

ДАЙДЖЕСТ

«ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ для ТЭК»

Москва, 2024 г.

Уважаемые читатели, перед вами дайджест отечественных научно-исследовательских работ и научно-технических разработок в области водородной энергетики, подготовленный РЭА Минэнерго России.

РЭА Минэнерго России формирует базы и банки данных и организует распространение информации о результатах научно-технической деятельности предприятий и организаций в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 1997 года № 950 «Об утверждении Положения о государственной системе научно-технической информации».

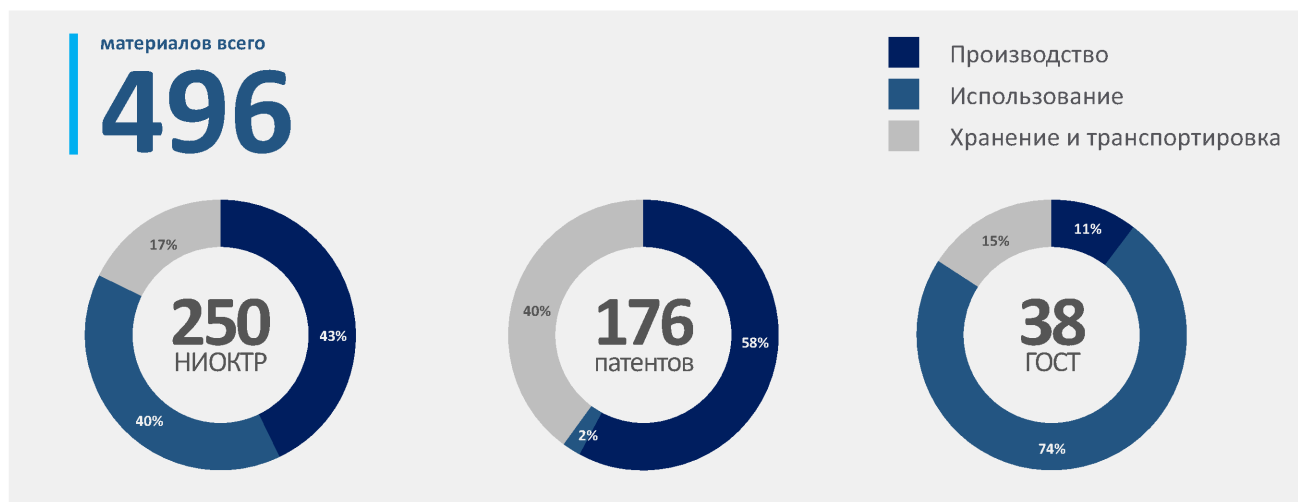
В настоящее время в мире наблюдается повышенное внимание к развитию водородной энергетики. Многие страны мира приняли специализированные государственные стратегии и дорожные карты по развитию водородной энергетики.

В Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 № 1523-р, указано, что водородные энергетические технологии относятся к технологиям, которым отводится особая роль в низкоуглеродном развитии.

Согласно Концепции развития водородной энергетики в Российской Федерации, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 05.08.2021 № 2162-р, задачами развития водородной энергетики в Российской Федерации являются разработка отечественных низкоуглеродных технологий производства и применения водорода, развитие производства оборудования для водородной энергетики, стимулирование спроса на водород и энергетические смеси на его основе на внутреннем рынке Российской Федерации, а также разработка и реализация мер государственной поддержки проектов водородной энергетики, в том числе экспортных.

Для Российской Федерации развитие направления водородной энергетики является естественным ходом развития науки и технологий, продолжением традиционного для нашей страны ресурсосберегающего подхода.

В дайджесте представлена краткая информация о работах российских исследователей, а также ГОСТ, справочники, технические условия, нормативно-правовые акты, руководящие документы за последние 15 лет.



Источники информации

База данных «Промышленные инновации», Единый справочно-информационный фонд РЭА Минэнерго России, Единая государственная информационная система учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения, Федеральный институт промышленной собственности.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОИЗВОДСТВО

НИОКТР	13
СИНТЕЗ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ГРАФИТОПОДОБНОГО НИТРИДА УГЛЕРОДА С УЛЬТРАМАЛЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	13
ФОРМИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО МАССОПЕРЕНОСА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА.....	13
ИССЛЕДОВАНИЕ КИСЛОРОДНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МИКРОТРУБЧАТЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ФАЗОВОЙ ИНВЕРСИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ МЕТОДОВ	13
РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ, НАНОФОТОНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ НА БАЗЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫХ ИОННЫХ ПУЧКОВ.....	14
АКТИВНЫЕ ЦЕНТРЫ «МЕТАЛЛ-КИСЛОРОДНАЯ ВАКАНСИЯ» В ОБЛАСТИ МЕЖФАЗНЫХ ГРАНИЦ ГЕТЕРОГЕННЫХ $M/Se, ZrO_2$ ($M=Ni, Ru, Rh, Pt$) КАТАЛИЗАТОРОВ: ОТ СТРУКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКИ К ДИЗАЙНУ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	14
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА (МЭБ), ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ МЭБ И ЕГО КОМПОНЕНТОВ, ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЯЧЕЕК, СБОРОК ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЯЧЕЕК.....	15
РАЗРАБОТКА НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТВЕРДО-ОКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ И ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	15
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЕДИНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА	16
ПОИСК НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ДЕШЕВОГО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА: ЭКСПЕРИМЕНТ, КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ	16
ДИЗАЙН НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ВЫСОКИМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И ПРОЦЕССОВ В ИНТЕРЕСАХ ВОДОРОДНОЙ И ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.....	17
РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ АВТОНОМНО РЕГУЛИРУЕМОЙ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПУТЕМ ОКИСЛЕНИЯ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СПЛАВОВ В ВОДНЫХ СРЕДАХ.....	17
КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ВОДОРОДНОЙ ЗАПРАВКИ.....	17
ЛАБОРАТОРИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОРОДНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ	18
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕНТАГОНАЛЬНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МНОГООБРАЗНО ДВОЙНИКОВАННЫХ $Pb-Au$ НАНОКАТАЛИЗАТОРОВ В ПРОЦЕССАХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО МЕМБРАННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА.....	19
МОНОАТОМНЫЕ Pb КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ КОВАЛЕНТНЫХ ТРИАЗИНОВЫХ КАРКАСОВ	19
ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ, ХРАНЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДА И ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ СМЕСЕЙ.....	20
КОМПОЗИЦИОННЫЙ УГЛЕРОД-КАРБИДНЫЙ МАТЕРИАЛ Mo_2C-S КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КАТАЛИЗАТОР ПРОЦЕССОВ С УЧАСТИЕМ ВОДОРОДА.....	20
СОЗДАНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ВОДЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ	21
СОЗДАНИЕ НОВОГО ТИПА КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ БИОСЫРЬЯ	21
РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРА И ТЕХНОЛОГИИ РАЗЛОЖЕНИЯ АММИАКА	21
ПЕРЕДОВАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА «ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ»: ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ ВОДОРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ЭТАП 2022 Г.)	22
РАЦИОНАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕ-	

НИЯ ВОДОРОДА	22
ГЕНЕРАЦИЯ ВОДОРОДА В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТЫ УГЛЕВОДОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ЗАХОРОНЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ.....	22
ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ МИКРОБНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ: ПРОДУЦЕНТЫ, ПУТИ ОБРАЗОВАНИЯ, ЛАБОРАТОРНЫЕ МОДЕЛИ ПОЛУЧЕНИЯ.....	23
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ОКСИДА КОБАЛЬТА ДЛЯ ПОЛНОГО ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ВОДЫ И ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ПОД ДЕЙСТВИЕМ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА.....	23
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ДИЗАЙНА МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ $Zr-Al$ ДЛЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АЦЕТАЛЬДЕГИДА ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ	23
РАЗРАБОТКА СТРУКТУРИРОВАННОГО КАТАЛИЗАТОРА И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ПРОВЕДЕНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КОНВЕРСИИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В СИНТЕЗ-ГАЗ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	24
ВЫДЕЛЕНИЕ, ОЧИСТКА, КОМПРИМИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ВОДОРОДА.....	25
УГЛЕРОДНЫЕ ТОЧКИ ДЛЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА.....	25
МАТРИЧНАЯ КОНВЕРСИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ В ВОДОРОД И ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ПРОДУКТЫ.....	25
НОВЫЕ ГИБРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	26
СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ДЕМОНСТРАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА.....	26
ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОЧИСТОГО ВОДОРОДА С ПОМОЩЬЮ МЕМБРАННОГО МОДУЛЯ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЕВЫХ МЕМБРАН	26
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КОНВЕРСИИ ЛЕГКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ И КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ C_1 -ХИМИИ В ЦЕННЫЕ ПРОДУКТЫ.....	27
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПАРЦИАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО И ПОПУТНОГО НЕФТЯНЫХ ГАЗОВ В СИНТЕЗ-ГАЗ, ВОДОРОД, МЕТАНОЛ И ОЛЕФИНЫ.....	27
РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ, НАНОФОТОНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ НА БАЗЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫХ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ПУЧКОВ ИОНОВ	28
СИНТЕЗ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА $Pt, Rh, Pt-Rh$ КАТАЛИЗАТОРОВ НА СТРУКТУРИРОВАННОМ И ВТОРИЧНОМ НОСИТЕЛЕ (ОКСИДЫ АЛЮМИНИЯ БАЙЕРИТНОГО РЯДА) ДЛЯ РЕАКЦИИ ПАРЦИАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В СИНТЕЗ-ГАЗЕ.....	28
ПРЕД-РИФОРМИНГ СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ: ЭКСПЕРИМЕНТ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	28
РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОЙ КОНВЕРСИИ НИЗКОКАЛОРИЙНЫХ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ В СИНГАЗ И ВОДОРОД В РЕЖИМЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ГОРЕНИЯ В ПОДВИЖНОМ СЛОЕ ПОРИСТОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ	29
МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	29
РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИЙ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ В СИНТЕЗ-ГАЗ И ВОДОРОД В РЕАКТОРАХ С ЭФФЕКТИВНОЙ РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА ПРОДУКТОВ	30
СОЗДАНИЕ МЕМБРАННО-КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ МЕТОДАМИ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НА ОСНОВЕ НАНОПОРОШКОВ.....	30
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ПИРОЛИЗЕ, ГАЗИФИКАЦИИ И ЗАЖИГАНИИ УГЛЕЙ КУЗБАССА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	30
ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	31
ГЕНЕРАТОР ВОДОРОДА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	31
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПИРОЛИЗА ПРИРОДНОГО ГАЗА И РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПИРОЛИЗА МЕТАНА	31
РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА МЕТАНА.....	32
РАЗРАБОТКА ХИМИЧЕСКОГО ДИНАМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА СЖАТИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ПУТЕМ ПИРОЛИЗА МЕТАНА	32
РАЗРАБОТКА НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА	32

