

УДК: 378.09

doi 10.18101/978-5-9793-0803-6-105-116

**НАПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ
«ПЛАЗМЕННЫЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» ВСГУТУ**

© *Буянтуев Сергей Лубсанович*, доктор технических наук, профессор
Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления
Россия, г. Улан-Удэ
E-mail: buyantuevsl@mail.ru

© *Зонхоев Геннадий Борисович*, кандидат технических наук, доцент
Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления
Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская, 40в

© *Шишулькин Станислав Юрьевич*, кандидат технических наук
Бурятского государственного университета
Россия, г. Улан-Удэ

© *Старинский Иван Васильевич*, кандидат технических наук, доцент
Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления
Россия, г. Улан-Удэ

© *Хмелев Андрей Борисович*, аспирант
Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления
Россия, г. Улан-Удэ

© *Кондратенко Анатолий Сергеевич*, кандидат технических наук
Бурятского государственного университета
Россия, г. Улан-Удэ

© *Алферов Анатолий*, аспирант,
Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления
Россия, г. Улан-Удэ

© *Сультимова Валентина Дампиловна*, кандидат технических наук, доцент
Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления
Россия, г. Улан-Удэ

В работе рассмотрены инновационные технологии научно-исследовательской лаборатории (НИЛ) «Плазменные и энергетические технологии» ВСГУТУ, в которых главным инструментом плазменно-энергетических технологий являются: направленные потоки низкотемпературной плазмы (НТП) и электродуговой разряд. В зависимости от объектов воздействия разработан ряд плазменно-энергетических технологий для внедрения в различные отрасли промышленности и сферы хозяйственной деятельности. Все технологии представлены в едином ключе с точки зрения их инновационной готовности к реализации. Каждая из них основывается на применении низкотемпературной плазмы. В эти технологии входят: применение плазмотронов и плазменных горелок для растопки и подсветки факела пылеугольных котлов, использование комплекс-

ной переработки в плазменном газификаторе для получения синтез-газа, активированных углей и углеродных наноматериалов, переработка горных пород и золошлаковых отходов с использованием плазменного реактора для получения строительных материалов и композитов, а также применение углеродных наночастиц, полученных в процессе плазменной обработки углей, в качестве модифицирующих добавок в бетоны. Более подробные описания инновационных технологий отражены в [1].

Ключевые слова: инновационные технологии, поток низкотемпературной плазмы, электродуговой разряд, инновационная готовность к реализации.

DIRECTIONS OF INNOVATIVE ACTIVITY
OF SCIENTIFIC RESEARCH LABORATORY “PLASMA AND
POWER TECHNOLOGIES” OF EAST SIBERIA STATE UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

Sergey L. Buyantuev, Doctor of Engineering Sciences, Professor,
East Siberia State University of Technology and Management
Ulan-Ude, Russia

Gennady B. Zonkhoev, Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor at East Siberia State University
of Technology and Management
Ulan-Ude, Russia

Stanislav Yu. Shishulkin, Candidate of Engineering Sciences,
Buryat State University
Ulan-Ude, Russia

Ivan V. Starinsky, Candidate of Engineering Sciences,
East Siberia State University of Technology and Management
Ulan-Ude, Russia

Andrei B. Khmelev, Postgraduate Student,
East Siberia State University of Technology and Management
Ulan-Ude, Russia

Anatoly S. Kondratenko, Candidate of Engineering Sciences,
Buryat State University
Ulan-Ude, Russia

Anatoly Alferov, Postgraduate Student, East Siberia State University
of Technology and Management
Ulan-Ude, Russia

Valentina D. Sultimova, Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor at East Siberia State University
of Technology and Management
Ulan-Ude, Russia

The paper discusses innovative technology of research laboratory (RL) "Plasma and energy technologies" of East Siberia State University of Technology and Management. The main tool of plasma-energy technologies are directed streams of low-temperature plasma (LTP) and the electric discharge. Depending on the impact of objects a number of plasma-energy technologies has been developed for implementation in various sectors of industry and business. All the technologies are presented in a unified manner from the point of view of their readiness to implement the innovative. Each of them is based on the use of low-temperature plasma. They are: using of plasmotrons and plasma burner for kindling and backlighting of torch of dust coal boiler, complex recycling in plasma gasifier to obtain syngas, activated carbon and carbon nanomaterials, recycling of rocks and ash waste using the plasma reactor to obtain building materials and composites, and also, applying of carbon nanomaterials used as modifying additives in the concrete. A more detailed description of the innovative technology reflected in [1].

