



XIII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

**ЭКОЛОГИЯ**

23–24 мая 2022 г.



ЦЕНТР  
МЕЖДУНАРОДНОЙ  
ТОРГОВЛИ

МОСКВА

Краснопресненская наб., д. 12

[WWW.FORUMECO.RU](http://WWW.FORUMECO.RU)



**АНО «Водородные  
технологические решения»**

Центр исследований и научных разработок

## **Снижение выбросов в атмосферу вредных веществ при сжигании водородсодержащего газа**

Савитенко М.А., Рыбаков Б.А.

## **ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АНО «ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ» СВЯЗАНА С:**

- Изучением перспективных разработок и направление в области водородной энергетики;
- Проведением «НИР» и «НИОКР»;
- Работой с перспективной молодежью и помощь в реализации творческого потенциала.

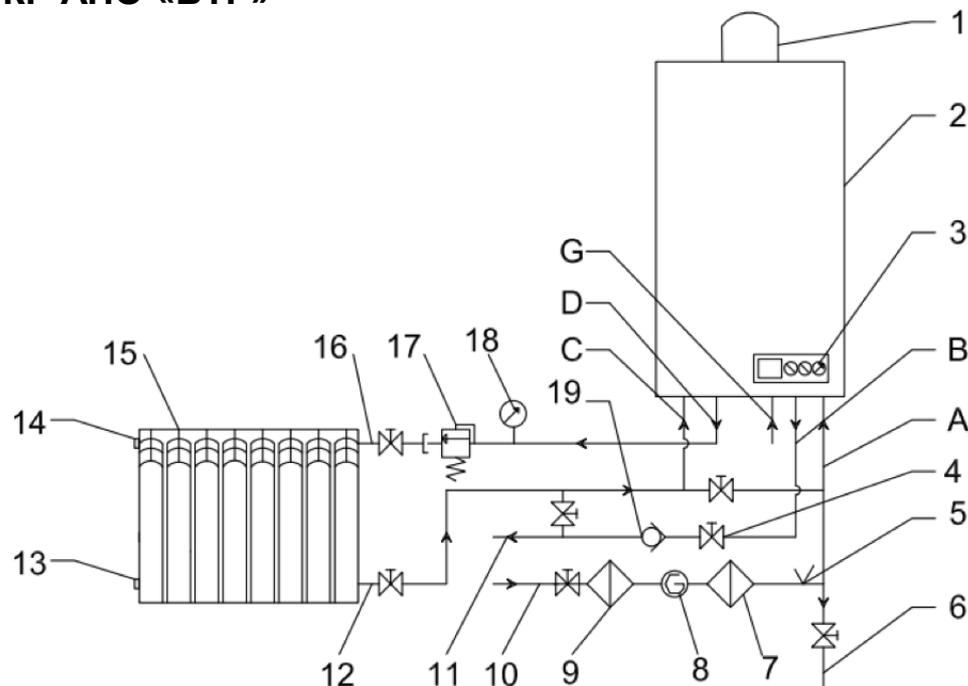
**В настоящее время мы проводим следующие научные исследования:**

**Экспериментальное исследование состава уходящих газов и конденсата при сжигании в конденсационном котле природного газа, пропан/бутана, водорода и смеси газов.**

**В рамках эксперимента совместно с НИУ МЭИ проводится эксперимент, в котором была разработана принципиальная схема и смонтированы газовый и гидравлический контуры для проведения экспериментов с использованием газового котла CALDANIA MURALE CIAO GREEN 25 C.S.I.**

