинство недорогих контроллеров заряда могут либо подключать нагрузку напрямую, «просаживая» выходное напряжение батарей намного ниже оптимального, либо просто отсекая этот излишек. Поэтому эти потери также можно заложить в КПД, уменьшив его на 10...25%. Однако существуют модели контроллеров, которые удерживают эти потери в пределах 2 .. 5%.

Технологию, предотвращающую такие потери, называется МРРТ (Maximum Power Point Tracking — отслеживание точки максимальной мощности), заключающаяся в постоянном измерении вырабатываемого панелями тока и напряжения и обеспечении их оптимального соотношения, которое зависит от времени суток и текущей ситуации на небе. Это позволяет достичь оптимального использования мощности батарей практически во всех режимах работы и уменьшить потери до 3%. Однако стоимость таких контроллеров существенно превышает стоимость простейших моделей, рассчитанных на тот же ток нагрузки. Кроме того, при одинаковом номинальном токе нагрузки суммарная номинальная мощность панелей, подключаемых к контроллеру с МРРТ, обычно заметно меньше суммарной мощности панелей, подключаемых к дешёвым контроллерам с ШИМ-регуляцией — как раз на величину потерь, компенсируемых МРРТ, т.е. до 25%.

Поэтому, если ориентироваться на облачную погоду и учитывать тот факт, что рабочий ток контроллеров весьма ограничен, может оказаться выгоднее приобрести дополнительную панель и использовать ШИМ-контроллер заряда, сэкономив на МРРТ, — отдаваемый в нагрузку ток будет более стабилен в более широком диапазоне освещённостей за счёт повышенных потерь при ярком солнце [8].

1.3.1 Ток контроллера должен быть больше или равен току короткого замыкания солнечных модулей с 10% -ым запасом.

$$I \geq 1,1 \cdot I_{кз}$$

5.3.2 Номинальный ток контроллера для шести солнечных панелей определяется по формуле:

$$I = I_{оп} \cdot N \quad (5.9)$$

где $I_{оп}$ – оптимальный ток одной солнечной панели, определяющийся по вольтамперной характеристике солнечной батареи на рисунке 5.1.

$N = 6$ – количество солнечных панелей одной ветви первой группы

Так как по описанию солнечной панели (таблица 1.3) ток в точке максимальной мощности равен 5,16 А, а ток короткого замыкания равен 5,8 А, то по вольтамперной характеристике для значения напряжения в 24 В ток оптимального или усреднённого режима будет равен 5,41 А.

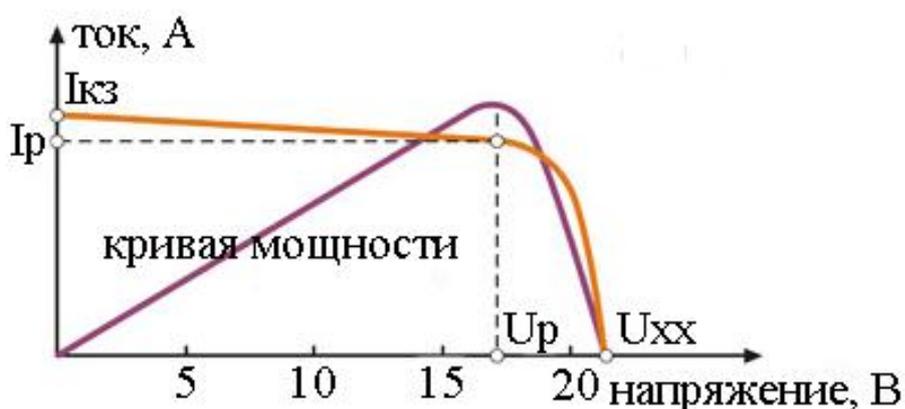


Рисунок 5.1 Вольтамперная характеристика солнечной батареи

При подключении панелей к контроллеру их суммарный максимальный ток не должен превышать 80%-90% от номинального тока контроллера. Этот запас необходим, так как при возрастании нагрузки выше оптимальной напряжение снижается, но ток продолжает нарастать и контроллер должен выдержать эту перегрузку по току. Также в некоторых условиях сама выработка фотопанелей может превысить номинальную, например, в ясный зимний день, когда белый снег, отлично отражающий свет, способствует перезасветке фотоэлементов по сравнению с расчётной, а умеренный мороз немного повышает их КПД, и контроллер должен выдержать такую избыточную выработку.

