

# Электричество про запас

## Задание:

В кейсе «Электричество про запас» речь идет о том, что к садоводству на 400 домов подведена маленькая мощность, и из-за этого возникает проблема: в период повышенного потребления электричества (утром и вечером, когда большая часть людей находятся в домах и активно пользуются электрическими приборами) у жителей автоматы отключаются от сети. Суть в том, что у каждого дома (участка) стоит автомат на 16 ампер, которые выдают 3.5кВт, и при включении электрочайника и нагрева воды в стиральной машине электричество отключается.

Если установить автоматы на 32 ампера, то мощность увеличивается до 7кВт в каждом доме садоводства, но тогда общая сеть будет выключаться при пиковых нагрузках, так как они будут превышать имеющиеся 200кВт.

Для решения этой проблемы нужна система аккумулирования, которая будет заряжаться в периоды минимального потребления электричества, и выдавать дополнительную мощность системе во время пиковой нагрузки.

Во-первых, давайте рассмотрим некоторые проблемы, вследствие которых возникает нужда аккумулировать энергию:

1) Например, солнечная электростанция эффективно работает только в светлое время дня и при безоблачном небе, а ветряк – когда дует ветер, и эти провалы в выработке нужно как-то компенсировать.

Возможен вариант накапливания некоторой части вырабатываемой энергии при помощи промышленных аккумуляторов, а расходовать её во время вечерних и утренних пиков потребления.

2) Также нынешние объёмы выработки и потребления электричества сбалансированы, и электростанции подстраиваются под график потребителя. Но в случае внезапных отключений в энергосистеме, по масштабам сопоставимой с российской, ситуацию спасёт аккумулятор мощностью от 10–20 МВт, способный 1,5–2 часа закрывать энергодефицит.

### **Решение:**

Для того, что бы определить масштаб аккумулируемой системы для начала следует рассчитать требуемую емкость и мощность. Ниже приведены все расчеты.

### **Необходимая ёмкость**

Для того чтобы электрическая сеть в садоводстве работала без перебоев, нужно знать сколько электроэнергии должна запасать аккумулирующая установка, учитывая суточное потребление электричества в зависимости от времени года (рис.1), а также коэффициент одновременности. Таким образом можно определить значение необходимой мощности и время работы установки. Для того чтобы система работала без сбоев нужно ориентироваться на более энергоемкий период, то есть на зиму.

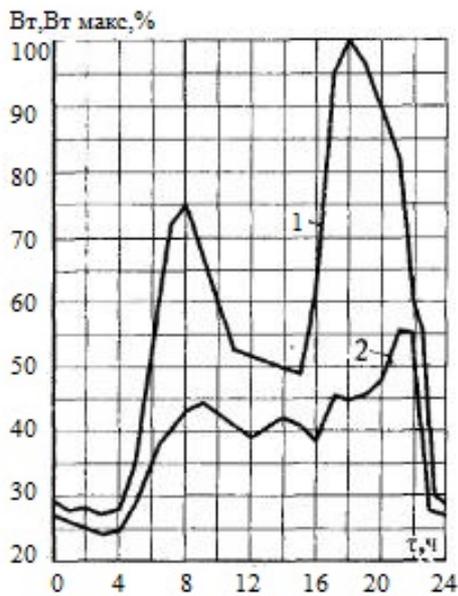


Рис 1 Суточный график конунально-бытовой нагрузки  
1-зима;2-лето

«Коэффициент одновременности» рассчитанный на количество домов

N	1	3	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
k	1.00	0.80	0.61	0.49	0.42	0.37	0.34	0.29	0.23	0.205	0.185	0.164	0.139	0.124	0.115

$$P_{\text{пик1}} = k * P_m * N * d = 0.139 * 7 \text{кВт} * 400 * 0.78 = 303 \text{кВт}$$

$$P_{\text{пик2}} = 0.139 * 400 * 0.99 = 390 \text{кВт},$$

где k - коэффициент одновременности

$P_m$  – допустимая мощность

N – количество домов

d – коэффициент максимума (дневного и вечернего)

Таким образом, судя по графику и информации из интернета, дополнительная мощность вместе с имеющейся должна быть в районе от 390 до 410кВт. Учитывая уже подводимую мощность в 200кВт, установка должна выдавать 200 – 210кВт.