ИССЛЕДОВАНИЕ ПИРОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СИНТЕЗА И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ РЕАКЦИЙ НАКОПЛЕНИЯ И ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВОДОРОДА	32
РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ОЧИЩЕННОГО ВОДОРОДА ПУТЕМ САМОСОГЛАСОВАННЫХ РЕАКЦИЙ ПРОЦЕССА РИФОРМИНГА ПРОДУКТОВ БИОМАССЫ И СЕЛЕКТИВНОГО ГИДРИРОВАНИЯ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ Ni-Co-СОДЕРЖАЩЕГО ПОРИСТОГО МЕМБРАННО-КАТАЛИТИЧЕСКОГО КОНВЕРТЕРА И СКЕЛЕТНОГО КАТАЛИЗАТОРА	33
МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ ТЕРПИРИДИНОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ	33
СОЛИ АКРИДИНА И ПИРИДИНА: НОВЫЙ КЛАСС КАТАЛИЗАТОРОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА	33
«БЕЗМЕТАЛЛЬНЫЕ» КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ВОДЫ С ПРОТОННО-ОБМЕННЫМИ МЕМБРАНАМИ	34
УСТАНОВЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА И СОЗДАНИЕ ВЫСОКОАКТИВНЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	34
РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ И КОНСТРУИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАНОВОДОРОДНОЙ СМЕСИ И НУЖД ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	34
ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЕ С АСИММЕТРИЕЙ ДАВЛЕНИЯ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ МЭБ	35
БЕЗМЕТАЛЛЬНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ 2,2'-БИПИРИДИНА И 2,2',6,2''-ТЕРПИРИДИНА И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ	35
РАЗРАБОТКА МОСВД ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОУСТОЙЧИВЫХ ИРИДИЙСОДЕРЖАЩИХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ ОКИСЛЕНИЯ ВОДЫ	35
РАЗРАБОТКА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ТВЕРДОКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА	36
ПОВЕРХНОСТНАЯ ФОТОЭМИССИЯ ИЗ МЕТАЛЛ-ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОСТРУКТУР ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО РАСЩЕПЛЕНИЯ ВОДЫ	36
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ КОМПОЗИТНЫХ МЕМБРАННО-КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СИНТЕЗА ВОДОРОДА ИЗ СПИРТОВ И УГЛЕВОДОРОДОВ, ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ И СЕПАРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ	36
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОЛИЗЕР С СИСТЕМОЙ ХРАНЕНИЯ ГЕНЕРИРУЕМЫХ ГАЗОВ ДЛЯ ЭНЕРГОУСТАНОВОК НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ С ВОДОРОДНЫМ ЦИКЛОМ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ	37
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО СОЗДАНИЮ ПИЛОТНЫХ ОБРАЗЦОВ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ ТВЕРДОКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	37
НОВЫЕ ПЛАЗМОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СВЕТОИНДУЦИРОВАННОГО РАСЩЕПЛЕНИЯ ВОДЫ НА ОСНОВЕ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ АНОДИРОВАНИЯ	37
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДОРОДПРОНИЦАЕМЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ВАНАДИЯ	38
РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЧИСТОГО ВОДОРОДА МЕТОДАМИ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА МЕТАНОЛА И ДИМЕТИЛОВОГО ФЭИРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ МЕМБРАННОГО КАТАЛИЗА	38
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУЧЕНИЯ С ИХ УЧАСТИЕМ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УЗЛОВ И ЭЛЕМЕНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ	38
КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ГИДРИДООБРАЗУЮЩИХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СПЛАВОВ И ПОЛИМЕРНЫХ СВЯЗУЮЩИХ: СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА	39
РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕМБРАН ДЛЯ УСТРОЙСТВ ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ ВОДОРОДА И МЕМБРАННЫХ РЕАКТОРОВ	39
ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕТАЛЛ-КЕРАМИЧЕСКИХ ЛАМИНИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ ПРЕКЕРАМИЧЕСКИХ БУМАГ	39
ВЫДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДА С НИЗКИМ УГЛЕРОДНЫМ СЛЕДОМ ИЗ СМЕСЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ С МЕТАНОМ И УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ ЗА СЧЕТ ОЧИСТКИ, КОМПРЕССИИ И ХРАНЕНИЯ В МЕТАЛЛОГИДРИДАХ	39
МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕРНЫЕ МЕМБРАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ	40
ИССЛЕДОВАНИЕ АБСОРБЦИИ ВОДОРОДА РАЗУПОРЯДОЧЕННЫМИ ОЦК СПЛАВАМИ V-Fe	40
МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	41
НАНОГИБРИДЫ МЕТАЛЛ-УГЛЕРОД ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ И ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА	41
ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ АМОРФНЫХ МИКРОПОРИСТЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ КРОСС-СВЯЗАННЫХ ПОЛИТРИАЗИНОВ	41
МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВА НИЗКОУГЛЕРОДНОГО ВОДОРОДА В РОССИИ	41
ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТА ВОДОРОДА В КОМПОЗИТНЫХ МЕМБРАНАХ НА ОСНОВЕ НИОБИЯ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМ ПАЛЛАДИЕВЫМ ПОКРЫТИЕМ	42
ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТРАНСПОРТА ВОДОРОДА В ПАЛЛАДИЙСОДЕРЖАЩИХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ МЕМБРАНАХ С МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ	42
РАЗРАБОТКА КИСЛОРОДНО-ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ЦЕЛЬНОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ГАЗОДИФфуЗИОННОГО ВОДОРОДНОГО ЭЛЕКТРОДА	43
КАТАЛИЗАТОРЫ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ СО В ИЗБЫТКЕ ВОДОРОДА. СИНТЕЗИРОВАННЫЕ МЕТОДОМ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ МЕТАЛЛОКСИДНЫХ СИСТЕМ	43
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ И УГЛЕРОДНЫХ МАТРИЦ И НОСИТЕЛЕЙ	43
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ДЛЯ ВОДОРОДНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ РЕАКЦИЙ В ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ	43
КАТАЛИТИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ ЭТАНОЛА КАК МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	44
НОВЫЕ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	44
ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ, СТАБИЛЬНОСТЬ И ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ CaSO ₃ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	44
ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ И УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	45
НОВЫЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ Pt-СОДЕРЖАЩИЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ РЕАКЦИИ ЭЛЕКТРООКИСЛЕНИЯ МЕТАНОЛА	45
РАЗВИТИЕ ПОДХОДОВ К ДИЗАЙНУ СТРУКТУРИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПЕРЕРАБОТКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЕ СМЕСИ ДЛЯ ПИТАНИЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	45
ПРИРОДА ВЫСОКОЙ ГИДРОГЕНАЗНОЙ АКТИВНОСТИ КЛАТРОХЕЛАТОВ D-МЕТАЛЛОВ И ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ НА ИХ ОСНОВЕ: ПОЛУЧЕНИЕ (ПРЕ)КАТАЛИЗАТОРОВ НОВЫХ ТИПОВ, ИХ ИММОБИЛИЗАЦИЯ НА УГЛЕРОДНЫЕ И ОКСИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ЭЛЕКТРО- И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА ИЗ ВОДЫ И Н-КИСЛОТ	46
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМАССЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА	46
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПАРОВОЗДУШНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ В ПОТОЧНОЙ УСТАНОВКЕ	47
КИНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОНВЕРСИИ УГЛЯ В РЕЖИМЕ ГАЗИФИКАЦИИ	47
ВЛИЯНИЕ ВОДЯНОГО ПАРА НА РЕАКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕХАНОАКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ И СОСТАВ СИНТЕЗ-ГАЗА В ПОТОЧНОМ ГАЗИФИКАТОРЕ С ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ ДУГЛЯ	48
РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ СИСТЕМ И МИКРОСФЕР ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗОЛ	48

СОЗДАНИЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ФОСФИДА КОБАЛЬТА И ГРАФИТОПОДОБНОГО НИТРИДА УГЛЕРОДА ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА И ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИЗЛУЧЕНИЯ ВИДИМОГО ДИАПАЗОНА48

КАТАЛИЗАТОРЫ И ПРОЦЕССЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ, ВКЛЮЧАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗУ И ДРУГИЕ БИОПОЛИМЕРЫ48

БЕЗМЕТАЛЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И СИНТЕЗ-ГАЗА: КИНЕТИКА, МЕХАНИЗМ И СТРУКТУРНЫЙ ДИЗАЙН КАТАЛИЗАТОРОВ49

КОМПЛЕКСЫ ПЛАТИНЫ(IV) С НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ОКСО-ЛИГАНДАМИ: ОБРАЗОВАНИЕ, СТРОЕНИЕ И ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КАТАЛИЗА50

ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕЗ-ГАЗА ПУТЕМ УГЛЕКИСЛОТНОЙ КОНВЕРСИИ ЭТАНОЛА НА КАТАЛИЗАТОРАХ, ПРИГОТОВЛЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДОВ50

НОВЫЕ ГИБРИДНЫЕ ПОЛИОКСОМЕТАЛЛАТЫ, СОДЕРЖАЩИЕ БИЯДЕРНЫЕ КЛАСТЕРЫ МОЛИБДЕНА И ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ N-ДОНОРНЫЕ ЛИГАНДЫ51

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА, ВОДЫ И АКТИВНЫХ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В РАМКАХ ОБОСНОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА С ГЕНЕРАЦИЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ51

ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, РАДИОЭКОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННАЯ ХИМИЯ51

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ52

СОЗДАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ САМОСБОРКИ НАНОСЛОЕВ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭКСФОЛИАЦИЕЙ СЛОИСТЫХ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ И СЛОИСТЫХ ДВОЙНЫХ ГИДРОКСИДОВ52

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА В СОСТАВЕ УГЛЕКИСЛОТЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ53

ДИССЕРТАЦИИ53

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ ЛИГНИНА В ВОДОРОД И СИНТЕЗ-ГАЗ, СТИМУЛИРОВАННОЕ МИКРОВОЛНОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ53

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА ПАРОВОЙ КОНВЕРСИЕЙ ЭТАНОЛА НА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МЕТАЛЛ-УГЛЕРОДНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ В МЕМБРАННОМ РЕАКТОРЕ53

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ХРОМ-МАРГАНЦЕВЫХ ОКСИДОВ СО СТРУКТУРОЙ ШПИНЕЛИ ДЛЯ ПРОЦЕССА ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ ЭТАНОЛА54

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ Ni и Fe₂O₃ МЕТОДОМ СВС В РАСТВОРАХ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ54

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕЗОЗАМЕЩЕННЫХ ВОДОРАСТВОРИМЫХ Sn-ПОРФИРИНОВ В КАЧЕСТВЕ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ В СИСТЕМЕ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА, СОДЕРЖАЩЕЙ КОМПОЗИТ TiO₂-Pt54

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА Ni-СОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ ЭТАНОЛА И ГЛИЦЕРИНА55

ПРЕВРАЩЕНИЕ БИОСУБСТРАТОВ И ДМЭ НА ГИБРИДНОМ МЕМБРАННО-КАТАЛИТИЧЕСКОМ КОНВЕРТЕРЕ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА И ВОДОРОДА55

ПАРОВОЙ РИФОРМИНГ МЕТАНОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА УГЛЕРОДНЫХ И ОКСИДНЫХ НОСИТЕЛЯХ55

ПАРОВАЯ КОНВЕРСИЯ ДИМЕТОКСИМЕТАНА В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЙ ГАЗ: КАТАЛИЗАТОРЫ И МЕХАНИЗМ РЕАКЦИИ55

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ОКСИДА ЖЕЛЕЗА И КАТАЛИЗАТОРА СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНОЙ КОНВЕРСИИ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА НА ЕГО ОСНОВЕ55

ТРЕУГОЛЬНЫЕ ХАЛЬКОГЕНИДНЫЕ КЛАСТЕРЫ МОЛИБДЕНА И ВОЛЬФРАМА: ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННАЯ МОДИФИКАЦИЯ, РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА56

СЛОИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ДИСУЛЬФИДА МОЛИБДЕНА С АЗОТСОДЕРЖАЩИМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ МОЛЕКУЛАМИ: СТРОЕНИЕ И ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА56

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ОРГАНИЧЕСКИХ СУБСТРАТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВИДИМОГО СВЕТА56

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ЯЧЕЕК ДЛЯ ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ВОДЫ57

ПОЛУЧЕНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ Mo-C-N В ПЛАЗМЕ АТМОСФЕРНОГО ДУГОВОГО РАЗРЯДА57

ПАТЕНТЫ57

СПОСОБ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА57

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ58

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ CO, H₂ И МЕТАНОЛА ИЗ СИНТЕЗ-ГАЗА, В ЧАСТНОСТИ ИЗ ОТХОДЯЩЕГО ГАЗА ПРОИЗВОДСТВА АЦЕТИЛЕНА58

СПОСОБ И УСТАНОВКА ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА58

СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ОТВОДИМОГО ПАРА58

СИСТЕМА КОНТРОЛИРУЕМОЙ ВЫРАБОТКИ ВОДОРОДА НА МЕСТЕ ПО НЕОБХОДИМОСТИ ПРИ ПОМОЩИ ВТОРИЧНОГО ЖИДКОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО РЕАГЕНТА И СПОСОБ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЙ В СИСТЕМЕ59

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА59

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ АТОМАРНОГО ВОДОРОДА59

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ АТОМАРНОГО ВОДОРОДА59

СИСТЕМА И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА59

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИСХОДЯ ИЗ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ, ГАЗООБРАЗНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ И/ИЛИ КИСЛОРОДОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ БИОМАССЫ60

УСТАНОВКА И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА60

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЧИСТОГО ВОДОРОДА60

ОРГАНИЗАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ60

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ УНИФИЦИРОВАННЫЙ СПОСОБ ГЕНЕРАЦИИ СИНТЕЗ-ГАЗА ИЗ УГЛЕВОДОРОДОВ61

ТРУБА РИФОРМЕРА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА61

СПОСОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА61

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА И РЕАКТОР ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЭТОГО СПОСОБА61

СПОСОБ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРА (ВАРИАНТЫ)62

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАНО-ВОДОРОДНОЙ СМЕСИ И ВОДОРОДА62

СПОСОБ ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ АВТОТЕРМИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ РИФОРМИНГА62

СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ62

КАТАЛИЗАТОР РЕФОРМИНГА62

СПОСОБ СУХОГО ТУШЕНИЯ КОКСА ПОСРЕДСТВОМ ПАРА С ПОСЛЕДУЮЩИМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ СИНТЕЗ-ГАЗА63

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ РИФОРМИНГА И РИФОРМИНГ МЕТАНА63

СПОСОБ АКТИВАЦИИ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА63

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА, МОНООКСИДА УГЛЕРОДА И УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО ПРОДУКТА63

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА63

КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПОСОБЫ РИФОРМИНГА МЕТАНА И ДРУГИХ УГЛЕВОДОРОДОВ64

СПОСОБ И СИСТЕМА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ СЫРЬЕВОГО МАТЕРИАЛА, СОДЕРЖАЩЕГО УГЛЕРОД64

ПРОИЗВОДСТВО ВОДОРОДА64

СПОСОБ РИФОРМИНГА УГЛЕВОДОРОДОВ	64	СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ ВОДОРОД И ДИОКСИД УГЛЕРОДА	72
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА	64	СПОСОБ СИНТЕЗА ФИШЕРА-ТРОПША И СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ	73
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА	65	КАТАЛИЗАТОР РАЗЛОЖЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ И БАТАРЕЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	73
СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ЖИДКОГО ВОДОРОДА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	65	СФЕРОИДАЛЬНЫЕ ЧАСТИЦЫ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ С УЛУЧШЕННОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТЬЮ, ИМЕЮЩИЕ СРЕДНИЙ ДИАМЕТР МАКРОПОР, СОСТАВЛЯЮЩИЙ МЕЖДУ 0,05 И 30 МКМ	73
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩЕГО СИНТЕЗ-ГАЗА	65	КАТАЛИЗАТОР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА	73
УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И ГИДРООКСИДОВ АЛЮМИНИЯ	65	КАТАЛИЗАТОРЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СПОСОБАХ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА	74
ТРУБКА ДЛЯ РИФОРМИНГА С ВНУТРЕННИМ ТЕПЛООБМЕНОМ	66	КАТАЛИЗАТОР РИФОРМИНГА УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРИСУТСТВИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА, СОДЕРЖАЩИЙ ГЕКСААЛЮМИНАТ НИКЕЛЯ	74
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ДЛЯ ЩЕЛОЧНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	66	СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА	74
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА ПУТЕМ ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДОВ	66	СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА	74
СПОСОБ ЗАПУСКА СТУПЕНИ ПРЕДРИФОРМИНГА	66	УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ВОДОРОДА	75
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАНОВОДОРОДНЫХ СМЕСЕЙ ИЛИ ВОДОРОДА	67	СПОСОБЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА	75
УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ВОДЫ ЧЁРНОГО МОРЕЯ	67	УСТАНОВКА РИФОРМИНГА, СПОСОБ РИФОРМИНГА, УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ, СНАБЖЕННАЯ УСТАНОВКОЙ РИФОРМИНГА, И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ	75
СПОСОБ АКТИВАЦИИ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА	67	СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ	75
КАТАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ЧАСТИЧНОГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ПРИ МАЛОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ КОНТАКТА	67	УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИНГАЗА И ПРОДУКТОВ ИЗ НЕГО	75
ПРОЦЕСС ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПОЛНОМ ОБЪЕМЕ ОСТАТОЧНОГО ГАЗА СИНТЕЗА ФИШЕРА-ТРОПША С НИЗКИМ ВЫДЕЛЕНИЕМ УГЛЕРОДА	67	СПОСОБ РАЗЛОЖЕНИЯ ВОДЫ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И ВЫДЕЛЕНИЕМ ВОДОРОДА	76
УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО И НЕПРЕРЫВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА	68	СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ПРОДУКТА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ	76
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ БОРГИДРИДА НАТРИЯ И ВОДЫ В ПРИСУТСТВИИ КАТАЛИЗАТОРА	68	КАТАЛИЗАТОРНАЯ ТРУБКА ДЛЯ РИФОРМИНГА	76
СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ВОДЫ	68	СПОСОБ КОНВЕРСИИ ВОДЯНОГО ГАЗА	76
АВТОНОМНЫЙ ГЕНЕРАТОР ВОДОРОДА	68	СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ БИОМАССЫ	77
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА	68	НОВЫЙ КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ, СОДЕРЖАЩИЙ СОЕДИНЕНИЕ ЖЕЛЕЗА И ОКСИД ГРАФЕНА	77
СПОСОБ И АППАРАТ ДЛЯ РИФОРМИНГА УГЛЕВОДОРОДОВ	68	СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРА	77
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И ЭНЕРГБЛОК	69	СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРА	77
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГАЗА	69	ГИДРОТЕРМИЧЕСКИ СТАБИЛЬНЫЙ КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СПОСОБ ЕГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ	77
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА	69	УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ПОДГОТОВКИ И СЖИГАНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА	78
СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И КИСЛОРОДА ИЗ ВОДЯНОГО ПАРА С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ ВОДОРОДНОЙ ЯЧЕЙКОЙ	69	СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА	78
ФОТОКАТАЛИЗАТОР, СПОСОБ ЕГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА	70	СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА	78
СПОСОБ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ	70	СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА ИЗ БИООТХОДОВ	79
УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И ГИДРООКСИДОВ АЛЮМИНИЯ	70	СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАНОВОДОРОДНЫХ СМЕСЕЙ ИЛИ ВОДОРОДА	79
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМ КАТАЛИТИЧЕСКИМ ОКИСЛИТЕЛЬНЫМ ПРЕВРАЩЕНИЕМ МЕТАНА	70	УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ПУТЕМ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ МЕТАНА В РЕАКТОРЕ С ГАЗОВЫМ НАГРЕВОМ	79
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА	71	СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ И РЕАКТОР ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ	80
УСТРОЙСТВО ГЕНЕРАТОРА СИНТЕЗ-ГАЗА	71	СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ВОДОРОДА	80
ГОРЕЛКА И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА	71	КОМПОЗИТНЫЙ МЕЗОПОРИСТЫЙ ФОТОКАТАЛИЗАТОР	80
СИНГАЗ, ПОЛУЧЕННЫЙ С ПОМОЩЬЮ ПЛАЗМЕННОЙ ГАЗИФИКАЦИИ	71	УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ТЕРМОХИМИЧЕСКИМ РАЗЛОЖЕНИЕМ ВОДЫ	80
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И СЕРЫ ПУТЕМ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ СЕРОВОДОРОДА	71		
СПОСОБ ОБРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ, СОДЕРЖАЩЕГО ВОДОРОД И УГЛЕВОДОРОДЫ C1-C4	72	ГОСТ	81
МИКРОВОЛНОВОЙ ПЛАЗМЕННЫЙ ГАЗИФИКАТОР С ВНЕШНИМ НАГРЕВОМ И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА	72	ГЕНЕРАТОРЫ ВОДОРОДНЫЕ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТОПЛИВА. ЧАСТЬ 2. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК	81
ПЕЧЬ С ОБОГРЕВАЕМЫМИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ, А ТАКЖЕ ТОПЛИВОМ РЕАКТОРНЫМИ ТРУБАМИ ДЛЯ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА УГЛЕВОДОРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ	72	ГЕНЕРАТОРЫ ВОДОРОДНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДЫ. ЧАСТЬ 1. ГЕНЕРАТОРЫ ПРОМЫШЛЕННОГО И КОММЕРЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	81
КАТАЛИЗАТОР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И ДВУХАТОМНОЙ ГАЗООБРАЗНОЙ СЕРЫ В ПРОЦЕССЕ РАЗЛОЖЕНИЯ СЕРОВОДОРОДА	72	ГЕНЕРАТОРЫ ВОДОРОДНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДЫ. ЧАСТЬ 2. ПРИМЕНЕНИЕ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ	81

ВОДОРОДНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ
ТОПЛИВА. ЧАСТЬ 1. БЕЗОПАСНОСТЬ81

СПРАВОЧНИКИ82

ПЕРЕРАБОТКА НЕФТИ.....82

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ (ТУ)82

ГАЗОГЕНЕРАТОР ВОДОРОДНО-КИСЛОРОДНОЙ СМЕСИ П105 УХЛ4 .82

РУКОВОДЯЩИЕ ДОКУМЕНТЫ (РД)82

НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА
ВОДОРОДА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДЫ82

ТЕХНИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ – РЕГЛАМЕНТ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ И
ОБСЛЕДОВАНИЮ ОБОРУДОВАНИЯ УСТАНОВОК КАТАЛИТИЧЕСКОГО
РИФОРМИНГА И ГИДРООЧИСТКИ, РАБОТАЮЩИХ В
ВОДОРОДОСодержащих средах при повышенных температуре
и давлении82

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

НИОКТР82

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИЙ ПРОЕКТОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭНЕРГО-
ИСТОЧНИКОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ (ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ
ПУТЕЙ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ).....82

ИСПЫТАНИЯ БАТАРЕИ ПЛАНАРНЫХ ТВЕРДОКИСНЫХ
ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, НОМИНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩ-
НОСТЬЮ 2 кВт83

РАЗРАБОТКА АВАНПРОЕКТА ПИЛОТНОЙ ВОДОРОДНОЙ ЗАПРАВОЧ-
НОЙ СТАНЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 60 КГ/ДЕНЬ83

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА ПИЛОТНУЮ ВОДОРОДНУЮ
ЗАПРАВОЧНУЮ СТАНЦИЮ83

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПЕРЕХОДА АВТОМОБИЛЬНОГО
ТРАНСПОРТА НА ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО, ГИБРИДНЫЕ (В ТОМ
ЧИСЛЕ НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ) АВТОМОБИЛИ И
ЭЛЕКТРОМОБИЛИ В РЕГИОНАХ РОССИИ. АТЛАС84

ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРЫ НА УГЛЕРОДНОЙ ОСНОВЕ, ПОЛУЧЕННЫЕ ИЗ
АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРОВ: СИНТЕЗ И СВОЙСТВА84

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ТВЕРДОФАЗНЫХ ПРОЦЕССОВ И ФАКТОРОВ,
ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ РЕАКЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ ТВЕРДЫХ ТЕЛ.....85

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ УСТРОЙСТВА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ НА ОСНО-
ВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С МЕМБРАНАМИ ИЗ КИСЛЫХ СОЛЕЙ85

НОВЫЕ ИОНООБМЕННЫЕ МЕМБРАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АЛЬТЕР-
НАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ86

НОВЫЕ ПРОТОН-ПРОВОДЯЩИЕ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФ-
ФЕКТИВНОСТИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.....86

НОВЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАС-
ТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ86

РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА
ЭЛЕКТРОЛИЗНУЮ БАТАРЕЮ ДЛЯ ДЕМОСТРАЦИОННОГО ОБРАЗЦА
ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ УСТАНОВКИ С АСИММЕТРИЕЙ ДАВЛЕНИЯ. РАЗРА-
БОТКА ЭСКИЗНОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ДЕМОН-
СТРАЦИОННЫЙ ОБРАЗЕЦ ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ УСТАНОВКИ С АСИММЕ-
ТРИЕЙ ДАВЛЕНИЯ. ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ87

ИССЛЕДОВАНИЕ ФРОНТА ПЛАМЕНИ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНЫХ
СМЕСЕЙ В КАНАЛАХ С ЭЛЕМЕНТАМИ ЯЧЕИСТОЙ И ВОЛОКНИСТОЙ
СТРУКТУРЫ87

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ
ЭНЕРГЕТИКИ88

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ НА
ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ДЛЯ ПРЯМЫХ БОРГИДРИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕ-
МЕНТОВ88

РАЗРАБОТКА СЕЛЕКТИВНОГО ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОГО СЕНСОРА
ВОДОРОДА89

РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ПОЛИМЕРНОЙ ПРОТОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНЫ С НАНЕСЕННЫМ
КАТАЛИТИЧЕСКИМ СЛОЕМ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ВОДОРОДНОМ
ТОПЛИВНОМ ЭЛЕМЕНТЕ89

РАЗРАБОТКА ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕР-
СПЕКТИВНЫХ ТИПОВ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ МОЩНОСТЕЙ С УЧЕ-
ТОМ НЕРАВНОМЕРНЫХ ГРАФИКОВ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ, ОБЕСПЕЧЕ-
НИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, РЕСУРСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ДОЛГОСРОЧНЫХ
ИНТЕРЕСОВ СТРАНЫ89

