

Модель паросиловой установки на водородном топливе

Глуздов Алексей Дмитриевич
11 класс, МАОУ «Лицей № 38»
Научный руководитель А.Ю. Еделев,
учитель физики МАОУ «Лицей № 38»

Интенсивное использование углеводородного топлива приводит к экологическим катастрофам мирового масштаба, а также, сокращению углеводородных ресурсов, как таковых. Потребность в альтернативных видах топлива с каждым годом все возрастает, однако имеющиеся виды альтернативного топлива не могут качественно решить проблему энергетического оснащения. Данная работа посвящена разработке и созданию действующей модели теплоэлектростанции на водородном топливе, исследованию её характеристик. Неоспоримым достоинством этого топлива являются относительная экологическая безопасность его использования, приемлемость для тепловых двигателей без существенного изменения их конструкции, высокая калорийность, возможность длительного хранения, транспортировки по существующей транспортной сети и т.д.

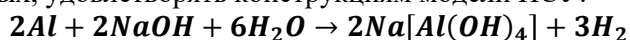
Водородная энергетика основывается на использовании водорода как средства производства энергии.

Успехи в развитии ряда водородных технологий. в первую очередь, таких как: топливные элементы, системы хранения и получения водорода продемонстрировали, что использование водорода приводит к качественно новым показателям в работе установок и систем, а выполненные технико-экономические исследования показали, что, хотя водород является вторичным энергоносителем, его применение во многих случаях экономически оправдано и эффективно.

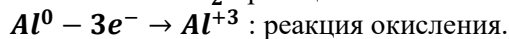
Водород, самый простой и легкий элемент из всех химических элементов, теоретически его можно считать идеальным топливом. Он имеется всюду. Суммарная масса водорода составляет 1% общей массы Земли, а число атомов - 16%. Особенно важен здесь тот фактор, что при сгорании, водород превращается в воду и полностью возвращается в круговорот природы. Весовая теплотворная способность водорода (28630 ккал/кг) в 2.8 раза выше по сравнению с бензином. Энергия воспламенения в 15 раз меньше, чем для углеводородного топлива. Максимальная скорость распространения фронта пламени в 8 раз больше по сравнению с углеводородами. Излучение пламени в 10 раз меньше по сравнению с пламенем углеводородов. КПД водорода достигает 90%, а степень вредного воздействия на природу значительно снижается.

Основные проблемы водородной энергетики заключаются в том, что получение вещества сопряжено с необходимостью траты иных энергоносителей (нефть, электричество, газ), а также высокой угрозой образования «гремучих газов». Специалисты стремятся найти возможности устранения этих проблемных аспектов.

Предлагается способ получения водорода, во-первых, в относительно больших объемах. А во-вторых, удовлетворять конструкция модели ПСУ.



Данная реакция является окислительно-восстановительной:



Расчеты по реакции получения водорода

$$m(Al) = 54\text{г}$$

$$m(H_2O) = 108\text{г}$$

$$m(Na[Al(OH)_4]) = 236\text{г}$$

$$V(H_2)_{\text{теор.}} = 67,2\text{л}$$

$$\Delta H = 2\Delta H_{298}^0(H_2) + 2\Delta H_{298}^0(Na[Al(OH)_4]) - 2\Delta H_{298}^0(Al) + 2\Delta H_{298}^0(NaOH) + 2\Delta H_{298}^0(H_2O)$$

Выход тепла

$$Q = -\Delta H$$

$$Q = -\Delta H = 3067,6\text{кДж}$$

Полученный результат показывает, что реакция является эффективной.

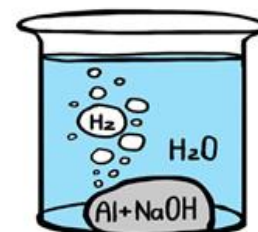


Рис.1 Получение водорода

В результате реакции образуются алюминаты, то есть комплексные соединения, которые активно можно использовать в бумажной и текстильной промышленности.

В качестве генератора водорода используется стальной баллон от огнетушителя с регулирующим клапаном, контролирующим поступление водорода из баллона, выдерживающий большие температуры, в котором находится манометр для измерения давления в процессе реакции. Баллон генератора находится в ёмкости с водой, отводящей от него тепло, выделяемое в процессе реакции, для получения дополнительного тепла в ходе работы установки. В воде установлен датчик термометра для измерения температуры.

Таким образом, добившись получения водорода, была предложена принципиальная схема ПСУ (Рис.2) на основании которой создавалась действующая модель (Рис.3).

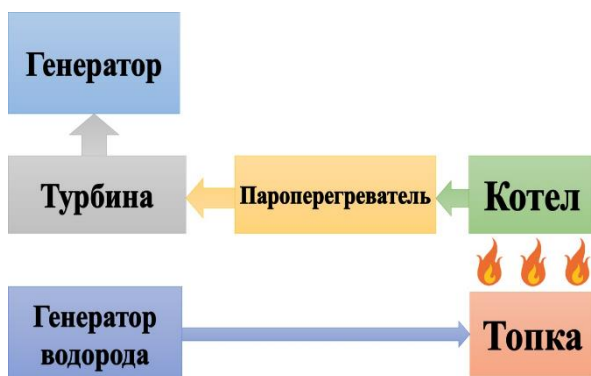


Рис.2 Принципиальная схема ПСУ



Рис.3 Действующая модель ПСУ

Полученный водород проходит предохранительный клапан из широкой медной трубы и плотной стальной губки для защиты от попадания огня из горелок в реактор, водяной затвор, состоящий из большой закрытой герметичной ёмкости из толстого пластика, используемого во избежание деформации от высокой температуры, наполовину заполненной водой, в которую через одну трубку водород попадает, пропускается через воду и очищается от ненужных продуктов реакции, а через вторую проходит дальше по установке, также водяной затвор осуществляет дополнительную защиту от воспламенения водорода в баллоне, после чего водород попадает во второй водяной затвор (Рис.4), и, пройдя, второй предохранительный клапан и манометр, показывающий давление водорода, он попадает к горелкам, где сжигается.