## Энергоемкость

Так как утренний максимум длится 3ч. рассчитаем энергоемкость аккумулирующей системы в утренний период:

$$A_{\text{утр.}} = P_{\text{ср}} * t = (210 * 3) / 2 = 315 \text{ кВт} * \text{ч}$$

Где:

- $P_{\text{ср}}$  – средняя потребляемая мощность во время пиковой нагрузки

Вечерний период (длительность 4ч.):

$$A_{\text{веч.}} = (210 * 4) / 2 = 420 \text{ кВт} * \text{ч}$$

Период подзарядки системы:

заряжаться система сможет в промежутки между вечерним пиком и утренним. Также частичная подзарядка возможна в дневное время, когда большая часть людей уезжает на работу, и потребление электричества понижается ниже среднего значения на 5%

$$A_{\text{дневная}} = 200 \text{ кВт} * 0.05 * 3 \text{ ч} = 30 \text{ кВт} * \text{ч}$$

После учета всех данных мы можем получить необходимую емкость энергозапасяющей системы

$$A_{\text{запас.сист.}} = A_{\text{утр.}} + A_{\text{веч.}} - A_{\text{дневная}} = 315 \text{ кВт} * \text{ч} + 420 \text{ кВт} * \text{ч} - 30 \text{ кВт} * \text{ч} = 705 \text{ кВт} * \text{ч}$$

## Аккумулирующая система

Мы считаем, что данную проблему следует решать учитывая:

- 1) Стоимость установки
- 2) КПД
- 3) Возможность быстро запасать и равномерно выдавать электроэнергию
- 4) Энергоемкость
- 5) Срок службы

Рассмотрим все наиболее подходящие варианты запаса электричества

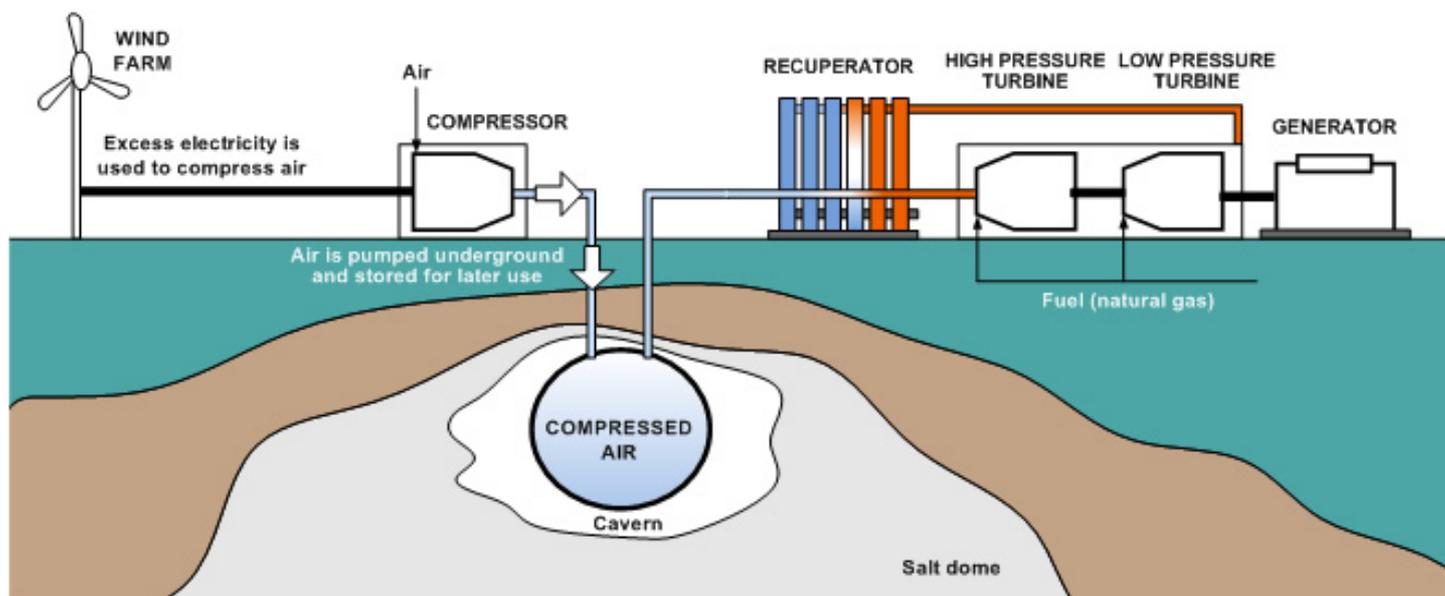
### 1) Гидроаккумуляторы

Принцип работы прост: имеется два резервуара для воды, один выше другого. Когда потребность в электричестве низкая, энергию можно использовать для закачки воды наверх. В пиковые часы вода устремляется вниз, вращая гидротурбину и вырабатывая электричество. Подобные проекты разрабатывает, например, Германия в заброшенных угольных шахтах или сферических контейнерах на дне океана. Этот вид запаса электричества используется в больших масштабах. В мире насчитывается около 300 таких станций, вырабатывающих в среднем 500МВт.