Keywords: innovative technologies, the flow of low-temperature plasma arc discharge, an innovative commitment to implementation.

1. Технологии для большой энергетики

Аннотация: Применение низкотемпературной плазмы в режимах растопки и подсветки факела пылеугольных котлов основывается на электротермохимическом способе подготовки топлива (ЭТХПТ) к сжиганию. Основными устройствами технологии ЭТХПТ являются генераторы НТП — плазмотроны и плазменные горелки соответствующей конструкции.



Рис. 1. Генераторы НТП

Область применения. Пылеугольные котлы тепловых электрических станций с факельным способом сжигания топлива практически любой мощности и марок используемого угля.

Текущая стадия. Технология. Для внедрения требуются лишь предпроектные исследования с последующим представлением сроков окупаемости данной технологии.

Конкурентные преимущества. Вытесняется мазут из топливного цикла электростанции, повышается КПД котла на основе снижения мехнедожега и

снижается уровень вредных выбросов парниковых и токсичных газов за счет подавления их образования в топках котлов. Применение предлагаемых технологий на практике существенно повышает экономическую эффективность и сокращает сроки окупаемости.

Интеллектуальная собственность:

1. Патент № 2059926, Российская Федерация. Способ сжигания низкосортных углей и плазменная пылеугольная горелка для его осуществления / С. Л. Буянтуев [и др.]; заявл. 07.03.95.

2. Патент № 2054599, Российская Федерация. Способ растопки котлоагрегата / С. Л. Буянтуев [и др.]; заявл. 20.02.96.

3. Патент № 2171431, Российская Федерация. Двухступенчатый способ термической подготовки пылевидного топлива и установка для его осуществления / С. Л. Буянтуев [и др.]; заявл. 27.07.01.

4. Патент № 2171426, Российская Федерация. Установка для безмазутной растопки энергетического котла и подсветки пылеугольного факела / С. Л. Буянтуев, Д. Б. Цыдыпов, А. Ц. Доржиев, А. В. Елисафенко; заявл. 27.07.01.

5. Патент № 2180075, Российская Федерация. Способ безмазутной растопки энергетического котла и подсветки пылеугольного факела и установка для его осуществления / С. Л. Буянтуев [и др.]; заявл. 27.02.02.

6. Патент № 2180077, Российская Федерация. Способ растопки котлоагрегата с вихревой горелкой и установка для его осуществления / С. Л. Буянтуев, Д. Б. Цыдыпов, А. В. Елисафенко, Г. Ендонгомбо; заявл. 27.02.02.

2. Технологии для малой энергетики

Аннотация: Использование НТП для котлов малой энергетики основывается на получении горючего газа (синтез-газа) из угля в специальных устройствах — газификаторах с полной или частичной газификацией. При этом возможны два способа реализации полученного синтез-газа (СГ): 1 способ — сжигание в топках котлов малой мощности всего объема СГ; 2 способ — используется принцип совместного сжигания СГ и коксового остатка.

Область применения. Котлы малой мощности с ручной и механической загрузкой топлива, такие как «Братск», «Универсал», «Энергия», а также котлы средней производительности — КЕ, Е, ДЕ, ДКВР, КВ и др.

Текущая стадия. Технология. Для внедрения требуются лишь предпроектные исследования с последующим представлением сроков окупаемости данной технологии.

Конкурентные преимущества. Данная технология позволяет повысить КПД отопительных котлов при одновременном исключении выбросов твердой фракции в атмосферу, повысить экономическую эффективность при словом сжигании различных типов углей в котлах ЖКХ.



Рис. 2. Схема производства и процесс получения генераторного газа

Интеллектуальная собственность:

1. Патент № 2031553, Российская Федерация. Плазменный реактор для газификации углей / С. Л. Буянтуев [и др.]; заявл. 20.03.95.
2. Патент № 2057051, Российская Федерация. Плазменный реактор для газификации углей / С. Л. Буянтуев [и др.]; заявл. 20.12.95.
3. Патент № 2062287, Российская Федерация. Способ газификации углей и установка для его осуществления / С. Л. Буянтуев [и др.]; заявл. 30.03.95.
4. Патент № 2087525, Российская Федерация. Способ газификации углей и электродуговой плазменный реактор для газификации углей / С. Л. Буянтуев [и др.]; заявл. 23.05.96.
5. Патент № 2366861, Российская Федерация. Двухступенчатый способ плазменно-термической подготовки кускового топлива к сжиганию и установка для его осуществления / С. Л. Буянтуев, С. Ю. Шишулькин; опубл. 10.09.09. — Бюл. № 25.