В настоящее время имеются модели контроллеров заряда, позволяющих регулировать не только напряжение, но и зарядный ток в соответствии с ёмкостью блока аккумуляторов. В таких случаях

максимальный зарядный ток уже не ограничивает общую мощность первичных источников, но и стоимость таких контроллеров заметно выше. Для нерегулируемых контроллеров основным критерием выбора ёмкости аккумуляторов является ток заряда, оказывающий главное влияние на долговечность и безопасность их эксплуатации [8].

Учитывая указанные выше рекомендации и расчёты для группы, состоящей из ... панелей выбирается ... непрограммируемых контроллеров с технологией широко импульсной модуляции, характеристики которого представлены в таблице 1.5 [12].

Таблица 1.5

Характеристики контроллера заряда

Производитель	
Номинальное напряжение, В	
Номинальная мощность, Вт	
Технология	
Ток собственного потребления, мА	
Клеммы под кабель, мм ²	
Рабочая температура, °С	
Влажность, %	
Размеры контроллера, мм	
Вес, кг	
Стоимость, тг	

В данном контроллере также имеются электронные защиты от: перегрева, перегрузки, короткого замыкания и переплюсовки на клеммах солнечных панелей и аккумуляторных батарей.

1.4 Выбор инвертора

Прежде всего, выбранный инвертор должен обеспечить необходимую выходную мощность. Входное (низковольтное) напряжение связано с этой мощностью довольно тесно. Но помимо этого у инверторов есть и другие характеристики, на которые следует обратить внимание.

Во-первых, это форма вырабатываемого тока. Простейшие модели вырабатывают переменный ток треугольной или даже прямоугольной формы (меандр), обычно сильно ухудшенная огромными помехами и искажениями. Несколько более приемлем ток трапецеидальной формы. Наиболее часто современные инверторы выдают так называемый «модифицированный синус», представляющий собою ступенчатое приближение к синусоидальной форме. Наконец, инверторы, вырабатывающие «чистый синус», выдают ток,

форма которого очень близка к идеальному синусу и обычно намного лучше, чем форма тока в общественной электросети. Единственный недостаток этого класса инверторов — они немного крупнее и в полтора-два раза дороже аналогичных инверторов с «модифицированным синусом».

Во-вторых, это КПД инвертора. Чем он выше, тем меньше непроизводительные потери энергии. Большинство современных инверторов имеет КПД более 90%.

В-третьих, это способность инвертора работать в режиме зарядки аккумуляторов. Такой инвертор в комплекте с аккумуляторами по сути представляет собой источник бесперебойного питания. При работе с даровой энергией эта особенность также очень полезна — она позволяет уменьшить запас мощности солнечных батарей или ветрогенератора и снизить требования к ёмкости аккумуляторов для наиболее неблагоприятной ситуации, поскольку при недостатке даровой энергии имеется возможность их заряда от внешней сети. Впрочем, во многих ситуациях более широкие возможности даёт использование отдельного зарядного устройства, не интегрированного в единый блок с инвертором.

В-четвёртых, чем подробнее индикация, тем лучше. Весьма желательна возможность контроля как входного напряжения (на аккумуляторах), так и выходного (в розетке). Кроме того, необходимо наличие защиты от перегрузки и от короткого замыкания в нагрузке.

При мощности потребления как минимум до 10 кВт гораздо удобнее использовать не трёхфазное, а однофазное напряжение. Это упрощает разводку по дому и устраняет проблемы, связанные с распределением фаз по потребителям. К тому же трёхфазные инверторы труднее найти, и они сложнее и дороже, чем однофазные той же мощности [8].

Обычно выбор инвертора производится исходя из выходной и пиковой мощности, но, так как нагрузка осветительная и светодиодная, и не имеет пускового тока, инвертор выбирается с учетом выходной мощности нагрузки.

Как было указано выше, инверторы различаются по формы выходной синусоиды, представляющая собой как чистый, так и модифицированный синус. Так как нагрузка осветительная и не содержит чувствительной аппаратуры и индуктивной составляющей, то инвертор с модифицированным синусом был бы приемлем для использования в данной системе электроснабжения. Однако она предусматривает отдачу возникающих в периоды малых нагрузок и интенсивного солнечного излучения избытков электроэнергии в сеть, что, в свою очередь, требует должного качества электроэнергии. Исходя из этого необходим инвертор с чистым синусоидальным напряжением на выходе.

