

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Муралев Е.Д.

Әлем энергетикалық төңкерістің алдында, себебі көліктердің энерготасымалдаушысы ретінде сутек отыны пайдаланады да, ол бірден электр энергиясына түрленеді. Қазірдің өзінде машина өндірушілер отынның жаңа түрлерін шығаруды жоспарлауда.

АЭС-да өндірілетін сутегіні зерттеу барысында, Қазақстанда сутегі энергетикасын дамытудың өзіндік жоспарын жасау мүмкіндігі бар.

World is near to Technological breakdown in Power engineering, when Hydrogen, converting directly to electricity will replace the all the existing transport fuel. Nowadays the most famous automanufacturers already begin to produce new generation of vehicles. It is not yet too late for Kazakhstan to develop Hydrogen Power National Program directed to research of hydrogen production technology at NPP.

Значительный рост мирового энергопотребления в XXI веке неизбежен, особенно в развивающихся странах. Глобальное потребление энергии, по всей видимости, удвоится к середине века, даже если исходить из очень низких темпов роста. Этот рост зависит от развития мировой экономики, роста населения и стремления к более равномерному распределению потребления энергии по регионам мира. По данным прогнозов [1] потребность в энергии в ближайшие 50 лет возрастет в 2-4 раза.

Неизбежность технологического прорыва в энергетике определяется:

Демографическими факторами - По среднему варианту демографического прогноза ООН, население мира в 2050 году составит 8919 млн человек — на 47% больше, чем в 2000 -ном; при этом в менее развитых регионах население вырастет на 58%, в том числе в наименее развитых - на 160%. При среднем по миру среднедушевом энергопотреблении в 2001 году 1686 кг нефтяного эквивалента в странах с высокими доходами этот показатель составляет 5423 кг, в странах с низкими доходами (где проживает более 40% населения Земли) - 518 кг, то есть вдесятеро меньше. Прогнозируется, что в перспективе потребление энергии в странах с низкими доходами будет расти опережающими темпами, что усилит нагрузку на энергосектор.

Природно-экологическими факторами - ресурсы ископаемого топлива, которые ныне удовлетворяют до 85% мировой потребности в энергоресурсах, не возобновляются, богатые и доступные месторождения быстро исчерпываются. К тому же растущие выбросы парниковых газов в атмосферу оказывают необратимое воздействие на климат планеты. Главное направление глобальной энергетической стратегии на долгосрочную перспективу вырисовывается довольно отчетливо: все более широкая замена ископаемого топлива альтернативными, возобновляемыми, экологически безопасными источниками энергии, к которым принадлежит и водородная энергия, отходом использования которой является обыкновенная вода. К этому будет подталкивать и реализация Киотского протокола.

Скорейшего осуществления этой глобальной стратегии требуют **экономические факторы**. Добыча и переработка ископаемого топлива обходится все дороже, на содержание энергосектора затрачивается растущая доля труда и инвестиций. В 1970 году средняя мировая цена барреля нефти составляла 2,11 доллара. В 1980 году она поднялась до 35,48 доллара. И хотя к 1997 году она опустилась до 11-12 долларов, однако в дальнейшем возобладала тенденция удорожания нефти, и в 2004 году она пробила потолок в 50 долларов. И вот в марте 2008 года новый рекорд - 111,80 долларов США за баррель. Очевидно, что возврат к прежним низким ценам весьма маловероятен.

Освоению водородной энергетики благоприятствуют и **научно-технические факторы**. В последний четверти XX века появились изобретения и технологии, которые позволяют получать в необходимых масштабах водородное топливо и использовать топливные элементы. Хотя пока водородная энергия обходится дороже традиционных источников. Но прогнозы показывают, что в перспективе она будет стремительно дешеветь на фоне удорожания ископаемого топлива. Водородная энергетика является базисным направлением шестого технологического уклада, время преобладания которого в авангардных странах и на мировом рынке 20-50-е годы XXI века.

Не стоит сбрасывать со счетов и **геополитические факторы**. Подавляющая часть запасов нефти и газа принадлежит трем цивилизациям - мусульманской, евразийской и латиноамериканской. От устойчивости поставок из них зависит экономика иных цивилизаций, в том числе развитых, а также китайской и индийской. Источники и пути поставок энергоресурсов подвергаются атакам международных террористов.