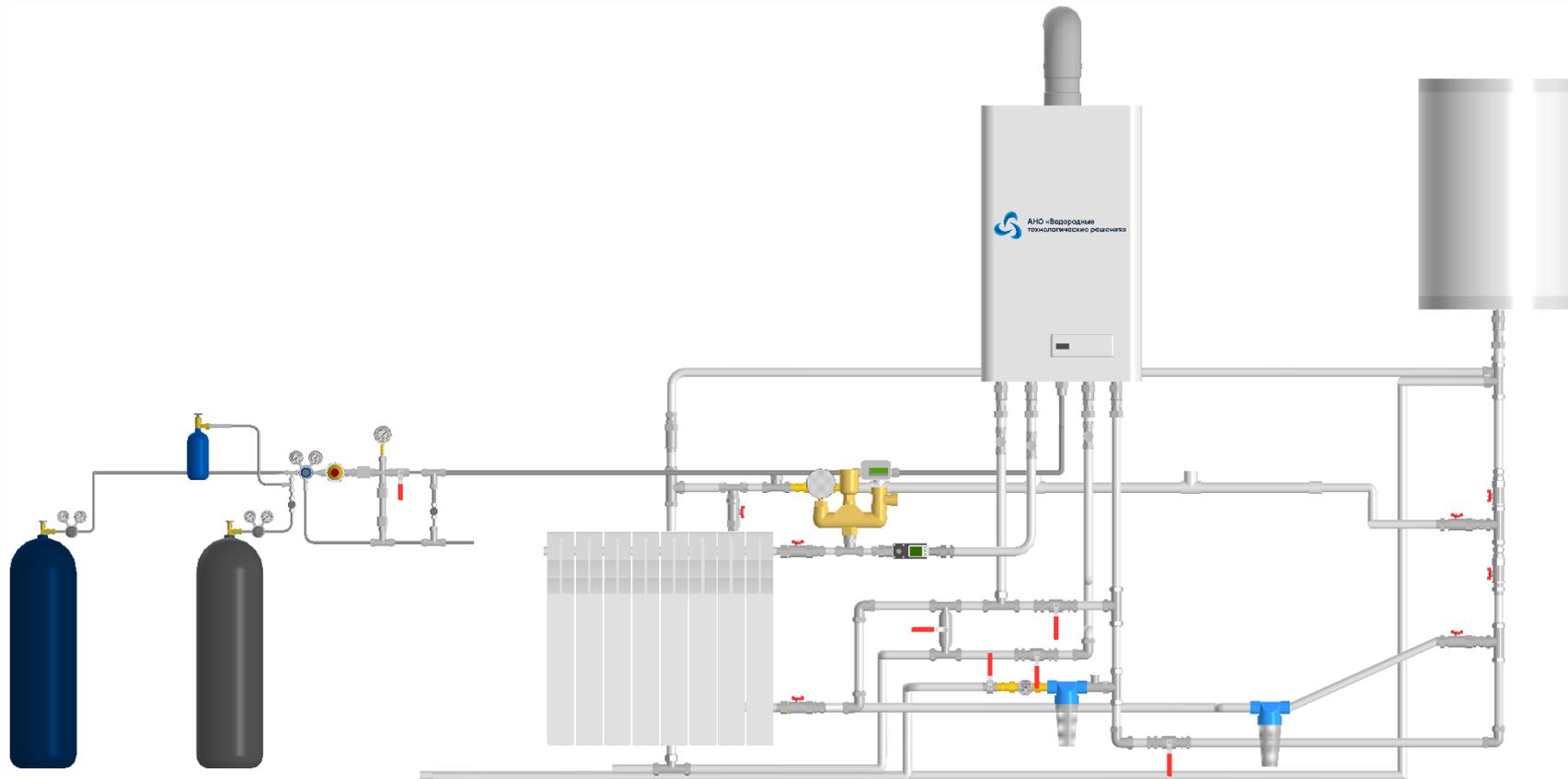
## СТЕНД, РЕАЛИЗОВАННЫЙ В РАМКАХ НИОКР АНО «ВТР»

- A – Вход холодной воды из водопровода
- B – Выход горячей воды в контур ГВС
- C – Обратный трубопровод контура отопления
- D – Прямой трубопровод контура отопления
- G – Вход газа
- 1 – Патрубок дымовых газов
- 2 – Настенный конденсационный котел
- 3 – Панель управления
- 4 – Кран шаровой
- 5 – Термопара типа ХА
- 6 – Линия сброса воды
- 7 – Полифосфатный фильтр
- 8 – Расходомер
- 9 – Механический фильтр
- 10 – Трубопровод холодной воды
- 11 – Линия сброса нагретой воды
- 12 – Линия отработанной воды отопления
- 13 – Заглушка
- 14 – Кран Маевского
- 15 – Радиатор отопления
- 16 – Линия неотработанной воды отопления



- 17 – Предохранительный клапан
- 18 – Манометр
- 19 – Обратный клапан

## СТЕНД, РЕАЛИЗОВАННЫЙ В РАМКАХ НИОКР АНО «ВТР»



## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ NO<sub>x</sub> и CO В ДЫМОВЫХ ГАЗАХ.