Так суммарная нагрузка первой группы составляет 4,77 кВт, входное напряжение 24 В и имеется связь с сетью выбирается гибридный инвертор МАП Энергия HYBRID с характеристиками, представленными в таблице 5.6 [12]. Запас по мощности инвертора даёт возможность в будущем увеличить мощность нагрузки и источника питания.

Таблица 1.6

Характеристики инвертора

Тип синусоиды	
Мощность номинальная, Вт	
Мощность пиковая, Вт	
Напряжение питания, В	
Собственное потребление, Вт	
Выходное напряжение, В	
Коэффициент полезного действия, %	
Диапазон рабочих температур, °С	
Размеры, мм	
Вес, кг	
Стоимость, тг	

1.5 Выбор аккумуляторных батарей

В аккумуляторах скапливается энергия, выработанная солнечным модулем. В связи с этим он выполняет три задачи:

- покрытие пиковой нагрузки, которую не способны покрыть сами фотоэлектрические модули;
- обеспечение энергией в ночное время;
- компенсация энергии в периоды слабой освещённости либо высокого энергопотребления.

В настоящее время благодаря постепенному снижению цен мощные литий-ионные аккумуляторы начинают составлять реальную конкуренцию традиционным свинцово-кислотным. К их преимуществам относятся: большая удельная ёмкость, меньший удельный вес, практически полное использование к своей номинальной ёмкости, удвоенная эффективность по сравнению со свинцово-кислотными при работе в системах автономного энергоснабжения при компенсации кратковременных нехваток энергии. Однако данный тип аккумуляторов заметно дороже и более пожароопасен и для него требуются специальные зарядные устройства, и режим заряда свинцово-кислотных аккумуляторов для них не приемлем. Так как для стационарных систем массо-габаритные характеристики часто второстепенны, то хорошее соотношение ёмкость-цена в сочетании с меньшей пожароопасностью вполне может перевесить более высокую энергетическую эффективность.

Для системы энергоснабжения следует предпочесть тяговые гелевые аккумуляторы, позволяющие более полно использовать номинальную ёмкость по сравнению со стартовыми (автомобильными). В гелевом

аккумуляторе электролит загущен силикагелем, желеобразной белёсой массой, что немного подсушен и пронизан микротрещинами, которые не дают испарениям элетролита улетучиваться. Пары кислорода и водорода удерживаются внутри геля, реагируют и превращаются в воду, которая впитывается гелем. Аккумуляторы с заявленным сроком службы в 20 и более лет существенно дороже, однако их покупка не имеет смысла, так как срок службы электронных блоков системы (инвертора и контроллера) оценивается в 10-12 лет, поэтому нет смысла переплачивать за потенциальную долговечность аккумуляторов [8].

5.5.1 Ёмкость аккумуляторных батарей определяется по формуле:

$$C = \frac{W}{U \cdot \eta} \quad (5.10)$$

где W – потребляемая электроэнергия за сутки, Вт·ч
 U – рабочее напряжение аккумулятора, В
 η – коэффициент полезного действия инвертора

5.5.2 Количество аккумуляторных батарей с учетом запаса энергии на 2 дня определяется по формуле:

$$N = \frac{C \cdot 2}{C_1 \cdot k} \quad (5.11)$$

где C_1 – ёмкость одной аккумуляторной батареи, А·ч
 $k = 0,45$ – коэффициент, учитывающий остаточный заряд батарей в 55 %

При выборе ёмкости отдельного аккумулятора рассматриваются варианты 50, 100 и 200 А·ч. 200-амперчасовые весьма громоздки и имеют вес в пределах 65 - 75 килограмм, что ведёт к сложности установки и замены аккумуляторов в случае их выхода из строя. В то же время аккумуляторы по 50 А·ч потребуют слишком большого числа соединений, а это увеличивает трудоёмкость монтажа и снижает надёжность. 100-амперчасовые аккумуляторы весят менее 40 кг, и их не представляет сложности поднять или передвинуть одному человеку, при этом число коммутаций вдвое меньше, чем при использовании 50-амперчасовых, а суммарная цена блока аккумуляторов будет немного ниже. В связи с этим выбираются гелевые аккумуляторные батареи с характеристиками, представленными в таблице 1.7 [12].