В случае освоения водородной энергии резко ослабнет зависимость развитых стран от импорта нефти и газа (в 2001 году доля импорта во внутреннем потреблении энергии по странам с высоким доходом составила 26%, а в зоне евро - 63%, в число лидеров мирового энергосектора выйдут высокотехнологичные страны, осуществившие крупномасштабные водородные программы).

1. Водородное топливо, как заменитель продуктов нефтепереработки

Никто не отрицает, что в ближайшие десятилетия углеводородное топливо будет продолжать служить главным источником энергии, однако освоенные его месторождения исчерпываются, а введение в оборот новых требует все больших инвестиционных затрат. Следствием этого должны стать постепенные изменения в инфраструктуре производства энергии, обусловленные как экономическими (повышение цен и их изменчивость), так и природоохранными факторами, а также дальнейшим развитием технологий новых видов топлива.

В последнее время большое внимание в международных дискуссиях уделялось экологическим последствиям использования ископаемого топлива. Введение глобальных ограничений на выбросы парниковых газов и региональные ограничения на другие загрязнители атмосферы серьезно повлияют на структуру эволюционирующей мировой энергетики и потребуют значительных дополнительных инвестиций для сдерживания роста выбросов.

Одним из реальных путей решения этих проблем является развитие ядерной энергетики. Чтобы в глобальном масштабе существенно повлиять на

производство энергии, обеспечить энергетическую безопасность и ослабление парникового эффекта, производство ядерной энергии должно быть увеличено к середине века в 4-5 раз от ныне достигнутого. Наличие ядерных мощностей такого масштаба поднимает очень важные вопросы ресурсной обеспеченности дешевым топливом, обращения с отходами и распространения ядерного оружия. Очевидно, что при дальнейшем развитии ядерной энергетики необходимо обеспечить также экономическую приемлемость и соблюдение критериев технической безопасности. Крупномасштабное развитие ядерной энергетики предполагает ее использование в большем числе стран, чем в настоящее время. Это, учитывая связанные с ядерной энергетикой проблемы безопасности и нераспространения, ставит дополнительные задачи в ее развитии.

На ближайшие пятьдесят-шестьдесят лет ядерная энергетика должна стать основой энергетической политики мирового сообщества, пока ее не заменит термоядерный синтез. Но на сегодняшний день очень большой вклад в загрязнение окружающей среды и создание «парникового» эффекта вносит огромный парк транспортных средств, топливом которых являются продукты нефтепереработки - бензин, дизельное топливо, керосин. Они отравляют воздух вокруг нас, выбрасывая ежеминутно в атмосферу тысячи тонн углекислого газа, соединений серы, свинца и других вредных веществ. Как быть с ними? И вот здесь решить проблему и поможет водородное топливо. Его основные достоинства - высокое удельное теплосодержание - намного выше природного газа и продуктов нефтепереработки, а также абсолютная экологическая чистота. Продуктом сгорания водорода является вода - химически чистая, совершенно безвредная для природы. Водород прежде всего - энергоноситель, способный эффективно аккумулировать в себе энергию, полученную от других энергоисточников.

Вообще говоря, водородные энергоустановки – это давно уже не фантастика, а готовый технологический проект, воплощенный к тому же в большое число работающих моделей. Интересно, что пионерами здесь были советские ученые, которые еще в начале 1980-ых годов разработали действующую модель автомобиля с водородным двигателем. Спустя несколько лет финансирование этого проекта было заморожено: началась перестройка. На водородном топливе работала и легендарная ракета-носитель «Энергия».

В прошлом году во Франции произошло событие, которое, пожалуй, может вызвать в ближайшие 10-15 лет ни более ни менее как революцию в автостроении. Президент PSA Peugeot Citroën Жан-Мартин Фольц и исполнительный директор исследовательской организации СЕА Ален Бюга представили публике плод почти двухлетних усилий: первый в мире компактный водородный топливный элемент, который при весе 5 кг позволит машине ехать на одной заправке 500 км.

