Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение

средняя общеобразовательная школа №1с.Верхние Татышлы

муниципального района Татышлинский район Республики Башкортостан

Секция: физика

Индивидуальный проект:

**«Энергетика будущего»**

**Автор проекта:** обучающийся 10А класса,

Хаматьяров М. М.

**Руководитель проекта:** учитель физики,

Балагутдинов А. М.

**Куратор:** преподаватель секции доп. образования

Муртазин М. А.

с. Верхние Татышлы

2021г.

Оглавление

[Введение 3](#_Toc92903629)

1. [Энергетика настоящего 4](#_Toc92903630)
   1. [**Традиционная электроэнергетика** 5](#_Toc92903631)
      1. [Тепловая энергетика 5](#_Toc92903632)
      2. [Гидроэнергетика 6](#_Toc92903633)
      3. [Ядерная энергетика 7](#_Toc92903634)
   2. [**Альтернативная энергетика** 8](#_Toc92903635)
      1. [Ветроэнергетика 9](#_Toc92903636)
      2. [Солнечная энергетика 10](#_Toc92903637)
   3. [**Вывод к главе** 11](#_Toc92903638)
2. [Способы накапливания энергии 12](#_Toc92903639)
   1. [**2.1** **Аккумуляторные станции** 12](#_Toc92903640)
      1. [Конструкция 12](#_Toc92903641)
      2. [Достоинства и недостатки 13](#_Toc92903642)
      3. [Гидроаккумулирующие станции 16](#_Toc92903643)
      4. [Твердотельная накопительная станция 16](#_Toc92903644)
      5. [Вывод 17](#_Toc92903645)
3. [3.Энергетика будущего 18](#_Toc92903646)
   1. [**3.1Мое видение энергетики будущего.** 18](#_Toc92903647)
   2. [**3.2Топливный элемент** 19](#_Toc92903648)
      1. [Принцип работы 19](#_Toc92903649)
      2. [Типы и разновидность топливных элементов 20](#_Toc92903650)
   3. [**3.5** **Электролизер** 26](#_Toc92903651)
   4. [**3.6** **Способы хранения водорода.** 26](#_Toc92903652)
      1. [Хранение водорода в газообразном виде под давлением 26](#_Toc92903653)
      2. [Наземное хранение газообразного водорода 27](#_Toc92903654)
      3. [Подземное хранение газообразного водорода 27](#_Toc92903655)
      4. [Хранение водорода в сжиженном виде 28](#_Toc92903656)
      5. [Хранение водорода в углеродных нанотрубках 29](#_Toc92903657)
      6. [Хранение водорода в гидридах металлов 30](#_Toc92903658)
      7. [Заключение 30](#_Toc92903659)
4. [4.Практическая часть 31](#_Toc92903660)
5. [5.Заключение 32](#_Toc92903661)
6. [6.Вывод 32](#_Toc92903662)
7. [7.Использованная литература 33](#_Toc92903663)

# **Введение**

**Введение:** на сегодняшний день стоит достаточно серьёзный вопрос проблемы энергетики. И решить данную проблему не так уж и просто, поэтому взяв цель «Ввести свой вклад для развития человечества» я решил изучить данную проблему и найти наиболее перспективные решения.

**Цель работы:** изучить основные нынешнюю энергетическую системы, определить основные проблемы и найти способы их решения.

**Актуальность:** человечество развивается, технологии идут вверх, необходимо все больше ресурсов и энергии, нынешняя энергетическая система не может продолжать использоваться по причине наличия большого количества недостатков, тормозящие развитие человечества и вредящие окружающей природе.

**Задачи:**

1. Изучить строение и инженерию нынешней энергетической системы.
2. Изучить материал, собрать важные пункты и опираясь на них предложить свою теорию.
3. Провести опыт электролиза с целью получения газа Брауна.
4. Провести опыты с целью получения водорода результатом реакции взаимодействия химических реагентов.

**Объект исследования:** энергетика настоящего и энергетика будущего

**Методы исследования:** теоретические, практические.

**Гипотеза:**

1. Не значительно изменив инфраструктуру, можно добиться более экологичного получения энергии.
2. Водородная энергетика поможет человечеству избавиться от углеродного следа.

# **Энергетика настоящего**

Энергетика — область хозяйственно-экономической деятельности человека, совокупность больших естественных и искусственных подсистем, служащих для преобразования, распределения и использования энергетических ресурсов всех видов. Её целью является обеспечение производства энергии путём преобразования первичной, природной энергии во вторичную, например в электрическую или тепловую энергию. При этом цикл производства энергии (энергетическая пирамида) чаще всего состоит из четырех этапов:

1. получение и концентрация энергетических ресурсов, примером может послужить добыча, переработка и обогащение ядерного топлива;
2. передача ресурсов к энергетическим установкам, например, доставка газа, угля, мазута на тепловую электростанцию;
3. преобразование с помощью электростанций первичной энергии во вторичную, например, химической энергии угля в электрическую и тепловую энергию;
4. передача вторичной энергии потребителям, например, по линиям электропередачи.

Основные проблемы выявляются на первом и третьем уровне энергетической пирамиды. То есть на уровне получения энергоресурсов и уровне их преобразования. И они заключены в том, чтобы сначала эффективно получить ресурсы, не навредив природе а потом преобразовать их не выбросив в окружающую среду никаких газов и не захоронив радиоактивные отходы. Для решения этих проблем изучим уже существующие способы получения энергии.

## **Традиционная электроэнергетика**

Характерной чертой традиционной электроэнергетики является её давняя и хорошая освоенность, она прошла длительную проверку в разнообразных условиях эксплуатации.

Основную долю электроэнергии во всём мире получают именно на традиционных электростанциях, их единичная электрическая мощность очень часто превышает 1000 Мвт. Традиционная электроэнергетика делится на несколько направлений.

### Тепловая энергетика

В этой отрасли производство электроэнергии производится на тепловых электростанциях (*ТЭС*), использующих для этого химическую энергию органического топлива. Они делятся на:

* Паротурбинные электростанции, на которых энергия преобразуется с помощью  паротурбинной установки;
* Газотурбинные электростанции, на которых энергия преобразуется с помощью  газотурбинной установки;
* Парогазовые электростанции, на которых энергия преобразуется с помощью парогазовой установки.

Теплоэнергетика в мировом масштабе преобладает среди традиционных видов, на базе угля вырабатывается 46 % всей электроэнергии мира, на базе газа — 18 %, ещё около 3 % — за счет сжигания биомасс, нефть используется для 0,2 %. Суммарно тепловые станции обеспечивают около 2/3 от общей выработки всех электростанций мира

На 2013 год, средний КПД тепловых электростанций был равен 34 %, при этом наиболее эффективные угольные электростанции имели КПД в 46 %, а наиболее эффективные газовые электростанции — 61 %.

Энергетика таких стран мира, как Польша и ЮАР практически полностью основана на использовании угля, а Нидерландов — газа. Очень велика доля теплоэнергетики в Китае, Австралии, Мексике.

Главным недостатком является наличие большого количества выбросов CO2 в атмосферу.

### Гидроэнергетика

В этой отрасли электроэнергия производится на гидроэлектростанциях (**ГЭС**), использующих для этого энергию водного потока.

ГЭС преобладает в ряде стран — в Норвегии и Бразилии вся выработка электроэнергии происходит на них. Список стран, в которых доля выработки ГЭС превышает 70 %, включает несколько десятков.

*Преимущества*

* Использование возобновляемой энергии.
* Очень дешевая электроэнергия.
* Работа не сопровождается вредными выбросами в атмосферу.
* Быстрый (относительно ТЭЦ/ТЭС) выход на режим выдачи рабочей мощности после включения станции.
* Смягчение климата вблизи крупных водохранилищ.

*Недостатки*

* Затопление населенных пунктов и сельскохозяйственных земель.
* Строительство экономически целесообразно только там, где есть большие запасы энергии воды.
* Опасны в районах с высокой сейсмической активностью.
* Сокращенные и нерегулируемые попуски воды из водохранилищ по 10-15 дней приводят к перестройке уникальных пойменных экосистем по всему руслу рек, как следствие, загрязнение рек, сокращение трофических цепей, снижение численности рыб, элиминация беспозвоночных водных животных, повышение агрессивности компонентов гнуса (мошки) из-за недоедания на личиночных стадиях, исчезновение мест гнездования многих видов перелётных птиц, недостаточное увлажнение пойменной почвы, негативные растительные сукцессии (обеднение фито массы), сокращение потока биогенных веществ в океаны.

### Ядерная энергетика

Отрасль, в которой электроэнергия производится на атомных электростанциях (**АЭС**), использующих для этого энергию управляемой цепной ядерной реакции деления, чаще всего урана и плутония.

По доле АЭС в выработке электроэнергии первенствует Франция, около 70 %. Преобладает она также в Бельгии, Республике Корея и некоторых других странах. Мировыми лидерами по производству электроэнергии на АЭС являются США, Франция и Япония.

