

#### Список цитированных источников

1. Москвин, В.М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин [и др.]. – Москва: Стройиздат, 1980. – 536 с.
2. Питьева, К.Е. Гидрохимия / К.Е. Питьева. – Москва: Высш. школа, 1971. – 336 с.
3. Иванов, Ф.М. Определение влияния добавок на сульфатостойкость цементных растворов ускоренным методом / Ф.М. Иванов, Г.В. Любарская, Г.В. Чехний. – В кн.: Коррозионностойкие бетоны и железобетонные конструкции. – М., 1981. – С. 131–134.

УДК 621.039.533.6

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА ВОДОРОДНЫЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ

**Требенок А.Н., Нестерук В.Н.\***

Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», г. Минск, Республика Беларусь, [trebenok27@gmail.com](mailto:trebenok27@gmail.com); \* Государственное учреждение образования «Гимназия № 23 г. Минска», г. Минск, Республика Беларусь

*Ecological problems of use of hydrogen in power engineering are investigated in the article, the actions of hydrogen energy carriers on the environment. Equations for evaluating the ejections of water vapor with the use of liquid and gaseous forms of fuel are obtained.*

### Введение

В настоящее время водородная энергетика рассматривается как одно из важнейших приоритетных направлений в научных и технологических исследованиях ведущих стран мира [1]. Среди факторов, определяющих перспективы развития водородной энергетике, важнейшую роль играет стремление к сокращению выбросов парниковых газов и ограниченность запасов ископаемого углеводородного топлива [2, 3].

Вопросы изменений в окружающей среде при переходе на альтернативные источники топлива плохо изучены. Необходимо проводить дальнейшие исследования, связанные с воздействием продуктов сгорания твердого, жидкого и газообразного топлива на природу, климат и микроклимат [4]. Особого внимания заслуживает "парниковый эффект", который приводит к повышению температуры на планете, таянию ледников, изменению климата, возрастанию риска стихийных бедствий, трансформации климата ландшафтов в результате хозяйственной антропогенной деятельности человека.

В последнее время появилось много публикаций о том, что переход на водородные энергоносители снимет все экологические проблемы, к сожалению, авторы не предоставляют своих доказательств. На наш взгляд, необходимо осуществлять экологическую экспертизу для обоснования ожидаемых воздействий новых технологий на окружающую среду [4].

### Методика исследования и обсуждение результатов

При переходе на водородную энергетiku планетарная проблема "парникового эффекта" будет частично снята, так как уменьшится поступление в атмосферу углекислого газа, но, на наш взгляд, появится новая проблема. Вы-

бросы водяного пара от сжигания водорода могут достичь огромных объемов, что приведет в больших городах к образованию антропогенных «водородных» дымок, туманов и смогов. Для примера можно рассмотреть процесс чрезмерного увлажнения воздуха в городе зимой от сгорания традиционного топлива. Газы при выбросе из труб ТЭЦ, ТЭС, фабрик и заводов, авиационных и автомобильных двигателей имеют более высокую температуру и меньшую плотность по сравнению с окружающим воздухом. Подымаясь на высоту нескольких десятков метров, выбросы задерживаются в подынерсионном слое. Попадание в этот слой дополнительных ядер конденсации, золы и непосредственно водяного пара приводит к ухудшению видимости и образованию в этом слое густой дымки и тумана. Увеличению водяного пара в данном слое способствует и сгорание водорода, который входит в состав традиционных видов топлива. Так, если при сгорании одной тонны традиционного жидкого топлива, в котором содержится около 150-160 кг водорода, образуется примерно 1,4 тонны водяного пара, при сжигании одной тонны природного газа – 2 тонны 160 кг, то при сжигании одной тонны водородного топлива – 9 тонн водяного пара. Получены уравнения для оценки образования водяного пара при сгорании жидкого топлива для диапазона температур от +30 до -30 °С.

В химический состав жидкого топлива (керосина, бензина) входят углерод (84-85 %) и водород (15-16 %). При сгорании углерод (С), соединяясь с кислородом (O<sub>2</sub>), образует углекислый газ (CO<sub>2</sub>), а за счет химической реакции соединения водорода с кислородом (2H<sub>2</sub>+ O<sub>2</sub> = 2H<sub>2</sub>O) – водяной пар. При сгорании килограмма топлива образуется около 1,4 кг водяного пара. Степень дополнительного увлажнения приземного слоя воздуха за счет сгорания можно определить количественно по формуле

$$\Delta a = \frac{1400 \times (Q1 + Q2)}{S \times h}, \quad (1)$$

где  $\Delta a$  – дополнительное увлажнение от сгорания жидкого топлива, г/м<sup>3</sup>; Q1, Q2 – количество топлива от наземного транспорта (Q1) и энергоносителей промышленности (Q2), кг; S – площадь увлажнения, м<sup>2</sup>; h – высота увлажнения, м.

Однако в последнее время на практике вычисления выполняются в гектопаскалях (гПа). Поясним, что парциальное давление связано с абсолютной влажностью соотношением

$$a = 217 \frac{e}{T}, \quad (2)$$

где a – абсолютная влажность воздуха, г/м<sup>3</sup>, e – парциальное давление водяного пара, гПа; T – температура воздуха, °С.

Для диапазона температур от -30 до +30 °С формула (1) примет вид

$$\Delta e = \frac{1750 \times (Q1 + Q2)}{S \times h}, \quad (3)$$

где  $\Delta e$  – дополнительное увлажнение, поступающее в воздушный бассейн от сгорания топлива, гПа; (Q1 + Q2) – количество сжигаемого топлива от наземного транспорта (Q1) и энергоносителей промышленности, ТЭЦ и ТЭС (Q2), кг; S – площадь увлажнения, м<sup>2</sup>; h – высота увлажнения, м.