Фактически изобретатели создали химический электрогенератор большой мощности. Новый мотор разрабатывался в рамках государственной программы GENEPAC (GENérateur Electrique à Pile A Combustible – «генератор электричества топливный, модульный»), поэтому вполне естественно, что презентация инновации состоялась в Париже в присутствии министра образования и науки Франции Жилия де Робьена.

Любопытно, что как зарубежные, так и отечественные СМИ поначалу пропустили это важное событие – сообщения о презентации появились в нефранцузских источниках с задержкой от трех дней до недели. И это не удивительно: химические источники тока такого типа известны достаточно давно. Топливные элементы на практике применили американцы в рамках своей лунной программы, а на долговременной орбитальной станции NASA Skylab (1973-1979 годы) они были едва ли не основными источниками энергии.

Однако характеристики нового изделия французских ученых являются поистине выдающимися. При заправке 54 л сжатого водорода (вес сжиженного газа составляет при этом всего 5 кг) топливный элемент (ТЭ) выдает мощность в 80 кВт. Это, по мнению конструкторов Peugeot, позволит создать полноценный электромобиль с запасом хода на одной заправке более 500 км.

На сегодняшний день водородные двигатели и электрогенераторы уже готовы к запуску в массовое производство. Практически все нефтяные и энергетические транснациональные корпорации имеют многомиллионные водородные программы. Все мировые автомобильные гиганты имеют по несколько опытных образцов. General Motors, Ford, BMW, Toyota, DaimlerChrysler – все эти компании начали или начнут с 2009 года серийное производство своих моделей на топливных элементах (см.табл.1).

В 2006 году было запущено в эксплуатацию около 100 новых автомобилей, автобусов, мотоциклов и т. д. на топливных элементах. К концу 2007 году в мире эксплуатировалось около 900 транспортных средств.

Разработчики смогли снизить стоимость автомобильных водородных топливных элементов с \$275 за кВт. мощности в 2002 году до \$90 за кВт. в 2007. Департамент Энергетики США (DoE) планирует снизить стоимость до \$30 за кВт. мощности к 2020 году.

Корпорация Boeing прогнозирует, что водородные топливные элементы постепенно заменят в авиации вспомогательные энергетические установки. Они смогут генерировать электроэнергию, когда самолет находится на земле, и быть источниками бесперебойного питания в воздухе. Топливные элементы будут постепенно устанавливаться на новое поколение Боингов 7E7, начиная с 2008 года

Железно-Дорожный исследовательский технологический институт (Япония) планирует запустить поезд на водородных топливных элементах в эксплуатацию к 2010 году. Поезд сможет развивать скорость 120 км/ч., и проезжать 300-400 км. без заправки. Прототип был испытан в феврале 2005 года.

В США с 2003 года разрабатывается локомотив массой 109 тонн с водородным топливным элементом мощностью 1 МВт.

Новая концепция по топливу для транспортных средств потребует гигантских инвестиций для создания инфраструктуры, сопоставимой с нефтяной, а также наличие относительно дешевой нефти. По сути, для того чтобы начался процесс перехода к водороду, нужен был лишь какой-то внешний толчок. Взлет цен на нефть, похоже, и стал таким толчком. Говорить о дороговизне альтернативных источников энергии или огромных инвестициях в водородную инфраструктуру можно при цене в 20 долларов за баррель. Когда цена переваливает за 100, эти аргументы уже не работают. «Если нынешние

тенденции сохранятся, миру необходимо будет инвестировать 16 трлн. долларов в течение ближайших трех десятилетий, чтобы обеспечить поддержание роста энергопотребления», – уверен исполнительный директор парижского бюро IEA (Международного энергетического агентства) Клод Мандила.

В свете нынешнего кризиса можно почти не сомневаться, что деньги эти будут потрачены на создание водородной инфраструктуры и развитие других альтернативных источников энергии. Поэтому расчет того, на сколько миру хватит нефти, может оказаться бессмысленным занятием.