Начнем с отрицательных. Тепловое загрязнение – это одна из проблем ядерной энергетики. По мнению большинства специалистов, атомные электростанции, выделяют в окружающий мир больше тепла, чем сопоставимые по мощности ТЭС. В качестве примера можно привести проект строительства в бассейне Рейна нескольких атомных и теплоэлектростанций. Расчеты показали, что, в случае запуска всех запланированных объектов, температура в ряде рек поднялась бы до 45°С, уничтожив в них всякую жизнь.

Второй не менее важной проблемой является утилизация ядерных отходов. Данное мероприятие является дорогостоящим и не безвредным для окружающей среды. Атомные электростанции — это дорогой и отнимающий много времени вывод отслужившей АЭС из эксплуатации. Кроме того, тяжелые металлы и другие загрязнители могут попасть в окружающею среду с водой, используемой для охлаждения реакторов. После попадания в почву и воду эти отходы остаются в ней ни одну сотню лет.

Так произошедшая в 1986 году авария на Чернобыльской АЭС создала серьезные проблемы в развитии атомной электроэнергетики. Эта масштабная по современным меркам техногенная катастрофа заставила весь мир задуматься о безопасности мирного атома. Затем в 2011 году жизнь жителей северо-восточного побережья Японии изменилась навсегда: землетрясения и цунами вызвали величайшую со времён аварии на Чернобыльской АЭС ядерную катастрофу. Этим двум техногенным катастрофам был присвоен наивысший 7- й уровень по Международной шкале ядерных событий (INES). Таким образом, экологическая ситуация в этих районах не пригодна к жизни человека, радиационный фон остается повышенным до сих пор. А в случае с японской Фукусимой пострадал еще и океан.

*Положительные качества*

Основными преимуществами атомной энергетики являются высокая конечная рентабельность и отсутствие выбросов в атмосферу продуктов сгорания. Использование ядерного топлива в производстве энергии не требует кислорода. Стабильность важна в энергетике, а поскольку доказанные запасы урана не колеблются так часто как нефти, газа или угля, ядерная энергетика остается достаточно стабильным вариантом энергетики. Также это надежный источник, поскольку атомные электростанции обычно непрерывно служат в течение долгого времени.

Преимущества атомных электростанций перед тепловыми и гидроэлектростанциями заключается в том, что от них нет отходов, газовых выбросов, нет необходимости вести огромные объемы строительства. Пожалуй, более экологическими, чем АЭС, являются только электростанции, которые используют энергию солнечного излучения или ветра. На сегодняшний день ни ветряки ни гелиостанции пока не обладают достаточной мощностью и не могут обеспечить потребности людей в дешевой электроэнергии. А эта потребность в мире растет все быстрее.

Таким образом, из всего выше сказанного можно сделать вывод: ядерная энергетика хоть и является самым развивающимся способом получения энергии для человечества, но и самым опасным. Если какие-то страны сделают основную ставку на этот вид энергии, то им необходимо уделить огромное внимание и безопасному использованию. Халатное обращение с ней может привести к глобальным катаклизмам на всей нашей планете.

## **Альтернативная энергетика**

Большинство направлений альтернативной энергетики основаны на вполне традиционных принципах, но первичной энергией в них служат либо источники локального значения, например, ветряные, геотермальные, либо источники находящиеся в стадии освоения, например, топливные элементы или источники, которые могут найти применение в перспективе, например, термоядерная энергетика. Характерными чертами альтернативной энергетики является её экологическая чистота, чрезвычайно большие затраты на капитальное строительство (например для солнечной электростанции мощностью 1000 МВт требуется покрыть весьма дорогостоящими зеркалами площадь около 4-х км²) и малая единичная мощность. Согласно данным BP, в 2019 году доля альтернативных возобновляемых источников энергии (без ГЭС) составила 10,8 % в мировой генерации электричества, впервые обойдя атомную энергию по этому показателю. По состоянию на 2020 год суммарная мировая установленная мощность возобновляемой энергии (включая гидроэнергетику) 2 838 ГВт. На 2020 год гидроэнергетика обеспечивает производство до 41 % возобновляемой и до 16,8 % всей электроэнергии в мире, установленная гидроэнергетическaя мощность достигает 1 170 ГВт. По состоянию на 2020 год суммарная мировая установленная мощность возобновляемой энергии (без гидроэнергетики) 1 668 ГВт. На 2020 год суммарная мировая установленная мощность солнечной энергетики достигает 760 ГВт. На 2020 год суммарная мировая установленная мощность ветроэнергетики достигает 743 ГВт, что эквивалентно годовым выбросам углерода во всей Южной Америке или более 1,1 миллиарда тонн C02 в год. На 2020 год суммарная мировая установленная мощность биоэнергетики достигает 145 ГВт. На 2020 год суммарная мировая установленная мощность геотермальной энергетики 14,1 ГВт. В 2019 году общая установленная мощность всей ветроэнергетики мира составила 651 ГВт. В 2019 году количество электрической энергии, произведённой всеми ветрогенераторами мира, составило 1430 тераватт-часов (5,3 % всей произведённой человечеством электрической энергии). В 2019 году общая установленная мощность всех работающих солнечных панелей на Земле составила 635 ГВт. В 2019 году всего работающие солнечные панели на Земле произвели 2,7 % мировой электроэнергии.

### Ветроэнергетика

Ветроэнергетика — отрасль энергетики, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии, удобную для использования в народном хозяйстве. Такое преобразование может осуществляться такими агрегатами, как ветрогенератор (для получения электрической энергии), ветряная мельница (для преобразования в механическую энергию), парус (для использования в транспорте) и другими.

Энергию ветра относят к возобновляемым видам энергии, так как она является следствием активности Солнца. Ветроэнергетика является бурно развивающейся отраслью. 2020 год стал лучшим годом в истории для мировой ветроэнергетики, когда было установлено 93 ГВт новых мощностей, что на 53 % больше по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. В 2020 году рекордный рост был обусловлен всплеском установок в Китае и США - двух крупнейших мировых рынках ветроэнергетики - которые вместе установили почти 75 % новых установок в 2020 году, что составляет более половины всей мировой ветроэнергетики. В 2020 году общая установленная мощность всех ветрогенераторов составила 743 ГВт, что эквивалентно годовым выбросам углерода во всей Южной Америке или более 1,1 миллиарда тонн C02 в год. В 2019 году общая установленная мощность всех ветрогенераторов составила 651 гигаватт и, таким образом, превзошла суммарную установленную мощность атомной энергетики (однако на практике использованная в среднем за год мощность ветрогенераторов (КИУМ) в несколько раз ниже установленной мощности, в то время как АЭС почти всегда работает в режиме установленной мощности). В 2019 году количество электрической энергии, произведённой всеми ветрогенераторами мира, составило 1430 тераватт-часов (5,3 % всей произведённой человечеством электрической энергии). Некоторые страны особенно интенсивно развивают ветроэнергетику. Согласно данным WindEurope, в 2019 году в Дании с помощью ветрогенераторов было произведено 48 % всего электричества, в Ирландии — 33 %, в Португалии — 27 %, в Германии — 26 %, в Великобритании — 22 %, в Испании — 21 %, в ЕС в целом — 15 %. В 2014 году 85 стран мира использовали ветроэнергетику на коммерческой основе. По итогам 2015 года в ветроэнергетике занято более 1 000 000 человек во всем мире (в том числе 500 000 в Китае и 138 000 в Германии).

Крупные ветряные электростанции включаются в общую сеть, более мелкие используются для снабжения электричеством удалённых районов. В отличие от ископаемого топлива, энергия ветра практически неисчерпаема, повсеместно доступна и более экологична. Однако сооружение ветряных электростанций сопряжено с некоторыми трудностями технического и экономического характера, замедляющими распространение ветроэнергетики. В частности, непостоянство ветровых потоков не создаёт проблем при небольшой доле ветроэнергетики в общем производстве электроэнергии, однако при росте этой доли возрастают также и проблемы надёжности производства электроэнергии. Для решения подобных проблем используется интеллектуальное управление распределением электроэнергии.

Преимущества и недостатки описаны в таблице *(прил. 1, табл. 1)*

### Солнечная энергетика

Солнечная энергия — энергия от Солнца в форме радиации и света. Эта энергия в значительной мере управляет климатом и погодой, и является основой жизни. Технология, контролирующая солнечную энергию, называется солнечной энергетикой.

Солнечная энергетика работает за счет преобразования солнечного света в электроэнергию. Это может происходить или непосредственно, с использованием фотовольтаики, или косвенно, с использованием систем концентрированной солнечной энергии, в которых линзы и зеркала собирают солнечный свет с большой площади в тонкий луч, а механизм слежения отслеживает положение Солнца. Фотовольтаика превращает свет в электрический ток с помощью фотоэффект.

Предполагают, что солнечная энергетика станет крупнейшим источником электроэнергии к 2050 году, в которой на долю фотовольтаики и концентрированной солнечной энергии будет приходиться 16 и 11 % мирового производства электроэнергии соответственно.