Состав газа	100% CH <sub>4</sub>	11% H <sub>2</sub> + 89% CH <sub>4</sub>	22% H <sub>2</sub> + 78% CH <sub>4</sub>
Температура наружного воздуха, °С	10	14,2	15,1
Температура уходящих газов, °С	67,8	63,3	62,9
Концентрация CO <sub>2</sub> , % (об.)	8,6	8,9	8,5
Концентрация NO, мг/м <sup>3</sup>	15	14	9
Снижение концентрации NO, %	-	8,3	41,7
Концентрация CO, мг/м <sup>3</sup>	137	129	81
Снижение концентрации CO, %	-	5,9	40,7
Концентрация O <sub>2</sub> , % (об.)	5,0	5,1	5,9

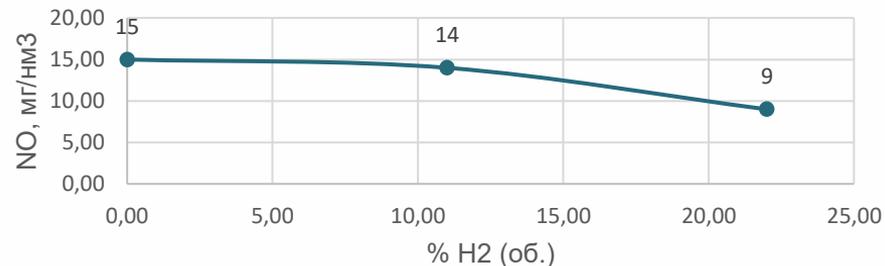
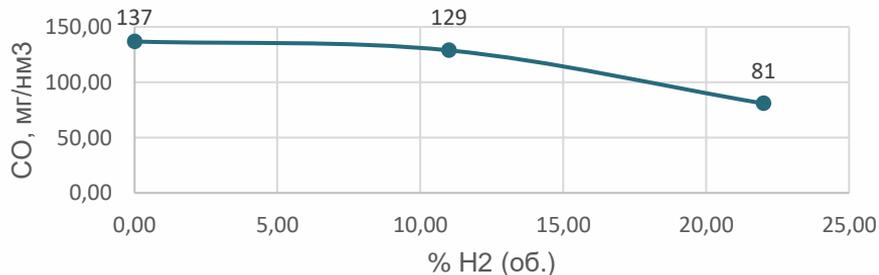
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК КОНДЕНСАТА.

Анализ конденсата	100% CH <sub>4</sub>	11% H <sub>2</sub> + 89% CH <sub>4</sub>	22% H <sub>2</sub> + 78% CH <sub>4</sub>
рН, ед.	7,59	7,64	7,24
Eh (Окислительно-восстановительный потенциал), мВ	211	304	323
Общее солесодержание, мг/л	484	653	553

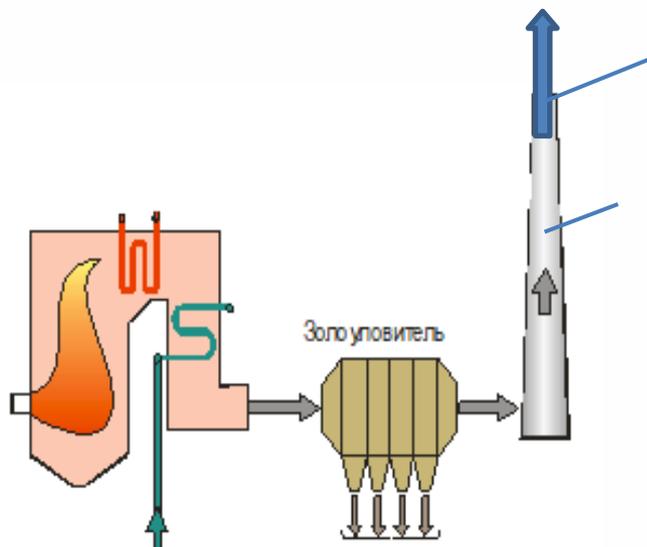
## ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОПЛИВНОГО ГАЗА

Характеристики	Природный газ	Метан 100% CH <sub>4</sub>	11% H <sub>2</sub> + 89% CH <sub>4</sub>	22% H <sub>2</sub> + 78% CH <sub>4</sub>
Плотность при нормальных условиях, кг/нм <sup>3</sup>	0,746	0,717	0,674	0,600
Объемная низшая теплота сгорания при нормальных условиях, МДж/нм <sup>3</sup>	36,6	35,88	33,76	30,92
Объемное низшее Число Воббе при нормальных условиях (W <sub>I</sub> ), МДж/нм <sup>3</sup>	48,00	48,18	46,76	45,40

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ NO и CO В ДЫМОВЫХ ГАЗАХ.

