

**Проект на тему**  
**«Электричество про запас»**

Выполнил ученик 10А класса  
МБУ «Лицей №60» г. Тольятти,  
Самарская область  
Гусев Владимир Андреевич

Содержание:

- I. Цели и задачи проекта;
- II. Ознакомление с установками;
- III. Сравнение установок;
- IV. Вывод;
- V. Список используемой литературы.

## I. Цели и задачи проекта.

Цель проекта: решить, какие установки для аккумулирования электроэнергии разумно установить в садоводстве, чтобы повысить максимально допустимую электрическую мощность на каждый участок в два раза.

- Задачи:
1. Рассмотреть раздел 1 о видах энергии;
  2. Рассмотреть раздел 2 о способах получения энергии;
  3. Рассмотреть раздел 3 о неравномерности потреблении электроэнергии и проблеме соответствии генерируемой/передаваемой и потребляемой мощности;
  4. Рассмотреть раздел 4 о существующих технологиях запаса электроэнергии;
  5. Изучить технологии запаса энергии;
  6. Рассмотреть различные установки для аккумулирования электрической энергии на садовом участке.

## II. Ознакомление с установками.

После изучения материалов, приложенных к проекту, я решил, какие аккумулирующие устройства выглядят более перспективными по характеристикам.

### 1. Пневматический аккумулятор.

Пневматический аккумулятор - накопитель энергии, основанный на сжатии газа. При помощи двигателя (электрического или иного) воздух или другой газ закачиваются в накопитель. Для получения энергии воздух выпускают через вентилятор. При работе пневматический накопитель может в течение часа обеспечивать нагрузку не более 5.5 кВт (расчеты с условием того, что емкость - 1 м<sup>3</sup>, стенки резервуара - 5 мм, газ - идеальный, масса аккумулятора - 250 кг). Достоинства: накопительный резервуар может быть расположен под землей, в качестве резервуара могут использоваться стандартные газовые баллоны в требуемом количестве с соответствующим оборудованием, при использовании ветродвигателя последний может непосредственно приводить в действие насос компрессора, имеется достаточно большое количество устройств, напрямую использующих энергию сжатого воздуха, срок службы пневматического накопителя может составлять 20 и более лет.

### 2. Маховик.

Маховик - массивное вращающееся колесо, использующееся в качестве накопителя (инерционный аккумулятор) кинетической энергии или для создания инерционного момента. Наиболее привычные примеры маховика — велосипедное колесо или вращающийся диск электропроигрывателя виниловых пластинок. При работе накопитель может в течение часа обеспечивать нагрузку не более 280 Вт (расчеты с условием того, что масса маховика - 100 кг, радиус цилиндра - 0,2 м, высота цилиндра - 0,1 м). Достоинства: накопленная энергия может быть использована в течение короткого промежутка времени, характеристики могут быть существенно улучшены, срок службы маховика может составлять 20 и более лет.

### 3. Свинцово-кислотный аккумулятор.

Свинцово-кислотный аккумулятор - тип аккумуляторов, получивший широкое распространение ввиду умеренной цены, неплохого ресурса (от 500 циклов и более), высокой удельной мощности. Принцип работы свинцово-кислотных аккумуляторов основан на электрохимических реакциях свинца и диоксида свинца в водном растворе серной кислоты. Достоинства: цена, высокая удельная мощность, ресурс (кол-во циклов).

Я не рассматриваю в своей работе другие виды аккумулирующих установок из-за их недостатков. К примеру:

Теплоаккумулятор: энергию нужно использовать быстро, т.к. с течением времени содержимое накопителя просто теряет энергию, отдавая ее в окружающую среду; построенные на фазовом переходе накопители сложны в эксплуатации, ведь здесь наблюдается изменение объема: если жидкость переводят в пар, приходится бороться с огромным давлением.

