

ПАСПОРТ

технологии «**Инновационная комплексно-интегрированная система коммунального теплоснабжения угледобывающих регионов России (на примере Кемеровской области)**»
(Кемеровская КИСКТ ЖКХ)

Инициаторы и основные исполнители пилотного проекта технологии:
ООО «Техноподземэнерго», ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», АО «Завод «ЭКОМАШ»

1	<p>Название: «Инновационная комплексно-интегрированная система коммунального теплоснабжения угледобывающих регионов России (на примере Кемеровской области)». Краткое наименование пилотного проекта технологии: <i>Кемеровская КИСКТ ЖКХ.</i></p>
2	<p>Цели технологии: В Государственной программе Кемеровской области «Жилищно-коммунальный и дорожный комплекс, энергосбережение и повышение энергоэффективности Кузбасса на 2014 - 2021 годы» говорится буквально следующее: <i>«В настоящее время деятельность коммунального комплекса Кемеровской области характеризуется низким качеством предоставления коммунальных услуг, неэффективным использованием природных ресурсов, загрязнением окружающей среды.</i> <i>Причиной возникновения этих проблем является высокий уровень износа объектов коммунальной инфраструктуры и их технологическая отсталость. Уровень износа объектов коммунальной инфраструктуры составляет сегодня в среднем 58,1%.».</i></p> <p>Поэтому стратегической целью разработки и поэтапного осуществления (внедрения) предлагаемой инновационной технологии комплексно-интегрированного теплоснабжения коммунального теплоснабжения в жилищно-коммунальном хозяйстве Кемеровской области, как одного из основных угледобывающих регионов Российской Федерации, является кардинальное улучшение и решение упомянутых выше проблем на основе имеющегося отечественного научно-технического задела с учетом основных тенденций и направлений индустриального развития в смежных отраслях промышленности, включая и общемировые тренды и тенденции.</p>
3	<p>Общее техническое описание: В основе предлагаемой комплексно-интегрированной технологии коммунального теплоснабжения в жилищно-коммунальной сфере угледобывающих регионов, в частности в Кемеровской области, лежит необходимость и принципиальная возможность перехода в котельном хозяйстве для получения тепла и горячей воды с простейших и давно устаревших технологий и оборудования для сжигания практически рядового угля, на более «квалифицированные» виды топлива таких, прежде всего, как</p>

	<p>водоугольные суспензии и энергетический синтез-газ, получаемый путем их газификации. При этом производство (выработка) этих более эффективных и экологически чистых видов топлива может осуществляться непосредственно в отопительных котельных или в тепловых пунктах, снабженных соответствующим инновационным оборудованием. Однако значительно более эффективным и перспективным, и что особенно важным с позиций повышения экологической чистоты производства в сфере ЖКХ, является выработка такого «квалифицированного» топлива непосредственно на угледобывающих предприятиях. В этом случае практически полностью может быть исключена необходимость традиционных перевозок и складирования угля возле жилых домов и массивов, улучшается «ситуация с золоудалением». Сами угледобывающие предприятия таким образом будут превращаться в энерготехнологические комплексы, также использующие (при необходимости) эти «квалифицированные» виды топлива, и смогут производить электроэнергию, а также «генерировать» значительные количества углекислого газа (CO₂), который будет утилизироваться и в свою очередь использоваться в качестве первичного источника энергии – ресурса в результате плазмохимических и хемосорбционных преобразований. Следует также подчеркнуть, что созданные технологии и оборудование для производства синтез-газа из угля смогут найти широкое применение и в других отраслях экономики, прежде всего, в электрометаллургии для получения прямо восстановленного (бездоменного) железа и химической промышленности.</p> <p>Как показывают многие последние публикации и научные разработки, сегодня становится вполне осязаемым понимание того, что не только исходные (первичные) источники энергии и виды сырья должны быть вовлечены в «промышленный круговорот», но и такие вторичные «ресурсы» как углекислый газ (CO₂), например, многие годы казавшиеся бесполезными и даже вредными (парниковые газы), могут и должны явиться важным источником и ресурсом для инновационного развития (вместо введения пропагандируемого в последнее время «углеродного налога»).</p> <p>Основным техническим элементом для реализации предлагаемой инновационной комплексно-интегрированной технологии явится плазмохимический газификатор угля (водоугольной суспензии) на базе плазмотрона «Звезда» мегаваттной мощности, созданный в ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша».</p>
4	<p>Обобщенная характеристика технологии: Высокая технологическая эффективность получения синтез-газа из угля путем плазмохимической конверсии (газификации) водоугольной суспензии в предлагаемой технологии обеспечивается тем, что используется трехфазный плазмотрон переменного тока типа «Звезда» с номинальной дуговой мощностью 1 МВт (есть возможность форсирования мощности до 5МВт). Использование плазмотрона</p>