Коммерческие электростанции на концентрированной солнечной энергии впервые появились в 1980-х годах. После 1985 года установка этого типа SEGS в пустыне Мохаве (Калифорния) 354 МВт стала крупнейшей солнечной электростанцией в мире. Среди других солнечных электростанций этого типа СЭС Солнова (150 МВт) и СЭС Андасол (100 МВт), обе в Испании. Среди крупнейших электростанций на солнечных батареях: Agua Caliente Solar Project (250 МВт) в США, и Charanka Solar Park (221 МВТ) в Индии. Проекты мощностью более 1 ГВт находятся на стадии разработки, но большинство установок на солнечных батареях, мощностью до 5 КВт, имеют небольшой размер и расположены на крышах. По состоянию на 2013 год на солнечную энергию приходилось менее 1 % от электроэнергии в мировой сети.

Преимущества и недостатки описаны в таблице *(прил. 1, табл. 2)*

## **Вывод к главе**

Выше были описаны все способы получения энергии. Всю эту энергию в больших количествах потребляют города, заводы и предприятия. С заводами и предприятиями всё ясно, большинство из них работают 24 часа в сутки и 7 дней в неделю, и потребляют энергию более-менее равномерно. А вот с городами где живут люди все не так просто, люди очень непостоянны, им нужна энергия четко в определенный момент времени. Утром, когда основная часть населения встала, резко возрастает потребления электричества, люди включают: электроплитки, утюги, освещение, включаются насосные станции, качающее воду в краны и в ванны. Днем, когда люди на работе потребление падает, поскольку практически не включаются мощные электроприборы. Вечером оно опять возрастает, поскольку все идут домой. Ночью потребление падает и остаются работать только заводы. Такой график потребления вызывает большую нагрузку на сети, некуда девать излишки энергии, при ее избытке и неоткуда брать, при ее недостатке. Данную проблему можно решить двумя способами:

1. Разгонять электростанции при недостатке энергии и глушить при избытке.
2. Накапливать энергию при избытке энергии и высвобождать при недостатке.

С первым способом все просто, хотя возникают проблемы с заслушанием АЭС, но ее можно нивелировать, заглушая только ТЕС и ГЕС, с ними такой проблемы не наблюдается.

А со вторым способом не все так просто, ведь по природе мы не можем хранить электроэнергию в чистом виде, мы можем только переводить ее в виды энергии, хранить и уже только потом перевести ее обратно в электрическую и использовать. Именно так и работают батарейки и аккумуляторы, мы переводим электрическую энергию в химическую при зарядке и обратное при использовании.

# **Способы накапливания энергии**

## **Аккумуляторные станции**

Аккумуляторная накопительная электростанция – разновидность аккумулирующих электростанций, которая использует аккумуляторные батареи на электрохимической основе для хранения энергии. В отличие от традиционных аккумулирующих электростанций типа ГАЭС с мощностью свыше 1000 МВт, энергия от аккумуляторных электростанций исчисляется от нескольких кВт до нескольких МВт. В частности, крупнейшая созданная система такого рода достигает мощности в 300 МВт-ч. как и все ГАЭС, аккумуляторные электростанции, в основном, служат для покрытия пиковых нагрузок, недостаточного питания цепи управления и стабилизации электросети.

*(прил. 1, рис. 1)*

### Конструкция

По конструкции аккумуляторные электростанции можно сравнивать с бесперебойными источниками питания, хотя первые – гораздо больше. В целях безопасности аккумуляторы хранятся на складах или в контейнерах. Как и в случае с ИБП, проблема в том, что электрохимическая энергия хранится или исходит в виде постоянного тока, тогда как сети электростанций часто работают на напряжении переменного тока. По этой причине для работы с высоковольтными сетями аккумуляторные электростанции должны быть соединены с дополнительными преобразователями. Среди силовой электроники этого класса присутствует запираемый тиристор, используемый при передаче постоянного тока высокого напряжения. В зависимости от соотношения мощности и энергии, ожидаемого срока службы и, конечно же, цены могут применяться различные системы аккумуляторов. В 1980-х для первых аккумуляторных электростанций использовались свинцово-кислые батареи. Следующие несколько десятилетий все чаще применяли никель-кадмиевые и натрий-серные батареи. Начиная с 2010 года, все больше и больше коммунальных аккумуляторных электростанций переходят на ионно-литиевые батареи из-за быстрого удешевления этой технологии, управляемой автопромом. Подходящим примером является аккумуляторная электростанция «Шверин» в Дрездене или электростанция компании «BYD» в Гонконге. В малобюджетных проектах, в основном, используются ионно-литиевые батареи, некоторые виды редокс-систем, реже – свинцово-кислые батареи. Существует множество поставщиков электричества с крупных аккумуляторных электростанций.

Например, Электростанция в Калифорнии (80 МВт-ч)

В сентябре-декабре 2016 года «Tesla» построила мощности для накопителя энергии в электросети компании «Southern California Edison» емкостью 80 МВт-ч при мощности в 20 МВт. Это значит, что накопительная электростанция на сегодня является одним из крупнейших на рынке. Также «Tesla» установила 400 модулей «Powerpack-2» на трансформаторной подстанции Мира Лома в Калифорнии. Емкость служит для хранения энергии при низкой загрузке сети и ее передачи электросети при пиковой нагрузке. Ранее применялись газовые электростанции.

### Достоинства и недостатки

*Преимущества*

* Высокая энергетическая плотность (ёмкость).
* Низкий саморазряд.
* Высокая токоотдача.
* Большое число циклов заряд-разряд.
* Не требуют обслуживания.

*Недостатки*

Широко применяемые литий-ионные аккумуляторы при перезаряде, несоблюдении условий заряда или при механическом повреждении часто бывают чрезвычайно огнеопасными.

* Огнеопасны
* Теряют работоспособность при переразряде
* Теряют ёмкость на холоде
* Экология

Для Производства литий-ионных аккумуляторов требуется литий высокой степени чистоты, для получения одной тонны лития требуется переработка 100 тонн руды.

В настоящее время переработка осуществляется либо сжиганием и захоронением зольных остатков либо просто захоронением. Не существует способа повторного использования лития из этих батарей, так как очистка лития обходится дороже чем прямая добыча.

#### *Взрывоопасность*

Аккумуляторы Li-ion первого поколения были подвержены взрывному эффекту. Это объяснялось тем, что в них использовался анод из металлического лития, на котором в процессе многократных циклов зарядки/разрядки возникали пространственные образования (дендриты), приводящие к замыканию электродов и, как следствие, возгоранию или взрыву. Этот недостаток удалось окончательно устранить заменой материала анода на графит. Подобные процессы происходили и на катодах литий-ионных аккумуляторов на основе оксида кобальта при нарушении условий эксплуатации (перезарядке). Литий-ферро-фосфатные аккумуляторы полностью лишены этих недостатков. Кроме того, все современные зарядные устройства для литий-ионных аккумуляторов предотвращают перезаряд и перегрев вследствие слишком интенсивного заряда.

Литиевые аккумуляторы изредка проявляют склонность к взрывному самовозгоранию. Интенсивность горения даже от миниатюрных аккумуляторов такова, что может приводить к тяжким последствиям. Авиакомпании и международные организации принимают меры к ограничению перевозок литиевых аккумуляторов и устройств с ними на авиатранспорте.

Самовозгорание литиевого аккумулятора очень плохо поддаётся тушению традиционными средствами. В процессе термического разгона неисправного или повреждённого аккумулятора происходит не только выделение запасённой электрической энергии, но и ряд химических реакций, выделяющих вещества для поддержания горения, горючие газы от электролита, а также в случае не LiFePO4 электродов, выделяется кислород. Потому вспыхнувший аккумулятор способен гореть без доступа воздуха и для его тушения непригодны средства изоляции от атмосферного кислорода. Более того, металлический литий активно реагирует с водой с образованием горючего газа водорода, потому тушение литиевых аккумуляторов водой эффективно только для тех видов аккумуляторов, где масса литиевого электрода невелика. В целом тушение загоревшегося литиевого аккумулятора неэффективно. Целью тушения может быть лишь снижение температуры аккумулятора и предотвращение распространения пламени.

#### *Эффект памяти*

Традиционно считалось, что, в отличие от Ni-Cd и Ni-MH аккумуляторов, Li-Ion аккумуляторы полностью избавлены от эффекта памяти. По результатам исследований учёных Института Пауля Шерера (Швейцария) в 2013 году этот эффект всё-таки был обнаружен, но оказался ничтожен.