3. Комплексная технология плазменной переработки углей.

Аннотация: Возможности комплексной технологии плазменной переработки углей заключаются в получении:

- горючего синтез-газа с теплотворной способностью не менее 3000–3500 ккал/кг;
- активированного угля;
- углеродных наноматериалов;
- синтетического жидкого топлива (СЖТ).

Активированный уголь, полученный при помощи плазменной технологии, может быть использован для удаления из воды органических загрязнений не природного происхождения — пестицидов, нефтепродуктов и других токсичных веществ, попадающих в открытые водоемы со сточными водами городов и промышленных предприятий.

Область применения. Предприятия угольной промышленности и теплоэнергетика.

Текущая стадия. Комплекс технологий. Для внедрения требуются лишь предпроектные исследования с последующим представлением сроков окупаемости данной технологии.

Конкурентные преимущества. Производство и применение данной технологии на ТЭС позволит снизить затраты на очистку питательной воды, отказавшись от закупок активированного угля за пределами Республики Бурятия. При этом синтез-газ, полученный путем данной технологии, может быть утилизирован в котле ТЭС с одновременным снижением мехнедожега, повышением КПД и снижением вредных выбросов.

Интеллектуальная собственность:

1. Патент № 2056008, Российская Федерация. Способ переработки твердого топлива и плазменная установка для его осуществления / С. Л. Буянтуев, Е. И. Карпенко, Ш. Ш. Ибраев, Ж. Ч. Молонов; заявл. 10.03.96.

2. Патент № 2314996, Российской Федерации. Способ получения активированного угля и установка для его осуществления / С. Л. Буянтуев, И. В. Старинский; заявл. 05.07.06; опубл. 20.01.08. Бюл. № 2.

3. Патент № 2488984, Российская Федерация. Способ получения углеродных наноматериалов с помощью энергии низкотемпературной плазмы и установка для его осуществления [Электронный ресурс] / Б. Б. Дамдинов, А. С. Кондратенко, С. Л. Буянтуев. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/248/2488984.html>

4. Технологии получения строительных и композитных материалов.

4.1. Технология получения базальтового волокна.

4.2. Технология получения теплоизоляционного материала из золошлака.

4.3. Технология применения углеродных наночастиц, полученных в процессе плазменной обработки углей, в качестве модифицирующих добавок в бетоны.

Технология получения базальтового волокна

Аннотация: Перспективность применения базальтового волокна и материалов на его основе определяется его свойствами. Базальтовые волокна не горючи и имеют достаточно высокие характеристики по прочности, химической и термической стойкости. По модулю кислотности M_k , который выражается соотношением $SiO_2+Al_2O_3/CaO+MgO$, базальтовая порода соответствует высшей категории качества, что позволяет использовать однокомпонентную шихту без добавок оксидов и щелочноземельных металлов.

Базальтовая вата и изделия на ее основе обладают высокой термостойкостью (может эксплуатироваться при температурах до 700 °С). Базальтовые волокна применяют в различных отраслях промышленности, в частности, для производства теплоизоляционных материалов, в строительстве, теплоэнергетике и др. Основным устройством для производства базальтового волокна являются электромагнитные технологические реакторы (рис. 1).

