

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ (ТЭО) ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА «СОЗДАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОНСТРУКЦИОННОЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КЕРАМИКИ»

Соскина А.В.

*Соскина Анастасия Валерьевна – магистрант,
кафедра менеджмента, финансов и кредита и бухгалтерского учета
Обнинский институт атомной энергетики (филиал)
Национальный исследовательский ядерный университет
Московский инженерно-физический институт, г. Обнинск*

Аннотация: в статье анализируется создание производства изделий из неметаллических материалов полного цикла для различных отраслей промышленности.

Ключевые слова: развитие, инновации, анализ, технологии.

Развитие основных отраслей промышленности невозможно без широкого внедрения инновационных разработок, серьезной модернизации существующих и строительства новых современных производств с новейшим оборудованием и разработкой энергоэффективных технологических процессов и технологических циклов.

Приоритетное развитие энергетической отрасли, в том числе и распределенной альтернативной энергетики, электронной и радиоэлектронной промышленности, микроэлектроники, медицины др. невозможно без создания современных производств по изготовлению различных керамических материалов.

В производстве керамики различного назначения, например, для традиционной и нанoeлектроники, Россия отстает от мирового уровня примерно на 8-10 лет, в разработке электроустановок альтернативной «чистой» энергетики - на 2-3 года, в производстве таких установок - на 5-6 лет, в разработке и опытном производстве фронтальной микро - и нанoeлектроники на 2-3 года. Серьезные проблемы из-за отсутствия или недостаточного выпуска комплектующих изделий из керамических материалов существуют на транспорте, в авиации, автомобилестроении и в других отраслях промышленности.

В связи с несоответствием производственного Потенциала российских предприятий мировому научно-техническому уровню, развиваются процессы вытеснения отечественной продукции с внутреннего рынка. Ранее созданный научно-технический задел в указанных отраслях промышленности практически исчерпан. Наука и производство не имеют единых долгосрочных ориентиров научно-технического развития основных отраслей промышленности. Не выделены приоритеты, задающие будущие научно-технические и производственные ориентиры, а также последовательность их реализации.

Цель инновационного проекта - создание производства изделий из неметаллических материалов полного цикла (от исходного сырья до конечного продукта) для различных отраслей промышленности.

Освоение базовых и разработка новых энергоэффективных технологических процессов получения изделий (в том числе с использованием нанотехнологии) из различных керамических материалов:

- циркониевая керамика;
- керамика из алюмомагнезиальной шпинели;
- корундовая керамика;
- нитриды алюминия и кремния;
- пористая керамика и др.

Разработка новых материалов этого класса, отвечающих самым современным техническим и технологическим требованиям для серийного и крупносерийного производства, конкурентоспособных по отношению к продукции ведущих зарубежных фирм.

Сертификация разрабатываемых керамических материалов, которые должны обладать стабильными (воспроизводимыми от партии к партии) свойствами.

Актуальность создания такого предприятия (вместе с перечисленными моментами) связана еще и с тем, что в настоящее время в России нет предприятий, которые обладали бы полным технологическим циклом производства керамических материалов с различными свойствами и разного назначения. Как правило, это ведомственные производства, имеющие специализацию в своей области:

- перерабатывают природное сырье или синтезируют керамические порошки определенными методами;
- выпускают узконаправленную номенклатуру изделий;

- ориентируют свое производство на импортное сырье и специализируются на изготовлении изделий из этих материалов.

Создание предлагаемого производства в полной мере отвечает мероприятиям и законодательным актам федеральных целевых программ:

- Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергоэффективности»;
- программа развития электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008 - 2015 годы;
- программа развития инфраструктуры наноиндустрии в РФ на 2008 - 2015 годы;
- программа развития оборонно-промышленного комплекса РФ на 2011 - 2015 годы и на период до 2020 года.

Краткое обоснование выбора (для исследования и разработки) материалов и сектора (отрасли) экономики, в котором они могут быть внедрены.

Самым распространенным и дешевым керамическим материалом является оксид алюминия Al_2O_3 (корунд). Он обладает хорошими структурно-чувствительными свойствами, высокой температурой плавления, высоким электросопротивлением и удовлетворительной механической прочностью. Корундовая керамика широко применяется в самых различных областях техники (радиоэлектроника, электровакуумная техника - как электроизоляционный материал).

Прозрачная керамика «Поликор» используется в авиастроении и космической технике, применяется для изготовления «подложек» интегральных схем. Пористая корундовая керамика - хороший теплоизолятор при температурах до 1500°C .