переменного тока, запитываемого от стандартной высоковольтной сети 10 кВ, значительно упрощает необходимую инфраструктуру электротехнического оборудования. Указанный плазмотрон имеет 3 дуговых канала, в которые подается плазмообразующий газ и одну общую камеру (камеру смешения), давление в которой зависит от температуры и суммарного расхода газа, а также от размеров установленного выходного сопла. Имеется возможность подачи воды высокого давления или водоугольной суспензии непосредственно в камеру смешения. При этом плазмотрон будет работать как мощный парогенератор высокого давления или как высокотемпературный плазмохимический реактор.

Для реализации технологии пароуглекислотной конверсии в качестве плазмообразующего газа используется углекислый газ CO_2 , а водоугольная суспензия подается непосредственно в камеру смешения плазмотрона.

Принцип использования камеры смешения плазмотрона в качестве плазмохимического реактора показан на рисунках 1,2. В данном варианте работы отсутствует балластный газ азот, а также его окислы, которые присутствуют при работе плазмотрона на воздухе. При паровой конверсии метана, непосредственно метан является плазмообразующим газом, а вода в жидком виде впрыскивается в камеру смешения плазмотрона. Для варьирования состава синтез-газа, к метану может подмешиваться CO_2 . Удельные энергозатраты при конверсии угля и метана будут зависеть от выходной температуры синтез-газа, но, как показывают оценки в диапазоне до 2000К, они не превысят 8 МДж/кг.

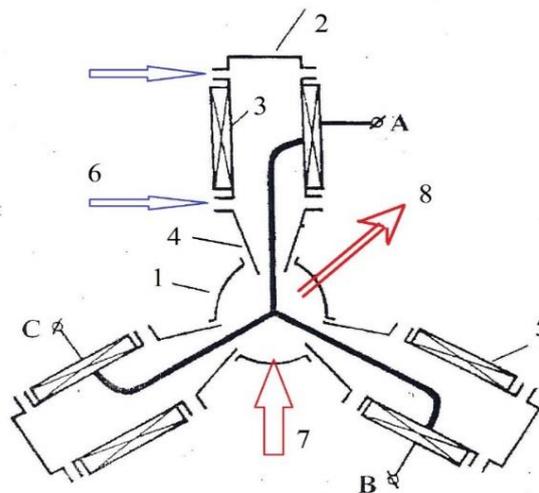


Рисунок 1. Плазмотрон «Звезда». 1 – смесительная камера; 2 – затыльник; 3 – электрод; 4 – конфузор; 5 – магнитные катушки; 6 – подача плазмообразующего газа; 7 – подача водоугольной суспензии; 8 – выход струи продуктов газификации