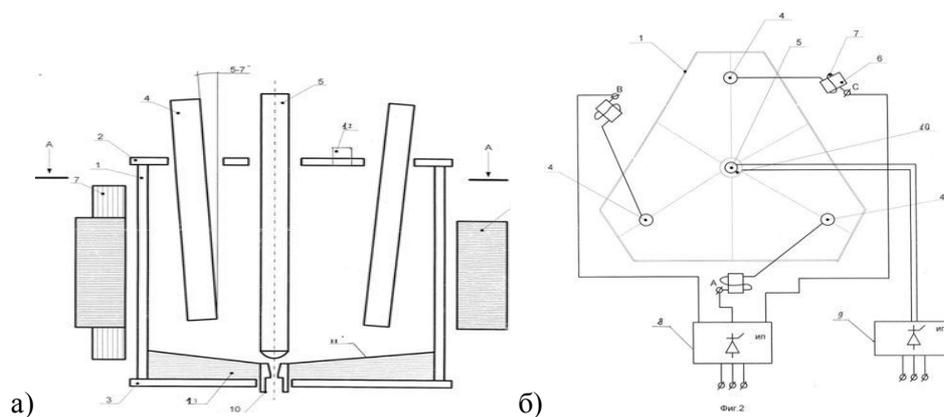


Рис. 3. Продольный (а) и поперечный (б) разрезы электромагнитного технологического реактора: 1 — реакционная камера; 2 — водоохлаждаемая крышка; 3 — водоохлаждаемое дно; 4 — стержневые электроды; 5 — стержневой запирающий электрод; 6 — полюсный наконечник; 7 — серийная обмотка; 8 — источник питания; 9 — дополнительный источник питания для подогрева струи; 10 — устройство для вывода расплава (летка); 11 — футерованное днище камеры; 12 — патрубок в реакционную камеру для подачи сырья; 13 — футеровка.

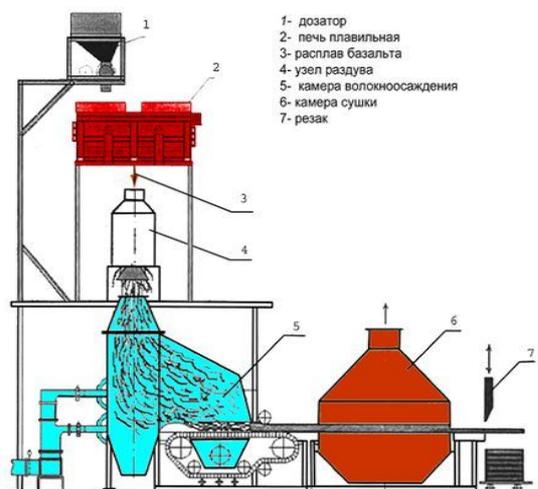


Рис. 4. Схема установки для получения волокна



Рис. 5. Выход готового базальтового волокна

Область применения: Приведенные свойства базальтового волокна позволяют применять его для армирования асфальтобетонных покрытий дорог, бетонных конструкций мостов, тоннелей, плотин, конструкций перекрытий и др., т. е. там, где воздействие влаги, солей и химически активных сред приводит к коррозии металлической арматуры. Благодаря своей химической стойкости базальтовые волокна являются незаменимым материалом для изготовления фильтров очистки промышленных стоков. Базальтовые волокна обладают хорошей водо- и щелочестойкостью и по всем параметрам соответствуют ГОСТ.

Текущая стадия. В настоящее время существует несколько промышленных установок по производству базальтового волокна. Продолжаются научно-технические исследования по совершенствованию данной технологии.

Конкурентные преимущества. Малотоннажные плазменные установки производительностью 150–250 кг/час могут быть установлены вблизи потребителя при наличии сырья (базальта), что значительно сокращает расходы на транспортировку теплоизоляционных материалов, обладающих малой плотностью (100–250 кг/м³). Энергозатраты на производство теплоизоляционных волокнистых материалов на данной установке составляет 1–3 кВт·ч. на 1 кг изделия. Данная установка является более эффективной по удельному потреблению энергоносителей, примерно в 2–3 раза экономичнее по сравнению с известными установками для получения волокнистых материалов при том же качестве расплава и базальтового волокна.

Интеллектуальная собственность:

1. Патент на изобретение № 2270810, Российская Федерация. «Способ получения минеральной ваты и установка для его осуществления» / С. Л. Буянтуев, В. Д. Сульtimiова; заявл. 27.02.06.

2. Патент на изобретение № 2533565, Российская Федерация. Плазменный способ получения минеральной ваты и установка для его осуществления / С. Л. Буянтуев, С. Ю. Шишулькин; заявл. 07.11.2013; опубл. 20.11.2014. Бюл. № 32.

Технология получения теплоизоляционного материала из золошлака

Аннотация: Для производства теплоизоляционного материала большое значение имеет использование не только добываемых горных пород, но и местных техногенных отходов, образующихся, в частности, при сжигании твердых топлив. При этом наибольший экономический эффект достигается благодаря тому, что происходит ориентация технологий и оборудования и на природную сырьевую базу, и на отходы местных промышленных производств.