Планы компаний- автопроизводителей по выпуску автомобилей с водородными двигателями

Таблица 1

Компания	Страна	год	количество автомобилей	планы
DaimlerChrysler	Германия-США	2012-2015	10000	начальное проникновение
DaimlerChrysler	Германия-США	2010	-	начало производства Mercedes B-class
Ford	США	2015	-	коммерческая готовность
GM	США	2010-2015	-	коммерческая готовность
GM	США	2025	-	массовый рынок
Honda	Япония	2008	-	начало продаж в Калифорнии автомобиля Honda FCX
Honda	Япония	2010	12000 (в США)	начало производства
Honda	Япония	2020	50000 (в США)	производство
Hyundai Motor	Корея	2010	-	дорожные тесты в 2009
Toyota	Япония	2015	-	снижение цены до \$50000
Fiat	Италия	2020-2025	-	полная коммерциализация
SAIC	Китай	2010	1000	коммерческая готовность

2. Национальные программы по развитию водородной энергетики

Сейчас, в начале 21-го века многие развитые страны уделяют большое внимание будущему водородной энергетике. Все крупные страны на сегодняшний день имеют многомиллионные водородные проекты, включая Европейскую, Американскую, Японскую и Российскую программы.

Основной целью водородной программы Министерства энергетики США (DOE) является изучение, разработка и обоснование применения технологий производства водорода и водородных топливных элементов (ТЭ). Суммарный бюджет DOE на работы в области водородной энергетике планировался в 2005 году на уровне 228 млн долларов.

Япония поддерживает работы в области водородной энергетике с начала 80-х годов. В 1993 году она провозгласила свою крупную национальную программу в области водородной энергетике Правительство Японии почти удвоило в 2003 году свои расходы на НИОКР в области разработки топливных элементов, увеличив их до 268 млн долларов по сравнению со 184 млн в 2002

году. Из них 256 млн долларов распределялось по линии Министерства экономики, торговли и промышленности (METI).

В 2003 году в Токио и Иокогаме открылись пять заправочных станций, использующих различные способы получения водорода. В 2004 году открыты еще три подобные станции. Среди участников проекта - крупнейшие японские и иностранные автомобильные производители «Тойота», «Хонда», «Ниссан», «Дженерал моторс» и «Даймлер Крайслер», «Митсубиши мотор» и «Судзуки».

В **Канаде** правительство поддерживает национальные компании и университеты, ведущие исследования в области водородной энергетики и топливных элементов, с 1978 года. За прошедшее время на эти цели было выделено свыше 200 млн долларов. В 2003 году было принято решение выделять ежегодно в течение пяти следующих лет по 70 млн долларов.

В **Европе** действуют две ассоциации в области водородной и топливной энергетики - Европейская группа по топливным элементам (EFCG) и Европейская водородная ассоциация (ЕНА), основанная в 2000 году, объединяющие существующие национальные ассоциации, в частности AFH2 (Франция), DWV (Германия), Norsk Hydrogen Forum (Норвегия), H2 forum (Швеция). В ее состав также входят представители государств, где национальные водородные ассоциации только создаются (Нидерланды, Испания, Греция). В Европе имеются ассоциации, не входящие в ЕНА, например FII (Италия), Hydropole (Швейцария).

Австрия является одним из пионеров разработок топливных элементов в Европе. Еще в 70-е годы XX века в стране был разработан автомобиль, оснащенный щелочными топливными элементами.

Финляндия - работы в области водородной энергетики ведутся в Техническом университете (г. Хельсинки) - отделение технической физики и лаборатория химии полимеров); из промышленных компаний можно назвать VTT Manufacturing Technology.

Франция. В середине 90-х годов XX века Франция приступила к реализации серьезной разносторонней программы по возобновляемым источникам энергии и новым энергетическим технологиям, включая водородную энергетику и топливные элементы.

Германия разворачивает наиболее активную среди государств Европы деятельность в области водородной энергетики и ТЭ. В апреле 2002 года правительством земли Гессен совместно с несколькими университетами и промышленными фирмами была учреждена организация «Инициатива в области водородной энергетики и топливных элементов». Подобного рода инициативы реализуются также администрациями земель Баден-Вюртемберг, Северный Рейн-Вестфалия, города Гамбурга и других территорий. Исследовательские работы по водородной энергетике начаты во Фраунгоферовском научном центре, Центре имени Макса Планка.