Причиной его является то, что основой работы батареи являются процессы высвобождения и обратного захвата ионов лития, динамика которых ухудшается в случае неполной зарядки. Во время зарядки ионы лития один за другим покидают частицы литий-феррофосфата, размер которых составляет десятки микрометров. Катодный материал начинает разделяться на частицы с разным содержанием лития. Зарядка батареи происходит на фоне возрастания электрохимического потенциала. В определённый момент он достигает предельного значения. Это приводит к ускорению высвобождения оставшихся ионов лития из катодного материала, но они уже не меняют суммарного напряжения батареи. Если батарея не будет полностью заряжена, то на катоде останется некоторое число частиц, близких к пограничному состоянию. Они практически достигли барьера высвобождения ионов лития, но не успели его преодолеть. При разряде свободные ионы лития стремятся вернуться на место и рекомбинировать с ионами феррофосфата. Однако на поверхности катода их также встречают частицы в пограничном состоянии, уже содержащие литий. Обратный захват затрудняется, и нарушается микроструктура электрода.

В настоящее время просматриваются два пути решения проблемы: внесение изменений в алгоритмы работы системы управления батареями и разработка катодов с увеличенной площадью поверхности.

#### *Требования к режимам заряда/разряда*

Глубокий разряд полностью выводит из строя литий-ионный аккумулятор. Также на жизненный цикл аккумуляторов влияет глубина его разряда перед очередной зарядкой и зарядка токами выше установленных производителем. Из-за низкого внутреннего сопротивления аккумулятора зарядный ток сильно зависит от напряжения на его клеммах во время зарядки. Ток зарядки зависит от разницы напряжений между аккумулятором и зарядным устройством и от сопротивления как самого аккумулятора, так и подводимых к нему проводов. Увеличение напряжения зарядки на 4 % может приводить к увеличению тока зарядки в 10 раз, что отрицательно сказывается на аккумуляторе, при недостаточном отводе тепла он перегревается и деградирует. В результате, если напряжение на аккумуляторе превысить всего на 4 %, он будет вдвое быстрее терять ёмкость от цикла к циклу.

#### *Старение*

Литиевые аккумуляторы стареют, даже если не используются. Соответственно, нет смысла покупать аккумулятор «про запас» или чрезмерно увлекаться «экономией» его ресурса.

Оптимальные условия хранения Li-ion-аккумуляторов достигаются при 40-процентном заряде от ёмкости аккумулятора и температуре 0…10 °C.

#### *Снижение ёмкости при низких температурах*

Как и в других типах аккумуляторов, разрядка в условиях низких температур приводит к снижению отдаваемой энергии, в особенности при температурах ниже 0 ⁰C. Так, снижение запаса отдаваемой энергии при понижении температуры от +20 ⁰C до +4 ⁰C приводит к уменьшению отдаваемой энергии на ~5-7 %, дальнейшее понижение температуры разрядки ниже 0 ⁰C приводит к потере отдаваемой энергии на десятки процентов. Разряд аккумулятора при температуре не ниже, указанной производителем аккумуляторов, не приводит к их деградации (преждевременному исчерпанию ресурса). Химия литий-ионных аккумуляторов более чувствительна к температурам при зарядке АКБ, и она оптимальна при температурах ~ +20 ⁰C, а при температурах ниже +5 ⁰C не рекомендовано. Как и для других типов аккумуляторов, одним из вариантов решения проблемы являются аккумуляторы с внутренним подогревом.

### Гидроаккумулирующие станции

Гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭ́С) — гидроэлектростанция, используемая для выравнивания суточной неоднородности графика электрической нагрузки. *(прил. 1, рис. 2)*

#### Принцип работы

ГАЭС использует в своей работе либо комплекс генераторов и насосов, либо обратимые гидроэлектроагрегаты, которые способны работать как в режиме генераторов, так и в режиме насосов. Во время ночного провала энергопотребления ГАЭС получает из энергосети дешёвую электроэнергию и расходует её на перекачку воды в верхний бьеф (насосный режим, см. гидроаккумулятор). Во время утреннего и вечернего пиков энергопотребления ГАЭС сбрасывает воду из верхнего бьефа в нижний, вырабатывает при этом дорогую пиковую электроэнергию, которую отдаёт в энергосеть (генераторный режим).

В крупных энергосистемах большую долю могут составлять мощности тепловых и атомных электростанций, которые не могут быстро снижать выработку электроэнергии при ночном снижении энергопотребления или же делают это с большими потерями. Этот факт приводит к установлению существенно большей коммерческой стоимости пиковой электроэнергии в энергосистеме, по сравнению со стоимостью электроэнергии, вырабатываемой в ночной период. В таких условиях использование ГАЭС экономически эффективно и повышает как эффективность использования других мощностей (в том числе и транспортных), так и надёжность энергоснабжения.

Первые ГАЭС в начале XX века имели КПД не больше 40 %, КПД современных ГАЭС составляет 70-75 %.

#### История

Первые ГАЭС появились в конце XIX века. Так, в 1882 году в Швейцарии, в окрестностях Цюриха, была построена установка *Леттен (Letten)* с двумя насосами общей мощностью в 103 кВт. Спустя 12 лет подобная установка заработала на одной из итальянских прядильных фабрик. Если к началу XX века общее число ГАЭС в мире не превышало четырёх, то уже к началу 1960-х оно достигло 72, а к 2010 году — 460.

### Твердотельная накопительная станция

Разновидностью аккумулирующих электростанций является твердотельная аккумулирующая станция (ТАЭС). Здесь используется тот же принцип, только вместо воды применяются грузы. Их при помощи лифтов или кранов поднимают наверх, во время суток с минимальной стоимостью энергии, и опускают вниз, запуская генераторы, когда потребление энергии достигает пика. Именно такую энергостанцию собирались построить в Индии в 2019 году.  
  
Проект промышленной батареи предложила компания Energy Vault, которая занимается строительством разного рода энергетических систем. Проект представляет собой башню с шестью кранами на самом верху. С их помощью поднимают и опускают грузы, о чем говорилось выше. Грузы — фактически, бетонные блоки. *(прил. 1, рис. 3)*

ТАЭС такого типа может быть построена практически в любом месте, без особого ущерба для окружающей среды. В этом отличие ТАЭС от гидроаккумулирующих электростанций, которые могут быть построены лишь в регионе, где совпадает ряд необходимых условий — наличие водоемов, перепадов высот и определенные погодные условия. Эксплуатация гидроаккумулирующих энергостанций наносит достаточно сильный вред окружающей среде, в основном, водным экосистемам.  
  
Ну а поднятие и опускание бетонных блоков не вредит никому в любое время суток. Построить башню с кранами можно хоть на равнине, хоть в горной местности. Использовать ее можно тоже в любое время — как суток, так и года. Стоимость энергии, производимой такой станцией, ниже, чем у других типов аккумулирующих электростанций (примерно $200-$250 за квт\*ч). В сеть станция может дать 4 МВт энергии. Срок эксплуатации — 30-40 лет, что немало.  
Ранее эта же компания построила тестовый вариант твердотельной аккумулирующей электростанции в Швейцарии, но ее размеры были в 7 раз меньше проектных. Управление кранами автоматическое, за режимом работы станции «следит» специальное программное обеспечение. Еще один интересный момент заключается в том, что блоки компания будет делать из вторсырья для того, чтобы еще сильнее снизить влияние станции на окружающую среду.  
Если проект будет удачным и покажет себя хорошо, то в скором времени компания построит аналогичные системы и в других странах и регионах — там, где пиковые нагрузки на энергетическую сеть максимальны.

### Вывод

Но у каждого способа есть свои недостатки. У аккумуляторных станций есть весомый минус, это не-экологичность, и низкая энергоёмкость.

Не экологичность обусловлено наличием в аккумуляторах лития. Добыча и производство лития очень вредны для окружающей среды. При добычи разрабатываются огромные территории, используются вредные вещества такие как кислоты и щелочи. А сами аккумуляторы и их сборки очень опасный в эксплуатации, так как при нарушении их оболочки они могут взорваться, загореться или просто очень сильно нагреться. Тушить их тоже проблематично так как в них накапливается большое количество энергии, также по той причине, что литий - щелочной металл и при ее контакте с водой выделяется большое количество водорода.

Низкая энергоемкость обусловлено тем, что Технологии на данный момент не совершенны и мы пока не можем изготовить аккумуляторы, которые смогли бы сравнится по энергоёмкости с углеводородным топливом.

На данный момент, энергоемкость литий ионных аккумуляторов равна 900 килоджоулей на килограмм. Энергоемкость бензина - 43,6 мегаджоулей на килограмм. Это равно 43600 килоджоулей килограмм.

У гидроаккумулирующих станций тоже есть недостатки, это потребность большого количества пространства и затрат на строительство дамбы, если это в горах и резервуара на высоте, если это где - либо на не горной местности. Для строительства дамбы или резервуара необходимо большое количество бетона и металлических конструкций тока, в таком случае дамба будет прочной.

У твердотельной накопительной системы так же есть недостатки. Минус данного изделия заключается в том, что из - за большого количества циклов спуска и подъема блоков сцепные механизм на самих блоках со временем выйдут из строя и не будут обеспечивать должной безопасности. Но этот минус не такой существенный.

Как мы видим существующая схема энергетики имеет существенные недостатки, по этом мне хотелось бы представить свою идею энергетики будущего, которая решит проблемы загрязнения природы.

