

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ**

**«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»  
XVIII Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XVIII Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»**

**PROCEEDINGS  
of the XVIII International Scientific Conference  
for students and young scholars  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»**

**2023  
Астана**

**УДК 001+37**  
**ББК 72+74**  
**G99**

**«GYLYM JÁNE BILIM – 2023» студенттер мен жас ғалымдардың  
XVIII Халықаралық ғылыми конференциясы = XVIII  
Международная научная конференция студентов и молодых  
ученых «GYLYM JÁNE BILIM – 2023» = The XVIII International  
Scientific Conference for students and young scholars «GYLYM JÁNE  
BILIM – 2023». – Астана: – 6865 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.**

**ISBN 978-601-337-871-8**

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

**УДК 001+37**  
**ББК 72+74**

**ISBN 978-601-337-871-8**

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия  
ұлттық университеті, 2023**

4. Протасевич, А.М. Энергосбережение в системах теплогазоснабжения, вентиляции, кондиционирования воздуха: учебное пособие/ А.М. Протасевич. — М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. Знание, 2016. — 286 с.

5. Алимгазин А.Ш. Применение новых экологически чистых и энергосберегающих теплонасосных технологий для теплоснабжения объектов бюджетной сферы в г.Астане и других климатических регионах Республики Казахстан. - Вестник Национальной Академии Наук Республики Казахстан, №4, 2009.- с.28-31.

6. Обзор рынка биотоплива: пеллеты. - [Электронный ресурс] URL: <http://eubp.ru/news-obzor-rynka-biotopliva-pellety-2.html>;

7. Твердое топливо и его классификация. - [Электронный ресурс] URL: <http://kotelnoe-oborudovanie.kz/solid-fuel-classification.html>;

8. Расчетные характеристики топлив. - [Электронный ресурс] URL: <http://xn--80aaeisrudafe3a9e.xn--plai/calculated-characteristics-fuels.html>;

9. Алияров Б.К., Ерекеев О.К. Алиярова М.Б. Структура потерь тепла при транспортировке и распределении тепла (источники потерь и пути их снижения)// Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. 2002.№8. с.98-100.

УДК 532.593

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ ВОДОРОДА

Мейрамгали Исламгали Куанышулы

[i.meiramgali@bk.ru](mailto:i.meiramgali@bk.ru)

Магистрант 1 курса ОП 7М07117 - Теплоэнергетика

ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель –Саттинова З.К.

**Введение** На данный момент в Казахстане разработка водородной энергетики находится на начальной стадии. В 2020 году правительство страны объявило о запуске программы развития водородной энергетики на период до 2025 года. В рамках этой программы планируется разработка проектов по производству водорода, его транспортировке и использованию в различных отраслях экономики, таких как транспорт, производство, энергетика и др.

Одним из главных преимуществ водородной энергетики для Казахстана является наличие значительных запасов природного газа, который можно использовать в производстве водорода. Кроме того, в стране уже есть опыт работы в области топливных элементов, которые используются в автомобильной промышленности.

Однако, на пути развития водородной энергетики в Казахстане есть и ряд препятствий. В частности, это высокие затраты на разработку технологий и инфраструктуру, а также недостаточный уровень осведомленности населения о возможностях и преимуществах водородной энергетики. Кроме того, национальная энергетическая система Казахстана пока еще не готова к масштабному внедрению водородной энергетики.

В целом, ситуация с водородной энергетикой в Казахстане представляет собой смесь перспектив и вызовов, и для успешного развития этой области необходимо проводить комплексные исследования и разработки, а также принимать подходящие регулирующие меры и стратегии.

В статье представлены результаты численного моделирования процессов горения и образования оксидов азота за профилями лопаток при различных вариантах добавки водорода в основное топливо. Представлены контуры температур и скоростей за угольным стабилизатором, а также представлены графики температур на выходе из моделируемой области.

**Общие данные о процессе моделирования.** На рисунке 1 представлен изометрический вид на область моделирования.



1 – сопла для подачи топлива, 2 – уголкового стабилизатор, 3 – выход из зоны горения

Рисунок 1. Изометрический вид области моделирования

Область моделирования состоит из ряда вертикальных сопел диаметром 5 мм для подачи топлива с водородом, одного уголкового стабилизатора. Начальные параметры моделирования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Начальные параметры

№	Массовая доля основного топлива, -	Массовая доля водорода и кислорода, -	Расход топлива, кг/с	Скорость воздуха, м/с
1	50	50	0, 01	10
2	60	40		
3	70	30		
4	80	20		
5	90	10		

При моделировании использовалась модель турбулентности k-ε realizable, которая согласно [2] является наиболее оптимальным решением.