Ионисторы: в результате достигаются огромный (по сравнению с конденсаторами) срок хранения энергии и емкость, но наблюдается крайняя чувствительность к температуре. Чем ниже температура рабочей среды, тем меньше отдача тока от накопителя энергии.

### III. Сравнение установок.

Чтобы выбрать лучшую аккумулирующую установку, надо сравнить их характеристики.

	Пневматический аккумулятор	Маховик	Свинцово-кислотный аккумулятор
1. Хранение энергии			
2. КПД	~ 45%	~ 70%	~ 80%
3. Долговечность	Более 20 лет	Более 20 лет	3 ... 5 лет
4. Запасенная энергия, кВт*ч	5,5	0,28	2,4
5. Цена, руб	142025	14300	30000
6. Безопасность			
7. Максимальное время работы на нагрузку 100 Вт, минут	3330	166,8	650

Допустим, что за 1 место (помечен зеленым) — 3 балла, за 2 (помечен белым) — 2 балла, и за 3 (помечен красным) — 1 балл, тогда выясняется, что лучшей установкой является пневматический аккумулятор (16 баллов), следом маховик (14 баллов), а потом уже свинцово-кислотный аккумулятор (13 баллов).

Теперь к расчетам.

Чтобы обеспечить всё садоводство, надо провести мощность 216 кВт (400 участков умножаем на коэффициент одновременности).

#### Маховик

$$E_{\max} = 0.25 * \pi * r * R^2 * H * V^2_{\max};$$

где  $\pi$  – число пи (=3,14);

$r$  – плотность материала (в нашем случае стали, ~8000 кг/м<sup>3</sup>);

$R$  – радиус цилиндра маховика (среднее значение = 0,2; его и возьмем);

$H$  – высота цилиндра маховика (среднее значение = 0,1; его и возьмем);

$V$  – линейная скорость (=200 м/с<sup>2</sup>);

$E_{\max}$  – запасенная энергия.

Значит, подставляя все значения, получится, что запасенная энергия равна

$$E = 0,25 * 3,14 * 8000 * 0,2^2 * 0,1 * 200^2 \sim 1 \text{ МДж} \sim 280 \text{ Вт*ч.}$$

КПД ~ 70%.

Следовательно, чтобы маховик обеспечил все садоводство, нужно учесть потери энергии ( $N_{\text{садоводство}} + 30\% = 216 \text{ кВт} + 30\% \sim 280 \text{ кВт}$ ).

Значит, чтобы обеспечить все садоводство, надо  $N_{\text{садоводства}} / E_{\max, \text{маховик}} = 280 \text{ кВт} / 0,28 \text{ кВт*ч} = 1000(!)$  маховиков.

Цена будет составлять 14300 рублей \* 1000 установок = 14300000 рублей.

### **Пневматический аккумулятор**

$$A = E_{\max} = (M / m) \cdot R \cdot T \cdot \ln (V_2 / V_1);$$

где  $M$  — масса газа;

$m$  — молярная масса газа;

$R$  — универсальная газовая постоянная;

$T$  — абсолютная температура;

$V_1$  — начальный объем газа;

$V_2$  — конечный объем газа.

С учетом уравнения состояния для идеального газа ( $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$ ) для данной реализации накопителя

$$V_2 / V_1 = 50, R = 8.31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{град}),$$

$$T = 293 \text{ }^\circ\text{K},$$

$$M / m \sim 50 : 0.0224 \sim 2232,$$

Работа газа при расширении

$$A = 2232 \cdot 8.31 \cdot 293 \cdot \ln 50 \sim 20 \text{ МДж} \sim 5500 \text{ Вт*ч} = 5,5 \text{ кВт*ч}.$$

$$\text{КПД} \sim 45\%.$$

Следовательно, чтобы пневматический аккумулятор обеспечил все садоводство, нужно учесть потери энергии ( $N_{\text{садоводство}} + 55\% = 216 \text{ кВт} + 55\% \sim 335 \text{ кВт}$ ).