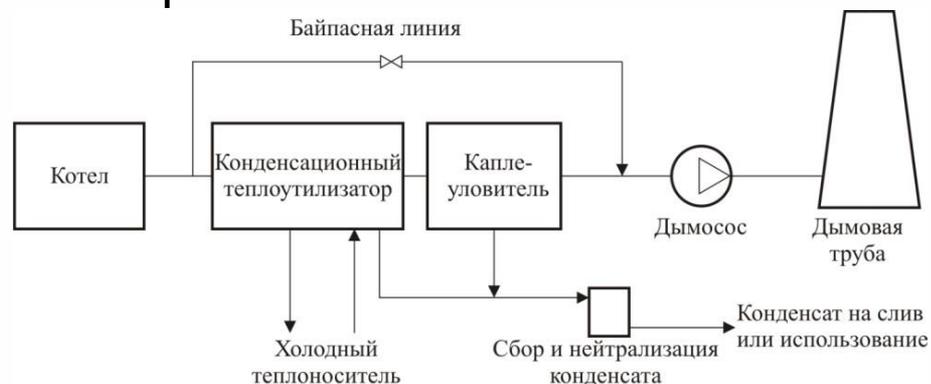


# КОНДЕНСАЦИЯ ВОДЯНЫХ ПАРОВ



Потери 2500 кДж/кг

120 - 150°C > t<sub>p</sub>



Водяной пар, как и углекислый газ, является парниковым газом. Снижение его выбросов в атмосферу также является актуальной задачей.

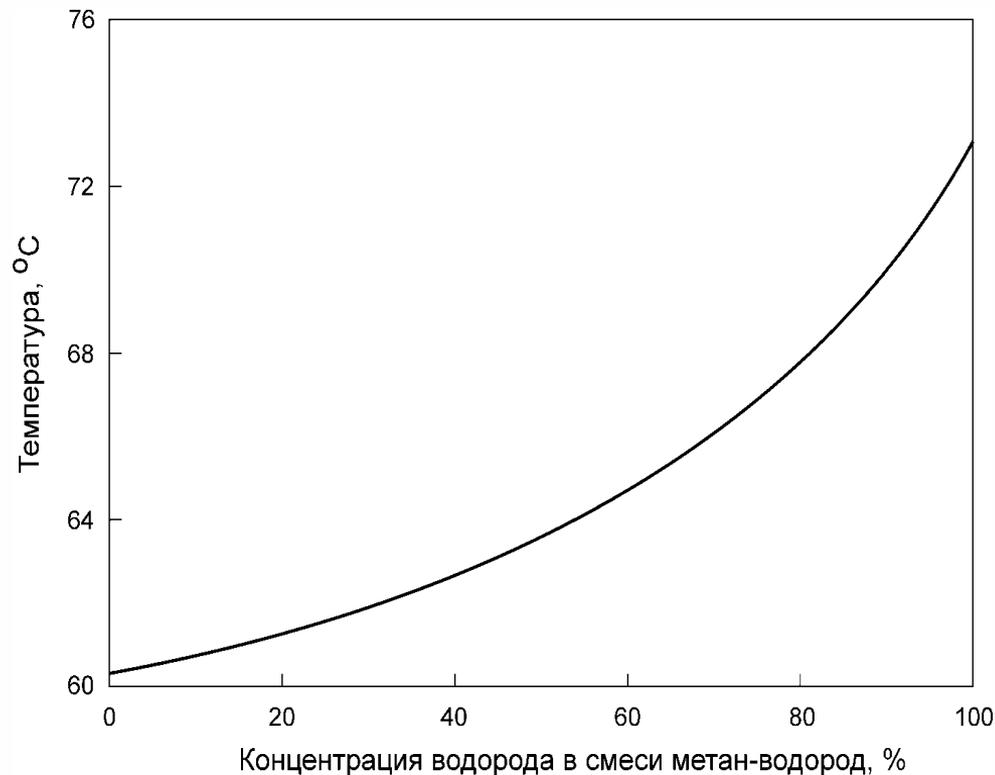
Одновременное уменьшение выбросов в атмосферу водяных паров и углекислого газа при сжигании природного газа возможно за счет конденсации водяных паров дымовых газов перед их выбросом в атмосферный воздух.