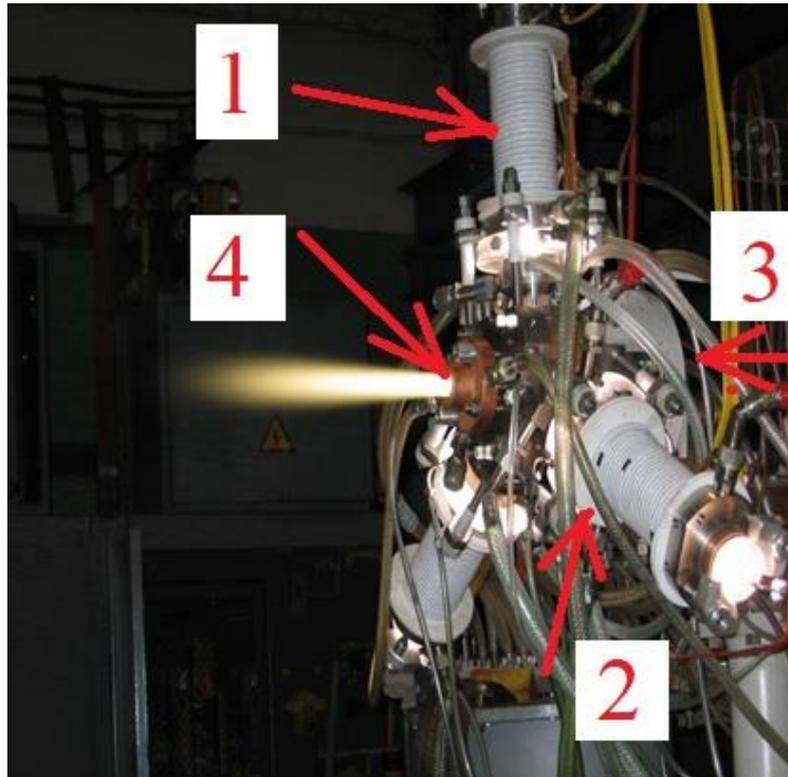
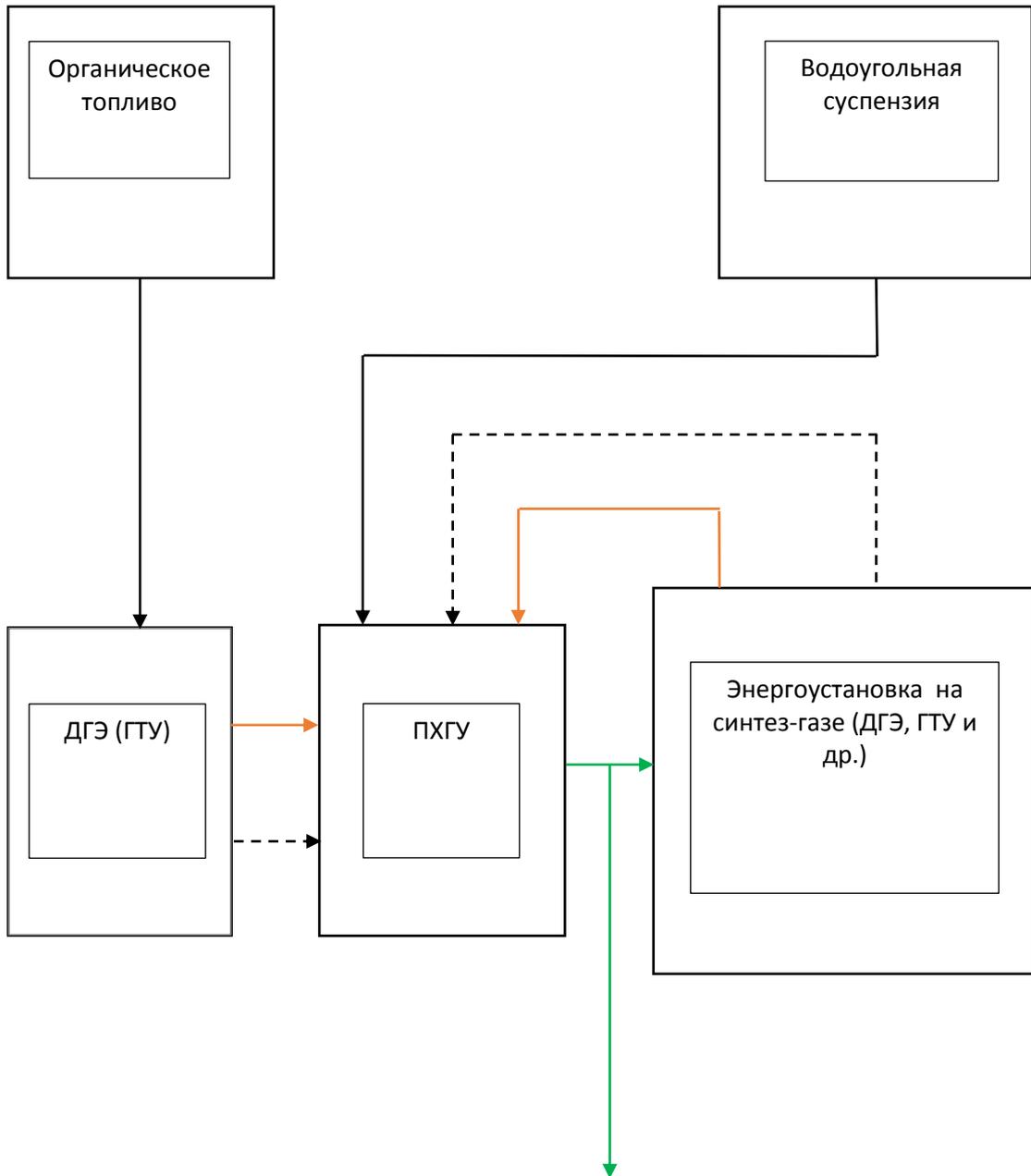


Рисунок 2. Фотография установки: 1 – электроды; 2 – подача плазмообразующих газов; 3 – подача водоугольной эмульсии; 4 - выход струи продуктов газификации (конверсии)