Керамика из $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$ нашла практическое применение для изготовления твердых электролитов, а, именно, натриевого Р-глинозема ($\text{NaAl}_{11}\text{O}_{17}$), в структуре которого присутствуют ионы подвижного натрия, определяющие высокую электропроводность этого соединения.

Интенсивное развитие атомной и ракетной техники, микро-радиоэлектроники и др. потребовало создание новых керамических материалов и изделий из них, обладающих рядом специальных свойств (функциональная керамика).

Одним из таких материалов является диоксид циркония - ZrO_2 . Твердые растворы диоксида циркония с оксидами элементов второй и третьей групп периодической системы элементов Менделеева характеризуются, наряду с высокой огнеупорностью и низкой теплопроводностью, преимущественно кислородоионной проводимостью в широком диапазоне температур и давлений кислорода. Стабилизированный в том или ином кристаллическом состоянии диоксид циркония имеет высокую механическую прочность вплоть до температуры 2000°C , высокую устойчивость в расплавах стекла, металлов, стабилен в вакууме, окислительной и восстановительной атмосфере. Такие диоксид циркониевые материалы нашли применение:

- в качестве различных огнеупорных изделий, используемых для плавки стекла и металлов платиновой группы;
- для изготовления нагревателей в высокотемпературных нагревательных установках;
- для различных защитных покрытий металлоконструкций от окисления и испарения;
- для изготовления тонкой керамической ленты, а также тонкостенных изделий различного профиля;
- как твердые электролиты для целого ряда электрохимических устройств, таких как:
 - а) твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ);
 - б) электролизеры, для разложения водяного пара и получения кислорода и водорода;
 - в) электрохимические датчики кислорода и влажности при повышенных температурах;
 - г) устройства для очистки расплавленных сред от кислорода;
 - д) датчики кислорода для автомобилей (лямбда-зонды);
 - е) устройства для исследования степени нестехиометричности различных оксидных соединений.

Широкое использование в последние время нашли многокомпонентные оксидные материалы - шпинели. Это обширный класс соединений, кристаллизующихся в кубической фазе. Число шпинелей очень велико, их свойства и области применения весьма разнообразны.

Наиболее полно изучена и часто применяется алюмомагнезильная шпинель - MgAl_2O_4 . Благодаря высокой температуре плавления (примерно 2135°C) этот материал применяется как огнеупорный и его свойства сопоставимы со свойствами оксидной керамики. Эта шпинель химически устойчива, не разлагается на оксиды вплоть до температуры плавления, не вступает в реакции с концентрированными минеральными кислотами. С добавками оксида магния она лучше «спекается» и обладает большой прочностью. Различные по величине добавки MgO меняют коэффициент линейного термического расширения этой шпинели в широком диапазоне значений, что позволяет создавать герметичные соединения ее с другими керамическими и металлическими материалами в различных конструкциях.

Бескислородные керамические материалы, такие как нитрид кремния - Si_3N_4 и особенно нитрид алюминия - AlN нашли широкое применение - как полупроводниковые материалы с высокой теплопроводностью (80-100 Вт/м·К). Так, например, нитрид алюминия, обладая высокой теплопроводностью и высокой прочностью при сжатии, имеет также коэффициент термического линейного расширения, хорошо согласующийся в широкой области температур с вольфрамом и молибденом. Это позволяет создавать металлокерамические конструкции с уменьшенными габаритно-присоединительными размерами. Этот нитрид широко применяется при изготовлении металлокерамических корпусов интегральных схем, термоэлектрических охлаждающих модулей, теплопроводных и вакуумных изоляторов, различных нагревателей и других изделий.

Необходимо отметить, что независимо от вида керамического материала технология его изготовления включает в себя одни и те же основные технологические операции, а, именно:

- подготовку исходных материалов;
- измельчение-смешение компонентов;
- подготовку литевой или прессовочной массы;
- формование полуфабриката;
- удаление временной связки;
- обжиг изделий;
- дополнительные операции (механическая обработка, металлизация и др.).

Конечные свойства керамики в значительной степени зависят от сырьевых материалов и от используемой производственной техники. Для получения изделий ответственного назначения (по функциональным и конструкционным признакам) необходимо использовать высокодисперсные порошки, которые должны обладать стабильными воспроизводимыми свойствами. Применение таких материалов позволит получать однородную и гомогенную, по всему объему, структуру керамического материала и, следовательно, качественную керамику [1].