РАЗРАБОТКА МАКЕТОВ КОМПОЗИТНЫХ БИПОЛЯРНЫХ ПЛАСТИН
ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ90

МЕХАНИЗМЫ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
УСТАНОВКАХ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА И МЕТАНО-ВО-
ДОРОДНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА.....90

РАЗРАБОТКА ГРАФИТОНАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ БИПОЛЯРНЫХ ПЛАСТИН ТВЕРДОПОЛИМЕРНЫХ
ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ91

ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЗАДЕЛА ПО СОЗ-
ДАНИЮ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ, СОВМЕЩЕННОЙ С КАТАЛИТИЧЕСКИМ
РИФОРМЕРОМ И СОЧЕТАЮЩЕЙ КОМПАКТНОСТЬ, ВЫСОКУЮ ЭФФЕК-
ТИВНОСТЬ И БЫСТРОТУ ЗАПУСКА91

НОВЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ РЕАКЦИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
КИСЛОРОДА И ОКИСЛЕНИЯ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ
МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ КООРДИНАЦИОННЫХ ПЕКТИНОВЫХ БИО-
ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ПРОТОНООБМЕННЫХ МЕМБРАННЫХ ТОПЛИВНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ.....92

ПРОЦЕССЫ ЭЛЕКТРО- И МАССОПЕРЕНОСА В ТВЕРДОКИСНЫХ
ЭЛЕКТРОЛИЗЕРАХ НА ОСНОВЕ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ
И СТРАТЕГИИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ЭФФЕКТИВ-
НОСТИ.....93

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА
НА КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ93

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ПОВЫШЕНИЯ СИСТЕМНОЙ ЭФФЕК-
ТИВНОСТИ ТЭС И АЭС93

РАСШИРЕНИЕ РЕГУЛИРОВОЧНОГО ДИАПАЗОНА ТЭС С ИСПОЛЬЗОВА-
НИЕМ АККУМУЛЯТОРОВ ЭНЕРГИИ94

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВОДОРОДНЫХ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ94

ГИДРИРОВАНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА Me/SeO_2 ($Me = Fe, Co, Ni, Ru, Rh$) СИСТЕМАХ: КОРРЕЛЯЦИИ СТРУКТУРА – КАТАЛИТИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА.....94

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ЛАТЕНТНОГО
ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА94

АВАНПРОЕКТ АО «ГНЦ РФ-ФЭИ».....95

РЕДОКС-МЕДИАТОРНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ХЛОРАТОВ КАК КАТОД-
НЫЙ ПРОЦЕСС ДЛЯ НОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА95

РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ФИЗИЧЕСКОГО И ХИМИ-
ЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ГАЗОДИНАМИКИ, ГОРЕНИЯ И
ДЕТОНАЦИИ96

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ЭВОЛЮ-
ЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА В ОБОЛОЧ-
КАХ ТВЭЛОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ КОРРОЗИИ В ВОДО-ВОДЯНЫХ РЕАКТО-
РАХ АЭС96

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНЫХ ТОПЛИВНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ ПОЛИМЕРНЫХ МЕМ-
БРАН, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ96

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ВОДО-
РОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ96

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ И АЛГОРИТМОВ УПРАВ-
ЛЕНИЯ АВТОНОМНОЙ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКОЙ С ИСКУС-
СТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ НАГРУЗОК ТЯГОВЫХ
ПОДСТАНЦИЙ РЖД97

СОЗДАНИЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО
ПРОИЗВОДСТВА МЕХАТРОННЫХ ТРАНСМИССИЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ
ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И АВТОБУСОВ КАМАЗ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИ-
МИ НАКОПИТЕЛЯМИ ЭНЕРГИИ И ВОДОРОДНЫМИ ТОПЛИВНЫМИ
ЭЛЕМЕНТАМИ97

НИЛ «МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ «ЗЕЛеной» ЭНЕРГЕТИКИ»97

ЛАБОРАТОРИЯ «АВТОНОМНЫЕ ГИБРИДНЫЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕ-
СКИЕ КОМПЛЕКСЫ»97

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОТОННЫХ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА ИХ ФИ-
ЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА: КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ЭКСПЕРИМЕНТ97

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ И СОЗДАНИЕ НОВЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОТОН-ПРОВОДЯЩИХ МЕМБРАН И ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ В ВОДОРОДНОЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.....	98
МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПРОТОН-ПРОВОДЯЩИХ МЕМБРАН ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ.....	98
РАЗРАБОТКА НОВЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ СОВРЕМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА И ЭНЕРГОНАКОПИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ.....	98
НОВЫЕ ПЕРФОРИРОВАННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МОНОМЕРЫ И ПОЛИМЕРНЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОСТАВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	99
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ НЕОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ (В ТОМ ЧИСЛЕ СОЕДИНЕНИЯ АЛЮМИНИЯ, МАГНИЯ, ЖЕЛЕЗА, КРЕМНИЯ И Т.П.), А ТАКЖЕ СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СТАЦИОНАРНЫХ, ТРАНСПОРТНЫХ И ПОРТАТИВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК.....	99
ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИХ КРИТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ.....	99
ДИЗАЙН ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ NiM/C ДЛЯ АНОДОВ ТВЕРДОЩЕЛОЧНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С АНИОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНОЙ: СОЧЕТАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И КИНЕТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	99
СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНЫХ НИЗКО- И СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНЫХ ТВЕРДОПОЛИМЕРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЭНЕРГОНАКОПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ МЕМБРАННЫХ, КАТАЛИТИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	100
КАТОДНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОДОРОДНО-КИСЛОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	100
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ НОВЫХ АНОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ФЕРРИТА СТРОНЦИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА ТВЕРДЫХ ЭЛЕКТРОЛИТАХ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.....	100
НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ДИЗАЙНА НАНОКОМПОЗИТНЫХ/НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ОКСИДНЫХ И МЕТАЛЛ-ОКСИДНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ БУДУЩЕГО.....	100
РАЗРАБОТКА БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА САМОЛЕТНОГО ТИПА БОЛЬШОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОЛЕТА НА ОСНОВЕ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА.....	101
РАЗРАБОТКА НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ ПУТЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ МОЩНОСТНЫХ И МАССОГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БАТАРЕЙ TOTЭ ПЛАНАРНОЙ КОНСТРУКЦИИ И СОЗДАНИЕ ТОПЛИВНОГО ПРОЦЕССОРА ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК.....	101
РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ДОЛГОСРОЧНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ.....	101
КОМПЛЕКСЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ПОДГРУППЫ ЖЕЛЕЗА С ЦИКЛИЧЕСКИМИ АМИНОМЕТИЛФОСФИНАМИ – НОВЫЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ МАЛЫХ МОЛЕКУЛ.....	101
НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНЫХ БЛОКОВ ВОДОРОДНЫХ И СПИРТОВЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ.....	102
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В НАКОПИТЕЛЯХ ЭНЕРГИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ, ВКЛЮЧАЯ ЛИТИЙ-ИОННЫЕ, ЛИТИЙ-ПОЛИМЕРНЫЕ И ЛИТИЙ-ВОЗДУШНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ.....	102
РАЗРАБОТКА И МАСШТАБИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СПОСОБА СИНТЕЗА ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ТВЕРДОПОЛИМЕРНЫХ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ПЛАТИНЫ.....	102
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ ПРОТОТИПА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА ВОДОРОД-ВОЗДУШНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ С БЕЗОПАСНЫМ ИСТОЧНИКОМ ВОДОРОДА ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	102
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ПРОТОННЫХ ПРОВОДНИКОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ N И P-ТИПОВ.....	103
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ КОНДЕНСАТОРЫ С ВЫСОКОЙ РАЗРЯДНОЙ ЕМКОСТЬЮ.....	103
НОВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ РЕДОКС-АКТИВНЫХ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ КООРДИНАЦИОННЫХ ПОЛИМЕРОВ, ВКЛЮЧАЮЩИХ ФЕРРОЦЕНИЛ-, АРИЛФОСФИНОВЫЙ И МЕТАЛЛО-ДИПИРИДИНОВЫЙ БЛОКИ.....	103
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ МОДЕРНИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНОГО ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЕГО ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ.....	104
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ХИМИКО-ФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ, НЕТРАДИЦИОННОЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ, И РАЗРАБОТКА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭТИХ ОБЛАСТЕЙ.....	104
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВОДОРОДНЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ И НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ.....	104
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ ПРОТОТИПА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА ВОДОРОД-ВОЗДУШНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ С БЕЗОПАСНЫМ ИСТОЧНИКОМ ВОДОРОДА ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	104
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	104
НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОПОЛИСООБЪЕДИНЕНИЙ И КАЛИСАРЕНОВ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ НА ВОДОРОД И МОНООКСИД УГЛЕРОДА И ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	105
РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРОТОННОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ И ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА.....	105
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ АНОДНЫХ ПОДЛОЖЕК НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕДИНИЧНЫХ АНОД-ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ TOTЭ.....	105
РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	106
НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ.....	106
МОБИЛЬНЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КИЛОВАТТНОГО КЛАССА МОЩНОСТИ. РАЗРАБОТКА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ, ТЕХНОЛОГИЙ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	106
РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ И СОЗДАНИЕ НОВЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОТОН-ПРОВОДЯЩИХ МЕМБРАН И ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ В ВОДОРОДНОЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.....	107
РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТВЕРДОПОЛИМЕРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИНАРНЫХ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ТОПЛИВ.....	107
РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АНОД-ПОДДЕРЖИВАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ.....	108
РАЗРАБОТКА БАТАРЕЙ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АНОД-ПОДДЕРЖИВАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ГЕНЕРАТОРА ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.....	108
ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРАВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА КАТИОНАМИ D-ЭЛЕМЕНТОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕГРАДАЦИИ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ МЕДНО-ПЛАТИНОВЫХ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ.....	108
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТВЕРДОФАЗНЫХ РАВНОВЕСИЙ В СИСТЕМАХ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ Ni-ir И Ni-pt.....	109
«ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ДЛЯ МАЛЫХ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ: МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА, ИССЛЕДОВАНИЯ» (ШИФР «FENN-2020-0020»).....	109
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ НА ОСНОВЕ БРОМИД-БРОМАТНОЙ РЕАКЦИИ (РФФИ 20-33-90315).....	109
ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ПРОТОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ В КРИСТАЛЛАХ И ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ (ТРЕТИЙ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ОТЧЕТ).....	110
РАДИАЦИОННО-МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПРОТОНООБМЕННЫЕ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ.....	110