В качестве крайне важного и необходимого первого этапа при разработке и внедрении предлагаемой комплексно-интегрированной технологии коммунального теплоснабжения должна быть создана, например в АО «Завод «ЭКОМАШ», опытно-экспериментальная установка водоуглекислотной газификации водоугольной суспензии (ВУС) и конверсии углеродсодержащих газов в синтез-газ, представленная на рисунке 3. Эта опытно-экспериментальная установка включает в себя линию по производству и подготовке водоугольной суспензии требуемых характеристик, плазмохимический газификатор угля (ВУС) и углекислотной конверсии (риформинга) углекислого газа (CO_2) в синтез-газ для последующего использования в той или иной энергетической установке. В качестве последней может быть использован традиционный водогрейный или паровой котел, которые применяются в существующих системах коммунального теплоснабжения, а также та или иная (из числа существующих) газотурбинная энергоустановка (электростанция) с возможностью работы, как на природном газе, так и на получаемом синтез-газе.



Синтез-газ ($\text{CO} : \text{H}_2$) внешним потребителям

- - органическое топливо;
- - - - - двуокись углерода (CO_2);
- (orange) - электроэнергия

Рисунок 3. Блок схема опытно-экспериментальной установки АО «Завод «ЭКОМАШ»: ДГЭ – дизель-генераторная электростанция; ГТУ – газотурбинная энергоустановка (электростанция); ПХГУ – плазмохимическая газогенераторная установка

5	<p>Оценка преимуществ и недостатков технологии (в том числе в сопоставлении со стандартными современными технологиями), побочных действий и рисков: По сравнению с существующими стандартными средствами и оборудованием коммунального теплоснабжения угледобывающих регионов, использующих в ЖКХ теплогенерирующие процессы с простейшим сжиганием рядового угля, предлагаемая комплексно-интегрированная технология отличается в принципе по всем своим показателям и характеристикам. В целом эта инновационная технология во многом становится как бы аналогичной широко распространенным технологиям коммунального теплоснабжения, базирующихся на использовании дорогостоящих и очень востребованных углеводородных исходных энергоносителей в виде природного газа (метана) и различных жидких нефтепродуктов. Соответственно этому в системах коммунального теплоснабжения с использованием предлагаемой инновационной технологии воздействие на окружающую среду, образование отходов, показатели надежности и работоспособности оборудования, систем и средств автоматического контроля и управления во многом приближаются к соответствующим высоким характеристикам и уровням, которые уже достигнуты и фактически действуют в системах теплоснабжения ЖКХ, работающих на природном газе и жидких топливах нефтяного происхождения. Внедрение предлагаемой технологии в конечном итоге приведет к возможности создания в угледобывающих регионах новых высококвалифицированных рабочих мест, в частности, в такой достаточно консервативной и технологически отсталой области ЖКХ.</p>
6	<p>Применимость технологии в зависимости от местных условий. Факторы, влияющие на возможность реализации. Местные условия и прежде всего наличие в угледобывающих регионах, в особенности в Кемеровской области, больших запасов угля, а также, как правило, достаточно развитая здесь инфраструктура, острая необходимость инновационного развития в этих, зачастую достаточно депрессивных регионах, не только создают но и диктуют настоятельную необходимость разработки такой комплексно-интегрированной технологии не только в сфере ЖКХ. Успешная разработка и осуществление предлагаемой технологии может положить начало новому своеобразному инновационному технологическому прорыву в таких важнейших отраслях промышленности этих же регионов, как металлургия и химическая промышленность.</p>
7	<p>Сочетание технологии с другими: В предлагаемой комплексно-интегрированной системе коммунального теплоснабжения весьма эффективно могут быть практически использованы и другие инновационные разработки ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша». В частности речь идет о применении лазерных устройств воспламенения компонентов топлива в ракетных двигателях и камерах сгорания других энергетических установок [11-14], обеспечивающих надежное воспламенение компонентов топлива,</p>

независимо от их видов и сочетаний. Эта проблема, как известно, является достаточно важной и актуальной и при использовании в качестве первичного (исходного) энергоносителя водоугольных топлив. Принцип воспламенения (поджига) топлива в камере сгорания основан на инициации оптического пробоя в объеме воспламеняемой среды (патент РФ № 2468240). Температура плазмы в области пробоя достигает 500 тысяч градусов, что обеспечивает воспламенение любых топливных пар в широком диапазоне соотношений компонентов. На рисунке 4 представлены фотографии реальных экспериментов и выполненных работ в этом направлении.