К сожалению, в России нет четких критериев и требований к исходным керамическим материалам для производства функциональной керамики. Выше упоминалось, что практически каждое предприятие использует свои технические и технологические возможности и определяет свои критерии; поэтому перечень показателей довольно большой, а интервалы их значений имеют широкие пределы. Отсюда нестабильность воспроизводимых свойств керамики по спеканию, фазовому составу, микро-макроструктуре и, вследствие этого, появление значительного брака и увеличение затрат на производство.

При реализации настоящего проекта необходимо выработать обязательные технологические критерии к исходным и синтезируемым керамическим материалам, провести их сертификацию. Необходимо приобрести, освоить и ввести в эксплуатацию новейшее технологическое и аналитическое оборудование.

Аналитическая лаборатория должна иметь оборудование для анализа исходного сырья и синтезируемых материалов (гранулометрический состав, удельная поверхность, химический состав), оборудование для определения физико-механических свойств (плотность, пористость, механическая прочность), электрофизических свойств, структурного и фазового состава.

Керамическое производство должно иметь следующие участки:

- складское помещение для хранения исходного сырья, вспомогательных материалов и химических реактивов;
- участок синтеза керамических материалов;
- помольно-смесительный участок, где производится измельчение и смешение исходных материалов с различными добавками (шихтовка исходных материалов);
- участок формования. В зависимости от формы и конструкции изделий формование может осуществляться несколькими способами:
 - а) прессованием (изделия простой формы);
 - б) горячим литьем под давлением (изделия сложной формы);
 - в) литье керамической ленты на движущуюся подложку (планарные формы изделий);
- участок шелкографии (изготовление трафаретов);
- участок металлизации (нанесение на керамику токопроводящих дорожек);
- участок обжига керамических изделий;
- участок разбраковки;
- участок механической обработки (шлифование изделий и заготовок, изготовление технологической оснастки);
- участок химических и гальванических покрытий;

- участок мойки.

Сборочное производство должно иметь следующие участки:

- участок подготовки металлических деталей и комплектующих изделий;
- участок сборки, сварки и пайки металлических узлов;
- участок тестирования (метрологии) изделий и конструкций;
- участок упаковки готовой продукции.

Перечень необходимого аналитического, лабораторного и промышленного оборудования представлен в приложениях 1 и 2.

Некоторые отрасли промышленности, использующие приборы и установки, в которых применяются конструкции из перечисленных выше керамических материалов.

1. Энергетика

В России примерно 2/3 потребляемой энергии (кроме транспорта) - тепло, 1/3 - электричество. В централизованных сетях тепло производится большей частью оборудованием прошлых поколений с низким КПД. Потери тепла при передаче потребителю превышают 50%. Удельное потребление энергии в России выше, чем в странах ЕС примерно в три раза, что вызвано, в том числе потерями в теплоснабжении. Сегодня у нас в стране находится в эксплуатации примерно 180 тысяч котельных установок и индивидуальных отопительных систем, которыми расходуется до 140 миллионов тонн условного топлива. Износ в сфере ЖКХ более 60% энергетической инфраструктуры (теплоэлектростанции, трубопроводы, электросети), что приводит к увеличенному расходу топлива и значительному загрязнению окружающей среды.

1.1. Газоанализаторы на высокотемпературных твердоэлектrolитных сенсорах.

Газоаналитические приборы нового поколения с использованием твердоэлектrolитных сенсоров позволяют оптимизировать процесс сжигания органического топлива в котлоагрегатах и тем самым экономить топливо и значительно уменьшить экологически вредные выбросы в атмосферу. Простота обслуживания, высокие динамические характеристики, возможность размещения датчика непосредственно в потоке отходящих газов - все это обусловило тенденцию по замене в энергетике всех датчиков кислорода другого типа на электрохимические датчики. Газоанализаторы с твердоэлектrolитными сенсорами разрабатывают и производят многие зарубежные фирмы, а, именно, «Rosemount» и «Термакс» в США, «Amitek» в Германии, «Yokogawa» в Японии и другие. В России успешно внедряются в энергетику и другие отрасли промышленности аналогичные приборы разработки ЗАО «Окон», г. Обнинск Калужской области, газоанализаторы кислорода «ТДК-3» фирмы «Циркон», г. Москва и другие.