Таблица 1.7

Характеристики аккумуляторной батареи

Тип аккумулятора	
Номинальное напряжение, В	
Номинальная емкость, А·ч	
Ток разряда, А	
Внутреннее сопротивление, мОм	
Саморазряд (при 20°C)	
Ток заряда, А	
Рабочий температурный диапазон, °C	
Вес, кг	
Размеры, мм	
Тип клемм	
Стоимость, тг	

Следует подчеркнуть, что это лишь предварительный выбор ёмкости, а далее производится комплектация аккумуляторных батарей по блокам для обеспечения нужного напряжения и ёмкости, а так же подключения к контроллерам заряда с учётом токов разряда и заряда.

При использовании контроллеров заряда суммарный ток зарядки, равный максимальному току первичного источника энергии, не должен превышать указанный производителем максимально допустимый ток заряда аккумулятора, умноженный на число параллельных сборок аккумуляторов. В случае нарушения этого условия возможен быстрый выход аккумуляторов из строя, а также их взрыв и возгорание. С другой стороны, слишком малый ток заряда не сможет полностью зарядить аккумуляторы, что при недолгой эксплуатации приведёт к сокращению текущего запаса энергии в аккумуляторах, а постоянный недостаточный заряд снижает ёмкость аккумуляторов и сокращает срок их службы. В общем случае, оптимальный ток заряда составляет 5-10% от ёмкости аккумулятора.

Итак, в первую ФЭУ-1, питающую ЩО-1 и ЩО-4 входит 5 ветвей, каждая из которых содержит в себе 6 солнечных панелей и 1 контроллер заряда. Все ветви подключены к одному инвертору. Так как выбранное напряжение солнечной системы 24 В, аккумуляторы будут соединены последовательно по 2 аккумулятора в каждой ветви одной сборки. Количество ветвей аккумуляторов, подсоединяемых к контроллеру заряда, равно 4, в результате чего максимальный выходной ток 6 солнечных панелей равный 32,46 А будет распределяться по 8,115 А по каждой из ветвей сборки, что меньше 10А, а выбор непрограммируемого контроллера полностью оправдан.

В после выбора аккумуляторных батарей необходимо удостовериться в том, что потребляемый инвертором в режиме максимальной мощности ток не превышает предельно допустимый ток разряда аккумуляторов, умноженный на число их параллельных сборок. Для обеспечения более комфортных условий работы и хорошей энергоотдачи аккумуляторов крайне желательно, чтобы ток разряда в длительном режиме не превышал половину максимально допустимого значения, то есть оптимальный ток разряда аккумулятора составляет не более 20% от его ёмкости [8].

5.5.3 Максимальный потребляемый инвертором ток определяется по формуле:

$$I = \frac{P}{U \cdot \eta} \quad (5.12)$$

где P – максимальная установленная мощность нагрузки, подключенной ко входу инвертора, Вт

η – коэффициент полезного действия инвертора

U – напряжение на входе инвертора, В

5.5.4 Суммарный ток разряда всех аккумуляторов, входящих в первую группу определяется по формуле:

$$I = I_1 \cdot n \quad (5.13)$$

где I_1 – максимальный ток разряда одного аккумулятора, А

n – суммарное количество ветвей всех сборок аккумуляторов

Для компактного и удобного расположения аккумуляторных батарей выбираются специальные шкафы, характеристики которых представлены в таблице 1.8.