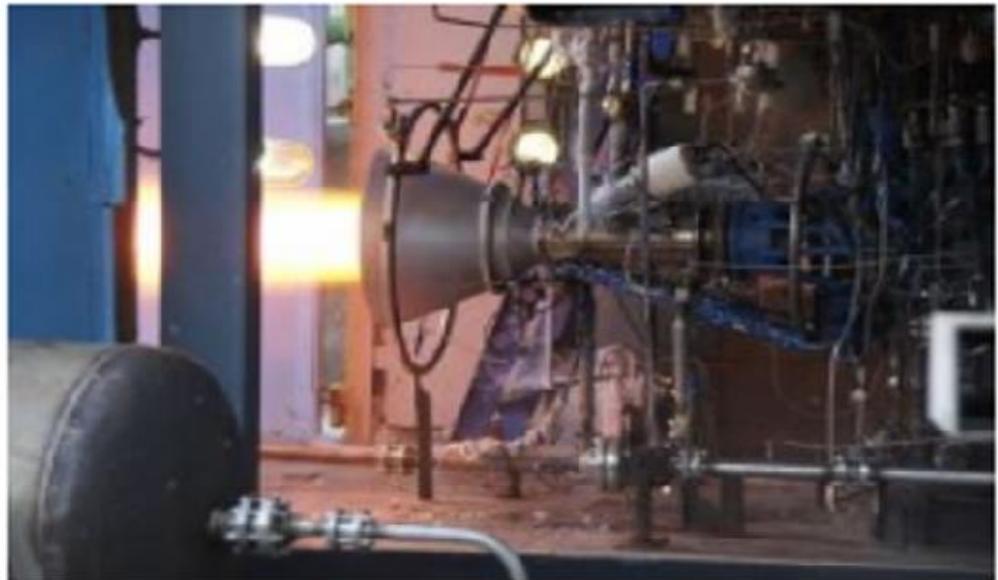


Фото с сайта АО "НПО "Энергомаш"



Фото работающего лазера с оптическим пробоем в воздухе

Рисунок 4. Испытания лазерной системы поджига компонентов топлива в камерах сгорания

Уникальность этой системы поджига заключается в её массогабаритных и энергетических параметрах. Так, вес лазера составляет 450 г, масса блока питания – 900 г. Лазер пристыковывается непосредственно к камере сгорания, мощность лазерных импульсов достигает 20 МВт при высокой частоте следования импульсов в течение всего процесса запуска двигателя.

- 8 **Описание фактического устройства и эксплуатационных данных установок, рассматриваемых в качестве примеров:** В качестве примера одного из перспективных вариантов фактического устройства и эксплуатационных особенностей предлагаемой комплексно-интегрированной системы (технологии) коммунального теплоснабжения на рисунке 5 приведена хемосорбционная система, предложенная ранее в ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» (см. патент РФ № 2260157).