Область применения: В результате проведенных исследований по установлению принципиальной возможности плавления исходного сырья выявлено, что золошлаковые отходы местных углей для получения минеральных (шлаковых) волокон по химическому составу входят в следующие пределы: 45–65% SiO₂; 10–25 % Al₂O₃; 10–45 % CaO; 5–10 % MgO; прочие породы (не более 5 %). Таким образом, данные техногенные отходы принципиально пригодны для получения из них расплавов и минеральной ваты электротермическим методом.

Текущая стадия. Технология. Для внедрения требуются лишь предпроектные исследования с последующим представлением сроков окупаемости данной технологии.

Конкурентные преимущества. Удельные энергозатраты данных процессов укладываются в пределы 1,1–1,3 кВт·ч/кг. Для сравнения необходимо отметить, что удельные затраты электроэнергии в известных высокочастотных промышленных плавильных установках составляет 5–6 кВт·ч/кг.

Интеллектуальная собственность: Патент № 2432719, Российская Федерация. Электромагнитный технологический реактор / С. Л. Буянтуев [и др.]; заявл. 2010.7.13.0; рег. 27.10.11.

Технология применения углеродных наночастиц, полученных в процессе плазменной обработки углей, в качестве модифицирующих добавок в бетоны

Аннотация: При плавлении золошлакоотхода, в котором содержится до 2–5 % невыгоревшего углерода (мехнедожег), были обнаружены углеродные наноматериалы в виде ультрадисперсной сажи, накапливающейся на водоохлаждаемых поверхностях и в камере очистки газа. Процесс образования сажи заключается в возгонке-десублимации части углерода, находящегося в золошлаке, и электродного графита.

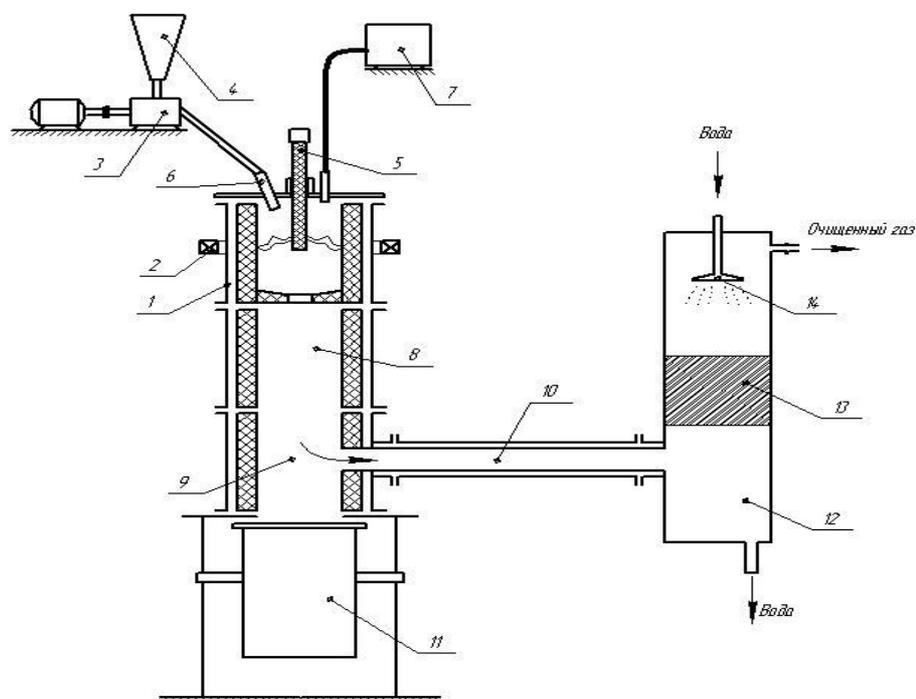
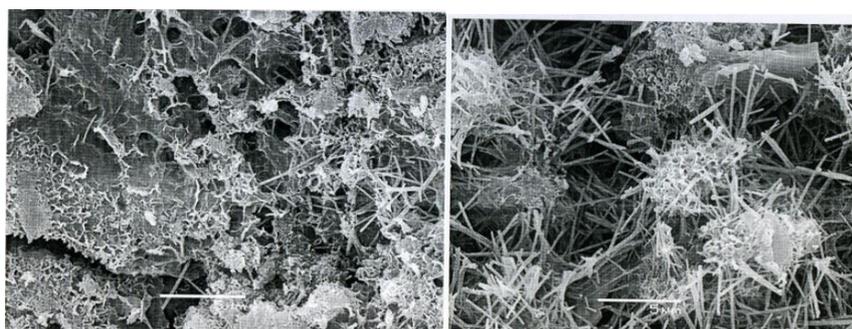