Для природного газа  $Q_B - Q_H \approx 10\%$  от  $Q_H$ ; 18,5% - для водорода

# ТЕМПЕРАТУРА ТОЧКИ РОСЫ ВОДЯНЫХ ПАРОВ ПРИ ВСГ (ДЛЯ СТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ)

Увеличение доли водорода в ВСГ повышает содержание водяных паров в продуктах сгорания и приводит к заметному росту температуры точки росы.

В результате эффективность использования КТУ увеличивается.

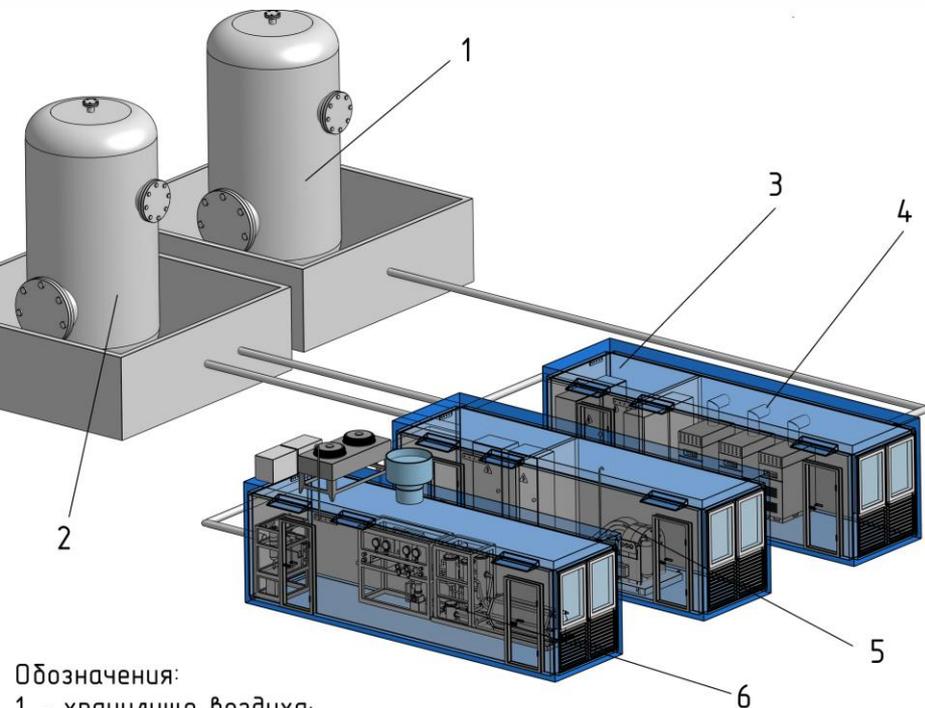


## **СОВМЕСТНО С ОИВТ РАН БЫЛ ВЫПОЛНЕН НИР ПО СОЗДАНИЮ КОНЦЕПЦИИ «ВОДОРОДО-ВОЗДУШНОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ» (ВВНЭ).**

Аккумуляция энергии позволяет уменьшить потребление органического топлива, что, соответственно, приведёт к снижению выбросов в атмосферу парниковых газов.

Нашим технологическим решением по аккумуляции энергии является схема с водородо-воздушным накопителем энергии, в котором для подогрева воздуха перед турбиной используется теплота сжигания водорода в кислороде, полученных путем электролиза.

Водород, как энергоноситель, обладает рядом преимуществ по сравнению с другими системами аккумуляции: высокая плотность запасаемой энергии (до 38 кВт·ч/кг (т)), отсутствие вредных выбросов в атмосферу.



Обозначения:

- 1 - хранилище воздуха;
- 2 - хранилище водорода;
- 3 - САУ и шкафы управления энергией;
- 4 - микротурбинные установки;
- 5 - система компримирования;
- 6 - система генерации водорода