Среди промышленных компаний в этой области наиболее активна фирма DaimlerChrysler, создавшая ряд демонстрационных образцов автомобилей Nascar 1, 2, 3, 4, 5 и автобусов Nebus на ТЭ. Разработками топливных элементов для транспортных средств и стационарной энергетики занимаются компании Opel, Ford Germany, Siemens-Westinghouse, HEW/HGW, MTU, VaillanVPlug Power, Proton Motor, BMW, Linde Gas, Messer, RWE, Ballard Power Systems AG и др. В

стране создана Германская водородная ассоциация (DWV/GHA). В рамках Ганноверской промышленной ярмарки была организована имевшая беспрецедентный успех специальная тематическая выставка по водородной энергетике и ТЭ с участием около 100 фирм и организаций.

Исландия - первая в мире страна, решившая отказаться от использования ископаемых энергоносителей и перейти на водородную энергетику, причем как на суше, так и на море. Здесь планируется оснастить топливными элементами 12 000 судов. Поставлена цель - «Нулевое загрязнение воздуха к 2030 году».

Италия - одна из наиболее активных участниц исследований по водородной энергетике и топливным элементам, прежде всего по топливным элементам с твердым полимерным электролитом, расплавно-карбонатным и твердоокисным. Эти работы выполняются при поддержке Министерства образования и Министерства окружающей среды. Ведущая роль принадлежит Национальному исследовательскому совету (CNR), компании ENEA, университетам Пизы, Кассино и Турина.

Национальным планом исследований предусмотрено существенное увеличение субсидий: в течение трех лет предполагается предоставить 45 млн евро на исследования по водороду и 18 млн евро на исследования по ТЭ. В работах по водородной энергетике активно участвуют такие итальянские промышленные фирмы, как Ansaldo Fuel Cells, Nuvera, Fiat, Iveco, Sapio, Sol, Aprilia. Трудозатраты промышленных компаний на эти работы оцениваются приблизительно в 100 чел-лет или 15 млн евро в год.

Нидерланды. Страна не имеет собственной водородной программы, но принимает участие в долгосрочной программе по сокращению эмиссий CO в рамках проекта NECST (New Energy Conversion Systems and Technologies), реализуемого Нидерландским агентством по энергетике и окружающей среде (Novem).

Норвегия. Специфика энергетической ситуации в этой стране заключается в том, что почти 100% электроэнергии в Норвегии вырабатывается на ГЭС. Тем не менее дерегулирование энергетического рынка и стремление к уменьшению эмиссии CO₂ способствовали тому, что и здесь были начаты исследования и выполнены некоторые демонстрационные проекты, относящиеся к получению и хранению водорода и созданию топливных элементов (прежде всего для автобусов и морских судов).

Тайвань ведет работы в области водородной энергетике с 1989 года. В 2002-м для адаптации новых технологий правительство и промышленность учредили совместное Партнерство в области топливных элементов (Fuel Cells Partnership).

Республика Корея осуществляет Программу высокоэффективного производства водорода (High efficient Hydrogen Production Program). В июне 2003 года был открыт Центр НИОКР XXI века в области водородной энергетике (21st Frontier Hydrogen R&D Centre). Правительство разрабатывает национальный план и стратегии по дальнейшему развитию технологий водородной энергетике и топливных элементов.

Таиланд финансирует НИОКР в области топливных элементов с 1999 года. Правительство Малайзии учредило Национальный институт топливных элементов при Университете Kebangsaan.

3. Атомно-водородная энергетика.

Изучение путей экологически чистого обеспечения развивающегося общества энергией показывает, что кардинальное решение этой глобальной проблемы необходимо связывать с разработкой и осуществлением концепции атомно-водородной энергетике, предусматривающей крупномасштабное производство с помощью реакторов не только электроэнергии и тепла, но и водорода. При производстве и использовании водорода практически отсутствуют вредные выбросы в атмосферу.

Атомно-водородная концепция предусматривает расширение использования ядерной энергетике для энергоемких отраслей химической, металлургической, строительной, топливной промышленности, а также в централизованном теплоснабжении распределенных потребителей с использованием хемотермической передачи энергии. И, наконец, атомно-водородная концепция предполагает крупномасштабное производство пресной воды. Такая энергетика сохранит нефть и газ для неэнергетических производств и обезопасит атмосферу от вредных выбросов продуктов сгорания.