Необходимо отметить, что газоанализаторы кислорода модификации «Экон», работающие в интервале температур 25-1400°C, поставляются не только во все территориальные генерирующие компании России, но и в страны СНГ и дальнего зарубежья. ЗАО «Экон», в отличие от всех российских компаний, выпускающих газоаналитические приборы, имеет свое керамическое производство и полностью себя обеспечивает не только твердоэлектrolитными сенсорами, но и всеми необходимыми деталями из оксида алюминия, алюмомагнезиевой шпинели и других керамических материалов.

Использование таких приборов на теплоэнергетических объектах, дает экономию теплоносителя до 5% и снижение на 35-40% экологически вредных выбросов в атмосферу

1.2. Твердооксидные топливные элементы

Значительная часть населенных пунктов России не газифицирована, не обеспечена устойчивым электроснабжением и труднодоступна для наземного транспорта. Это не позволяет приблизить качество жизни населения этих районов к среднему уровню по стране.

В странах ЕС и США планируется к 2035 году получать 80% «чистой» энергии, активно ведется разработка и уже начато малосерийное производство экологичных электроустановок на твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ) с прямым преобразованием до 70% химической энергии топлива в электрическую энергию и высокоэффективным использованием остального тепла для обогрева или охлаждения, что является основой новой распределенной энергетики, дающей потребителю комплексный КПД до 90% при использовании три генерации (электроэнергия, тепло, холод).

Топливный элемент (ТОТЭ) - это гальванический элемент, в котором химическая энергия топлива непосредственно преобразуется в электрическую энергию. При этом топливо непрерывно подводится к одному из электродов элемента, а окислитель к другому. В отличие от обычных аккумуляторов, топливный элемент может работать бесконечно долго, пока к нему подводится топливо и окислитель.

С самого начала исследований проблема топливных элементов предстала как проблема самого электролита, который должен обладать такими уникальными свойствами, как высокая кислородная проводимость при средних температурах и широком интервале парциальных давлений кислорода, высокая химическая активность, достаточная механическая прочность, относительно невысокая стоимостью. Наиболее перспективными материалами для создания ТОТЭ признаны твердые растворы диоксида циркония с оксидами иттрия, скандия, иттербия. Единичный ТОТЭ - это тонкая диафрагма,

разделяющая газовые пространства, в одном из которых воздух (газ-окислитель), а в другом топливный газ (газ-восстановитель). Тонкая мембрана позволяет уменьшить омическое сопротивление, и, как следствие, падение напряжения на электролите, а соответственно, снизить рабочую температуру элемента до (800-900)°С. Электролит может быть несущим, и тогда электроды в виде тонких пористых слоев наносят на электролит, Можно и наоборот использовать несущие электроды, а электролит в виде тонкого слоя тем или иным способом наносить на электрод.

Многие зарубежные фирмы (более 2000) активно ведут разработки в области генераторов на ТОТЭ, а ряд зарубежных предприятий приступил к серийному выпуску таких электрогенераторов. В России в нескольких академических институтах также ведутся исследования в этом направлении.

1.3. Электролиз водяного пара.

Особую важность процесс электролиза водяного пара приобрел в атомно-водородной энергетике. Одним из перспективных «синтетических» топлив является водород, а практически неограниченным сырьем для его производства - вода. Низкотемпературный электролиз водных растворов в целях получения водорода широко используется в промышленности, но его существенным недостатком является большой расход электроэнергии и, соответственно, высокая стоимость водорода. Применение высокотемпературных оксидных электролитов на основе диоксида циркония позволяет проводить электролиз водяного пара при повышенных температурах, благодаря чему открывается возможность существенно снизить расход электроэнергии по принципиальным причинам термодинамического и кинетического характера, а также уменьшить массу и габариты электролизеров.

2. Автотранспорт

Автомобильный транспорт является основным виновником загрязнения воздушного бассейна, поэтому использование датчиков кислорода (А-зондов) для регулирования соотношения топливо-воздух является основой для создания экологически чистого двигателя внутреннего сгорания, причем экономичность двигателя при этом также повышается. Увеличение объемов производства автомобилей, расширение их модельного ряда требует наращивания производства комплектующих изделий и в частности Х-зондов, которые позволяют создавать автомобили соответствующим европейским стандартам «Евро-4» и «Евро-5».