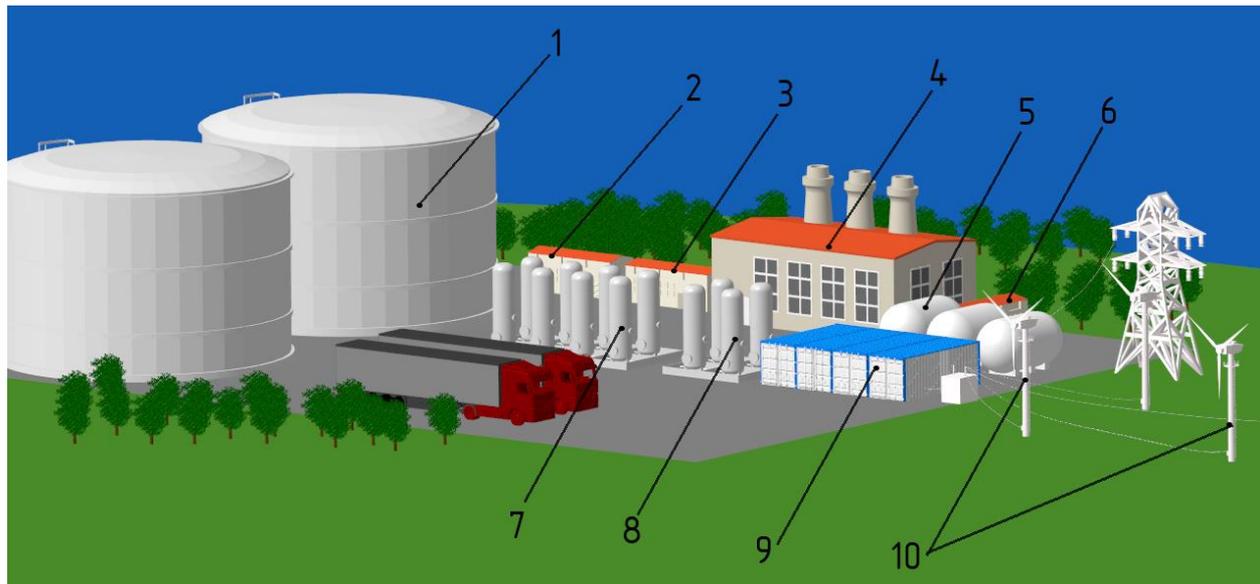
## Основные функции установки:

- Производство водорода и кислорода из обессоленной воды методом электролиза за счет энергии электрической сети общего пользования или ВИЭ;
- Производство электрической энергии;
- Обеспечение возможности измерения внешней системой диагностики основных эксплуатационных параметров: энергопотребления, расхода питательной воды, расхода водорода и других газов и смесей, давления водорода, оценки содержания компонентов в отходящих газах.

# Решение для удалённых посёлков

Обозначения:

1. - Регазификационный терминал СПГ
2. - Насосная группа
3. - Система теплового обмена
4. - Котельная
5. - Бак для воды
6. - Конденсер (конденсационный теплоутилизатор)
7. - Ресиверы для смеси Природного газа  $\text{CH}_4$  (80%) и Водорода  $\text{H}_2$  (20%)
8. - Ресиверы Водорода
9. - Электролизные установки
10. - Ветроэлектростанция (ВЭС)



Перевод ТЭС и котельных с угля на сжигание природного газа безусловно заметно снижает выбросы углекислого газа и является в настоящее время наиболее простым с практической точки зрения мероприятием.

- В перспективе более эффективным мероприятием по снижению выбросов углекислого газа является сжигание природного газа в смеси с водородом.
- При проектировании перспективных энергетических установок имеет смысл уже сейчас прорабатывать технические решения, которые в будущем позволят использовать в качестве топлива водородсодержащий газ (ВСГ).
- Модернизация котлов для перевода на сжигание ВСГ однозначно приведет к увеличению выбросов с дымовыми газами водяного пара.

- В этом случае перспективным является использование конденсационных теплоутилизаторов, что позволяет уменьшить расход топлива при сохранении тепловой мощности и одновременно снизить выбросы в атмосферу основных парниковых газов: углекислого газа и водяных паров, а также повысить КПД котла.
- Учитывая заявленный объём производства водорода, вопрос с получением воды для производства водорода встанет очень остро. Конденсат можно будет использовать для получения водорода методом электролиза.



XIII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

**ЭКОЛОГИЯ**

**23–24 мая 2022 г.**



ЦЕНТР  
МЕЖДУНАРОДНОЙ  
ТОРГОВЛИ

МОСКВА

Краснопресненская наб., д. 12

[WWW.FORUMECO.RU](http://WWW.FORUMECO.RU)



**АНО «Водородные  
технологические решения»**

Центр исследований и научных разработок

# Спасибо за внимание!

127299, Москва, ул. Большая Академическая, 5, к1, оф. 411/412.

Тел.: +7 495 640 11 32

Моб.: +7 918 536 16 22

Facebook: @hydrogen.technology.solutions

Instagram: @sk.group.global

Telegram: @SKGROUPGLOBAL

Web: [www.ww-h2.com](http://www.ww-h2.com);

E-mail: [info@ww-h2.com](mailto:info@ww-h2.com);