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ В ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ ТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ–ГАЗОВАЯ ТУРБИНА	111
НОВЫЙ ТИП ПРОТОЧНОЙ БАТАРЕИ С РЕГЕНЕРУЕМЫМ РЕДОКС–МЕ- ДИАТОРНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ.....	111
ДИЗАЙН ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ АНОДНЫХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗА- ТОРОВ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ПРЯМЫХ БОРГИДРИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	111
ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ДЕГРАДАЦИИ ПЕРФТОРИРОВАННЫХ МЕМ- БРАН, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПЛАТИНОЙ, ПРИ ИХ РАБОТЕ В ВОДО- РОДНО-ВОЗДУШНОМ ТОПЛИВНОМ ЭЛЕМЕНТЕ С БИМЕТАЛЛИЧЕСКИ- МИ КАТАЛИЗАТОРАМИ	112
РАЗРАБОТКА СТЕКА ТВЕРДОПОЛИМЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА	112
МАТЕРИАЛЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИ- ТИЯ АВТОНОМНО ИЗОЛИРОВАННЫХ СИСТЕМ АРКТИЧЕСКОЙ ЭЛЕК- ТРОЭНЕРГЕТИКИ.....	113
ВЛИЯНИЕ ЭВОЛЮЦИИ СОСТАВА/СТРУКТУРЫ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ НА КАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ	113
РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ МОБИЛЬНОЙ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГОСИ- СТЕМЫ НА БАЗЕ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	114
ДИЗАЙН НОВЫХ Sn-СОДЕРЖАЩИХ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕКТРО- ЛИТОВ С ПОВЫШЕННЫМИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИ- КАМИ И СТАБИЛЬНОСТЬЮ ДЛЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ТВЕРДООКСИД- НЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ	114
МАКЕТИРОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ЭЛЕК- ТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ ЭЛЕКТРОЛИ- ТОВ	114
ВОДОРОДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ С БОЛЬШИМ СРОКОМ СЛУЖБЫ.....	114
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОД- НОГО БЛОКА (МЭБ) ТВЕРДООКСИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА (ТОТЭ).....	115
РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И МАНЕВРЕННОСТИ КИСЛОРОДНО-ТОПЛИВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	115
ПРОВЕДЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ «ИССЛЕДОВА- НИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СВОЙСТВ ПОРИСТЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СЛОЕВ В ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЕ ВОДЫ С ТВЕРДЫМ ПОЛИМЕРНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ» В РАМКАХ РОССИЙСКО-ГЕРМАНСКИХ ПРОГРАММ «МИХАИЛ ЛОМО- НОВСОВ» И «ИММАНУИЛ КАНТ»	116
КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ЗАПАСАНИЯ ЭНЕР- ГИИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.....	116
ДИССЕРТАЦИИ	117
МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ КРИТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЫСОКО- ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ИХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ФЛУКТУАЦИОННЫХ И ШУМОВЫХ СИГНАЛОВ.....	117
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ЛОКАЛЬНОЙ ПРОВОДИМОСТИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ АТОМНО-СИ- ЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ	117
ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ И ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙ- СТВА ЭЛЕКТРОДОВ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА С НАНО- СТРУКТУРИРОВАННЫМИ МОДИФИКАТОРАМИ ПОРИСТОСТИ	117
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЭНЕР- ГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ДЛЯ МАЛЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАЮЩИХ АППАРАТОВ	118
ПАТЕНТЫ.....	118
СПОСОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ IGCC С ИНТЕГРИРОВАН- НЫМ УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ CO ₂	118
ВОДОРОДНАЯ ЗАПРАВОЧНАЯ СТАНЦИЯ С АВТОНОМНЫМ МОДУЛЕМ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА.....	118
МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ПЛАНАРНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕ- СКОГО УСТРОЙСТВА	118
ЭНЕРГОУСТАНОВКА НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ И СПОСОБ ЕЕ ЭКС- ПЛУАТАЦИИ	119
ГОСТ.....	119
ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ЧАСТЬ 4-101. ЭНЕРГОУ- СТАНОВКИ НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ, ОТЛИЧНЫЕ ОТ АВТОМО- БИЛЬНЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ. БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АВТОПОГРУЗЧИКОВ.....	119
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНЫХ БАТАРЕЙ. ЧАСТЬ 7-1. ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ С ПОЛИМЕРНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ЕДИНИЧНОГО ЭЛЕМЕНТА	120
ТРАНСПОРТ ДОРОЖНЫЙ. СЖАТЫЙ ВОДОРОД И КОМПОНЕНТЫ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ВОДОРОДА/ПРИРОДНОГО ГАЗА. ЧАСТЬ 3. РЕГУЛЯТОР ДАВЛЕНИЯ	120
ТОПЛИВО ВОДОРОДНОЕ. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ПРОДУКТ. ЧАСТЬ 3. ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРОТОНОО- БМЕННОЙ МЕМБРАНОЙ СТАЦИОНАРНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК.....	120
ДОРОЖНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ. ЗАЩИТА ОТ ОПАСНОСТЕЙ, СВЯЗАН- НЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЖАТОГО ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ АВТОМО- БИЛЬНОГО ТОПЛИВА.....	120
ТРАНСПОРТ ДОРОЖНЫЙ НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ. ИЗМЕРЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ	120
ВОДОРОД ГАЗООБРАЗНЫЙ ЧИСТЫЙ. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ	120
НЕФТЯНАЯ И ГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРИ- МЕНЕНИЯ В СРЕДАХ, СОДЕРЖАЩИХ СЕРОВОДОРОД, ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ И ГАЗА. ЧАСТЬ 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА МАТЕРИАЛОВ, СТОЙКИХ К РАСТРЕСКИВАНИЮ	121
ДОРОЖНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ. ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ. ЧАСТЬ 3. ЗАЩИТА ЛЮДЕЙ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ	121
ТОПЛИВО ВОДОРОДНОЕ. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ПРОДУКТ. ЧАСТЬ 2. ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОРОДА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРОТОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНОЙ ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	121
ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ЧАСТЬ 1. ТЕРМИНОЛОГИЯ.....	121
ВОДОРОД ЖИДКИЙ. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.....	121
ТОПЛИВО ВОДОРОДНОЕ. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ПРОДУКТ. ЧАСТЬ 1. ВСЕ СЛУЧАИ ПРИМЕНЕНИЯ, КРОМЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ С ПРОТОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНОЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ.....	122
СИСТЕМЫ КОСМИЧЕСКИЕ. ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОТБОР ПРОБ И МЕТО- ДЫ АНАЛИЗА ТЕКУЩИХ СРЕД. ЧАСТЬ 2. ВОДОРОД.....	122
ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ЧАСТЬ 2. МОДУЛИ ТОПЛИВ- НЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. БЕЗОПАСНОСТЬ	122
ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ЧАСТЬ 3-300. СТАЦИОНАР- НЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ. МОНТАЖ.....	122
ДОРОЖНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ. ЧАСТЬ 1. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗО- ПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА.....	122
ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ЧАСТЬ 3-200. СТАЦИОНАРНЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ТО- ПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК	123
ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ЧАСТЬ 5-100. ПОРТАТИВНЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. БЕЗОПАС- НОСТЬ	123
ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ЧАСТЬ 3-100. СТАЦИОНАР- НЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. БЕЗОПАСНОСТЬ	123
УСТРОЙСТВА СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ДЛЯ ЗАПРАВКИ НАЗЕМНЫХ ТРАН- СПОРТНЫХ СРЕДСТВ ГАЗООБРАЗНЫМ ВОДОРОДНЫМ ТОПЛИВОМ.....	123
СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ МНОГОКРАТНОЙ ЗАПРАВКИ СЖАТЫМ ВОДОРОДОМ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	123
АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КАТЕГОРИЙ МЗ, NЗ. ПРОТОКОЛЫ ЗАПРАВКИ ГАЗООБРАЗНЫМ ВОДОРОДОМ	124
АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ. ПОРЯДОК ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЩЕЙ БЕЗОПАС- НОСТИ.....	124

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ. ТОПЛИВНЫЕ СИСТЕМЫ. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ	124
ГАЗОВЫЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРОТОНООБМЕННЫМИ МЕМБРАНАМИ	124
АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ. СИСТЕМЫ БАТАРЕЙ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРОТОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНОЙ. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ.....	124
СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СУДОВЫЕ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. БАТАРЕИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ.....	125

СПРАВОЧНИКИ	125
ВОДОРОД И ЕГО ИЗОТОПЫ. ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ.....	125

РУКОВОДЯЩИЕ ДОКУМЕНТЫ (РД)	125
ПРАВИЛА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОРОДНОЙ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ НА АТОМНОЙ СТАНЦИИ	125
ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ, ХРАНЕНИИ, ТРАНСПОРТИРОВАНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЖИДКОГО ВОДОРОДА	125

ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА

НИОКТР	125
ДИЗАЙН И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ В ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ.....	125
НОВЫЕ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ И БИОМАССЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ЭНЕРГЕТИКИ	126
РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОГИДРИДНЫХ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И 3D ПРОТОТИПИРОВАНИЯ	126
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ ГЕТЕРОСТРУКТУР НИТРИД БОРА-ГРАФЕН ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ АДСОРБЦИИ ВОДОРОДА	126
РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ ГЕНЕРАТОРОМ С ВОДОРОД-ВОЗДУШНЫМ ТОПЛИВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ И НАКОПИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ, ЛЕГКОВЫХ И МАЛОТОННАЖНЫХ КОММЕРЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	127
ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОГИДРИДНЫХ ПЛЕНOK И ОЦЕНКА ИХ СОРБЦИОННЫХ И ДЕСОРБЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПО ВОДОРОДУ.....	127
ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА ВОДОРОДА В ОРГАНИЧЕСКИХ НОСИТЕЛЯХ	127
РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ АККУМУЛИРОВАНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ АВТОНОМНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ РОССИИ.....	127
РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ.....	128
ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕРМЕДИАТОВ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ АМИН-БОРАНОВ ПРИ ИХ АКТИВАЦИИ КОМПЛЕКСАМИ МЕДИ	128
РЕОРИЕНТАЦИОННОЕ ДВИЖЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ BH_4^- В БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ БОРОГИДРИДАХ $\text{AAc}(\text{BH}_4)_4$ ($\text{A} = \text{Na}, \text{K}, \text{Rb}$ И Cs).....	128
ДИНАМИКА ВОДОРОДА ВО ФРАГМЕНТИРОВАННОЙ МАГНИЕВОЙ МАТРИЦЕ: МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ	129
МОДИФИКАЦИЯ СТРУКТУРНЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ СВОЙСТВ ДВУМЕРНЫХ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ИЗОЛЯТОРОВ ПУТЕМ АДСОРБЦИИ ВОДОРОДА.....	129

МЕХАНИЗМЫ ДИФфуЗИИ ВОДОРОДА В ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВАХ ПО ДАННЫМ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА И ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ.....	129
КОМПОЗИТЫ С 2D-ГРАФЕНОВЫМИ СТРУКТУРАМИ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И КАТАЛИЗА ПРОЦЕССОВ С УЧАСТИЕМ ВОДОРОДА.....	129
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛОГИДРИДОВ В СИСТЕМАХ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАНО-ВОДОРОДНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ	130
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКОВ ЛЕГИРОВАННОГО РЗМ ГИДРИДА МАГНИЯ И ПРОТОТИПА КАРТРИДЖА ДЛЯ ИХ ГИДРОЛИЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА НА БОРТУ БПЛА И МОБИЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	130
МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ И ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	130
НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПОДЗЕМНОГО ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА СОВМЕСТНО С МЕТАНОМ	131
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ И ПОДАЧИ ВОДОРОДА С ВЫХОДНЫМ ДАВЛЕНИЕМ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ (ДО 80 МПА) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОПЕНТАЦИОННОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ.....	131
ГЕТЕРОМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИЕ КООРДИНАЦИОННЫЕ ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ И МАГНИТНЫХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ	131
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ВСПЕННЫХ СТРУКТУР	132
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ МЕТАЛЛОГИДРИДНОГО ИСТОЧНИКА ТОКА НА ОСНОВЕ МАТРИЦЫ Al-P33 С ЦЕЛЬЮ РЕАЛИЗАЦИИ В ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.....	132
ВЛИЯНИЕ ДОПИРОВАНИЯ И СОБСТВЕННЫХ ДЕФЕКТОВ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА И КАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ НАНОРАЗМЕРНЫХ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	132
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССООБМЕНА В СИСТЕМАХ ВОДОРОДНОГО АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ	133
МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ДИЗАЙН ГЕТЕРОГЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ВЫСОКОЧИСТОГО ВОДОРОДА	133
ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БОРОГИДРИДОВ МЕТАЛЛОВ И РОДСТВЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ: ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДАМИ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА И КВАЗИУПРУГОГО РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОНОВ	134
НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА РАЗВИТИЕ КОРРОЗИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ СОНАХОЖДЕНИИ ВОДОРОДА И МЕТАНА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА	134
РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА ХИМИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ВОДОРОДА ДЛЯ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВОДОРОД-ВОЗДУШНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА	134
ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СИЛИКАТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.....	135
ТЕРМОДИНАМИКА И КАТАЛИЗ КАК ОСНОВА СТРАТЕГИИ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ И ТЕХНОЛОГИЙ АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕНАСЫЩЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	135
ОРГАНИЗАЦИЯ НИЦ «МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ».....	136
СОВРЕМЕННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ И МАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ МЕТОДАМИ СПЕКТРОСКОПИИ. ШИФР «ФУНКЦИЯ».....	136
НИЛ «ГЕНЕРАЦИЯ, ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА ВОДОРОДА И ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ С НИЗКИМ УГЛЕРОДНЫМ СЛЕДОМ».....	137
ВЛИЯНИЕ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ НА ДЕФОРМАЦИЮ И РАЗРУШЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ВОДОРОД.....	137
ВЛИЯНИЕ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ НА ДЕФОРМАЦИЮ И РАЗРУШЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ВОДОРОД.....	137
РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ МЕТОДА АКУСТОПОВРЕЖДЕННОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ	137

