

Введение В XXI век и третье тысячелетие человечество вступило с двумя ключевыми проблемами, от решения которых зависит его дальнейшее развитие. Эти проблемы связаны с использованием ископаемого топлива, которое удовлетворяет на сегодняшний день около 80% потребности в энергии. Первая из них – это ограниченность запасов этого топлива и то, что рано или поздно оно будет исчерпано. Согласно оценкам нефтегазовых компаний, пик добычи наиболее потребляемых видов ископаемого топлива – нефти, газа и угля – придется на период между 2015 и 2020 годами и затем будет падать. Это значит, что наступит дисбаланс между спросом и предложением, начиная с 2015 года. Немаловажно и то, что для получения энергии в настоящее время мы используем невозобновляемое сырье для многих видов промышленного производства, в котором будущие поколения будут нуждаться не менее нас. Причем используем неэффективно. Вторая проблема заключается в том, что нынешнее использование ископаемого топлива причиняет окружающей среде невосполнимый урон, который мы уже начинаем ощущать. Это – антропогенная составляющая глобального потепления, вносящая вклад в изменение климата, таяние ледяных шапок планеты и повышение уровня моря, кислотные дожди, загрязнение, уменьшение озонового слоя, нефтяные пятна, исчезновение лесных и сельскохозяйственных угодий из-за поверхностной добычи угля и т.д. Оценено, что разрушение окружающей среды наносит только прямой урон в пять триллионов долларов ежегодно [1]. Решение этих глобальных проблем видится во внедрении и широком использовании водородной энергетики, использующей топливные элементы (ТЭ). Последняя четверть XX века и начало XXI ознаменовались резким ростом исследовательского интереса к ТЭ и первыми успехами в разработке промышленных образцов ТЭ. Топливный элемент на полимерном электролите Топливные элементы на основе полимерного электролита (ТЭПЭ) обращают на себя пристальное внимание исследователей и производителей благодаря их простоте, надежности, быстрому старту и разнообразию возможных применений. Ключевой составной частью ТЭ является полимерная мембрана, обладающая уникальными свойствами: она проводит протоны и служит электролитом между двумя пористыми проводящими электродами, но в то же время почти не проницаема для подводимых газов – водорода и кислорода. Процесс переноса протонов в мембране заключается в перескоках между фиксированными анионами в гидрофильных областях. Между пористыми электродами и мембраной располагается слой углерода, на котором диспергированы частички платинового катализатора (рис. 1). На поверхности катализатора между электродами и мембраной имеют место электрохимические реакции окисления водорода и восстановления кислорода. На поверхности катализатора в отрицательно заряженной анодной части атомы водорода ионизируются. Протоны диффундируют к катоду через мембрану, а электроны идут через внешнюю цепь, совершая полезную работу. Последние

восстанавливают атомы кислорода до двухвалентных ионов на катализаторе катодной стороны. Эти ионы, прореагировав с протонифицированными протонами, образуют воду и тепло. Это все основные процессы, происходящие в ТЭПЭ. Рис. 1 - Блок-схема ТЭПЭ, поясняющая принцип его работы В настоящее время в мире выполняется очень много научных исследований по топливным элементам. Разные аспекты проблемы топливных элементов начали изучаться и отечественными учеными, в частности, учеными Казани [2-3]. Однако, в ходе ознакомления с работами англоязычных авторов, возникает проблема четкого понимания смысла терминов, написанных на иностранном языке. Данная работа посвящена устранению такой проблемы и призвана помочь отечественным исследователям, особенно начинающим работать в перспективной области топливных элементов. Словарь англо-американских научных терминов по топливным элементам Вот некоторые термины и определения, с которыми приходится сталкиваться при работе с литературой по топливным элементам.