# **Энергетика будущего**

## **Мое видение энергетики будущего.**

Солнечные электростанции и\или ветряки питают электролизеры, в них мы делим воду на водород и кислород, кислород сбрасывала окружающей среды, тем самым обогащая его, а водород пускаем. Водород мы используем чтобы конвертировать вредные выбросы производств в полезные нам продукты. Например, соединив водород (H2) с углекислым газом (CO2), мы получим метан (CH4) и воду (H2O).

Уравнение реакции:

[CO2](https://tutata.ru/chemistry/search?s=CO2) + [4H2](https://tutata.ru/chemistry/search?s=H2) → [CH4](https://tutata.ru/chemistry/search?s=CH4) + [2H2O](https://tutata.ru/chemistry/search?s=H2O)

Метан можно будет в будущем сжечь или использовать на электростанциях для получения электричества и тепла пропуская его через топливный элемент.

А, например, соединив его с натрийсодержащими отходами мы можем получить удобрения, а с другими - полезные химикаты.

Также мы можем собирать часть этого водорода и заправлять ими транспорт сжигать его в электростанциях или как в случае с метаном получать энергию пропуская его через топливный элемент.

## **Топливный элемент**

Топливный элемент – это устройство, которое эффективно вырабатывает постоянный ток и тепло из богатого водородом топлива путем электрохимической реакции. *(Прил. 3, рис. 4)*

Топливный элемент подобен батарее в том, что он вырабатывает постоянный ток путем химической реакции. Топливный элемент включает анод, катод и электролит. Однако, в отличие от батарей, топливные элементы не могут накапливать электрическую энергию, не разряжаются и не требуют электричества для повторной зарядки. Топливные элементы могут постоянно вырабатывать электроэнергию, пока они имеют запас топлива и воздуха.

В отличие от других генераторов электроэнергии, таких как двигатели внутреннего сгорания или турбины, работающие на газе, угле, мазуте и пр., топливные элементы не сжигают топливо. Это означает отсутствие шумных роторов высокого давления, громкого шума при выхлопе, вибрации. Топливные элементы вырабатывают электричество путем бесшумной электрохимической реакции. Другой особенностью топливных элементов является то, что они преобразуют химическую энергию топлива напрямую в электричество, тепло и воду. Это позволяет добиться высокого КПД

Топливные элементы высокоэффективны и не производят большого количества парниковых газов, таких как углекислый газ, метан и оксид азота. Единственным продуктом выброса при работе - являются вода в виде пара и небольшое количество углекислого газа, который вообще не выделяется, если в качестве топлива используется чистый водород. Топливные элементы собираются в сборки, а затем в отдельные функциональные модули.

### *Принцип работы*

Анод и катод разделяются электролитом, проводящим протоны. После того, как водород поступит на анод, а кислород - на катод, начинается химическая реакция, в результате которой генерируются электрический ток, тепло и вода.

На катализаторе анода молекулярный водород диссоциирует и теряет электроны. Ионы водорода (протоны) проводятся через электролит к катоду, в то время как электроны пропускаются электролитом и проходят по внешней электрической цепи, создавая постоянный ток, который может быть использован для питания оборудования. На катализаторе катода молекула кислорода соединяется с электроном (который подводится из внешних коммуникаций) и пришедшим протоном, и образует воду, которая является единственным продуктом реакции (в виде пара и/или жидкости).

Ниже приведена соответствующая реакция:

* Реакция на аноде: 2H2 => 4H + 4e-
* Реакция на катоде: O2 + 4H + 4e- => 2H2O
* Общая реакция элемента: 2H2 + O2 => 2H2O

### Типы и разновидность топливных элементов

Подобно существованию различных типов аккумуляторов и гальванических элементов, существуют различные типы топливных элементов – выбор подходящего типа топливного элемента зависит от его применения.

Топливные элементы делятся на высокотемпературные и низкотемпературные. Низкотемпературные топливные элементы требуют в качестве топлива относительно чистый водород. Это часто означает, что требуется обработка топлива для преобразования первичного топлива (такого как природный газ) в чистый водород. Этот процесс потребляет дополнительную энергию и требует специального оборудования. Высокотемпературные топливные элементы не нуждаются в данной дополнительной процедуре, так как они могут осуществлять "внутреннее преобразование" топлива при повышенных температурах, что означает отсутствие необходимости вкладывания денег в водородную инфраструктуру. Но часто низкотемпературные элементы экологичнее, поскольку в них используется более чистое топливо и удобнее в эксплуатации, так как нет проблемы с охлаждением, если такова есть. Но у высокотемпературных зачастую выше КПД. *(прил. 3, табл. 3)*

#### Топливные элементы на расплаве карбоната (РКТЭ)

Топливные элементы с расплавленным карбонатным электролитом являются высокотемпературными топливными элементами. Высокая рабочая температура позволяет непосредственно использовать природный газ без топливного процессора и топливного газа с низкой теплотворной способностью топлива производственных процессов и из других источников.

Работа РКТЭ отличается от других топливных элементов. Данные элементы используют электролит из смеси расплавленных карбонатных солей. В настоящее время применяется два типа смесей: карбонат лития и карбонат калия или карбонат лития и карбонат натрия. Для расплавки карбонатных солей и достижения высокой степени подвижности ионов в электролите, работа топливных элементов с расплавленным карбонатным электролитом происходит при высоких температурах (650°C). КПД варьируется в пределах 60-80%.

При нагреве до температуры 650°C, соли становятся проводником для ионов карбоната (CO32-). Данные ионы проходят от катода на анод, где происходит объединение с водородом с образованием воды, диоксида углерода и свободных электронов. Данные электроны направляются по внешней электрической цепи обратно на катод, при этом генерируется электрический ток, а в качестве побочного продукта – тепло.

* Реакция на аноде: CO32- + H2 => H2O + CO2 + 2e-
* Реакция на катоде: СO2 + 1/2O2 + 2e- => CO32-
* Общая реакция элемента: H2 (g) + 1/2O2 (g) + CO2 (катод) => H2O(g) + CO2 (анод)

Высокие рабочие температуры топливных элементов с расплавленным карбонатным электролитом имеют определенные преимущества. При высоких температурах, происходит внутренний риформинг природного газа, что устраняет необходимость использования топливного процессора. Помимо этого, к числу преимуществ можно отнести возможность использования стандартных материалов конструкции, таких как листовая нержавеющая сталь и никелевого катализатора на электродах. Побочное тепло может быть использовано для генерации пара высокого давления для различных промышленных и коммерческих целей.

Высокие температуры реакции в электролите также имеют свои преимущества. Применение высоких температур требует значительного времени для достижения оптимальных рабочих условий, при этом система медленнее реагирует на изменение расхода энергии. Данные характеристики позволяют использовать установки на топливных элементах с расплавленным карбонатным электролитом в условиях постоянной мощности. Высокие температуры препятствуют повреждению топливного элемента окисью углерода.

Топливные элементы с расплавленным карбонатным электролитом подходят для использования в больших стационарных установках. Промышленно выпускаются теплоэнергетические установки с выходной электрической мощностью 3,0 МВт. Разрабатываются установки с выходной мощностью до 110 МВт.

#### Топливные элементы на основе фосфорной кислоты (ФКТЭ)

Топливные элементы на основе фосфорной (ортофосфорной) кислоты стали первыми топливными элементами для коммерческого использования.

Топливные элементы на основе фосфорной (ортофосфорной) кислоты используют электролит на основе ортофосфорной кислоты (H3PO4) с концентрацией до 100%. Ионная проводимость ортофосфорной кислоты является низкой при низких температурах, по этой причине эти топливные элементы используются при температурах до 150–220°C.

Носителем заряда в топливных элементах данного типа является водород (H+, протон). Схожий процесс происходит в топливных элементах с мембраной обмена протонов, в которых водород, подводимый к аноду, разделяется на протоны и электроны. Протоны проходят по электролиту и объединяются с кислородом, получаемым из воздуха, на катоде с образованием воды. Электроны направляются по внешней электрической цепи, при этом генерируется электрический ток. Ниже представлены реакции, в результате которых генерируется электрический ток и тепло.

* Реакция на аноде: 2H2 => 4H++ 4e-
* Реакция на катоде: O2 (g) + 4H + 4e- => 2 H2O
* Общая реакция элемента: 2H2 + O2 => 2H2O

КПД топливных элементов на основе фосфорной (ортофосфорной) кислоты составляет более 40% при генерации электрической энергии. При комбинированном производстве тепловой и электрической энергии, общий КПД составляет около 85%. Помимо этого, учитывая рабочие температуры, побочное тепло может быть использовано для нагрева воды и генерации пара атмосферного давления.

Высокая производительность теплоэнергетических установок на топливных элементах на основе фосфорной (ортофосфорной) кислоты при комбинированном производстве тепловой и электрической энергии является одним из преимуществ данного вида топливных элементов. В установках используется окись углерода с концентрацией около 1,5%, что значительно расширяет возможность выбора топлива. Помимо этого, СО2 не влияет на электролит и работу топливного элемента, данный тип элементов работает с реформированным природным топливом. Простая конструкция, низкая степень летучести электролита и повышенная стабильность также являются преимущества данного типа топливных элементов.