Таблица 1.8

Характеристики шкафа для аккумуляторных батарей

Климатическое исполнение	
Масса, кг	
Габариты, мм:	
Вместимость	
Стоимость, тг	

Варианты заданий для выполнения курсовой работы

Номер	Помещение	Варианты заданий										
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
1	Помещение класса	348	274	367	352	333	277	397	402	365	283	314
2	Рекреация	117	103	100	102	126	111	145	123	100	97	114
3	Помещение класса	348	274	367	352	333	277	397	402	365	283	314
4	Помещение класса	348	274	367	352	333	277	397	402	365	283	314
5	Помещение класса	348	274	367	352	333	277	397	402	365	283	314
6,7	Санузел	36	24	38	32	36	28	25	31	35	29	33
8	Коридор	78	62	72	66	74	69	72	68	77	80	84
9	Вестибюль	152	124	159	145	157	162	155	160	144	174	161
10	Универсальная мастерская	378	401	325	346	398	367	364	351	321	391	312
11	Электрощитовая	22	17	19	18	14	21	18	22	27	24	18
12	Иструментальная	117	120	125	115	129	130	111	90	102	118	121
13	Раздевальная	33	27	25	29	31	35	29	24	30	24	36
-	Уборные раздевальной	18	20	22	24	26	28	30	32	32	36	38
14	Раздевальная	33	38	42	28	21	39	41	21	26	29	34
-	Уборные раздевальной	18	20	22	24	26	28	30	32	32	36	38
15	Снарядная	33	38	42	28	21	39	41	21	26	29	34
16	Коридор	38	34	37	30	38	34	39	41	36	41	33
17	Кладовая сухих продуктов	11	15	14	12	13	17	13	16	18	16	19
18	Кладовая овощей	12	10	12	14	15	13	12	14	18	12	14
19	Загрузочная	11	9	13	14	10	15	12	17	14	16	13
20	Тамбур	6	7	7	5	9	6	7	7	8	10	9
21	Кухня	114	106	110	112	99	114	118	112	106	117	120

22	Мойка	78	66	69	78	74	66	71	68	59	71	58
23	Обеденный зал	195	204	194	163	154	187	194	210	189	247	169
24	Комната для персонала	18	22	34	19	31	27	26	24	20	28	30
25	Коридор	114	100	125	119	113	100	117	124	115	123	112
26	Кабинет врача	117	96	111	112	96	114	118	117	100	117	121
27	Процедурный кабинет	195	216	190	167	157	183	190	217	192	240	159
28	Комната уборочного инвентаря	6	9	8	7	9	11	7	9	10	13	8
29	Спортивный зал	702	750	777	650	702	702	753	753	702	776	750
30	Санузел для девочек	36	40	43	44	36	36	44	40	36	43	40
31	Санузел для мальчиков	30	28	22	29	30	30	21	28	30	22	28
32	Санузел для персонала	12	15	11	16	12	12	18	15	12	11	15
33	Коридор	32	37	33	31	32	32	32	37	32	33	37
34	Гардероб	76	82	77	82	76	76	88	82	76	77	82
35	Комната охраны	114	122	129	131	114	114	129	122	114	129	122
36	Венткамера	33	41	46	49	33	33	48	41	33	46	41
37	Коридор	22	27	21	21	22	22	23	27	22	21	27
38	Насосная	24	19	22	27	24	24	18	19	24	22	19
39	Коридор	78	66	61	70	78	78	61	66	78	61	66
40	Тамбур	22	17	19	23	22	22	19	17	22	19	17
41	Тамбур	33	25	28	24	33	33	28	25	33	28	25
42	Актовый зал (зрители)	351	299	342	362	351	351	324	293	351	342	299
42	Актовый зал (сцена)	312	276	283	300	312	312	267	276	312	283	276
43	Коридор	234	213	222	231	234	234	217	213	234	222	213
44	Библиотека с книгохранилищем	348	314	319	334	348	348	330	313	348	319	314
45	Кабинет директора	228	217	221	228	228	228	223	217	228	221	217
46	Помещение класса	348	274	279	301	348	348	342	274	348	279	274
47	Рекреация	195	207	214	184	195	195	209	207	195	214	207
48	Класс иностранного языка	264	247	237	242	264	264	252	247	264	237	247

49	Класс иностранного языка	264	250	254	260	264	264	252	250	264	254	250
50	Лаборантская физики	190	175	184	180	190	190	182	175	190	184	175
51	Лаборатория физики	348	314	319	337	348	348	323	314	348	319	314
52	Кабинет информатики	504	486	471	497	504	504	489	486	504	471	486
53	Лаборантская	190	180	197	200	190	190	186	180	190	197	180
54	Помещение класса	348	274	264	256	348	348	269	274	348	264	274
55	Лаборантская биологии	195	180	173	184	195	195	199	180	195	173	180
56	Лаборатория естественных наук	348	320	341	364	348	348	336	320	348	341	320
57	Лаборантская химии	190	177	182	188	190	190	167	177	190	182	177
58	Кабинет труда	264	243	251	260	264	264	271	243	264	251	243
59	Учительская	234	219	224	231	234	234	233	219	234	224	219
60	Лестничная клетка	33	26	22	30	33	33	29	26	33	22	26
61	Лестничная клетка	33	26	22	30	33	33	29	26	33	22	26