Лямбда-зонд (А-зонд) - датчик кислорода на твердоэлектролитном сенсоре из частично стабилизированного в кубической фазе диоксида циркония, установленный в выпускном коллекторе двигателя, позволяет оценить и оптимизировать количество свободного кислорода в выхлопных газах. В России производство таких приборов отсутствует, в основном из-за того, что отсутствует производство и надежные технологические процессы изготовления стандартизованных исходных материалов для изготовления твердых электролитов с целью обеспечения крупносерийного производства изделий с одинаковыми техническими характеристиками. Организация такого производства у нас в стране - это шаг в сторону импортозамещения этой продукции на нашем рынке.

Основные крупносерийные потребители лямбда-зондов - ОАО «АвтоВаз» и ОАО «Газ». В настоящее время на эти предприятия поставляют приборы фирма «Бош» (Германия) и концерн «Дельфи» (США). Оба наших предприятия заинтересованы в альтернативных поставках кислородных датчиков.

3. Бескислородная керамика.

В радиоэлектронной промышленности новые технологии определяют появление принципиально новых материалов и изделий. Создание приборов с более высоким уровнем интеграции, быстродействия и повышенной мощности требует разработки керамических материалов с повышенной теплопроводностью, хорошим согласованием термомеханических свойств с активными элементами создаваемых приборов, стабильностью функциональных и структурных характеристик при повышенных температурах эксплуатации, миниатюризацию аппаратуры, повышение надежности и долговечности, а следовательно, оптимизацию технологии их производства.

Уже упоминалось, что в большей степени вышеперечисленным критериям удовлетворяют бескислородные керамические материалы - нитриды кремния и алюминия. Эта керамика уже сейчас находит широкое применение, например, при изготовлении интегральных схем, в многокристалльных и гибридных модулях, многослойных и многовыводных платах, в силовой электронике (замена тиристоров и переход на силовые диодные модули), в ВЧ и СВЧ - микроволновых модулях, при производстве теплопроводящих керамических узлов и бесфреоновых микроохладителей. В народном хозяйстве (товары народного потребления) для создания бытовой охлаждающей техники имеют большую перспективу термоэлектрические охлаждающие модули, представляющие собой полупроводниковый прибор, преобразующий электрическую энергию в тепловую на основе эффекта Пельтье.

При пропускании постоянного тока через последовательно соединенные полупроводниковые материалы с «п» и «р» проводимостью на разных слоях выделяется и поглощается тепло. Перепад температур между горячим и холодным спаями достигает более 60°С. Основные преимущества охлаждающих модулей по сравнению с фреоновыми (аммиачными) охладителями следующие:

- рабочий диапазон температур -150....+180°С;

- работа в режиме «охлаждения — нагрев»;
- отсутствие компрессоров и экологически вредных хладагентов (фреон, аммиак);
- малогабаритность и простота монтажа;
- точность поддержания температуры до $0,1^{\circ}\text{C}$.

4. Шпинели

Технология производства изделий из шпинелей, как правило, двухстадийная. Первая стадия - синтез шпинели, вторая - формовка и обжиг. Свойства синтезированных шпинелей во многом зависят от полноты прошедшей реакции шпинелеобразования. Последняя, в свою очередь, зависит от технологических характеристик (дисперсности, гомогенности распределения шихтуемых материалов, чистоты исходных компонентов). Поэтому в таких производствах требования к чистоте исходных материалов, соблюдению стерильности технологических процессов очень велики. В отношении стехиометричности составов они приближаются к требованиям ряда тонкохимических производств.

Алюмомагнезиальная шпинель (АМШ) - MgAl_2O_4 имеет температуру плавления $\sim 2050^{\circ}\text{C}$.

Из этого материала изготавливают вакуум - плотные переходные изоляторы различной конструкции для корпусов интегральных схем, а также используют его в качестве изоляционного высокочастотного материала (проходные изоляторы, подложки, изолирующие кольца). АМШ широко применяется при изготовлении термически устойчивого магнезиального кирпича на шпинелевой связке.

Феррошпинели относятся к классу шпинелей с магнитными свойствами. Общая формула таких соединений - MeFe_2O_4 . Подавляющее большинство железистых шпинелей является ферромагнитными материалами, т.е. обнаруживают магнитные свойства при отсутствии магнитного поля или после его воздействия на них. Неметаллические ферромагнитные вещества получили название - ферриты. Области применения ферритов в современной технике разнообразны и обширны. Их используют в радиолокационных и радиорелейных системах, в качестве элементов памяти в ЭВМ, для постоянных магнитов и в других случаях.