ABSORPTION – абсорбция: Поглощение поверхностью. ADSORPTION – адсорбция: Поглощение объемом. AIR-FUEL RATIO (A/F) - соотношение воздух-топливо: Весовое соотношение воздуха и топлива, подаваемого для горения. AIR POLLUTION – загрязнение воздуха: Любое загрязнение воздуха, что является вредным для человека, животных или растений. ALCOHOLS – спирты: Группа бесцветных органических соединений, каждое из которых содержит гидроксильную (OH) группы. Самый простой спирт – метанол - CH_3OH . ALKALINE FUEL CELL (AFC) - щелочной топливный элемент: Тип топливных элементов, в которых электролитом служит гидроксид калия (KOH) (колеблется от 35 до 85 % веса в зависимости от предполагаемой рабочей температуры) и гидроксид-ионы (OH^-) транспортируется от катода к аноду. Температура эксплуатации может варьироваться от ниже 120°C до примерно 250°C в зависимости от концентрации электролита. ALTERNATIVE FUEL – альтернативное топливо: Альтернатива бензину или дизельному топливу, которая не производится традиционным способом из сырой нефти, например, СНГ, СПГ, этанол, метанол и водород. ANAEROBIC DIGESTION - анаэробное сбраживание: Биологический процесс, который преобразует биоразлагаемые материалы в биогаз и сточные воды с помощью микроорганизмов без присутствия кислорода. Анаэробным реактором является герметичный сосуд, на который подают сложные органические материалы, такие как животные или пищевые отходы. Богатый метаном биогаз из этого процесса может быть использован для выработки электроэнергии, тепла и горячей воды. ANODE - анод: Электрод, на котором происходит окисление (потеря электронов). Для топливных элементов анод электрически отрицателен, а для противоположной реакции электролиза анод, наоборот, положителен. ANION – анион: Отрицательно заряженный ион. AUTOMOTIVE AIR POLLUTION – загрязнение воздуха автомобилями: Испарение в атмосферу несгоревшего топлива и других нежелательных побочных продуктов

сгорания топлива транспортного средства, в основном окиси углерода (CO), углеводородов (HC), оксиды азота (NOx), оксиды серы (SO) и твердых частиц.

AUXILIARY POWER - вспомогательное питание: Независимый источник питания, который функционирует для увеличения или поддержания различных критериев эффективности, установленных для основного источника питания.

AVAILABILITY доступность: Фактор, основанный на соотношении (%) количества часов, когда источник питания работает и производит мощность и общего числа планируемых или ожидаемых часов полноценной работы.

BASE LOAD - базовая нагрузка: Постоянный спрос на электрическую систему питания.

BATTERY - батарея: Накопитель энергии, который производит электроэнергию с помощью химической реакции. Он состоит из одного или нескольких электрических клеток, каждая из которых имеет химические вещества и детали, необходимые для производства электрического тока.

Bi-Fuel: Система, которая может работать на двух видах топлива, например, на бензине и СПГ.

BIPOLAR PLATES - биполярные пластины: Проводящие пластины в батарее топливных элементов, которые выступают в качестве анода для одной ячейки и катода для соседней. Пластины могут быть изготовлены из металла или проводящего полимера (который может быть и углерод-содержащим композитом). Пластина обычно включает в себя проточные каналы для топлива и окислителя и может также содержать каналы для передачи тепла.

BRITISH THERMAL UNIT (BTU) – британская единица теплоты: Количество тепла, необходимое для повышения температуры 1 фунта (0,454 кг) жидкой воды на 1 ° F (0.56 ° C) при постоянном давлении в одну атмосферу.

BYPASS – байпас: Отдельный проход, который позволяет жидкости, газу или электрическому току принять пути кроме тех, что обычно используется.

CATALYST - катализатор: Химическое вещество, которое увеличивает скорость реакции, в ходе реакции не расходуется, а после реакции оно потенциально может быть восстановлено из реакционной смеси химически неизменным. Катализатор снижает энергию активации реакционных процессов, способствуя протеканию реакции быстрее и при более низкой температуре.

CATALYST COATED MEMBRANE (CCM) - покрытая катализатором мембрана: Термин используется для описания мембраны (в топливных элементах ПЭМ), поверхность которой покрыта слоем катализатора с образованием реакционной зоны электрода. (См. также Мембранно-электродный блок (МЭБ)).

CATALYST LOADING - загрузка катализатора: Количество катализатора, включенного в топливный элемент на единицу площади. Типичная единица - мг/см².

CATHODE - катод: Электрод, на котором происходит восстановление (присоединение электрона).

CATION –катион: Положительно заряженный ион.

cc – Кубический сантиметр.

CHG (Compressed Hydrogen Gas) – CB (сжатый водород).

CNG (Compressed Natural Gas) – СПГ (сжатый природный газ).

COMBUSTION сгорание: Быстрое окисление топлива, сопровождаемое производством тепла или тепла и света.