В нашем случае этот метод нерационален, так как для 400 садовых участков нужно не более 250кВт, а постройка гидроаккумулятора очень затратная. Также для такой системы нужен большой перепад высот, поэтому данный метод в равнинных регионах не подходит.



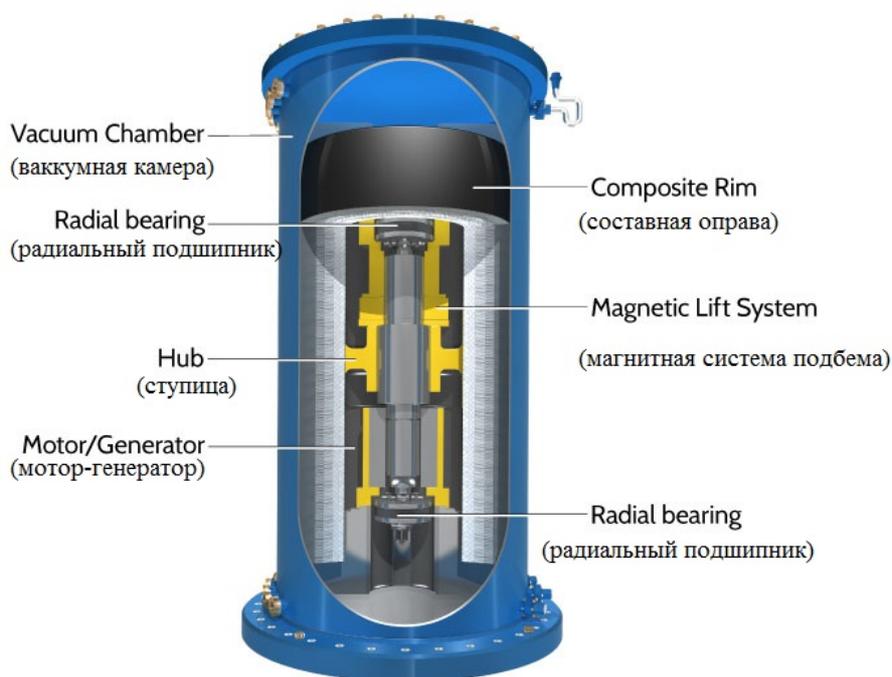
## 2) Сжатый воздух



В целом этот способ напоминает предыдущий, за исключением того, что вместо воды в резервуары нагнетается воздух. Принцип прост: сжатый воздух закачивается в подземные пещеры. При необходимости воздух выпускается и вращает турбины. Эта технология существует в теории уже несколько десятков лет, но на практике, из-за ее высокой стоимости, есть всего лишь несколько рабочих систем и чуть больше — испытательных. Ещё один большой минус этой системы в том, что идет большая потеря потенциальной энергии вследствие нагрева воздуха при его сжатии.