5. Потенциал рынка

В результате реализации настоящего проекта будут разработаны технологии производства модифицированных материалов с целью придания конечному изделию необходимых теплофизических и физико-химических свойств. Это обеспечит повышение некоторых технологических характеристик, по сравнению с другими методами, в том числе по энергопотреблению, массовому выходу годного продукта, однородности распределения и концентрации мелкодисперсных частиц в конечном продукте. Таким образом, новое предприятие внесет весомый вклад в формирование в России единой промышленно-технологической платформы для производства керамических материалов (в том числе модифицированных) и композитов на их основе, для генераторов на ТОТЭ, фронтальной электроники, лямбда-зондов, газоанализаторов различного назначения и т.д. из отечественного сырья, в том числе и из наноматериалов и по отечественным технологиям [2, 3, 4].

Как уже упоминалось выше, основные потребители изделий из различных керамических материалов - предприятия электронной, электротехнической, автомобильной и других отраслей промышленности, медицины (генераторы кислорода и газоанализаторы), жилищно-коммунальное хозяйство.

Ряд предприятий подтвердил желание перейти при изготовлении некоторой своей продукции на алюмонитридную керамику. Потребность только одного предприятия - ОАО «Восход-КРЛЗ» по термоэлектрическим охлаждающим модулям составляет 35-45 тыс. штук в год.

Освоение производства λ -зондов для Российского автопрома является актуальной задачей, т.к. автотранспорт второй по значимости «загрязнитель» атмосферы экологически вредными выбросами. По состоянию на сегодняшний день автомобильная промышленность РФ, в том числе и Калужский автомобильный кластер, зависит от импорта. Изготовление твердоэлектrolитных сенсоров (пробирочный и планарный варианты) позволит освоить от 30% до 50% потенциального рынка.

Сводный анализ потребностей автопрома и объемов возможных продаж автомобильных датчиков кислорода, проведенный ОАО «Автоэлектроника» (г. Калуга), показал, что она составляет 300-400 тысяч штук в год при рыночной стоимости одного датчика 2000-4000 рублей (себестоимость при крупносерийном производстве составит 800—1000 рублей за штуку).

Ориентировочная стоимость сырья (стабилизированного диоксида циркония) и алюмомагнезиальной шпинели - от 1700 до 2500 руб/кг и 2500 руб/кг соответственно. На изготовление одного сенсора необходимо примерно 20 грамм твердого электролита и 15 грамм шпинели.

Ранее упоминалось, что в России примерно 180 тысяч котельных и малых отопительных установок. Изношенность оборудования составляет около 60% и требует немедленной модернизации с целью эффективного сжигания органического топлива и снижения экологически вредных выбросов в атмосферу. Одним из вариантов решения этих задач является внедрение беспробоотборных высокотемпературных газоанализаторов для создания автоматических систем управления, оптимизирующих процесс горения на любых топливосжигающих установках.

По данным ЗАО «Экон», потребность в таких приборах составляет 800-1000 штук в год только для российских предприятий. Уже сейчас газоанализаторы предприятия ЗАО «Экон», реализуются во многие страны СНГ и дальнего зарубежья.

Электрохимическая ячейка такого прибора состоит из твердоэлектролитного сенсора ($ZrO_2 + Y_2O_3$) и алюмомagneзильной шпинели, герметично соединенных между собой. Стоимость одной ячейки ~ 10000 рублей. Расход материалов: твердый электролит около 10 грамм: шпинель (изолятор) - 20 грамм. Сравнительная стоимость основных узлов датчиков газоанализаторов кислорода различных фирм приведена в таблице 1.

ЗАО «Экон» готово внедрить разработанные технологии на вновь создаваемом производстве и в дальнейшем закупать необходимые конструкции сенсорных ячеек.

Совершенствование топливно-энергетического комплекса в ЖКХ, малом и среднем промышленном производстве является приоритетной задачей. Поэтому создание источников энергии с улучшенными характеристиками для стационарных и переносных устройств связи, военного назначения, для спасательных служб является важнейшей задачей.

В связи с этим генераторы на твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ), солнечных батареях и других нетрадиционных источниках тока становятся не экзотикой, а реальной более экономичной, безопасной, экологически чистой энергетикой с неограниченными источниками энергии. Уже разработанные в российских научных организациях генераторы на ТОТЭ могут работать не только на природном газе, но и на биогазе, на газе, полученном при переработке бытовых отходов. Созданы и испытываются энергоустановки мощностью от 1 до 30 кВт. Себестоимость 1 кВт мощности электроустановок на ТОТЭ составляет 400-450 \$ США, а самой электролитической ячейки ~200 \$ США. В Японии, Германии, Австралии и США производятся электроустановки мощностью от 1 до 100 кВт. Стоимость таких установок достигает 40-50 тысяч долларов США. К сожалению, в России нет даже мелкосерийного производства подобной продукции. Основная причина этого в отсутствии исходного сырья - стабилизированного диоксида циркония требуемого качества и соответствующего промышленного оборудования для создания планарных электрохимических ячеек.