CRYOGENIC TEMPERATURES – криогенные температуры: Температуры ниже

200 K или -73°C . DEGRADATION RATE – скорость деградации: Скорость, с которой ухудшается производительность ячейки со временем. Скорость деградации может быть использована для измерения как извлекаемых так и постоянных потерь в производительности элемента. Типичная единица измерения - вольт (DC) в единицу времени. DE-IONIZED WATER – деионизованная вода: Вода, из которой удалены ионы с целью сделать ее непроводящей. Также известна как дистиллированная вода. DIFFUSION диффузия: Случайное движение ионов, или химических веществ из зон с высокой концентрацией в зоны с низкой концентрацией в течение долгого времени. DIRECT INTERNAL REFORMING - прямой внутренний реформинг: Производство желаемого продукта (водорода) в топливных элементах из основанного на углеводородах топлива (например, метанол, бензин) для питания топливного элемента или батареи элементов. DIRECT METHANOL FUEL CELL (DMFC) – прямой метанольный топливный элемент: Тип топливного элемента, который использует метанол (CH_3OH) в газообразном или жидком виде. Метанол окисляется непосредственно на аноде, не реформируясь в водород. Электролитом обычно является полимерная электролитная мембрана. DRY GAS – сухой газ: Газ, не содержащий водяного пара. EFFICIENCY – эффективность: Мера (обычно соотношение) полезной энергии, обеспечиваемой динамической системой, по сравнению с полной энергией, поступающей к ней, в течение определенного периода эксплуатации. ELECTRODE электрод: Электрический проводник, через который электрический ток входит или выходит из среды, будь то электролитический раствор, твердое тело, расплавленная масса, газ или вакуум. ELECTROLYTE электролит: Неметаллический электрический проводник, в котором ток переносится движением ионов. EXHAUST HEAT - отходящее тепло: Отходы тепла от механических, химических или электрохимических процессов. EXHAUST HEAT RECOVERY – возврат отходящего тепла: Использование отработанного тепла в качестве источника энергии. EXTERNAL REFORMING - внешний реформинг: Производство водорода из углеводородного топлива (метанол, бензин, природный газ, пропан и т.д.) до входа в топливный элемент или батарею. GAS CLEAN UP – очистка газа: Удаление загрязнений из газовых потоков питания механическим или химическим процессом. GASKET – прокладка: Слой материала, как правило, сделанного из пробки или металла или обоих, помещаемый между двумя обрабатываемыми поверхностями для обеспечения герметичности между ними. GAS TURBINE – газовая турбина: Турбина, вращающаяся расширяющимися газами и производящая электрическую энергию. GASOLINE – бензин: Смесь жидких углеводородов, полученных из сырой нефти, используемая в настоящее время в качестве топлива в большинстве автомобильных двигателей. GASOHOL – бензоспирт: Смесь из 90% бензина и 10% этанола, используемая в качестве автомобильного топлива. GAS UTILIZATION EQUIPMENT – оборудование утилизации газа: Любое устройство, которое использует газ в качестве топлива

или сырья, или обоих. GIBBS FREE ENERGY – свободная энергия Гиббса: Количество энергии, выделяемой в результате химической реакции, доступное для выполнения полезной работы. GRID CONNECTED – присоединенная сеть: Способ подачи питания, который использует независимый источник питания и обычно работает параллельно с системой энергоснабжения. GRID INDEPENDENT – сетенезависимый: Схема подачи мощности, состоящая из независимого источника питания, которая обслуживает выделенную нагрузку и не взаимосвязана с системой энергоснабжения. HEAT EXCHANGER – теплообменник: Сосуд, в котором тепло передается от одной среды в другую. HICE – hydrogen internal combustion engines – водородные двигатели внутреннего сгорания. HYBRID ELECTRIC VEHICLE (HEV) – гибридный электромобиль – транспортное средство, которое приводится в движение системой электропривода и вторым источником энергии, таким как двигатель внутреннего сгорания, называемый альтернативной силовой установкой. HYTHANE – коммерческий продукт газа, который содержит 20% водорода и 80% природного газа. IDLE (IDLE SPEED) – число оборотов двигателя, когда ускоритель полностью освобожден и нет нагрузки на двигатель. IGNITION – зажигание: Действие искры при запуске сжигания сжатой воздушно-топливной смеси в камере сгорания. IMPURITIES – примеси: Нежелательные посторонние материалы в вещества или смеси. INDUCTION MOTOR – асинхронный двигатель: Тип электродвигателя переменного тока, в котором ротор не имеет прямого подключения к внешнему источнику электроэнергии. INTERNAL COMBUSTION ENGINE (ICE) – двигатель внутреннего сгорания (ДВС): Двигатель, в котором топливо горит внутри самого двигателя, а не в отдельном устройстве, например, в котле парового двигателя. IONIC RESISTANCE LOSS (OHMIC POLARIZATION) – ионное сопротивление потерь (активная поляризация): Потери, созданные сопротивлением потоку ионов в электролите и сопротивлением потоку электронов через электроды и материалы биполярной пластины. Поскольку оба электролита и электроды топливных элементов подчиняются закону Ома, омические потери могут быть выражены уравнением $\eta_{\text{Ohm}} = iR$. LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG) – сжиженный природный газ (СПГ) – моторное топливо, состоящее из природного газа в жидком состоянии. Сжиженный природный газ охлаждается до 111 K (-162° C) и при атмосферном давлении переходит в жидкое состояние. LIQUEFIED PETROLEUM GAS (LPG) – сжиженный нефтяной газ (СНГ): Любой материал, который состоит из любого из следующих углеводородов или их смеси: пропан, пропилен, нормальный бутан, изобутилен и бутулен. LOW EMISSION VEHICLE (LEV) – автомобиль со сниженным количеством вредных выбросов. LOWER EXPLOSIVE LIMIT (LEL) – нижний предел взрываемости: Самая низкая концентрация газа, при котором произойдет взрыв при смешивании с воздухом и поджоге. LOWER FLAMMABLE LIMIT (LFL) – нижний предел воспламенения: Самая низкая концентрация газа, когда будет поддерживаться самораспространяющееся