Промышленно выпускаются теплоэнергетические установки с выходной электрической мощностью до 500 кВт. Установки на 11 МВт прошли соответствующие испытания. Разрабатываются установки с выходной мощностью до 100 МВт.

#### Топливные элементы с протонообменной мембраной (ПЭМТЭ)

ПЭМТЭ имеют некоторые преимущества перед другими типами топливных элементов, например такими как твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ). ПЭМТЭ работают при более низкой температуре, легче и компактнее, что делает их идеальными для применения в автомобилях. Однако имеются и некоторые недостатки: рабочая температура ~ 80 ° C слишком низкая для генерации, как в ТОТЭ, кроме того, электролит для ПЭМТЭ должен быть водонасыщенным. Однако некоторые автомобили с топливными элементами, работают без увлажнителей, полагаясь на быструю выработку воды и высокую скорость обратной диффузии через тонкие мембраны для поддержания гидратации мембраны и иономера в слоях катализатора.

Высокотемпературные ПЭМТЭ работают при температуре от 100° C до 200° C, потенциально предоставляя преимущества в кинетике электродов и управлении нагревом, а также лучшую устойчивость к примесям топлива, особенно CO. Эти улучшения потенциально могут привести к повышению общей эффективности системы. Однако эти преимущества еще предстоит реализовать, поскольку мембраны из полимеров перфторсульфоновой кислоты быстро теряют работоспособность при температуре выше 100° C и гидратации ниже 100%, что приводит к сокращению срока службы. В результате для использования в топливных элементах исследуются новые безводные протонные проводники, такие как протонно-органические ионные пластические кристаллы (ПОИПК) и протонные ионные жидкости.[[8]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D0%BC%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B0#cite_note-8)

Топливом для ПЭМТЭ является водород, а носителем заряда - ион водорода (протон). На аноде молекула водорода расщепляется на ионы водорода (протоны) и электроны. Ионы водорода проникают через электролит к катоду, в то время как электроны проходят через внешнюю цепь и вырабатывают электроэнергию. Кислород, обычно в виде воздуха, подается на катод и соединяется с электронами и ионами водорода с образованием воды.

* Реакция на аноде: 2H2 → 4H+ + 4e−
* Реакция на катоде: O2 + 4H+ + 4e− → 2H2O
* Общая реакция ячейки: 2H2 + O2 → 2H2O + тепло + электрическая энергия

#### Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ)

Твердооксидные топливные элементы являются топливными элементами с самой высокой рабочей температурой. Рабочая температура может варьироваться от 600°C до 1000°C, что позволяет использовать различные типы топлива без специальной предварительной обработки. Для работы с такими высокими температурами используемый электролит представляет собой тонкий твердый оксид металла на керамической основе, часто сплав иттрия и циркония, который является проводником ионов кислорода (О2-).

Твердый электролит обеспечивает герметичный переход газа от одного электрода к другому, в то время как жидкие электролиты расположены в пористой подложке. Носителем заряда в топливных элементах данного типа является ион кислорода (О2-). На катоде происходит разделение молекул кислорода из воздуха на ион кислорода и четыре электрона. Ионы кислорода проходят по электролиту и объединяются с водородом, при этом образуется четыре свободных электрона. Электроны направляются по внешней электрической цепи, при этом генерируется электрический ток и побочное тепло.

* Реакция на аноде: 2H2 + 2O2- => 2H2O + 4e-
* Реакция на катоде: O2 + 4e- => 2O2-
* Общая реакция элемента: 2H2 + O2 => 2H2O

КПД производимой электрической энергии является самым высоким из всех топливных элементов – около 60-70%. Высокие рабочие температуры позволяют осуществлять комбинированное производство тепловой и электрической энергии для генерации пара высокого давления. Комбинирование высокотемпературного топливного элемента с турбиной позволяет создать гибридный топливный элемент для повышения КПД генерирования электрической энергии до 75%.

Твердооксидные топливные элементы работают при очень высоких температурах (600°C–1000°C), в результате чего требуется значительное время для достижения оптимальных рабочих условий, но именно благодаря этому элемент инертен к изменению потребления. При таких высоких рабочих температурах не требуется преобразователь для восстановления водорода из топлива, что позволяет теплоэнергетической установке работать с относительно нечистым топливом, полученным в результате газификации угля или отработанных газов и т.п. Также данный топливный элемент превосходно подходит для работы с высокой мощностью, включая промышленные и крупные центральные электростанции. Промышленно выпускаются модули с выходной электрической мощностью 100 кВт.

#### Топливные элементы с прямым окислением метанола (ПОМТЭ)

Технология использования топливных элементов с прямым окислением метанола переживает период активного развития. Она успешно зарекомендовала себя в области питания мобильных телефонов, ноутбуков, а также для создания переносных источников электроэнергии. на что и нацелено будущее применение данных элементов.

Устройство топливных элементов с прямым окислением метанола схоже с топливными элементами с протонообменной мембраной (МОПТЭ), т.е. в качестве электролита используется полимер, а в качестве носителя заряда – ион водорода (протон). Однако, жидкий метанол (CH3OH) окисляется при наличии воды на аноде с выделением СО2, ионов водорода и электронов, которые направляются по внешней электрической цепи, при этом генерируется электрический ток. Ионы водорода проходят по электролиту и вступает в реакцию с кислородом из воздуха и электронами, поступающих с внешней цепи, с образованием воды на аноде.

* Реакция на аноде: CH3OH + H2O => CO2 + 6H + 6e-
* Реакция на катоде: 3/2O2 + 6 H+ + 6e- => 3H2O
* Общая реакция элемента: CH3OH + 3/2O2 => CO2 + 2H2O

Достоинством данного типа топливных элементов являются небольшие габариты, благодаря использованию жидкого топлива, и отсутствие необходимости использования преобразователя.

#### Щелочные топливные элементы (ЩТЭ)

Щелочные топливные элементы – одни из самых эффективных элементов, используемых для генерации электричества, эффективность выработки электроэнергии доходит до 70%.

В щелочных топливных элементах используется электролит, то есть водный раствор гидроксида калия, содержащийся в пористой стабилизированной матрице. Концентрация гидроксида калия может меняться в зависимости от рабочей температуры топливного элемента, диапазон которой варьируется от 65°C до 220°C. Носителем заряда в ЩТЭ является гидроксильный ион (ОН-), движущийся от катода к аноду, где он вступает в реакцию с водородом, производя воду и электроны. Вода, полученная на аноде, движется обратно к катоду, снова генерируя там гидроксильные ионы. В результате этого ряда реакций, проходящих в топливном элементе, производится электричество и, как побочный продукт, тепло:

* Реакция на аноде: 2H2 + 4OH- => 4H2O + 4e-
* Реакция на катоде: O2 + 2H2O + 4e- => 4 OH-
* Общая реакция системы: 2H2 + O2 => 2H2O

Достоинством ЩТЭ является то, что эти топливные элементы - самые дешевые в производстве, поскольку катализатором, который необходим на электродах, может быть любое из веществ, более дешевых чем те, что используются в качестве катализаторов для других топливных элементов. ЩТЭ работают при относительно низкой температуре и являются одними из самых эффективных топливных элементов - такие характеристики могут соответственно способствовать ускорению генерации питания и высокой эффективности топлива.

Одна из характерных особенностей ЩТЭ – высокая чувствительность к CO2, который может содержаться в топливе или воздухе. CO2 вступает в реакцию с электролитом, быстро отравляет его, и сильно снижает эффективность топливного элемента. Поэтому использование ЩТЭ ограничено закрытыми пространствами, такими как космические и подводные аппараты, они должны работать на чистом водороде и кислороде. Более того, такие молекулы, как CO, H2O и CH4, которые безопасны для других.

## **Электролизер**

Электролизером называется аппарат, в котором осуществляют процесс электролиза. *(прил. 3, рис. 5)*

Минимально необходимыми составными частями электролизера являются:

* катод,
* анод
* корпус (ванна);

в рабочем состоянии электроды погружены в электролит, заполняющий корпус электролизера.

Но лучше использовать электролизер с протонообменной мембраной, так как нам необходим водород и кислород по отдельности.

Благодаря наличию PEM/SPE мембраны водород отделяется от побочных продуктов электролиза - кислорода и других примесей (например, озона и хлора). То есть пользователю не нужно тщательно следить за составом воды. Если в приборе нет протонообменной мембраны, то при использовании воды с наличием солей хлора процесс электролиза будет сопровождаться выделением резкого запаха хлора.

Протонобменная мембрана является твердым полимерным электролитом, в котором происходит электролиз, т.е. электролиз проходит именно в мембране, электролитом вода не является, она не подвергается электролизу, только насыщается водородом. Это позволяет использовать дистиллированную воду, воду после очистки методом обратного осмоса (RO вода). В приборах без PEM/SPE мембраны при использовании дистиллированной или RO воды водород выделяться не будет.

