

мещения происходит за счёт естественного теплообмена при пропускании нагретой воды через радиаторы (батареи) и за счёт подачи нагретого воздуха через системы воздуховодов, предназначенные для равномерного распределения воздуха по объёму помещения (или его рабочей зоны). Принципиальная схема комбинированной отопительной системы представлена на рисунке.

### **Заключение**

На основании проведенных расчетов сделано обоснование применения комбинированного теплообменника для отопления пункта технического обслуживания, который имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционной водяной системой отопления за счет экономии материально-энергетических средств и улучшения микроклимата.

### **Список использованной литературы**

1. Доброго К.В., Жданок С.А. // Физика фильтрационного горения газов. Мн.: Ин-т тепло – и массообмена им А.В. Лыкова НАНБ, 2002. – 203 с.
2. Журавский Г.И., Мартынов О.Г., Ноготов Е.Ф., Бабенко В.А., Чорный А.Д., Лушиков В.В., Романовский А.В. Тепло- и массообмен в химико-технологических устройствах с высокопристыми ячеистыми материалами. Тез. Докл. и сообщ. / 5Минский международный форум по тепло- и массообмену, 24–28 мая 2004 г., т. 2. С. 424. Минск, Ин-т тепло- и массообмена им А.В. Лыкова НАН Беларуси, 2004 г.

УДК 620.93

## **ВОДОРОДНОЕ ТОПЛИВО КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ**

**А.М. Карпович, старший преподаватель,**

**И.А. Цубанова, старший преподаватель**

*БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

*Аннотация.* Рассмотрен перспективный источник энергии – водородное топливо. Водородная энергетика считается одной из наиболее вероятных замен углеродному топливу. Вместе с тем, внедрение водородной энергетики имеет некоторое количество неразрешимых препятствий.

*Abstract.* A promising energy source – hydrogen fuel-is considered. Hydrogen energy is considered one of the most likely replacements for carbon fuel. However, the introduction of hydrogen energy has a number of unsolvable obstacles.

*Ключевые слова:* водород, водородное топливо, механизм Зельдовича, углеводороды.

*Keywords:* hydrogen, hydrogen fuel, Zeldovich mechanism, hydrocarbons.

### **Введение**

Одной из важнейших проблем человечества является поиск новых источников энергии, заменяющих углеводородное топливо. Более 85% всех источников энергии приходится на ископаемое топливо. Одним из альтернативных источников энергии является водородное топливо.

## Основная часть

Современная энергетика в своей основе имеет использование различных видов углеводородного сырья. 78% всех парниковых газов выбрасывается при сгорании углеводородного топлива. [1]

Совокупность этих причин приводит к тому, что ведется поиск и внедрение возобновляемых альтернативных источников энергии. Сам термин «водородная энергетика» очень популярен в современном обществе. Основными причинами этого является то, что водорода как источника энергии имеет преимущества.

Водород – наиболее чистый и наиболее энергетически емкий вид топлива. Удельная теплота сгорания водорода составляет от 120 до 140 МДж/кг, что превышает удельную теплоту сгорания углеводородных видов топлива. [2]

Процесс сгорания водорода с кислородом приводит к образованию воды, что позволяет отнести к чистым видам топлива.

Главным ограничением использования водорода является то, что выработка водорода в промышленности идет на обеспечение работы технологических процессов в нефтехимии и нефтепереработке. Производства водорода сопряжено с большими потерями энергии, так как водород использует уже имеющуюся энергию. В случае использования традиционных видов топлива, водородное топливо становится их дополнением, но не отдельным видом энергии. Водородное топливо представляет лишь способ наиболее эффективного применения уже имеющейся энергии.

Процесс сгорания водорода с кислородом приводит к образованию воды. Вместе с тем, атмосферный воздух представлен различными химическими соединениями. Для наиболее распространенного соединения в атмосферном воздухе – оксида азота, наблюдается формирование такого процесса как механизм Зельдовича, который заключается в том, что при температурах выше 1800 К осуществляется значительный выброс оксидов азота. Так как температура пламени горения водорода составляет 2400–2500 К, то имеется необходимость очистки выбросов. [3]

Высокие энергетические свойства водородного топлива в совокупности с высокой температурой горения требуют определенных изменений в конструкции энергетических систем. Стоит отметить, что до 70% углеводородов потребляются транспортными средствами. Соответственно, важным становится вопрос хранения и транспортировки водорода. Эта проблема – наиболее значимая преграда на пути использования водородного топлива в транспорте.

Процесс хранения предъявляет список требований, которые являются дорогими для промышленности, т.к. система должна выдерживать либо низкие температуры, либо высокие давления, либо использовать достаточно редкие материалы. Следовательно, процесс хранения водорода характеризуется такими условиями, которые требуют высокого уровня надежности и безопасности.

Использование чистого водорода в качестве топлива вызывает большое количество проблем, которые трудно решить на современном техническом уровне. Однако, различные исследования показывают, что использование водорода в качестве добавки к используемому топливу, позволит снизить негативный эффект, возникающий при горении чистого водорода. Практические опыты на тепловых электростанциях показали, что при добавке водорода в сгораемое топливо не выше 20 %, отсутствует необходимость значительных изменений в конструкции оборудования. Вместе с тем, отсутствие данных о более высоких концентрациях водорода в топливе, позволяет утверждать о появлении негативных процессов в работе оборудования, которое требует значительных вложений в его модернизацию. [4].

### **Заключение**

1. Водородное топливо, как источник энергии, является одной из перспективных альтернатив углеродному топливу.

2. Использование водородного топлива невозможно в связи с наличием следующих ограничений:

- необходимость использования новых материалов, которые будут работать в условиях температуры сгорания водорода;
- использование технологий производства и хранения водородного топлива, с недостаточным уровнем безопасности;
- разработка новых методов очистки выбросов, формируемых при сгорании водорода с атмосферным воздухом.

### **Список использованной литературы**

1. Пятый оценочный доклад «Изменение климата. 2014 г.» // [Электронный ресурс] Режим доступа: [www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5\\_wgII\\_spm\\_ru.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_ru.pdf) с. 7.

2. Simbeck D. Chang E. Hydrogen Supply: Cost Estimate for Hydrogen Pathways – Scoping Analysis- National Renewable Energy Lab. <http://www.nrel.gov/docs/fy03osti/32525.pdf>

3. Warnatz J., Maas U., Dibble R. W. Combustion: Physical and Chemical Fundamentals, Modeling and Simulation, Experiments, Pollutant Formation. – Springer, 2006. – 378p.

4. Гриб Н.А. Водородная стратегия – часть IV технологической революции [www.cenef.ru/file/hydrogen.pdf](http://www.cenef.ru/file/hydrogen.pdf)

УДК 620.001

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЗЕЛеной ЭНЕРГЕТИКИ**

**А.М. Карнович, старший преподаватель**

*БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

*Аннотация.* Современная промышленность в основе своей является углеводородной, что создает экологические проблемы, а также делает актуальным