Для водородного топлива формула (1) примет следующий вид

$$\Delta e = \frac{12250 \times (Q1 + Q2)}{S \times h} \quad (4)$$

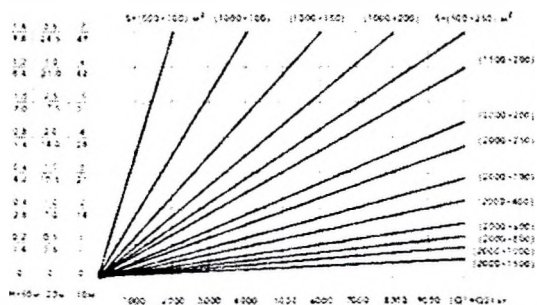
На основании приведенных формул (1), (4) построены номограммы для расчета дополнительного увлажнения, образующегося от сгорания топлива при толщине слоя  $h = 10, 20, 50$  м (рис. 1, 2).

Мы считаем, что для уменьшения воздействий антропогенных выбросов от энергетики, промышленности и транспорта на воздушный бассейн в дальнейшем необходимо возводить в промышленных городах дома с различной высотой и хорошо продуваемыми дворами. Это будет инициировать развитие турбулентности восходящих движений. В таких случаях влага уходит в верхние слои атмосферы. Автодороги целесообразно строить с более широким полотном движения, что будет снижать концентрацию антропогенных выбросов, особенно в низких местах ландшафта. Акцентируем внимание на том, что чем ниже температура воздуха, тем большее влияние оказывает дополнительное увлажнение на образование антропогенных смогов, дымок и туманов.

Для оценки условий образования тумана, смога, густой дымки мы разработали номограмму (рис. 2), из которой возможно сделать следующие выводы:

1. Конденсация водяного пара в значительной степени зависит от температуры воздуха. Чем ниже температура воздуха, тем меньше необходимо водяного пара для его конденсации. Так, при температуре  $+20$  °C необходимо наличие водяного пара  $23,4$  гПа или  $18,7$  г/м<sup>3</sup>, а при температуре  $-20$  °C –  $1,2$  гПа или  $1,0$  г/м<sup>3</sup>, т.е. в 19 раз меньше, чем при температуре  $-20$  °C, а при температуре  $-30$  °C – всего  $0,4$  г/м<sup>3</sup>.

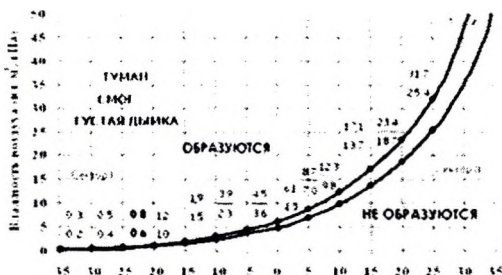
2. Номограмма дает наглядные представления, почему туманы, смоги, густые дымки, облачные дни в городах повторяются чаще, чем в пригородной зоне, позволяет оценивать вероятность ухудшения видимости на городских улицах, автострадах от антропогенных выбросов промышленности, энергетики и транспорта при использовании углеводородного и водородного топлива.



**Рисунок 1** – Номограмма расчёта дополнительного увлажнения (гПа), образующегося от сгорания топлива (в числителе от жидкого топлива, в знаменателе – от водородных энергоносителей)

3. Количественная оценка последствий выбросов водяного пара может оцениваться по номограмме следующим образом. Когда пересечение линий температуры и предполагаемых выбросов водяного пара попадают в 1-й сектор, то образование тумана, смога, густых дымок при слабых и штильных зна-

чениях ветра имеет большую вероятность. Если пересечение линий находится во 2-ом секторе номограммы, то образование тумана, смога и густой дымки исключается.



**Рисунок 2** – Количество водяного пара (кривая 1, г/м<sup>3</sup>, кривая 2, гПа), необходимое для насыщения воздуха, образования тумана, смога, густой дымки при различных температурах воздуха

### Выводы

Таким образом, нами разработаны номограммы для расчета дополнительного увлажнения, образующегося от сгорания жидкого топлива и водородных энергоносителей, разработаны рекомендации для уменьшения антропогенных воздействий выбросов от энергетики, промышленности и транспорта и предложены рекомендации градостроительным организациям по снижению антропогенных воздействий на окружающую среду. Кроме того, показано, что использование уравнений для контроля количественных величин выбросов от продуктов сгорания топлива позволит заблаговременно прогнозировать ухудшение прозрачности атмосферы, образование густых дымок, смогов и туманов.

### Список цитированных источников

1. Жданок, С.А. Современное состояние и перспективы развития водородной энергетики в Республике Беларусь / С.А. Жданок, С.А. Филатов // ИФЖ. – 2008. – Т. 81. – № 1. – С. 4–7.
2. Ващенко, С. Перспективы водородной энергетики в Беларуси / С. Ващенко // Промышленная безопасность. – 2005. – № 6. – С. 14–15.
3. Глебова, Е. Рынок в водородное будущее / Е. Глебова // Наука и жизнь. – 2004. – № 2. – С. 16–20.
4. Нестерук, В.Н. Чем опасны водородные энергосистемы / В.Н. Нестерук, Л.В. Калацкая // Энергетика и ТЭК. – 2003. – №8. – С. 48.

УДК 667.636.25

## СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДРЕВЕСИНЫ

Тур Э.А.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, iei@bstu.by

*Modern water-based paints for wood protection are described in the article. Wood as a surface for painting has some special characteristics. The recipe of water-based emulsion paint with anti-blocking properties is offered in the article.*