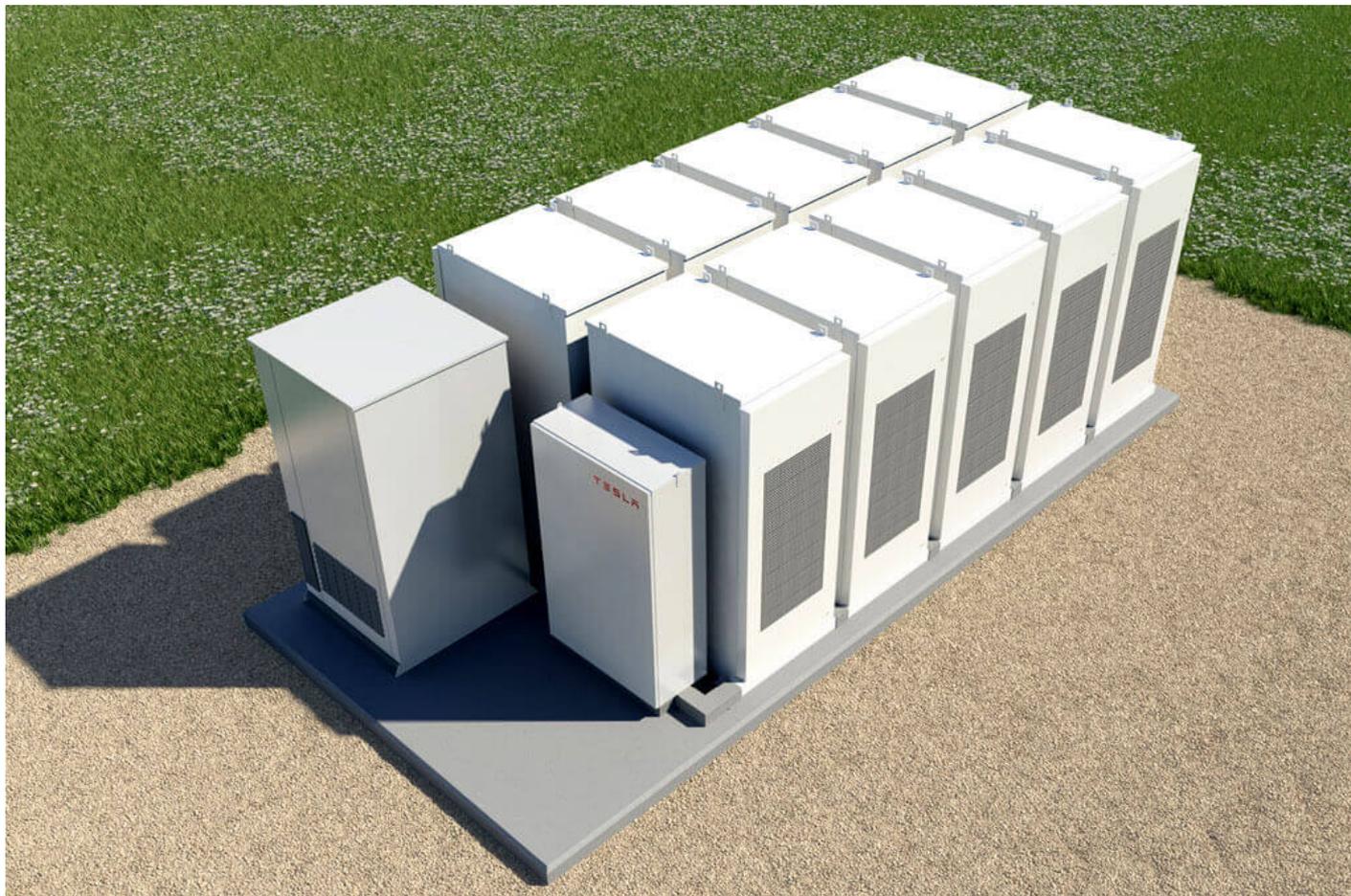
В нашем случае этот метод не рентабельный, так как для подземных пещер нужна плотная почва, следовательно, данная установка возможна не во всех регионах.

### 3) Супермаховик



Эта технология предназначена для накопления электроэнергии при помощи перевода её в кинетическую. Электричество запускает мотор, который разгоняет барабан и, когда электроэнергия нужна, инерционная энергия ротора приводит в движение генератор, создавая электричество, которое возвращается обратно в сеть. Изобретение не получило широкого распространения, хотя оно может применяться для обеспечения бесперебойного питания. Также у супермаховика высокий коэффициент полезного действия 98-99%, такой результат достигается из-за вакуума, который минимизирует сопротивление воздуха и деталей при вращении барабана. Супермаховик может быстро запасать энергию, и при недостатке электричества нормировано её выдавать. Срок службы такой установки 20 лет или 7 млн. циклов. Относительная стоимость 500\$ на 1 кВт\*ч запасаемой энергии.

#### 4) Традиционные аккумуляторы



Всем нам хорошо известны обычные аккумуляторы. И с развитием технологий увеличиваются их возможности. На сегодняшний день есть наиболее современная и передовая разработка компании Tesla – аккумулятор Powerpack. С виду и по размерам он похож на холодильник и имеет энергоёмкость – 100 кВт•ч. Powerpack также является модулем. Добавляя такие модули в хранилище, можно наращивать ёмкость практически до бесконечности. По словам Илона Маска, в США уже есть энергетические компании, работающие на основе технологии Powerpack и имеющие хранилища ёмкостью 250 МВт•ч. Каждый Powerpack рассчитан на 50 кВт мощности, содержит 16 изолированных друг от друга секций с ячейками из батарей. С каждой секции снимаются температурные показатели, и производится подзарядка батарей. На текущий момент продажи осуществляются только через сайт Tesla. Цена базового комплекта на 100 кВт\*ч начинается с **\$60550**. В комплект входит батарейный модуль, инвертор, контроллер, комплект кабелей и программное обеспечение.