Сравнительные характеристики и стоимость элементов газоанализатора кислорода представлены ниже:

1. Rosemount / Германия: положительные стороны: циркониевая ячейка в корпусе из нержавеющей стали; отрицательные: медленный отклик сигнала, легко отравляется вследствие малых размеров чувствительного элемента, для калибровки требуется «диффузор» и большого расхода холодного калибровочного газа, самая высокая цена среди производителей. Цена \$: (Контур-зонд/ ячейка/ устройство нагреватель термopapa) 6074 / 870/ 1283.

2. Ametek / Германия: положительные: циркониевая ячейка и опция горючих газов, самая низкая цена среди поставщиков; отрицательные: медленный отклик сигнала, калибровка медленная и нестабильная, выносной дизайн, получай « по цене и качество», экстракционный и конвективный модуль забивается сажей. Цена \$: (Контур-зонд/ ячейка/ устройство нагреватель термopapa) 4062 /585/ 683.

3. Yokogawa / Япония: положительные: быстрый отклик сигнала, высокоточная циркониевая ячейка, прочный дизайн, разумная цена; отрицательные: не защищена от ударов циркониевая ячейка, сложный процесс калибровки прибора при вводе в эксплуатацию, при работе на угольных котлах требуется дополнительный металлический чехол. Цена \$: (Контур-зонд/ ячейка/ устройство нагреватель термopapa) 5645 / 695 /1095.

4. ЗАО «Экон» / Россия: положительные: быстрый отклик сигнала, долговечная и высокоточная циркониевая ячейка, хороший дизайн, справедливая цена. Цена \$: (Контур-зонд/ячейка/устройство нагреватель термopapa) 3100/310/800 [5].

Основным в мире поставщиком таких порошковых материалов является фирма «Tosoh» (Япония), которая производит их примерно 10-20 тонн в год. Стоимость ~2500-3000 руб./кг.

Заключение.

Данный инновационный проект обладает высокой степенью коммерциализации на различных рынках: промышленном, бытовом, как на отечественном, так и зарубежном. Обладает значительным потенциалом конкурентоспособности

Таблица 1. Приложение. Аналитическое оборудование

Наименование	Фирма производитель	Марка	Примечание
--------------	------------------------	-------	------------

Анализатор удельной поверхности и пористой структуры	Coultronics Франция	Дижисорб 2600	Измерение уд. Поверхности с 0,001 м ² /г по методу БЭТ, определение изотерм абсорбции и десорбции, определение пористости между 10А ⁰ и 700 А ⁰
Анализатор уд. Поверхности	Carlo Erba Strumentaziont Milan Cable Erbadас Италия	Sorpty 1750	
Автоматический поромер	Coultronics Франция	Автопор 9200	Диапазон измерений От 14,5 А ⁰ до 100 мкм по радиусам пор, max давление 4200 кг/см ²
Угломер	Coultronics Франция	Модель 1501	Измеряет угол смачивания. Эта информация нужна при анализе пористости
Порозиметр	Carlo Erba Strumentaziont Milan Cable Erbadас Италия	Porosimetr 2000	
Автопикнометр	Coultronics Франция	Модель 1320	Для определения плотности порошков
Электромеханическая испытательная машина	Walter + bai ag ЗАО «Мелитек» Москва, ул.Обручева 34/63, стр.2	LFM 150-600 кН	Определение прочностных характеристик
Дилатометр	N etzsch-Geratebau GmbH D- 8672 Selb/Bavaria, Wittelsbacherstr,42	DIL 402/7	Температура до 2400°С 1250х300х270 35 кг ,220в 50Гц
Дериватограф	Netzsch-Geratebau GmbH D- 8672 Selb/Bavaria, Wittelsbacherstr,42	STA 409	Температура до 2000°С 545х1160х560 Р=5 кВт, 220в 50 Гц. 120 кг
Универсальный термоанализатор	Setaran Франция	THU 2000K	Позволяет проводить ТГ, ДТГЮ ДТА, анализ выделяющихся газов (ЭГА) Температура до 2400 °С