После того как мы получили водород нужно задуматься над тем, где как хранить газ.

## **Способы хранения водорода.**

### Хранение водорода в газообразном виде под давлением

Это самый традиционный способ хранения водорода. Поскольку водород ведет себя по дробно идеальному газу при температуре окружающей среды, справедливо уравнение для идеальных газов:

P ∙ V = n ∙ R ∙ T,

где n — количество водорода, моль; R — газовая постоянная.

Количество энергии, сохраненной в форме химической энергии сжатого водорода, может быть оценено изменением теплосодержания, когда водород использован, — например, когда он реагирует с кислородом, в результате чего получается вода. *(прил, 3, табл.4)*

### Наземное хранение газообразного водорода

Наземные водородные контейнеры хранения отличаются по размерам, но имеют, как правило, стандартное давление 20 МПа. Есть также контейнеры высокого давления (> 20 МПа) и большие сферические контейнеры низкого давления (> 15 000 м3 и 1,2— 1,6 МПа). Самый обычный материал, используемый в водородных контейнерах, — сталь. Это весьма дешевый и практичный материал, но тяжелый, и, таким образом, гравиметрическая плотность хранения водорода с учетом массы контейнера оказывается низкой. Некоторые контейнеры сделаны из алюминия. Такие баллоны при одинаковых давлениях легче стальных.

Идеальная объемная плотность энергии водорода под давлением 20 МПа при температуре окружающей среды составляет 651,4 кВт ∙ ч/м3. Для реальных систем эта величина, естественно, меньше, и когда принят во внимание контейнер, объемная плотность энергии в случае применения стальных контейнеров (цилиндрических баллонов) составит 537 кВт ∙ ч/м3.

Гравиметрическая плотность энергии (или удельная энергия) в баллоне под давлением, в отличие от объемной, очень сильно зависит от свойств материала контейнера. Традиционные стальные баллоны позволяют достигать плотности энергии приблизительно 0,45 кВт ∙ ч/кг, что эквивалентно 1,1 % массы сохраненного водорода по отношению к общей массе системы хранения. За счет оптимизации контейнера и выбора материала может быть достигнута относительная плотность 1,5—2,6 % массы сохраненного водорода от общей массы системы хранения.

Применение новых материалов позволило создать ультралегкие бесшовные контейнеры из углеродного волокна.

В этих контейнерах достигнута гравиметрическая плотность 6 % от веса.

Одно из положительных свойств контейнеров заключается в том, что они не пропускают водород, протечки практически отсутствуют. Небольшие утечки могут быть через соединения, но с помощью надлежащих стыков и регуляторов их легко предотвратить.

### Подземное хранение газообразного водорода

Подземные пещеры — простой и относительно дешевый метод для крупномасштабного хранения водорода. Есть несколько различных видов пещер, которые могут использоваться: солевые пещеры, естественные пещеры и структуры водоносного слоя. Соль часто залегает в форме уровней, которые могут иметь толщину до нескольких сотен метров. Они фактически непроницаемы для воды и воздуха.

Водоносные слои расположены в пористых геологических уровнях. Газ вводится в пористый слой, первоначально заполненный водой, в котором и накапливается. Применение этого метода требует специальных геологических условий, он может использоваться только в некоторых регионах.

Помимо солевых пещер и водоносных слоев, водород может быть сохранен в естественных и искусственных пещерах.

Давление в земных пещерах изменяется от 8 до 16 МПа, и, таким образом, объемная плотность энергии составляет приблизительно 250—465 кВт ∙ ч/м3. В структурах водоносных слоев плотность энергии, естественно, значительно меньше. Потери, вызванные утечками в земных пещерах, составляют приблизительно 1—3 % от полного объема в год.

### Хранение водорода в сжиженном виде

Жидкий водород используется как топливо в космической технологии в течение многих лет. Сосуды с жидким водородом легче, чем сосуды под давлением.

Однако водород превращается в жидкость при температуре 20,25 °К, и следовательно, система хранения требует сложных методов изоляции для предотвращения испарения. Квантово-механический анализ водорода показывает, что есть два различных вида водородных молекул: ортоводород с параллельным ядерным вращением и пара водород с антипараллельным ядерным вращением. Это определяет необычное поведение теплоемкости водорода при низких температурах и приводит к отличию идеальной необходимой работы для сжижения водорода от экспериментальных данных.

Реальная энергия, которая должна быть израсходована для сжижения водорода, — приблизительно 11 кВт ∙ ч/кг, что составляет около 28 % от высшей теплоты горения водорода. Это одна из самых больших проблем использования жидкого водорода. Однако эта потеря энергии в некоторых случаях частично компенсируется большой ее плотностью.

Плотность жидкого водорода, включая контейнер хранения, составляет приблизительно 25,9 % по массе, при этом массовая плотность энергии равна 10,1 кВт ∙ ч/кг и объемная плотность энергии — приблизительно 2760 кВт ∙ ч/м3.

Контейнеры хранения теряют энергию при неизбежном испарении водорода, которое вызвано теплопроводностью изоляции.

Потери на испарение изменяются от 0,06 % в день для больших контейнеров до 3 % в день — для маленьких сосудов. Контейнеры обычно имеют комбинированную изоляцию. Она включает вакуумную изоляцию, охлаждаемые паром лучевые экраны и обычную многослойную изоляцию (рис. 1.6).

Вакуумная изоляция уменьшает передачу теплоты теплопроводностью, поскольку теплопроводность газа сильно уменьшается при уменьшении его давления. Несколько отражающих экранов, окружающих внутренний контейнер (так называемая многослойная изоляция), могут уменьшить передачу теплоты излучением.

Значительное сокращение скорости испарения водорода, связанного с потоком теплоты q, может быть достигнуто путем охлаждения экранов изоляции вентилируемым водородным паром. Это уменьшает температурный перепад между экранами изоляции, что приводит к меньшему потоку теплоты. Такой метод используется прежде всего в больших контейнерах.

### Хранение водорода в углеродных нанотрубках

Хранение водорода с использованием углеродных нанотрубок (УНТ) может решить эти проблемы. Углеродные материалы, в том числе нановлокна и нанотрубки, обладают рядом преимуществ. Такие материалы достаточно легкие, имеют полую структуру, могут быть использованы в качестве контейнера для хранения водорода, сохраняя плотность газообразного водорода. При нагревании водород может медленно высвобождаться из углеродных материалов. Диаметр нанотрубок от одного до нескольких десятков нанометров, длина может достигать нескольких сантиметров [4]. Трубки состоят из одной или нескольких свёрнутых в трубку гексагональных графитовых плоскостей (графенов) и заканчиваются обычно «полусферической» головкой, которая может рассматриваться как половина молекулы фуллерена. На рисунке 1 представлены микрофотографии исследуемого углеродного материала, полученные с помощью сканирующего и просвечивающего микроскопа.

УНТ, способные аккумулировать водород, можно разделить по энергии связи. Наименьшая прочность связи характерна для физической адсорбции водорода. Физическая сорбция молекулярного водорода на поверхности УНТ за счёт сил межмолекулярного Ван-дер-Ваальсова взаимодействия. Ван-дер-Ваальсовы силы, это силы межмолекулярного (и межатомного) взаимодействия с энергией 10-20 кДж/моль. Основным преимуществом данного вида сорбции является отсутствие нагрева для разрыва связей при десорбции водорода из образца, что упрощает процесс разрядки [6]. Большинство экспериментов по насыщению водородом углеродных материалов проводится при сверхнизких температурах, что приводит к лишним затратам при его хранении. Таким образом, есть необходимость исследования сорбционной способности углеродных материалов при нормальных условиях и пониженной температуре.

Насыщение водородом углеродных нанотрубок проводилось GasReactionController в диапазоне температур от -30˚С до 25˚С с увеличением давления до 8 атм. На рисунках 2 и 3 представлены зависимости концентрации водорода в образцах от давления в процессе реализации цикла сорбции-десорбции при различных температурах.

### Хранение водорода в гидридах металлов

Актуальной альтернативой вышеупомянутым методам хранения водорода является металлогидридный, т.е. хранение водорода в форме гидридов металлов или интерметаллических соединений (ИМС).

Открытие во второй половине ХIХ века способности ряда металлов обратимо поглощать значительные количества водорода породило целый ряд технических идей по практическому использованию данного явления. Причиной этого является уникальное сочетание свойств систем металл – водород, возможность достижения экстремально высоких объёмных плотностей атомов водорода в решётке металла, широкий диапазон рабочих температур и давлений, селективность процесса поглощения водорода, значительные изменения физических свойств металла при его насыщении водородом и целый ряд других особенностей. При хранении водорода в виде гидридов объём системы уменьшается примерно в 3 раза по сравнению с объёмом хранения в баллонах. Интерес к гидридам возник во второй половине 20–го века, когда была отмечена целесообразность использования гидридов как источников водорода высокой чистоты, поскольку в них атомы водорода “химически скомпонованы” более плотно, чем в жидком Н2 [29]. Возможность реализовать эту идею появилась лишь в 1970 г., когда было обнаружено, что интерметаллид LaNi5 способен поглощать, а при десорбции выделять водород при температурах, близких к комнатной, и давлениях порядка 0,2 МПа. В результате последующих исследований было синтезировано большое количество сплавов – накопителей водорода. *(прил. 3, рис. 6, граф 2, граф. 2)*

### Заключение

Для успешной реализации водородной технологии и водородной экономики в целом одной из ключевых проблем является разработка такого метода хранения водорода, особенно на борту транспортных средств, который удовлетворял водородоёмкости систем хранения Н2 (не менее 9 (wt.)%) и температуре его выделения при дегидрировании (60–80).