РАЗРАБОТКА КОНТЕЙНЕРА ХРАНЕНИЯ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ГАЗОЗАПРАВочной СТАНЦИИ	138
РАЗРАБОТКА КАТАЛИТИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ВЫСОКОЧИСТОГО ВОДОРОДА ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	138
ЭНЕРГОЕМКИЕ ВОДОРОДГЕНЕРИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ БОРГИДРИДА НАТРИЯ: РАЗРАБОТКА ФЕРРОМАГНИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ГЕНЕРАЦИИ ЧИСТОГО ВОДОРОДА И ИХ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИЗ РЕАКЦИОННОЙ СРЕДЫ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ	138
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ АТОМАРНОГО ВОДОРОДА С УГЛЕРОДНЫМИ НАНО- И МИКРОСТРУКТУРАМИ, В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМАМИ ЧИСТОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ДЛЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	138
МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ С БЕСПЛАТИНОВЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	139
ПИНЦЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ 8-10 ГРУПП В ПРОЦЕССАХ ТРАНСФОРМАЦИИ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ – CO_2/H_2 ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА	139
КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ДЕГИДРИРОВАНИЕ АМИН-БОРАНОВ В ПРИСУТСТВИИ КОМПЛЕКСОВ МАРГАНЦА (I)	140
ДИССЕРТАЦИИ	140
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ТВЕРДОФАЗНОГО АККУМУЛИРОВАНИЯ И ОЧИСТКИ ВОДОРОДА	140
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОМАССОБМЕНА ПРИ БЕЗДРЕНАЖНОМ ХРАНЕНИИ КРИОГЕННЫХ ТОПЛИВ	141
ГЕТЕРОГЕННО-КАТАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ГИДРИРОВАНИЯ-ДЕГИДРИРОВАНИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ КАК ОСНОВА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИ СВЯЗАННОГО ВОДОРОДА И ЕГО ВЫДЕЛЕНИЯ	141
ПАТЕНТЫ	141
СПОСОБ АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА В МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОДАХ	141
СПОСОБ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ГИДРИРОВАНИЯ ПОРОШКА НИКЕЛИДА ТИТАНА	141
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ И РЕГЕНЕРАЦИИ СОЕДИНЕНИЙ-НОСИТЕЛЕЙ ВОДОРОДА	142
СПОСОБ ХРАНЕНИЯ АТОМАРНОГО ВОДОРОДА	142
РЕЗЕРВУАР ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ И ОТБОРА ВОДОРОДА И/ИЛИ ТЕПЛА	142
СПОСОБ ЗАЩИТЫ ПОРОШКОВ ГИДРИДООБРАЗУЮЩИХ СПЛАВОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА, ПРЕДОТВРАЩАЮЩИЙ ПАССИВАЦИЮ КОМПОНЕНТАМИ ВОЗДУХА И ДРУГИХ ГАЗООБРАЗНЫХ СРЕД	142
ЖИДКИЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ НОСИТЕЛЬ ВОДОРОДА, СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ И ВОДОРОДНЫЙ ЦИКЛ НА ЕГО ОСНОВЕ	143
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЗЕРВУАР И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ	143
УСТРОЙСТВА И СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ И/ИЛИ ФИЛЬТРОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА	143
ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОДОРОДНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ИЗ ГИДРИДА МЕТАЛЛОВ С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ ПАССИВИРОВАНИЯ (АЛЮМИНИЙ, ТИТАН, МАГНИЙ)	143
ВОДОРОДНЫЙ КОНТЕЙНЕР ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	143
УСТАНОВКА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЖИЖЕННОГО ГАЗА И/ИЛИ ЖИДКОСТИ	143
ГИБРИДНЫЙ БАЛЛОН ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С ПЛАСТИКОВОЙ ГИЛЬЗОЙ	144
УСТРОЙСТВО ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ГАЗОВ ВНУТРИ ТРУБОК	144
СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ БАЛЛОНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	144
ПРИМАТЫВАЕМЫЙ КОНЦЕВОЙ ЗАЩИТНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ СОСУДА ПОД ДАВЛЕНИЕМ	144
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЕМКОСТЬ – ИНДИКАТОР ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ДЛЯ ОСНОВНОЙ ЕМКОСТИ	144
СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАЛИКОВ МАСТИКИ	145
СИСТЕМА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ ГАЗОВ	145
РЕЗЕРВУАР ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И СПОСОБ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА	145
ПРИЕМНИК ДАВЛЕНИЯ	145
ШТУЦЕР УТОПЛЕННОЙ БОБЫШКИ С ИЗБЫТОЧНЫМ УПЛОТНЕНИЕМ	146
РЕЗЬБОВАЯ БОБЫШКА ДЛЯ СОСУДА ПОД ДАВЛЕНИЕМ	146
ГОРЛОВИНА КОМПОЗИТНОГО СОСУДА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЖАТЫХ И СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ	146
СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КРИОГЕННЫХ ТАНК-КОНТЕЙНЕРОВ	146
СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗАПОЛНЕННЫХ КРИОГЕННЫМ ПРОДУКТОМ ТАНК-КОНТЕЙНЕРОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ АВИАЦИОННЫМ ТРАНСПОРТОМ	146
ПРОДОЛЬНЫЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ КАНАЛЫ СОСУДА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	147
КРИОГЕННАЯ СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ И ВЫДАЧИ КИСЛОРОДА ДЛЯ АНАЭРОБНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ГЕНЕРАТОРАМИ	147
СОСУД ПОД ДАВЛЕНИЕМ, ИМЕЮЩИЙ ВЕНТИЛЯЦИОННЫЙ КАНАЛ, (ВАРИАНТЫ) И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ	147
УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СОСУДОВ С ВНУТРЕННИМ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛЕЙНЕРОМ И СОСУДЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ УПОМЯНУТЫМ СПОСОБОМ	147
УСТРОЙСТВО И СПОСОБ СЖАТИЯ ИСПАРЕННОГО ГАЗА	147
СПОСОБ ХРАНЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В СЛОЕ АДсорбента	148
СДВИГУСТОЙЧИВЫЙ ВЫСТУП СОСУДА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И ЭЛЕМЕНТ ИНТЕРФЕЙСА ОБОЛОЧКИ	148
БАЛЛОН ЗАПРАВКИ И ГАЗИФИКАЦИИ КРИОГЕННОЙ ЖИДКОСТИ	148
БАК ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАКА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	148
ВТУЛКА ДЛЯ БАЛЛОНОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И СПОСОБ ЕЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ	149
ВЕНТИЛИРУЕМЫЙ ВКЛАДЫШ ДЛЯ ВЫСТУПА СОСУДА ПОД ДАВЛЕНИЕМ	149
ГАЗОВЫЙ БАЛЛОН	149
МЕТАЛЛОКОМПОЗИТНЫЙ БАЛЛОН ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	149
ЁМКОСТЬ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ КОМПРИМИРОВАННЫХ ГАЗОВ	150
МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЙ РЕАКТОР, РАБОТАЮЩИЙ ОТ ТЕПЛА ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА	150
РЕГАЗИФИКАТОР-ПОДОГРЕВАТЕЛЬ ГАЗА	150
КОНСТРУКЦИЯ ГОРЛОВИНЫ НАПОРНОГО РЕЗЕРВУАРА	150
УЛУЧШЕННАЯ БОБЫШКА ДЛЯ КОМПОЗИТНОГО РЕЗЕРВУАРА	151
СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ ГАЗА ДЛЯ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА	151
АККУМУЛЯТОР ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ГАЗА	151
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ КРИОГЕННОЙ ЖИДКОСТИ	151
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ БОРГИДРИДА НАТРИЯ	151
АВТОНОМНОЕ ПОРТАТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАПРАВКИ БАЛЛОНОВ ВОДОРОДОМ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	151
АККУМУЛЯТОР ВОДОРОДА	152
СПОСОБ РАБОТЫ КРИОГЕННОЙ ЕМКОСТИ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЖИДКОГО ВОДОРОДА	152
СПОСОБ АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА	152
СПОСОБ ПОДАЧИ ПОТРЕБИТЕЛЮ ГАЗООБРАЗНОГО ВОДОРОДА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	152
СПОСОБ АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА	153
АККУМУЛЯТОР ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА В СВЯЗАННОМ СОСТОЯНИИ И КАРТРИДЖ ДЛЯ АККУМУЛЯТОРА	153
МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЙ РЕАКТОР ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ	153
СПОСОБ АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА В ЛАМЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДАХ	153

ЕМКОСТЬ ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ, ПЕРЕВОЗКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА	154
БОЛЬШЕРАЗМЕРНЫЙ БАЛЛОН ДЛЯ КОМПРИМИРОВАННОГО ГАЗООБРАЗНОГО ВОДОРОДА С ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИТНОЙ ОБОЛОЧКОЙ	154
МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЙ РЕАКТОР ХРАНЕНИЯ И ОЧИСТКИ ВОДОРОДА	154
СОСУД ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	154
СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КРИОГЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ЦИСТЕРН	155
АККУМУЛИРУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ НАСЫЩЕНИЯ АТОМАРНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ.....	155
СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНОГО СОСУДА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И КОМПОЗИТНЫЙ СОСУД ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ.....	155
СИСТЕМА И СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРЕДСТОЯЩЕГО ПОВРЕЖДЕНИЯ СОСУДА ПОД ДАВЛЕНИЕМ	155
СПОСОБ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МЕТАНО-ВОДОРОДНОЙ СМЕСИ.....	155
СОСУД ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	156
ВЕНТИЛИРУЕМАЯ БОБЫШКА ДЛЯ ЕМКОСТИ ПОД ДАВЛЕНИЕМ СО СПЕЧЕННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ВСТАВКОЙ	156
ЕМКОСТЬ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ВЗРЫВООПАСНЫХ ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ	156
КОМПОЗИТНЫЙ БАЛЛОН ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ.....	156

ГОСТ.....	157
БАЛЛОНЫ ГАЗОВЫЕ. СОВМЕСТИМОСТЬ МАТЕРИАЛОВ, ИЗ КОТОРЫХ ИЗГОТОВЛЕНЫ БАЛЛОНЫ И КЛАПАНЫ, С СОДЕРЖИМЫМ ГАЗОМ. ЧАСТЬ 1. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ	157
ВОДОРОД СЖИЖЕННЫЙ. СТЫКИ СИСТЕМ ЗАПРАВКИ ТОПЛИВОМ АВТОМОБИЛЕЙ	157
ВОДОРОД ГАЗООБРАЗНЫЙ. ЗАПРАВочные СТАНЦИИ.....	157
ЖИДКИЙ ВОДОРОД. ТОПЛИВНЫЕ БАКИ ДЛЯ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА.....	157
ПРИБОРЫ СТАЦИОНАРНЫЕ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВОДОРОДА.....	157
ПЕРЕДВИЖНЫЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ ГИДРИДОВ МЕТАЛЛОВ.....	158

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ АКТЫ (НПА)

РАСПОРЯЖЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ «ОБ УТВЕРЖДЕНИИ КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»	158
ПРИКАЗ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ФЕДЕРАЛЬНЫХ НОРМ И ПРАВИЛ В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ «ПРАВИЛА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ»	158
ПРИКАЗ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ «ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ФЕДЕРАЛЬНЫХ НОРМ И ПРАВИЛ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ» «ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКАЛИЗУЮЩИХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ»	158

ПРОИЗВОДСТВО

НИОКТР

№ 121100500095-8, 01.10.2021

СИНТЕЗ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ГРАФИТОПОДОБНОГО НИТРИДА УГЛЕРОДА С УЛЬТРАМАЛЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Тенденция к сокращению легкодоступных запасов высококачественного ископаемого углеродсодержащего сырья определяет острую необходимость освоения доступных альтернативных и, прежде всего, возобновляемых источников энергии. При этом одним из наиболее перспективных направлений развития энергетики будущего может стать развитие солнечной энергетики. Особо привлекательным в этой области считается процесс фотокаталитического получения водорода под действием видимого света, поскольку в данном случае осуществляется трансформация солнечной энергии в энергию химических связей. В связи с вышеперечисленным, целью работы является создание фотокатализаторов разложения воды на водород и кислород на основе графитоподобного нитрида углерода с ультрамалым содержанием благородных металлов (Pt, Pd, Rh, Ir).