Любая технология производства энергии имеет ряд характеристик, которые определяют область использования данной технологии исходя из технической сложности ее реализации и экономической выгоды. Например, свойства двигателей внутреннего сгорания (малый размер, высокий выход энергии на единицу топлива и т.д.) подходят для их использования в автомобилях. Однако, высокая цена жидкого топлива делает такие двигатели непригодными для промышленной выработки электроэнергии.

АЭС характеризуются высокими затратами на строительство и низкими эксплуатационными затратами. Экономически выгодно использовать такую станцию в непрерывном режиме с полной выходной мощностью. Характеристики водорода, как энергоносителя, позволяют отделять процесс его производства от потребления. Например, можно транспортировать водород по трубопроводу и хранить в подземных пустотах, как природный газ[3]. Этот дешевый способ хранения, в отличие от выработки электричества, позволяет АЭС вырабатывать водород на полной мощности не прерывая и не снижая производства. Крупная линия электропередачи может транспортировать около 2ГВт энергии, а крупные газопроводы могут транспортировать водород эквивалентный 20 ГВт энергии.

4. Перспективы Казахстана в водородной энергетике

Казахстан на сегодняшний день является бурно развивающейся страной, поставившей перед собой задачу войти в пятьдесят наиболее развитых экономик мира. Намечены программы по развитию науки, образования, промышленности. Создаются технопарки, инвестиционные фонды, большое внимание уделяется «прорывным» проектам, способным поднять развитие производительных сил Казахстана на новый уровень развития. В то же время вопрос развития водородной энергетике вниманием обойден. В стране не существует на сегодняшний день государственных программ по развитию водородной промышленности и энергетике, нет специализированных лабораторий или институтов, работающих в этом направлении. И хотя в ближайшие 10 лет водородная энергетика еще не станет определять научно-

промышленное развитие страны, однако необходимо рассматривать и долгосрочные перспективы.

Особенно интересно было бы рассматривать вопросы развития водородной энергетики совместно с атомной. Сейчас в правительстве разрабатывается программа развития атомной энергетики Республики Казахстан. В перспективе атомно-промышленный комплекс Казахстана должен представлять полный цикл от разработки урановых месторождений, производства топливных элементов до проектирования, изготовления и эксплуатации атомных станций, переработки отработанного топлива и захоронения радиоактивных отходов. Для этого сделано и делается многое – созданы совместные предприятия с Россией, Францией, Японией, США и др., Намечено строительство трех атомных станций с реакторами нового поколения, создано предприятие, которое будет разрабатывать, и строить атомные станции.

В связи с явными перспективами производства водорода на базе ядерных реакторов стоит отметить, что разработку таких производств и соединение их с реактором необходимо проводить еще на стадии разработки чертежей АЭС.

НАК «Казатомпром» в ближайшие годы собирается строить АЭС в Актау с реактором ВБЭР-300 поколения три-плюс, который будет являться головным образцом для последующего тиражирования внутри страны и за рубежом. Эти реакторы будут служить 50-60 лет и период их интенсивной эксплуатации придется как раз на период развития мировой водородной энергетики. Необходимо еще на стадии эскизного проектирования заложить в проект АЭС опытно-экспериментальный цех получения водорода. Закладывать основы водородной энергетики страны необходимо уже сейчас, пока выдается такая замечательная возможность.

Литература:

1. А.Гагаринский, В.Игнатъев, Н.Пономарев-Степной, С.Субботин, В.Цибульский. Атомная энергетика в структуре мирового энергетического производства в XXI веке// Энергия, 2006, №1, с. 2-10.
2. Transport and the Hydrogen Economy// UIC Nuclear Issues Briefing paper #73, 2005.
3. C.W.Forsberg. Production of hydrogen using nuclear energy// International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, №2(10), 2004.
4. Г.Нечаев. Водородное топливо для авто// <http://www.vz.ru/society/2006/2/23/20625.html>, 2006.
5. Б.Н. Кузык, В.И. Кушлин, Ю.В. Яковец. На пути к водородной энергетике.// Изд. «Институт экономических стратегий», Москва, 2005.