Значит потребуется  $N_{\text{садоводства}}/E_{\max.\text{пневм.акк.}} = 335/5,5 \sim 61$  аккумуляторов данного типа.

Но беда в том, что в готовом виде эти аккумуляторы очень редко можно увидеть, и значит, что их придется самому делать. Уже за меня на сайте [foginhouse.ru](http://foginhouse.ru) посчитали, что выйдет на 2185\$ (или 142025 рублей с учётом 1\$ = 65 рублей).

В итоге получается 142025 рублей \* 61 аккумулятора = 8663525 рублей со сроком годности 20 лет (через каждые 4 года менять компрессор и пневмомотор на сумму 6825 рублей на 1 аккумулятор).

### **Свинцово-кислотный аккумулятор:**

$$E_{\max.\text{св-кисл.акк}} = I * U;$$

где  $I$  — сила тока в аккумуляторе,

$U$  — напряжение в аккумуляторе.

Модель DTM 12200 L Delta (12 В; 200 А\*ч) — один из лучших аккумуляторов в своем сегменте.

Его запасенная энергия будет равна 12 В \* 200 А\*ч = 2400 Вт\*ч = 2,4 кВт\*ч.

КПД ~ 80%.

Это значит, что нужно вырабатывать мощность в  $216 \text{ кВт} + 20\% \sim 260 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ . Отсюда следует, что нам потребуется  $N_{\text{садоводства}}/E_{\text{мах. св-кисл. акк}} = 260/2,4 \sim 109$  аккумуляторов.

Цена модели DTM 12200 L Delta равна ~ 30000 рублей.

Значит надо заплатить 30000 рублей \* 109 аккумуляторов = 3270000 рублей на 10 лет (таков их срок годности), но надо учесть, что со временем характеристики аккумулятора будут падать.

#### IV. Вывод.

По итогу мы имеем: чтобы нам обеспечить всё садоводство, потребуется:

- 1) 1000 маховиков ценой 14300000 рублей на 20 лет,
- 2) 61 пневматических аккумуляторов ценой 8663525 рублей на 20 лет (с учетом замен деталей ~ 10745150 рублей),
- 3) 109 свинцово-кислотных аккумуляторов на сумму 3270000 на 10 лет (или 6540000 рублей на ~ 20 лет).

Маховик сильно уступает по выгоде (хоть и по характеристикам на втором месте), поэтому я не рекомендую использовать их. А выбор между пневматическими или свинцово-кислотными кислотными аккумуляторами не сильно повлияет.

Пневматический аккумулятор оказался победителем по характеристикам (его также можно установить под землёй, что будет удачным решением), однако не самый выгодный и надо будет их самим.

Свинцово-кислотный аккумулятор – самый выгодный, но по характеристикам стоит на последнем месте).

#### Итог:

**1 вариант** – установить пневматические аккумуляторы (дороже, но мощнее и удобнее, т.к. можно установить их под землёй);

**2 вариант** – установить свинцово-кислотные аккумуляторы (дешевле, но уступает по характеристикам). Эти два варианта являются лучшими по моему мнению.



## **V. Список используемой литературы.**

<http://contest.schoolnano.ru/programs/electricity/> - сайт «Школа на ладони», конкурсная программа «электричество про запас» (содержит основной материал к данному проекту);

<http://forumhouse.ru> – сайт «forumhouse» о загородной жизни, статья о пневматическом аккумуляторе;

<https://econet.ru> – сайт «econet», статья «Какой накопитель энергии самый энергоемкий»;

<https://ru.wikipedia.org/wiki/Маховик> – сайт про маховик (википедия);

[https://ru.wikipedia.org/wiki/Свинцово-кислотный\\_аккумулятор](https://ru.wikipedia.org/wiki/Свинцово-кислотный_аккумулятор) – сайт про свинцово-кислотный аккумулятор.