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121081100064-0, 09.08.2021

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО МАССОПЕРЕНОСА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Переход к новым и возобновляемым источникам энергии и, в частности, к возобновляемой водородной энергетике тесно связан с необходимостью разработки соответствующих процессов получения так называемого «зеленого» водорода из источников с нулевым углеродным следом. В качестве одного из наиболее перспективных процессов в этом направлении все чаще рассматривается фотоэлектрохимический процесс утилизации энергии солнечного излучения в форме энергии химической связи молекулы водорода. Однако развитие и активное внедрение соответствующих технологий и решений в настоящее время сдерживается преимущественно материаловедческой проблемой поиска методов синтеза высокоэффективных, продуктивных, стабильных, доступных и экологичных фото- и электрокатализаторов, решение которой с использованием ранее разработанных каталитических материалов, а также традиционных подходов к их синтезу не представляется возможным. В рамках данного проекта предлагается проведение исследований по разработке теоретических основ формирования оксидных фото- и электрокатализаторов на основе процессов, протекающих в условиях ограниченного массопереноса. Предполагается, что в этом случае возможно образование оксидных наноструктур с необычными составом, структурой, морфологией и функциональными свойствами, что было ранее показано авторами проекта для некоторых систем на основе простых и сложных оксидов. При

этом реализацию ограничения массопереноса предполагается рассматривать в рамках одного или нескольких частных случаев – ограничение по температуре синтеза, его продолжительности, пространственные ограничения в зоне реакции или ограничение по количеству доступного для массопереноса вещества. В качестве методов синтеза, позволяющих реализовать условия таких ограничений, будут использованы метод растворного горения, метод ионного напыления, метод электроосаждения металлов с последующей термообработкой, метод анодирования металлов и метод синтеза нанокристаллов в межслоевом пространстве углеродных 2D наноструктур. На основании результатов исследований будут предложены физико-химические модели, описывающие условия формирования и влияние ограничений массопереноса на состав, строение, размер и форму оксидных кристаллов на основе d-элементов 4-го и 5-го периодов таблицы Д.И. Менделеева. Выбор этих оксидных систем в качестве объектов исследования обусловлен широкими перспективами их дальнейшего применения в качестве основы материалов катода и фотоанода фотоэлектрохимических ячеек для получения водорода из возобновляемых водно-органических растворов. Таким образом в результате выполнения проекта планируется не только предложить оригинальные методы синтеза оксидных нанокристаллических частиц и получить новые наноматериалы, но и разработать подходы к физико-химическому конструированию высокоэффективных, стабильных и доступных каталитических материалов для решения задач перехода к возобновляемым методам получения водорода. Благодаря использованию широкого комплекса теоретических и экспериментальных методов анализа веществ на каждом из этапов их получения с участием современного аналитического оборудования планируется провести исчерпывающую характеристику как самих материалов, так и определить особенности процессов их формирования в условиях ограниченного массопереноса. Это в совокупности с большим опытом авторов проекта в области синтеза и исследования наноструктурированных материалов обеспечит уверенное определение системных связей условий синтеза оксидных наноструктур с особенностями их состава, строения, фото- и электрокаталитических свойств. Эти разработки, полученные в результате комплекса проведенных исследований, станут основой перехода к новым технологиям получения оксидных функциональных материалов для получения водорода из возобновляемых источников.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121031000207-7, 03.03.2021

ИССЛЕДОВАНИЕ КИСЛОРОДНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МИКРОТРУБЧАТЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ФАЗОВОЙ ИНВЕРСИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ МЕТОДОВ

Материалы на основе сложных оксидов со смешанной кислород-электронной проводимостью (СКЭП оксиды) привлекают внимание возможностью их применения в химической, газовой и энергетической областях промышленности. Они могут быть использованы в качестве мембранных материалов или сорбентов для получения чистого кислорода из воздуха и последующего эффективного сжигания топлива или каталитической конверсии метана в синтез-газ, а также датчиков кислорода, в качестве электродов для твердотельных

топливных элементов. Кислородный транспорт в подобных материалах осуществляется за счет градиента химического потенциала кислорода, а электрический баланс обеспечивается собственной электронной проводимостью оксидов. Мембраны на основе СКЭП оксидов позволяют сепарировать кислород из воздуха со 100 % селективностью, а интеграция мембран в каталитические реакторы позволит совместить стадии сепарации и парциального окисления метана с образованием синтез-газа, что позволит сократить капитальные расходы, по оценкам экономистов, на ~30 %.

Мембранными материалами, обладающими необходимыми свойствами, как правило, являются перовскитоподобные нестехиометрические оксиды. Для успешного использования СКЭП материалов в процессах окисления углеводородов, необходимо разработать технологии получения газоплотных мембран на их основе. Наиболее перспективным направлением считается получение мембран в виде микротрубок, которые позволяют значительно увеличить эффективность кислородной проницаемости.

Как правило, для управления функциональными характеристиками мембраны необходимо знать механизм переноса кислорода, его зависимость от геометрических параметров мембраны (толщина газоплотного слоя, вид и размер пор). На данный момент подобная задача решена для мембран планарного типа, но не для микротрубчатого, ввиду отсутствия единого стандарта синтеза, который приводит к невоспроизводимой микроструктуре конечного изделия. В данной работе предлагается использование методов 3D печати для изготовления пористой мембранной подложки с контролируемой микроструктурой. Газоплотный слой будет получен методом dip-coating с точностью 1 мкм. Образцы с единой основой, но разной толщиной газоплотного слоя будут изучены на предмет кислородной проницаемости. Дальнейший анализ позволит построить математическую модель кислородного транспорта на микротрубчатой мембране с известной структурой, что будет являться оригинальным результатом. Реализация данного подхода будет являться первым шагом к дальнейшему масштабированию технологии создания каталитических мембранных реакторов (КМР).

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122012000174-0, 18.01.2022

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ, НАНОФОТОНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ НА БАЗЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫХ ИОННЫХ ПУЧКОВ

С целью разработки безэталонного метода анализа образцов микроэлектроники с помощью вторично-ионной масс-спектрометрии будут проводиться исследования по применению физической эмиссионной теории распыления для объяснения экспериментальных результатов. Будет исследован процесс низкотемпературного парциального окисления этанола с целью получения водорода и проведено сравнение низкотемпературных процессов реформинга этанола на ранее разработанном никелевом катализаторе, нанесённом на оксид цинка. С целью уменьшения активационных потерь и увеличения эффективности метанольного топливного элемента будет исследована возможность уменьшить проницаемость протонообменной мембраны Nafion по топливу и сни-

зить влияние кроссовера на производительность топливного элемента путём модифицирования мембраны.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И ОСОБОЧИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121090800048-5, 02.09.2021

АКТИВНЫЕ ЦЕНТРЫ «МЕТАЛЛ-КИСЛОРОДНАЯ ВАКАНСИЯ» В ОБЛАСТИ МЕЖФАЗНЫХ ГРАНИЦ ГЕТЕРОГЕННЫХ $M/Ce_{1-x}Zr_xO_2$ ($M=Ni, Ru, Rh, Pt$) КАТАЛИЗАТОРОВ: ОТ СТРУКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКИ К ДИЗАЙНУ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Последние годы наблюдается рост интереса к исследованию каталитических систем, содержащих металлосодержащие центры и кислородные вакансии в непосредственной близости. Были показаны уникальные свойства Ni^+ , Ru^+ , Pt^+ и Rh^+ содержащих катализаторов, нанесенных на церий-содержащие оксиды в ряде промышленно важных реакций. Смешанные оксиды на основе CeO_2 характеризуются легкостью окислительно-восстановительных переходов. Данный проект направлен на установление корреляций между структурой и каталитическими свойствами $M/Ce_{1-x}Zr_xO_2$ катализаторов в трех реакциях, в которых большую роль играет организация межфазных границ: метанирования CO ($M = Ni, Ru$), паровой конверсии CO ($M = Pt$), метоксикарбонилирования этилена ($M = Rh, Ru$). Для катализа всех трех реакций активными центрами, по-видимому, являются пары «металл-кислородная вакансия» в области межфазной границы металл/оксид. Для экспериментальной проверки этого предположения каталитические свойства будут сопоставлены с данными о развитии (длине) межфазных границ металл/носитель и степени восстановления кристаллитов носителя. Также будут исследованы механизмы реакций путем совместного анализа результатов макрокинетических измерений (влияния температуры, концентраций реагентов), in situ ИК спектроскопии и квантово-химического моделирования. Для выполнения предлагаемой работы необходимо обеспечить однородность состава, структуры и морфологии как наночастиц носителя $Ce_{1-x}Zr_xO_2$, так и нанесенных наночастиц металлов. Для этого в ходе выполнения проекта будут предложены новые или адаптированы существующие методы синтеза. Для определения структуры катализаторов и особенно межфазных границ металл/оксид будут применены современные методы рентгеновской дифракции, спектроскопии и электронной микроскопии. Особое внимание будет уделяться исследованию структуры образцов в условиях каталитических реакций в режиме in situ или образцов после каталитических экспериментов в режиме ex situ.

Рассматриваемые реакции являются практически важными для получения водорода для питания топливных элементов (паровая конверсия CO), хранения водорода, получения синтетических топлив и запасаения энергии от возобновляемых источников (метанирование CO) и новых процессов газохимии для синтеза ценных продуктов из природного газа (метоксикарбонилирование этилена). Участники последней реакции относительно легко получают из природного газа путем пиролиза (этилен) или через получение синтез-газа (CO, метанол). Реакция метоксикарбонилирования олефинов, протекающая в относительно мягких условиях, открывает пути к синтезу более сложных соединений химии C3 и C4 из природного газа. Паровая конверсия CO является одной из стадий получения водорода из широкого спектра ископа-

емых, возобновляемых и синтетических топлив. Метанирование СО рассматривается в качестве одного из перспективных методов хранения водорода в виде синтетического природного газа. Разработка эффективных катализаторов данных процессов будет способствовать повышению эффективности переработки углеводородного сырья и переходу к альтернативным источникам энергии и безуглеродной энергетике.

Особенностью проекта является акцент на изучение структурной организации катализаторов с комплексным анализом взаимосвязи «состав-структура-свойство». При большом количестве публикаций, касающихся функциональных свойств нанесенных катализаторов на основе металлов Ni, Ru, Rh, Pt, открытыми остаются вопросы о влиянии параметров структуры компонентов катализаторов, а также структурных аспектов формирования и закрепления наночастиц активного компонента на поверхности носителей на основные критерии эффективности протекания каталитических процессов. Вместе с тем, анализ особенностей структуры катализаторов, в связи с конкретными условиями приготовления и итоговыми функциональными характеристиками является крайне важным этапом при разработке катализаторов. Пробел в исследованиях структурной организации катализаторов и выявлении взаимосвязей «структура – свойство» обусловлен прежде всего большой трудностью изучения структуры ультрадисперсных и структурно-разупорядоченных материалов прямыми методами структурной диагностики, в частности дифракционными. Как правило, научные работы в области катализа по разработке катализаторов не включают детальный анализ их структуры. В то же время ведутся активные работы по развitiю методов диагностики структуры наноматериалов, но апробируются и применяются они чаще к «модельным» однокомпонентным системам. Представляется крайне важным использование разработанных современных методов анализа структуры нанокристаллов в приложении к реальным каталитическим системам.

В проекте предполагается новый уровень исследований структурной организации нанесенных металл-оксидных катализаторов $M/Ce_{1-x}Zr_xO_2$ ($M=Ni, Ru, Rh, Pt$) с привлечением самых современных возможностей анализа структуры нанокристаллов. Для извлечения информации о структуре ультрадисперсных частиц активного компонента и специфики реальной структуры носителей – смешанных оксидов на основе SeO_2 будут использованы рентгенографические методы структурной диагностики, учитывающие специфику рассеяния рентгеновских лучей на ультрамалых кристаллитах и локальных дефектах кристаллической структуры, а также просвечивающая электронная микроскопия с коррекцией сферических аберраций в различных режимах. Основное внимание будет уделено таким факторам, как дисперсность, химическое состояние, кристаллическая структура и дефекты кристаллической структуры частиц активного компонента и оксидного носителя, а также структурным аспектам закрепления частиц активного компонента на поверхности носителя, организации межфазных границ металл/оксид. Будут изучены функциональные факторы, определяющие активность, селективность и стабильность металл-оксидных катализаторов в каталитических процессах.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121092300053-8, 16.09.2021

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА (МЭБ), ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ МЭБ И ЕГО КОМПОНЕНТОВ, ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЯЧЕЕК, СБОРОК ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЯЧЕЕК

Перспективным направлением является создание асимметричных по давлению между катодным и анодным контурами электролизеров воды на основе твердополимерного электролита на высокие давления до 20,0 МПа. Предварительные оценки показывают, что использование «асимметричной» системы электролиза наряду с существенным упрощением технологической схемы электролизной установки, повышением безопасности и чистоты водорода позволит также снизить энергозатраты на производство водорода высокого давления на 7–15 % по сравнению с традиционной («симметричной») схемой.