В процессе моделирования было изменено содержание водорода в диапазоне от 10% до 50% от массовой доли топлива с шагом 10%. Основным топливом являлся сжиженный газ, состоящий из пропана и бутана в равных долях. На рисунке 3 представлены контуры температуры в зависимости от избытка воздуха в области, которая была подвергнута моделированию.

### Математическая модель

В общем случае для решения задач газовой динамики используется система осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, которая включает в себя следующие уравнения:

уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j) = 0 \quad (1)$$

уравнение импульса:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u_j) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j u_i + \delta_{ji} p - \tau_{ij}) = 0 \quad (2)$$

уравнение энергии:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho I) + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \rho u_j \left( I + \frac{p}{\rho} \right) + q_j - u_i \tau_{ij} \right] = 0 \quad (3)$$

уравнение состояния:

$$p = \rho RT \quad (4)$$

уравнение сохранения массы химического компонента s:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho C_s) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho C_s u_j + g_{s,j}) = w_s, s = 1, 2, \dots, N - 1 \quad (5)$$

## Результаты

**Температурные контуры.** Рисунок 2 демонстрирует температурные контуры в зависимости от содержания водорода. Из графика видно, что при наименьшем содержании водорода температура в зоне горения также наименьшая. При увеличении содержания водорода максимальная температура также увеличивается, при этом горение происходит в центральной части факела. Заметно, что при повышении содержания водорода зона высокой температуры в центральной части также увеличивается.

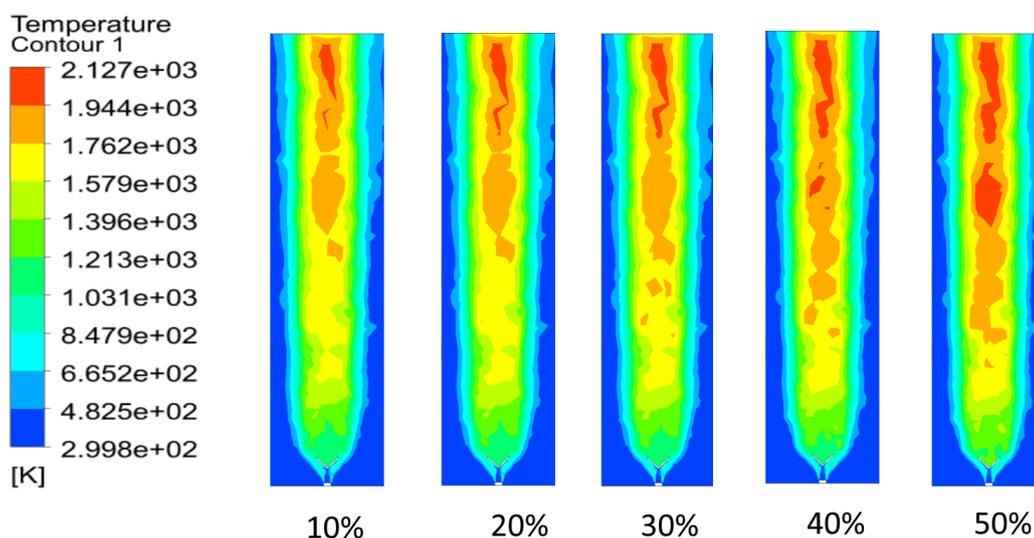


Рисунок 2. Температурные контуры в зависимости от содержания сжиженного газа

**Течение за профилями.** На рисунке 3 представлены контуры скоростей за уголкового стабилизатором. Отчетливо видно, что содержание водорода незначительно влияет на скоростные контуры. Видна зона рециркуляции образующаяся за уголкового стабилизатором. Видно, что за уголкового стабилизатором образуется зона высоких скоростей, причем скорость увеличивается в зоне горения за счет вторичной турбулизации за счет горения и снижения плотности продуктов сгорания.