пламя в смеси с воздухом при поджоге. MEMBRANE - мембрана: Тонкий, избирательный барьер, который разделяет две жидкости, но позволяет пройти некоторым частицам или химическим веществам. В топливном элементе мембрана действует как электролит (ионообменник), а также как барьерная пленка, разделяющая газы в анодном и катодном отсеках топливных элементов. MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY (MEA) – мембранно-электронный блок (МЭБ): Структура, состоящая из протонообменной мембраны с поверхностями, покрытыми системами катализатор/углерод/связующее и зажатыми двумя микропористыми проводящими слоями (которые функционируют как газодиффузионные слои и токоприемники). METHANOL (CH_3OH) – метанол: Метиловый спирт, является самым простым из спиртов, используется вместе с некоторыми из высших спиртов как высокооктановый бензиновый компонент и сам по себе является полезным топливом. MILES PER HOUR (mph) – миль в час (миль /ч): Стандартная мера скорости, равная 1.6 км/час. MODIFICATION – модификация: Измененный оригинал. MOLTEN CARBONATE FUEL CELL (MCFC) – расплав-карбонатный топливный элемент: Тип топливных элементов, состоящий из расплавленного электролита карбоната лития (Li_2CO_3) и солей карбоната натрия (Na_2CO_3), в которых карбонат-ионы транспортируется от катода к аноду. Рабочая температура, как правило, около 650 °C. NITROGEN OXIDES (NO_x) – оксиды азота: Любые химические соединения азота и кислорода. Оксиды азота получаются в результате высокой температуры и давления в камерах сгорания автомобильных двигателей и электростанциях в процессе сгорания топлива. В сочетании с углеводородами в присутствии солнечного света оксиды азота образуют смог. Являются основным загрязнителем воздуха. NOBLE METALS – благородные металлы: Металлы (такие как золото, серебро, платина и палладий), которые не окисляются или не вступают в другие химические реакции. Эти металлы способствуют реакции между другими веществами. Платина и палладий используются в качестве катализаторов. OCTANE NUMBER – октановое число: Число, которое используется для указания октанового числа бензина. Октановое число описывает антидетонационные свойства топлива при использовании в двигателе внутреннего сгорания. Стук является вторичной детонацией, что происходит после воспламенения топлива из-за перегрева в некоторых других частях камеры сгорания. Стук имеет место, когда местная температура превышает температуру самовоспламенения. OIL – масло: Жидкая смазка, сделанная из сырой нефти и используется для обеспечения смазки между движущимися частями. В дизельном двигателе масло используется в качестве топлива. OLEFIN – олефин: Ненасыщенный углеводород, содержащий одну или несколько двойных связей. PARALLEL HYBRID – параллельный гибрид: Тип гибридных электрических транспортных средств, в которых альтернативный блок способен производить движущую силу и механически связан с приводом. PHOSPHORIC ACID FUEL CELL (PAFC) – фосфорнокислый топливный элемент: Тип