Рис.4 Система фильтрации полученного водорода

Парогенератор (Рис.5) состоит из медного цилиндра, изолированного нержавеющей сталью во избежание потери тепла при нагревании, к которому подсоединены две медные трубки – для подачи воды и отвода пара. Трубка для подачи воды герметично закрывается во избежание утечки пара. Под ним находится горелка, представляющая собой змеевик из медной трубы с шестью форсунками для выхода водорода. Подача водорода в эту горелку регулируется дополнительным клапаном. Испарившаяся вода проходит в пароперегреватель, состоящий из медной спирали, прикрытой дополнительно нержавеющей сталью для изоляции. Под ней находится вторая горелка, состоящая из медной спирали с девятью форсунками для поступления водорода. Температуру и давление перегретого пара измеряют установленные между пароперегревателем и турбиной термометр и манометр.



Рис.5 Пароперегреватель и парогенератор



Рис.5 Турбина и аксиальный генератор

Достигнув давления ~ 5 атм. перегретый пар поступает одноступенчатую 20-ти лопастную осевую турбину из нержавеющей стали с углом поворота лопастей в 45 градусов и с углом атаки форсунки пара к крыльчатке в 90 градусов. После прохождения через турбину отработанный пар попадает в конденсатор из конуса из гофрированной алюминиевой фольги с ёмкостью для конденсата и выходным отверстием.

Вращение с турбины передается на аксиальный генератор, состоящий из 12 магнитов и 12 овальных катушек из медного провода.

Работа ПСУ описывается усеченным циклом Ренкина (Рис.6), в силу отсутствия питательного насоса, одной из основных составляющих этого цикла.

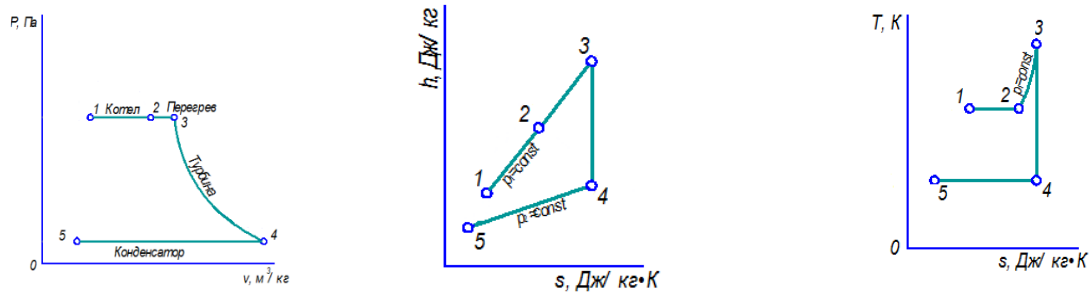


Рис.6 Цикл Ренкина

Исходя из экспериментальных данных, полученных при работе установки, были определены параметры характерных точек цикла Ренкина (Таблица 1)

Таблица 1 Параметры характерных точек

Обозначени e	Единицы	Точки цикла					
		5	5	5	1	1	
<i>P</i>	бар	5	5	5	1	1	
<i>t</i>	°C	100	100	200	45	45	
<i>v</i>	м ³ /кг	0,00106	0,3748	0.42	15	0.001	
<i>h</i>	кДж/кг	546,5	2748,5	285	225	417,5	
<i>s</i>	кДж/кг	1.6341	6,8215	7.05	6.8	0,636	

и рассчитаны:

Удельная теплота, затраченная на образование 1 кг пара в турбине:

$$q_1 = h_1 - h_2 = 2855 - 2258 = 597 \text{ кДж/кг}$$

Удельный отвод теплоты в конденсаторе:

$$q_2 = h_2 - h_3 = 2258 - 417,51 = 1840,49 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Удельная полезная работа, совершаемая паром в турбине, в адиабатном процессе расширения:

$$I_T = H_p = h_1 - h_2 = 2855 - 2258 = 597 \text{ кДж/кг}$$

Работа, совершаемая паром в турбине:

$$I_{\text{ц}} = I_T = 597 \text{ кДж/кг}$$

Скорость пара на выходе из форсунки

$$w = 44.7 * \sqrt{h_1 - h_{\text{кр}}} = 44.7 * \sqrt{2855 - 2722,3} = 514.98 \text{ м/с}$$

Так как цикл установки является незамкнутым, то невозможно рассчитать её КПД.

В результате проделанной проектной деятельности была реализованная модель ПСУ на водородном топливе, полученном на основе реакции каустической соды и алюминия. Данная установка показала стабильную работоспособность. По произведенным расчетам, мы можем наблюдать малую мощность установки. Это связано со способом ее создания. Тем не менее, были предложены пути развития данной установки, начиная от замыкания цикла Ренкина, и заканчивая оснащением дополнительными трубопроводами и автоматизацией.

Литература

1. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: Учебник для теплоэнерг. спец. вузов. — М.-Л.: Энергия, 1967. — 400 с.
2. Теплотехника. Учебник для вузов. Баскаков А.П. (ред.), Берг Б.В., Витт О.К., Кузнецов Ю.В., Филлиповский Н.Ф., 1982 г.