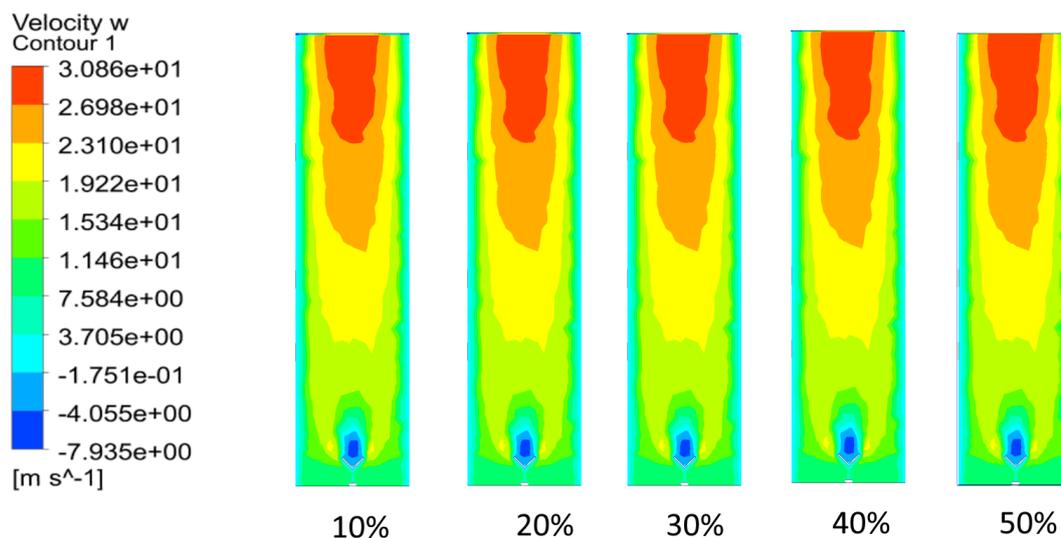


Рисунок 3. Продольные скорости в зависимости от содержания водорода в составе топлива

**Эмиссия оксидов азота.** На рисунке 4 показаны зависимости концентраций оксидов азота от содержания водорода в топливе. Как видно из графика, при увеличении содержания водорода в топливе, концентрация водорода в продуктах сгорания также увеличивается. Это обусловлено повышением температуры в зоне горения. Несмотря на то, что водород является экологически чистым топливом, эксперименты показывают, что увеличение его содержания в топливе приводит к повышению концентрации оксидов азота в выхлопных газах.

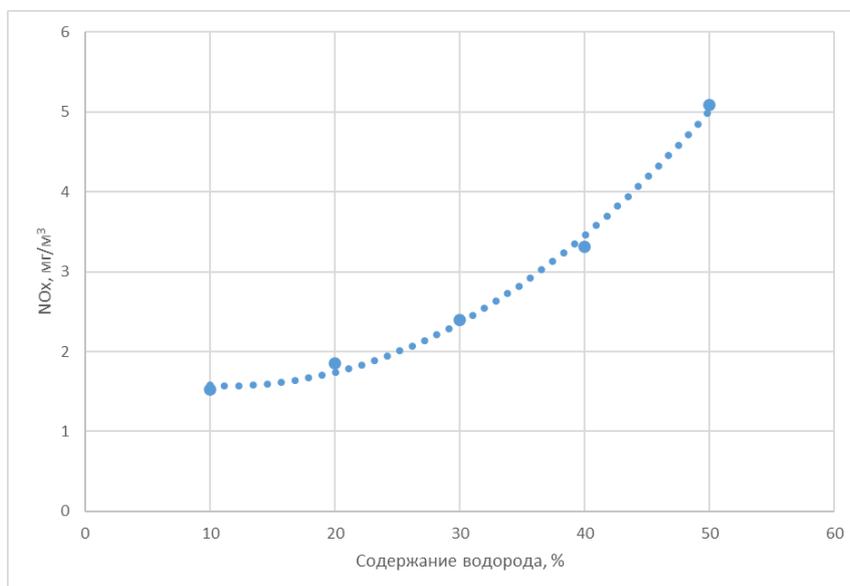


Рисунок 4. Эмиссия оксидов азота (ppm) в зависимости от содержания водорода

**Температура газов на выходе.** На рисунке 5 представлены температуры уходящих газов в зависимости от содержания водорода. Как видно из рисунка, с увеличением содержания водорода увеличивается температура уходящих газов, что сказывается на образовании оксидов азота.