Рис. 6. Плазменный модульный реактор

- 1 — реактор; 2 — магнитная катушка; 3 — дозатор; 4 — бункер сырья;
 5 — катод; 6 — эжектор; 7 — парогенератор; 8 — камера муфеля;
 9 — камера разделения; 10 — труба вывода газа; 11 — сборник твердого остатка;
 12 — скруббер; 13 — фильтр; 14 — ороситель



а)

б)

Рис. 7. Электронно-микроскопические снимки бетона после твердения:
 а) без модификатора (прерывистый каркас, кристаллиты разной толщины,
 следовательно, прочность снижена); б) с добавкой модификатора
 (сплошной равномерно разветвленный однородный гетерофазный каркас)

Область применения: Обнаруженные углеродные наноматериалы нашли дальнейшее применение в строительном материаловедении, в частности, в качестве добавки в высокопрочные сырьевые бетонные смеси и другие материалы.

Текущая стадия. Для внедрения требуются лишь предпроектные исследования с последующим представлением сроков окупаемости данной технологии.

Конкурентные преимущества. Использование в составе композиций углеродных наноматериалов, в результате их комплексного физико-химического воздействия на все стадии образования и твердения камня из вяжущего, привело к ускорению твердения, увеличению прочностных качеств бетона на 25–35 % от прототипа без модификатора, уменьшению расхода воды на 11–18 %. Эффект увеличения прочности бетона достигается вследствие применения в составе сырьевой смеси углеродного наноматериала без дополнительного применения суперпластификатора, что вызывает усиление гетерофазных границ контактных зон и повышение прочности бетона.

Интеллектуальная собственность:

1. Патент № 2466110, Российская Федерация. Сырьевая смесь для высокопрочного бетона / С. Л. Буянтуев, Л. А. Урханова, С. А. Лхасаранов, А. С. Кондратенко; заявл. 10.11.12.

2. Патент № 2488984, Российская Федерация. Способ получения углеродных наноматериалов с помощью энергии низкотемпературной плазмы и установка для его осуществления [Электронный ресурс] / Б. Б. Дамдинов, А. С. Кондратенко, С. Л. Буянтуев. URL: [http://www/findpatent.ru/248/2488984.html](http://www.findpatent.ru/248/2488984.html)

5. Технологии утилизации отходов (бытовых, промышленных, медицинских и пр.)

Аннотация: В настоящее время на республиканском мусороперерабатывающем заводе установлен инсинератор зарубежного производства. Установка автоматизирована и апробирована в работе. Основным недостатком установки — большой расход дизельного топлива, почти 200 литров в час при переработке 200 кг медицинских отходов, т. е. 1 литр на 1 кг отходов. Рассмотрен вариант замены на инсинераторе жидкотопливной системы на плазменную. В результате проведенных исследований была установлена принципиальная возможность замены жидкотопливной системы на плазменную путем установки плазматронов вместо соляровых форсунок.

Область применения: предприятия, занимающиеся утилизацией отходов.

Текущая стадия. В настоящее время проводятся исследования по технико-экономическому обоснованию с последующим представлением сроков окупаемости данной технологии.

Конкурентные преимущества. Реконструкция путем замены жидкотопливной системы на плазменную повысит энергетическую и экологическую

эффективность работы предприятия и, как следствие, его технико-экономические показатели.

Интеллектуальная собственность: Разработана плазменная установка для переработки медицинских отходов модульного типа. Данная установка и разработанная технология включены в «Каталог научно-технических разработок и инновационных проектов Республики Бурятия». Подана заявка на изобретение.

Литература

1. Плазменно-термическая переработка и подготовка углей к сжиганию в энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве: моногр. / С. Л. Буянтуев, Г. Б. Зонхоев, С. Ю. Шишулькин, И. В. Старинский. Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2014.
2. Buyantuev S., Kondratenko A., Khmelev A. // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. vol. 9, № 11. Indonesia. November. P. 2102–2105.