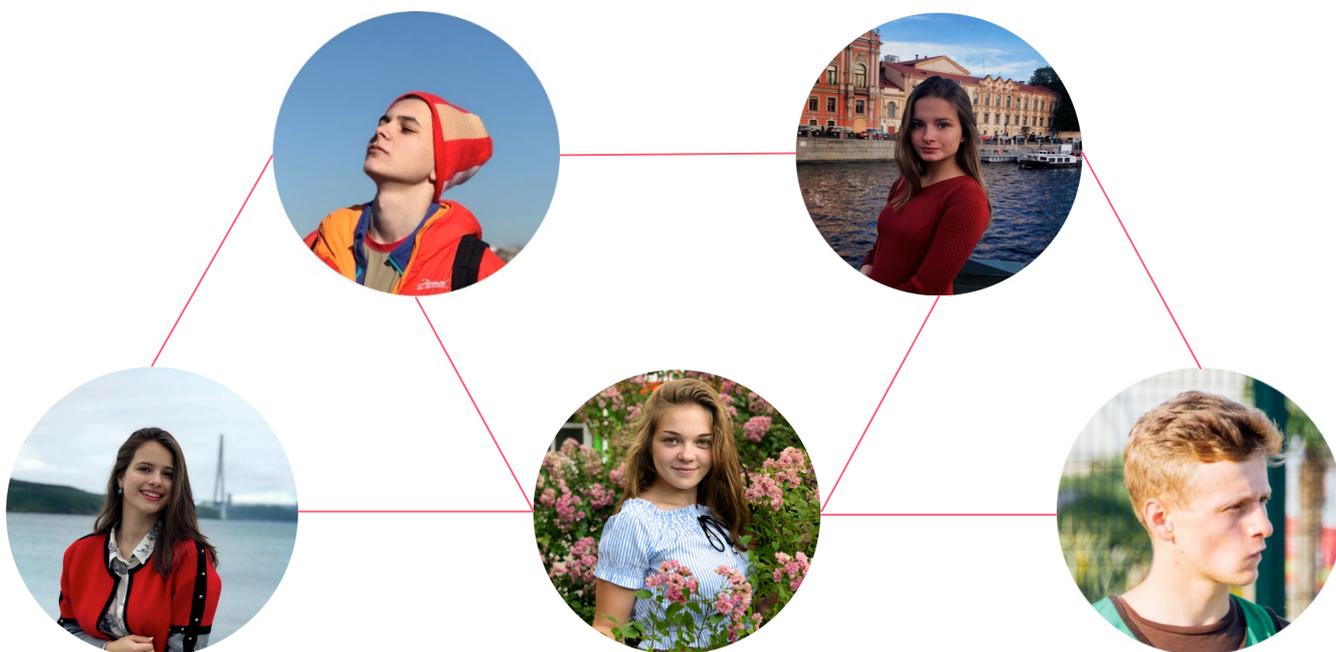
КПД системы - 88%. Срок службы – 15-20 лет.

## Итог

Изучив все возможные методы запасания электроэнергии, мы решили остановиться на последних двух вариантах, которые наиболее сильно удовлетворяют требованиям (стоимость установки, КПД, возможность быстро запасать и равномерно выдавать электроэнергию, энергоёмкость, срок службы). Стоимость системы из супермаховиков составляет около 22.5 млн. рублей, а Powerpack Tesla (мы решили брать именно этот продукт, так как он является лучшим на рынке) обойдется в 27.5 млн. на 700кВт \*ч.

Но все же нужно было выбрать один наиболее подходящий вариант, поэтому рассмотрев все плюсы и минусы данных систем запаса электроэнергии, мы поняли, что несмотря на более высокую стоимость и более низкий КПД, все же лучше использовать традиционные аккумуляторы, так как они более распространены и легки в эксплуатации, по сравнению с супермаховиками. Одним из главных минусов супермаховиков является их не распространённость, вследствие которой их эксплуатация сопровождается огромными трудностями. В дальнейшем, когда рынок будет развит, то использование супермаховиков будет целесообразным, но на данный момент лучше использовать традиционные аккумуляторы.

## Авторы





### Черникова Дарья Николаевна (9 класс)

- Рассмотрела способы аккумуляирования энергии
- Выступала за супермоховик
- Редактировала и писала текст



### Шкилёва Екатерина Александровна (9 класс)

- Занималась поиском общей информации
- Искала плюсы и минусы аккумулирующих систем



### Лубошников Матвей Андреевич (11 класс)

- Проводил расчеты
- Был ответственным за данный мини-курс



### Локтева Елизавета Михайловна (9 класс)

- Эксперт в области традиционных аккумуляторов
- Писала текст и выступала в роли редактора



### Рядинский Алексей Михайлович (11 класс)

- Влюблен в Tesla (тайный рекламщик Tesla)
- Писал текст и отвечал за внешний вид работы