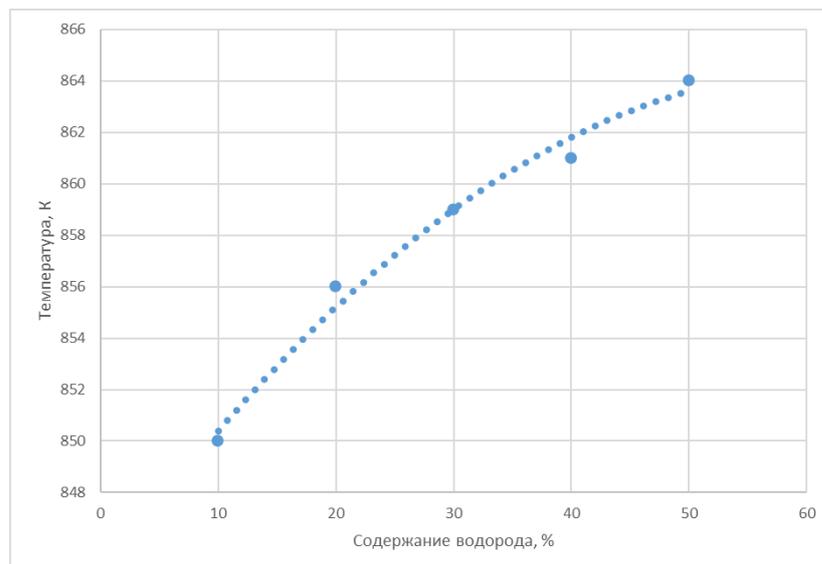


Рисунок 4. Температура уходящих газов в зависимости от содержания водорода

**Заключение.** Из проведенного анализа следует, что использование водорода имеет как положительный, так и отрицательный эффект. С одной стороны, применение водорода приводит к повышению температуры газов на выходе благодаря более высокой калорийности этого газа и увеличению выделяемого тепла. Однако, с другой стороны, такое использование водорода негативно влияет на образование оксидов азота.

#### Список использованных источников

1. Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД. - М.: Изд-во Мир, 1986. – 566 с.
2. Jinlin Han, L.M.T Somers, Roger Cracknell, Arndt Joedicke, Robert Wardle, Vivek Raja Raj Mohan, Experimental investigation of ethanol/diesel dual-fuel combustion in a heavy-duty diesel engine, Fuel, Volume 275, 2020, 117867, ISSN 0016-2361, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117867>, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236120308632>
3. Ihana A. Severo, Mariany C. DeprГЎ, Rosangela R. Dias, Juliano S. Barin, Cristiano R. de Menezes, Roger Wagner, Leila Q. Zepka, Eduardo Jacob-Lopes, Bio-combustion of petroleum coke: The process integration with photobioreactors. Part II Sustainability metrics and bioeconomy, Chemical Engineering Science, Volume 213, 2020, 115412 <https://doi.org/10.1016/j.ces.2019.115412>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009250919309029>
4. Zhi-Xiang Xu, Jin-Hong Cheng, Hao Song, Qian Wang, Zhi-Xia He, Bin Li, Pei-Gao Duan, Xun Hu, Production of bio-fuel from plant oil asphalt via pyrolysis, Journal of the Energy Institute, 2020, ISSN 1743-9671, <https://doi.org/10.1016/j.joei.2020.03.007>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1743967120300489>

ӘОЖ 697.3: 620.91

### ЖЫЛУ ТҮЙІНДЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ АРҚЫЛЫ ЖЫЛУТҮТІНУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ЖҰМЫСЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Мелдебеков Бактыбек Бакитжанұлы

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, М098 (7М07117) ББТ магистранты, Астана қ., Қазақстан,  
[bakhytzhanuly@list.ru](mailto:bakhytzhanuly@list.ru)

Ғылыми жетекші – Жакишев Б.А.

Қазақстан Республикасының 2012 жылғы 13 қаңтардағы «Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы» № 541-IV Заңындағы, 3-тарау. 8.1 бабына сәйкес