топливных элементов, в которых электролит состоит из концентрированной фосфорной кислоты (H_3PO_4). Протоны перемещаются от анода к катоду. Диапазон рабочих температур, как правило, 160 - 220 °C. PIPELINE GAS – трубопроводный газ: Газообразное топливо, поставляемое по трубопроводам и где основным компонентом является природный газ (метан), но их меньшие по количеству компоненты (другие газообразные углеводороды, такие как пропан, бутан и т.д., и водяной пар) могут существенно различаться в зависимости от происхождения, времени года и других факторов. POWER DENSITY - плотность мощности: Количество энергии, произведенной за единицу измерения. Для одной ячейки, это, как правило, измеряется в кВт на квадратный сантиметр. PROTON EXCHANGE MEMBRANE (PEM) – протонообменная мембрана (ПОМ): Разделительный слой в ПОМ - топливных элементах, который действует как электролит (протонопроводящий), а также барьерная пленка для отделения богатого водородом анодного отсека ячейки от богатого кислородом катодной стороны. PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL (PEMFC) – топливный элемент с протонообменной мембраной: Тип топливных элементов, в которых диффузия протонов от анода к катоду достигается благодаря твердой, водосодержащей мембране с прикрепленным к кислотным остатком. Эти топливные элементы обычно работают при низких температурах (100 °C) и давлениях (5 атм). REFORMING – реформинг: Термическое или каталитическое превращение углеводородного топлива в более летучие продукты с более высокими значениями теплоты сгорания. RELIABILITY – надежность: Способность объекта выполнять требуемые функции при установленных условиях в течение указанного периода времени. REVERSIBLE FUEL CELL – обратимый топливный элемент: Тип топливных элементов, в которых химические реактивы подвергаются обратимой реакции, такой, что ТЭ может быть заправлен от отдельного источника питания при желании. Например, водородный топливный элемент может быть пополнен путем предоставления питания для электролиза воды с последующим хранением водорода. Также называется регенеративным топливным элементом. SEPARATOR PLATE - разделительная плитка: Цельный кусок из электропроводящего материала (обычно из металла или графита), который вставляется между элементами в батарее. SHUNT – параллельное соединение или параллельная цепь. SOLID OXIDE FUEL CELL (SOFC) – твердооксидный топливный элемент: Тип топливных элементов, в котором электролит - твердый, непористый оксид металла или керамика, обычно из оксида циркония (ZrO_2) с примесью оксида иттрия (Y_2O_3) и O_2 переносится от катода к аноду. Окись углерода (CO) в риформинг-газе окисляется до углекислого газа (CO_2) на аноде. Температура эксплуатации, как правило, 800 - 1000 °C. SMART GRID – умная сеть: Электрическая система доставки электроэнергии, которая использует цифровые технологии для повышения надежности, отказоустойчивости, гибкости и эффективности. Относится к

инженерным системам поставки электроэнергии в 21 веке с использованием компьютерного пульта дистанционного управления и автоматизации. STACKING – штабелирование: Процесс размещения отдельных топливных элементов последовательно для увеличения напряжения и образования батареи топливных элементов. STACK LIFE – жизнь батареи: Совокупный период времени работы батареи топливных элементов, по истечении которого его выходная мощность ухудшается ниже минимального значения полезной. STANDBY - оборудование цепи питания, доступное для подключения в цепь для выполнения функции, когда предпочтительное устройство вышло из строя или находится в нерабочем состоянии. STANDBY POWER резервный источник питания: Независимый резервный источник электрической энергии, что, после сбоя или выхода из строя основного источника питания, позволяет объекту пользователя продолжать работать в удовлетворительном режиме. STATIONARY POWER PLANTS - стационарная электростанция: Источник электроэнергии, которая остается на одном месте. STEAM REFORMING паровой риформинг: Реакция углеводородного топлива, такого как природный газ, в присутствии водяного пара с образованием водорода в качестве продукта. Это обычный предпочтительный метод объемного образования водорода. THERMAL EFFICIENCY тепловая эффективность: Эффективность, с которой источник питания преобразует тепловой потенциал своего топлива в работу или выходную мощность, выраженная как отношение полезной работы, проделанной источником питания в заданном интервале времени, к общей тепловой энергии, содержащейся в топливе, сожженном за тот же временной интервал, причем работа и теплота выражены в одних и тех же единицах. THERMAL MANAGEMENT управление температурным режимом: Направление тепловых потоков, входящих в систему или выходящих из нее. ZERO EMISSION VEHICLE (ZEV) - транспортное средство, которое не производит выбросов в атмосферу во время заправки или работы.