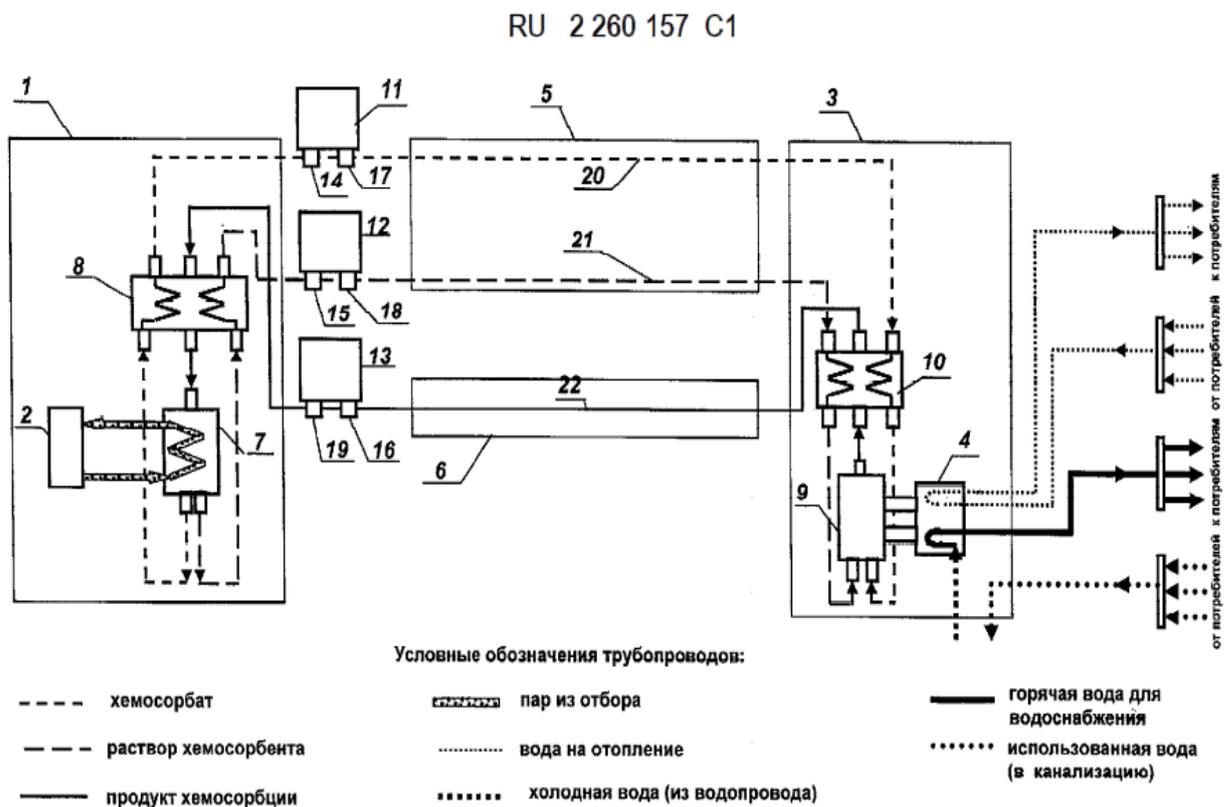


Рисунок 5. Хемосорбционная технология (система) коммунального теплоснабжения ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»

В этом варианте осуществления технологии (системы) непосредственно потребителю или на промежуточный тепловой пункт непрерывно подают два вещества-носителя скрытой теплоты химической реакции, а выделение тепла для потребления производят путем проведения прямой экзотермической химической реакции превращения этих веществ в одно вещество-продукт прямой реакции (продукт хемосорбции), которое затем транспортируют назад к первичному источнику тепловой энергии и осуществляют обратное его превращение путем проведения обратной эндотермической химической реакции в два исходных вещества с аккумулярованием в них в химической форме тепловой энергии первичного источника тепла.

Отличительным здесь также является то, что в качестве веществ-носителей скрытой теплоты химической реакции используют газообразный или жидкий хемосорбат и раствор по меньшей мере одного хемосорбента в

воде или органическом растворителе с концентрацией, при которой температура затвердевания раствора меньше минимальной температуры окружающей среды, причем остаточное после передачи для потребления физическое тепло получаемого в результате прямой реакции продукта хемосорбции рекуперировать путем осуществления теплообмена между ним и поступающими на прямую реакцию хемосорбатом и раствором хемосорбента, а физическое тепло восстановленных в результате обратной реакции хемосорбента и раствора хемосорбента рекуперировать путем осуществления теплообмена между ними и поступающим на обратную реакцию продуктом хемосорбции. Важно также отметить, что в качестве хемосорбата при этом может использоваться в том или ином виде диоксид углерода (CO_2).

Следует также подчеркнуть, что в известной мере как бы аналогичную структуру будет иметь и вариант осуществления предлагаемой инновационной технологии теплоснабжения, основанной на использовании в качестве первичного источника тепловой энергии в виде грубо- или тонкодисперсной водоугольной суспензии, производимой непосредственно на угледобывающих предприятиях или же в других более подходящих по тем или иным соображениям местах угледобывающего региона.

Само собой разумеется, что в предлагаемой инновационной комплексно-интегрированной системе коммунального теплоснабжения могут быть использованы одновременно плазмохимическая технология с газификацией угля (ВУС) и хемосорбционная с применением двуокиси углерода (CO_2).

Последнее замечание становится особенно важным в силу того, что, судя по многим имеющимся данным, сегодня во всем мире существенно изменяются представления о месте и роли производимого (техногенного) в мире инертного углекислого газа (CO_2), все более и более превращающегося из «опасного парникового газа» в важный источник получения энергии и активный компонент рабочих тел в ряде технологических процессов и производств.

Так, например, (см. ниже литературные источники [21,22]) в отличие от всевозможных хлорорганических соединений, широко используемых сегодня в мире для повышения нефтеотдачи при добыче нефти и, как это выясняется сегодня, нередко просто «отравляющих» добываемую нефть, использование именно CO_2 в качестве рабочего тела (агента) для нагнетания в нефтяные пласты с целью повышения нефтеизвлечения, становится все более актуальным и востребованным.