Анализ приведенных данных показывает, что все рассмотренные методы имеют свои преимущества и недостатки и до сих пор не найдено идеального способа хранения. Только один из известных методов – хранение водорода в виде криогенной жидкости – имеет ёмкостные показатели (объёмная плотность жидкого водорода 70,8 кг/м3), полностью удовлетворяющие требованиям для применения на транспорте. Но реализация этого метода требует слишком высоких энергозатрат и эксплуатационных расходов, а также соблюдения мер безопасности.

Более приемлемым вариантом водорода является хранение его в химически связанном состоянии, особенно в форме гидридов соединений. Этот метод характеризуется безопасностью и не слишком высокими энергозатратами. Учитывая технологическую гибкость металлогидридного метода, можно заключить, он имеет хорошие перспективы комбинированных систем хранения водорода.

Хотя классические гидриды интерметаллидов, например, LaNi5, имеют высокие объёмные гидрирования, термодинамические свойства и циклическую стабильность, но их гравиметрические ёмкости по Н2 (1–4 (wt.)%) слишком низкие для бортового хранения водорода.

# **Практическая часть**

1. Изготовление прибора для электролиза

**Цели опыта:** изготовить блок питания для проведения электролиза воды, собрать прибор электролизер.

**Ход опыта:** взял повышающий преобразователь XL4016, подключил вольтамперметр и поместил в пластиковый корпус. После взяв стеклянный сосуд с двумя отводами, поместил внутрь два электрода из нержавеющей стали, налил в сосуд 80 мл воды

**Вывод:** Я изготовил прибор для электролиза, который работает от блока питания.

1. Получение водорода электролизом воды.

**Цель опыта:** получить водород электролизом воды.

**Ход работы:** собранный мной электролизёр подключил к блоку питания, установил напряжение в 12 вольт. После подключения к источнику питания на электродах началось выделение газов: на аноде—кислород, на катоде—водород*. (прил. 4, рис, 7)*

**Вывод:** при электролизе воды получил водород и кислород. Этот способ получения водорода является наиболее экологичным, при использовании в качестве питания возобновляемой энергии.

1. Получение водорода путем проведения химических реакций

**Цель опыта:** получить водород при взаимодействии металлов с кислотами, и щелочами.

1. **Ход работы:** взял 2 гр. порошкообразного железа, прилил 2 мл 10%-ный раствор соляной кислоты HCl *.*

**Вывод:** при взаимодействии железа с соляной кислотой получил водород, при нагревании интенсивность выделения водорода увеличивается*.*

1. **Ход работы:** взял 2 гранулы цинка, прилил 2 мл 10%-ный раствор соляной кислоты HCl *.*

**Вывод:** при взаимодействии цинка с соляной кислотой получил водород, так как интенсивность выделения водорода высокая, я не стал нагревать реагенты.

1. **Ход работы:** взял 2 гр. стружки магния, прилил 2 мл 10%-ный раствор соляной кислоты HCl*.*

**Вывод:** при взаимодействии магния с соляной кислотой получил водород, так как интенсивность выделения водорода высокая, я не стал нагревать реагенты.

1. **Ход работы:** взял 2 гр. стружки алюминия, прилил 2 мл 10%-ный раствор соляной кислоты HCl*.*

**Вывод:** при взаимодействии алюминия с соляной кислотой получил водород, при нагревании интенсивность выделения водорода увеличивается*.*

1. **Ход работы:** взял 2 гр. стружки алюминия, прилил 2 мл 20%-ного раствора NaOH.

**Вывод:** при взаимодействии алюминия с раствором NaOH получил водород, процесс выделения водорода идет интенсивно и без нагревания.

# **Заключение**

Использование водорода в качестве топлива – идея не столь новая: способность этой молекулы производить большое количество энергии была открыта еще в XIX веке. Им можно заправить как двигатель внутреннего сгорания, так и газотурбинный двигатель, но из-за ограничений, которые он накладывает на работу этих механизмов, и возможных неблагоприятных последствий для окружающей среды водород сегодня преимущественно используется в специальных топливных элементах. Топливный элемент - устройство, эффективно вырабатывающее тепло и постоянный ток в результате электрохимической реакции и использующее богатое водородом топливо.

# **Вывод**

Энергетика на сегодняшний день хорошо развита, но имеет огромное количество недостатков, основным из которых является использование топлива добыча и использование которого вредит окружающей среде.

Решением донной проблемы может послужить использование водородной энергетики. Водородная энергетика—отрасль энергетики, основанная на использовании водорода в качестве средства для аккумулирования, транспортировки, производства и потребления энергии.

Установив электролизёр в городах близ города, и производить водород путём расщепления воды во время избытка энергии, и использовав её для получения энергии во время его недостатка мы сможем решить проблему недостатка и избытка энергии. Энергию можно получать двумя методами, первый метод заключается в пропускании водорода через топливный элемент. Этот метод вполне эффективен, но быстрою форсировку развития данного метода не удастся сделать, а вот использовании ее в качестве сгораемого топлива на уже существующих ТЕС вполне решаемая задача в короткие сроки. Но использование водорода в топливных элементах эффективнее, поскольку не требуется дополнительных узлов для преобразования тепловой энергии в электрическую, а чем меньше узлов, тем меньше потерь. Поэтому перестроить энергетику все же придется, хоть и не значительно.

А установив электролизёр близ источников альтернативной энергии, и использовав ее для получения водорода и последующего использовании его на топливных элементах позволит решить проблему нестабильности таких источников энергии как солнце и ветер.

По итогу можно сказать следующее: для решения таких проблем как избыток или недостаток энергии, загрязнение природы, выработка природных ресурсов прекрасно подходит водородная энергетика.

# **Использованная литература**

Сайты целиком

1. Официальный сат <https://intech-gmbh.ru/energy_units/#energy_units_is>
2. Официальный сайт wikipedia.org //Электролиз URL:<https://ru.wikipedia.org/wiki/Электролиз> (дата обращения 10. 12. 2021)
3. Официальный сайт wikipedia. org // Топливный элемент URL:<https://ru.wikipedia.org/wiki/Топливный_элемент> (дата обращения 10. 12. 2021)
4. Официальный сайт wikipedia.org // Энергетика URL:<https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергетика> (дата обращения 10. 12. 2021)
5. Официальный сайт youtube.com // Электропанк 2077: Как мы пожираем энергию — топлес URL:<https://www.youtube.com/watch?v=pcW-7plmpvs&t=1323s>
6. Официальный сайт metallolome.ru // Технологии и способы хранения водорода URL:<https://metallolome.ru/tehnologii-i-sposoby-hraneniya-vodoro/>

Электронный документ в интернете

1. ЧжанХунжу, Методы хранения водорода в углеродных нанотрубках [электронный ресурс] // научно исследовательская работа URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1634242661&tld=ru&lang=ru&name=conference_tpu-2015-C21-089.pdf&text=хранение%20водорода%20в%20нанотрубках&url=http%3A%2F%2Fearchive.tpu.ru%2Fbitstream%2F11683%2F19169%2F1%2Fconference_tpu-2015-C21-089.pdf&lr=101192&mime=pdf&l10n=ru&sign=a91f2986b6b83e9d6ccd01ec65ad961b&keyno=0&nosw=1> (дата обращения 10. 12. 2021)
2. Д.А. Карпов, В.Н. Литуновский, Водородная энергетика: хранение водорода в связанном состоянии [электронный ресурс] // научно исследовательская работа URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1634241310&tld=ru&lang=ru&name=HYDROGEN-ENERGETICS-HYDROGEN-STORAGE-IN-A-BOUND-STATE.pdf&text=хранение%20водорода%20в%20виде%20металлогидрида&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fprofile%2FDmitri-Karpov%2Fpublication%2F306379372_HYDROGEN_ENERGETICS_HYDROGEN_STORAGE_IN_A_BOUND_STATE%2Flinks%2F57bc002508ae9fdf82efc958%2FHYDROGEN-ENERGETICS-HYDROGEN-STORAGE-IN-A-BOUND-STATE.pdf&lr=101192&mime=pdf&l10n=ru&sign=dfef34ade82a1ec3b2e236e0b317e9b5&keyno=0&nosw=1> (дата обращения 10. 12. 2021)

**Решение задач олимпиады**