Рентгеновский флуоресцентный спектрометр	Philips Голландия	EXAMSIX	
Рентгено флуоресцентный спектрометр	Поставщик: производственно- коммерческая группа «Гранат» СПб, Васильевский остров, Средний пр., д. 41 пом. 114		
Измеритель теплопроводности	Россия	ИТМЭ-1	
Седиментограф	Coultronics Франция	Sedigraph 5000	220 в 50 Гц 750x760x500
Лазерный дифракционный микроанализатор	Frisch GmbH Laborgeratbau D-6580 Idar-Oberrhein Industriestr. 8 Германия через компанию «Механобр» Москва, ул. Академика Королева, 13, к. 619	Анализетте 22	Экспресс - анализ зернового состава в диапазоне 0,16 мкм до 1160 мкм

Таблица 2. Приложение. Лабораторное и промышленное оборудование

Наименование	Фирма производитель	Марка	Примечание
Пресс гидравлический	Дорст-машинен унд анлагенбау Г Германия	ТРА 50/2 ТРА 100/3	4400 кг Н х Ш х Г 3300x1450x1425 Р—11 кВт 7300 кг 4100x1970x1400 Р=22
Пресс гидравлический	Маннесман-пульверметал ГмбХ Г Германия 405 Менхенгладбах, Олеркирхвег, 66	DS	
Горизонтальный аппарат для измельчения струйным потоком воздуха	Сэисин Энтерпрайз, лтд. Япония, Токио, Сибуя-ку, Сэндаган Поставщик: «Вако коеки» Москва, Краснопресненская наб., 12	Сингл-Тракк- Жет-Милл	Р=11 кВт/час Масса материала 0,5-2,0 кг Расход воздуха 1,2 м ³ /мин
Планетарная мельница	Frisch GmbH Laborgeratbau D-6580 Idar-Oberrhein Industriestr, 8 Германия	Пульверизетте 5/4	4 стакана по 500мл Футеровка: 93% WC +6% Co; 97% ZrO ₂ LbfVtnh ifhjd
Ванна для ультразвуковой очистки	Frisch GmbH Laborgeratbau D-6580 Idar-Oberrhein Германия	Лаборетте 17	Типоразмер 1: Ванна диаметр 24 см, глубина 13 см, V=6 литров 5 кг, 135 Вт Типоразмер 2:

Печь **	Naberterm Официальный дистрибьютор компания «Миллаб» Москва,Дмитровское шоссе, 100,стр.2	НТС 08/16	С системой подачи газа Р=13 кВт, 3 фаз., 380 в, вес-40 кг, Т=1600°С 450х620х570
Печь **	Naberterm Официальный дистрибьютор компания «Миллаб» Москва,Дмитровское шоссе, 100,стр.2	ЛНТ 08/18	С системой подачи газа Р= кВт, 3 фаз., 380 в, вес-100 кг, Т=Т800°С
Печь **	Naberterm Официальный дистрибьютор компания «Миллаб» Москва,Дмитровское шоссе, 100,стр.2	УНТ 40/22	С замкнутой циркуляцией воды, создание газовой смеси Р= 83кВт, 3 фаз., 380 в,
Печь **	Naberterm Официальный дистрибьютор компания «Миллаб» Москва,Дмитровское шоссе, 100,стр.2	УНТ 100/22	С замкнутой циркуляцией воды, создание газовой смеси Р= 100 кВт, 3 фаз., 380

Список литературы

1. Сердобинцев Ю.П., Харьков М.Ю., Наззал Анан Се. Обзор и анализ применения керамических материалов в различных отраслях промышленности // Современные проблемы науки и образования, 2014. № 1
2. Киселев И.В. Повышение энергетической эффективности твердооксидных топливных элементов и обоснование их применения для энергоснабжения потребителей малой мощности: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва: ФГБОУ ВПО «НИУ МЭИ», 2013. 20 с.
3. Бредихин С.И. Разработка элементной базы ТОТЭ планарной конструкции // «Топливные элементы и энергоустановки на их основе». Черноголовка, 2013.
4. Современная химия. Портал «himki-vaz.ru». Новый электролит для твердооксидных топливных элементов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://himki-vaz.ru/ximicheskaya-otrasl/alternativnoe-toplivo/novyi-elektrolit-dlya-tverdotsidnyx-toplivnyx-elementov.html/> (дата обращения: 10.04.2017).
5. Исследовательский данные ЗАО «ЭКОН» от 2017 года.