Более того, «добыча» этого самого CO_2 просто из воздуха или даже со дна мирового океана [18,19], его конверсия в синтез-газ, превращаемый затем, например, в моторные топлива, становится не просто какими-то несбыточными фантазиями, а приобретает, как это показано на рисунке 6, вполне осязаемые очертания. При этом можно отметить также и то, что именно синтез-газ, получаемый сегодня, главным образом, из дорогостоящего природного газа, становится все более и более востребованным в таких важнейших отраслях экономики, как металлургия для получения прямо восстановленного (бездоменного) железа и всей химической отрасли. Это, кстати говоря, свидетельствует также и о том, что

превращение угледобывающей отрасли из традиционного (к большому сожалению уже очень затянувшегося во времени [20]), простого поставщика угля в его (условно говоря) первозданном виде, в отрасль производящую современные виды топлива, становится не просто востребованным, но и является вполне реальным.



Рисунок 6. Экспериментальная система получения «из воздуха» углеродно-нейтрального моторного топлива Швейцарской высшей технической школы Цюриха

- 9 **Документы:** 1. Письмо-обращение ООО «Техноподземэнерго» на имя Первого заместителя Губернатора Кемеровской области В.Н.Телегина от 27.06.2019 г. № АИ-01.095.19 касательно развития работ по модернизации, повышению энергоэффективности и обеспечению экологической чистоты производства коммунального теплоснабжения в жилищно-коммунальном хозяйстве области.
2. Письмо-обращение ООО «Техноподземэнерго» на имя Директора Регионального фонда развития промышленности Кемеровской области В.В.Маслова от 02.07.2019 г. № АИ-01.097.19 об оказании поддержки в разработке и осуществлении инновационного проекта *«Люберецкий опытно-экспериментальный комплекс оборудования плазмохимической газификации угля и углекислотной конверсии углеродсодержащих газов в*

	<p><i>синтез-газ (Люберецкий ОЭКО ПХГУ)», как первого этапа реализации пилотного проекта предлагаемой инновационной комплексно-интегрированной технологии коммунального теплоснабжения в ЖКХ угледобывающих регионов страны.</i></p> <p>3. Письмо-ответ ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» от 25.06.2019 г. № 2-04/159 на запрос ООО «Техноподземэнерго» относительно возможностей проведения совместных работ по инновационным энерготехнологическим технологиям для отраслей промышленности.</p> <p>4. Резюме-Люберецкий ОЭКО-ПХГУ_ГИСП_ФРП_project_8681957-26.06.2019.</p>
10	<p>Литературные ссылки: 1. Сайт ООО «Техноподземэнерго» www.oootpeavi.ru</p> <p>2. Сайт ГНЦ ФГУП http://kerc.msk.ru/</p> <p>3. Ильюша А.В., Глазов Д.Д., Картавый Н.Г., Малышев Ю.Н., Разумняк Н.Л. Способ отработки угольных пластов и комплекс оборудования для его осуществления. – Патент РФ № 1836876 опубликовано 30.12.1994 г. — Патентообладатель — СНТТ «Техноподземэнерго».</p> <p>4. Ильюша А.В., Глазов Д.Д., Малышев Ю.Н., Разумняк Н.Л., Серов В.И. Способ отработки угольных пластов и комплекс оборудования для его осуществления. – Патент РФ № 2003790 опубликовано 17.09.1990 г. — Патентообладатель — СНТТ «Техноподземэнерго».</p> <p>5. Ильюша А.В., Золотых С.С., Каширин В.И., Федорович Е.Д., Фомин Е.В., Чайка Е.А. Способ подземной разработки угольных пластов и комплекс оборудования для его осуществления. – Патент РФ № 2046949 опубликовано: 27.10.1995. – Патентообладатель – СНТТ «Техноподземэнерго».</p> <p>6. Ильюша А.В., Ишхнели О.Г., Золотых С.С. Способ подземной разработки угольных месторождений и производства электроэнергии. – Заявка 94023017 от 06.07.1994, опубликовано 10.06.1996 г. -Заявитель – СНТТ «Техноподземэнерго».</p> <p>7. Ильюша А.В., Фомин Е.В. Способ отработки угольных пластов и производства электроэнергии и комплекс оборудования для его осуществления. — Заявка 95102723/03, 24.02.1995, опубликовано 20.12.1996 г. – Заявитель – СНТТ «Техноподземэнерго».</p> <p>8. Коротеев А.С., Миронов В.М., Свирчук Ю.С. Плазматроны: конструкции, характеристики, расчет. М.: "Машиностроение", 1993 год, 296 с.</p> <p>9. Голиков А.Н., Зайкин Н.С., Свирчук Ю.С. Патент РФ на изобретение «Трехфазный электродуговой плазматрон и способ его запуска» № 2577332 опубликован 20.03.2016 г. в бюллетене «Изобретения. Полезные модели» № 8. – Патентообладатель: ФГУП «Центр Келдыша».</p> <p>10. Свирчук Ю.С. Патент РФ на изобретение «Электродуговой трехфазный плазматрон» № 2578197 опубликован 27.05.2016 г. в бюллетене «Изобретения. Полезные модели» № 15. – Патентообладатель: ФГУП «Центр Келдыша».</p> <p>11. Иванов А.В., Ребров С.Г., Пономарев Н.Б., Голиков А.Н., Моталин Г.А., Плетнев Н.В., Архипов А.Б., Жигарев Л.Ф., Беляев В.С., Юлдашев Э.М., Рачук В.С., Гутерман В.Ю. Патент РФ на изобретение «Способ воспламенения компонентов топлива в камере сгорания» № 2326263 опубликован 10.06.2008 в бюллетене «Изобретения. Полезные модели» № 16. – Патентообладатели: ФГУП «Центр Келдыша» и ОАО «Конструкторское бюро химавтоматики».</p>

12. Ребров С.Г., Голиков А.Н., Голубев В.А., Кочанов А.В., Клименко А.Г. Патент РФ на изобретение «Ракетный двигатель малой тяги, работающий на несамовоспламеняющихся газообразном окислителе и жидком горючем, и способ его запуска» № 2400644 опубликован 27.10.2010 г. в бюллетене «Изобретения. Полезные модели» № 15. – Патентообладатель: ФГУП «Центр Келдыша».
13. Рачук В.С., Завизион Г.И., Гутерман В.Ю., Рубинский В.Р., Губертов А.М., Ребров С. Г., Голиков А.Н., Голубев В.А. Патент РФ на изобретение «Лазерное устройство воспламенения компонентов топлива (Варианты)» № 2451818 опубликовано 27.05.2012 г. в бюллетене «Изобретения. Полезные модели» № 15. – Патентообладатель: ФГУП «Центр Келдыша».
14. Ребров С.Г., Голубев В.А., Голиков А.Н. Патент на изобретение РФ «Камера жидкостного ракетного двигателя или газогенератора с лазерным устройством воспламенения компонентов топлива и способ ее запуска») № 2468240 опубликован 27.12.2012 г. в бюллетене «Изобретения. Полезные модели» № 15. – Патентообладатель: ФГУП «Центр Келдыша».
15. Коротеев А.С. и Альков Н.Г. Патент РФ на изобретение «Способ теплоснабжения и устройство для его осуществления» № 2260157 опубликовано 10.09.2005 г. в бюллетене «Изобретения. Полезные модели» № 25. – Патентообладатель: ФГУП «Центр Келдыша».
16. Боровиков Ю.С., Матвеев А.С., Савостьянова Л.В., Моисеев В.А., Моисеев А.В., Андриенко В.Г., Пилецкий В.Г., Митрофанов Н.И., Донченко В.А., Зелинский Р.В. Патент на изобретение РФ «Линия для получения тонкодисперсной водоугольной суспензии» № 2637119 опубликовано 31.05.2017 г. в бюллетене «Изобретения. Полезные модели» № 16. Патентообладатели: ФГАОУ ВО «НИПТУ» и ЗАО «Компомаш ТЭК».
17. Петраков А.Д., Радченко С.М., Яковлев О.П. Патент на изобретение РФ «Способ приготовления кавитационного водоугольного топлива (КаВУТ) и технологическая линия для его осуществления» № 2380399 опубликовано 31.05.2017 г. в бюллетене «Изобретения. Полезные модели» № 16. - Патентообладатели: Петраков А.Д., Радченко С.М., Яковлев О.П.
18. «Идеальная схема»: чистый транспорт на топливе из CO₂ ... - <http://www.nanonewsnet.ru/news/2019/idealnaya-skhemachistyitransportnatoptiveizso2>
19. Швейцарские инженеры научились добывать керосин из воздуха- 02.07.2019. - <http://www.nanonewsnet.ru/news/2019/shveitsarskie-inzhenery-nauchilis-dobyvat-kerosin-iz-vozdukha>
20. Ильюша А.В. Основные направления и принципиальные особенности технологической интеграции энергоугольных производств. – Уголь. № 7, 2002, с. 35-37.
21. Ильюша А.В. и Панков Д.А. Инновационные технологии освоения запасов высоковязкой нефти. - Neftegaz.RU № 7, 2017, с. 26-32 (www.oootpeavi.ru).
22. Ильюша А.В., Воронцов Н.В., Амбарцумян Г.Л. Как нам осваивать Баженовскую свиту. – Время колтюбинга. № 4(062) Декабрь 2017, с. 76-81 (www.oootpeavi.ru).