Работы выполняются с целью проработки конструкторской концепции и экспериментального обоснования типоразмерного ряда электролизных установок производительностью от 5 до 1000 $nm^3/час$.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

№ 121110200026-4, 28.10.2021

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ И ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В настоящее время альтернативная энергетика интенсивно развивается во всем мире как одна из ключевых возможностей снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду, уменьшения темпов использования природных источников энергии и предотвращения проблем энергетического дисбаланса и глобального потепления. С этой точки зрения, возобновляемые и нетрадиционные источники энергии могут стать альтернативой, которая поможет в будущем удовлетворить растущие требования человечества к ресурсам. Водородное топливо рассматривается в качестве такого источника, которое к тому же обладает высокими теплотворной способностью и экологическими характеристиками. Несмотря на многие преимущества водорода, его получение с применением традиционного низкотемпературного электролиза является очень дорогостоящим процессом. Кроме того, водород взрывоопасен, что предъявляет особые требования к его хранению и транспортировке. Возможным решением существующих проблем является разработка высокоэффективных устройств – твердооксидных электролизеров (ТОЭ), – которые составляют основу экономически привлекательной технологии, позволяющей получать высокочистый водород с высокими параметрами энергетической эффективности.

Основой традиционных твердооксидных устройств является кислородионный электролит YSZ (yttria-stabilized zirconia). Однако основная проблема таких ТОЭ состоит в том, что YSZ обладает приемлемой ионной электропроводностью (проводимостью) только при очень высоких температурах (800–1000 °C). Столь высокие рабочие температуры крайне неблагоприятны из-за быстрого взаимодействия функциональных материалов и изменения их микроструктурных параметров, что является причиной значимой деградации устройств в краткосрочном периоде. Поэтому разработка твердооксидных

ячеек, работающих в среднетемпературном диапазоне, является перспективным и актуальным направлением. Задачу по снижению рабочих температур можно решить путем поиска новых высокопроводящих электролитов (как кислородионных, так и протонпроводящих) и электрохимически активных электродных систем, а также разработки тонкопленочных технологий.

В связи с вышеизложенными причинами в рамках настоящего проекта планируется разработать новые функциональные материалы, а также подобрать наиболее оптимальные условия их применения с целью достижения высокой эффективности и производительности как твердооксидных электролизеров, так и топливных элементов с низкими темпами деградации выходных характеристик.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 121112600081-3, 23.11.2021

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЕДИНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Доминирующие сегодня технологии производства водорода путем конверсии углеводородного топлива не способствуют снижению эмиссии парниковых газов и снижению зависимости от невозобновляемых источников энергии. В последнее десятилетие большое количество ресурсов было направлено на разработку новых свободных от выбросов углекислого газа технологий производства водорода, среди которых ведущее место занимает технология высокотемпературного электролиза воды при использовании твердооксидных электролизеров на базе атомных электростанций.

Несмотря на огромный потенциал развития чистой водородной энергетики, низкий уровень инвестиций предопределил существенное отставание Российской Федерации в этой области от стран-технологических лидеров, таких как США, страны Европейского союза, Япония и Китай.

Проблема, на решение которой направлен проект, заключается в необходимости разработки экономически приемлемых технологий производства высокочистого электролизного водорода для аккумулирования избыточной электрической энергии в водородном цикле с целью последующих поставок водорода как энергоносителя на экспортные рынки.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 121121300089-4, 19.11.2021

ПОИСК НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ДЕШЕВОГО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА: ЭКСПЕРИМЕНТ, КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

Одним из основных направлений в области возобновляемой энергии является разработка мощных и накопительных устройств большой емкости, в том числе регенеративных топливных элементов и перезаряжаемых металл-воздуш-

ных батарей, работающих при комнатных температурах. Необходимым процессом в этих системах является электролиз воды (реакция выделения кислорода, OER). Кроме того, растущий мировой спрос на чистую энергию требует большей эффективности в водных электролизерах для производства водорода при низких затратах. Однако эффективность таких устройств сильно ограничена медленной кинетикой OER. Для преодоления этих ограничений активно разрабатываются новые катализаторы.

Успехи в улучшении характеристик катализаторов как для электролиза воды, так и для электроокисления малых молекул были достигнуты за счет использования оксидных перовскитов в качестве электродов. Оксидные перовскиты – универсальные функциональные материалы, широко используемые в различных областях технологии (электроника, катализ, топливные элементы и фотоэлектрические элементы). Корень этой универсальности заключается в настраиваемости свойств путем вариации элементного состава без ущерба для исключительной стабильности в широком диапазоне условий. Наряду со значительно более дешевой и стабильной альтернативой стандартным OER-катализаторам на основе драгоценных металлов, кристаллическая структура перовскитов открывает возможности для рационального дизайна материалов для широкого круга задач. Эти свойства делают перовскиты очень привлекательным объектом исследований. В частности, фазы Руддлсдена-Поппера, то есть слоистые перовскитные материалы, были синтезированы и продемонстрированы как обладающие исключительными каталитическими свойствами благодаря превосходной стабильности даже больших вариаций элементного состава и степеней окисления катионов, чем перовскиты.

В этом проекте мы предлагаем скомбинировать эксперимент, теорию и интеллектуальный анализ данных для поиска электрокатализаторов на основе оксидных перовскитов и фаз Руддлсдена-Поппера для OER и окисления мочевины. Теория функционала плотности будет использоваться для расчета объемных и поверхностных свойств нескольких соединений перовскита $A_{1-x}A'_xB_{1-y}B'_yO_{3\pm\delta}$ и Руддлсдена-Поппера $A_{2-x}A'_xB_{1-y}B'_yO_{4\pm\delta}$, где А – редкоземельные, щелочные или щелочноземельные элементы, а В – переходные металлы. Эти же соединения будут синтезированы экспериментально, и будет измерена их каталитическая активность в отношении OER и электрокаталитического окисления мочевины. Затем будут использованы недавно разработанные методы интеллектуального анализа данных для идентификации перво-принципных дескрипторов на основе рассчитанных свойств материалов (энтальпии образования, плотности электронных состояний, энергий образования О-вакансий и т. д.) и измеренной каталитической активности. Дескрипторы будут использоваться для высокопроизводительного поиска лучших катализаторов среди нескольких тысяч кандидатов. Лучшие предсказанные кандидаты будут затем проверены экспериментально. Затем полученные экспериментальные данные будут использованы для улучшения моделей машинного обучения и поиска еще лучших катализаторов. Такой систематический подход к проектированию материалов для OER и электрокаталитического окисления мочевины на оксидных перовскитах и фазах Руддлсдена-Поппера будет применен впервые.

Разработчик: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ 122022600142-2, 17.02.2022**ДИЗАЙН НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ВЫСОКИМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И ПРОЦЕССОВ В ИНТЕРЕСАХ ВОДОРОДНОЙ И ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

Проект направлен на разработку перспективных технологий производства высокочистого электролизного водорода для аккумулирования избыточной электрической энергии в водородном цикле с целью последующих поставок водорода как энергоносителя на внутренние и экспортные рынки.

Технология высокотемпературного электролиза воды все еще находится в стадии предварительных и фундаментальных исследований. Проект предполагает разработку новых материалов и инновационных технологий для создания нового поколения твердооксидных электролизеров получения водорода с меньшими удельными затратами электроэнергии и меньшими массогабаритными характеристиками по сравнению с существующими продуктами.

Создание технологий, напрямую связанных с генерацией энергии, невозможно без создания систем хранения энергии, установок генерации топлива, переработки топлива и отработанных материалов, устройств контроля. Для создания систем накопления энергии нового поколения требуются новые методики синтеза и более глубокое исследование свойств получаемых материалов. Также предъявляются повышенные требования к исходным материалам, что делает актуальным исследование процессов извлечения редкоземельных и других элементов из различных сред. Кроме того, нерешенной остается проблема безопасного хранения и транспортировки водорода.

Задачи проекта: - Синтез, исследование физико-химических свойств и электрохимических характеристик материалов для устройств накопления и преобразования энергии; - Разработка новых методов для создания материалов на основе ресурсосберегающих технологий; - Разработка технологии выделения, разделения и очистки редких и редкоземельных материалов; - Поиск новых и оптимизации характеристик известных материалов с целью повышения их эффективности и практического применения, поиск новых областей применения разрабатываемых материалов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 122081500075-1, 11.08.2022**РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ АВТОНОМНО РЕГУЛИРУЕМОЙ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПУТЕМ ОКИСЛЕНИЯ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СПЛАВОВ В ВОДНЫХ СРЕДАХ**

В настоящее время большинство развитых стран уделяет особое внимание развитию водородных технологий. В России тренд на создание и внедрение энергоустановок на водородном топливе, наряду с разработкой решений по его экологически чистому получению, также набирает обороты. Источники электропитания на основе водородных топливных элементов рассматривают в качестве альтернативы аккумуля-

торным батареям ввиду большей удельной энергоемкости и производительности при низких температурах. Они уже находят широкое применение в транспортной отрасли, для оснащения дронов и роботизированных платформ, систем резервного и децентрализованного тепло- и электроснабжения. На сегодняшний день существует ряд способов крупномасштабной генерации «мало-», «средне-» и «высокоуглеродного» водорода; формируется стратегия перехода к производству «безуглеродного» водорода методом электролиза с использованием возобновляемых источников энергии и на атомных станциях. Однако проблемы, связанные с безопасным хранением и транспортировкой этого взрывоопасного газа, пока остаются нерешенными. Создание и поддержание работы соответствующей инфраструктуры с обеспечением ее безопасности потребует колоссальных затрат, поэтому предполагается создание решений по распределению около 90 % водородного топлива потребителям непосредственно после наработки. Настоящий проект направлен на создание систем регулируемой генерации водорода посредством окисления энергоносителей на основе сплавов алюминия и магния в воде и водных солевых растворах для топливных элементов. Основное преимущество такого решения состоит в обеспечении водорода в необходимом количестве непосредственно на месте потребления, что в принципе исключает проблемы его хранения и транспортировки. Использование алюминия – еще одно преимущество, так как это первый по распространенности металл в земной коре. С недавнего времени ведется реализация проектов по модернизации алюминиевой промышленности: ALLOW (производство «низкоуглеродного» алюминия с использованием «безуглеродных» источников энергии, главным образом – гидроэнергетики), ELYSIS и поддерживаемые «Русал» работы Лаборатории фундаментальных исследований проблем получения алюминия при МГУ (выплавка алюминия с использованием «безуглеродных» («инертных») электродов, с выделением кислорода вместо углекислого газа). Таким образом, в обозримом будущем реален переход к производству «зеленого» алюминия. Продукты окисления алюминия безопасны для окружающей среды и могут быть возвращены в цикл производства алюминия в качестве исходного сырья. Новизна проекта состоит в создании источника водорода с автономным регулированием выделения водорода по давлению газа в системе, для которого впервые будут проведены экспериментальное и расчетное исследование процессов тепломассопереноса. Также впервые будет исследована теплоотдача от поверхности образцов реагирующих с раствором сплавов в приповерхностный газожидкостный слой и кинетика их окисления в водных средах разного состава.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122062400002-7, 24.06.2022**КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ВОДОРОДНОЙ ЗАПРАВКИ**

В последние 5 лет можно констатировать, что внедрение технологий водородной энергетики в повседневную жизнь действительно началось: появились доступные к покупке серийные автомобили, беспилотные летательные аппараты и стационарные системы электроснабжения. Суммарная установленная мощность поставленных потребителям топливных элементов (ТЭ) за последний год превысила 1 ГВт. Европейский союз и ряд других государств составляют планы пере-

хода к так называемой безуглеродной экономике, в которых водородная энергетика занимает одно из центральных мест.

В России в 2020 году открылась первая водородная заправка в подмосковной Черноголовке, и были завезены первые водородные автомобили Toyota Mirai. Более быстрому развитию водородной энергетики в РФ среди прочего препятствует отсутствие инфраструктуры получения, транспортировки и хранения водорода, в частности водородных заправок. Фактически, имеет место проблема – пока нет инфраструктуры, нет потребителей, пока нет потребителей, не появляется инфраструктура.

Водородные заправки можно разделить на 3 типа: 1) имеют резервуары с чистым водородом, поставляемым с заводов; 2) водород получают непосредственно на заправке электролизом воды; 3) водород получают из природного газа непосредственно на заправке. По нашему мнению, в случае России, где имеются большие запасы природного газа (ПГ) и достаточно развитая сеть газопроводов, именно последний вариант является наиболее привлекательным. Кроме того, существующая газотранспортная инфраструктура в будущем может быть использована для транспорта синтетического ПГ, получаемого с помощью возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а также способна обеспечить плавный переход от ископаемых к возобновляемым топливам.

Традиционная схема получения чистого водорода в масштабах водородной заправки включает стадии паровой конверсии метана, паровой конверсии СО и короткоциклового адсорбции CO_2 (КЦА). Применение КЦА вынуждает проводить процесс при повышенном давлении, хотя бы 1 МПа и выше, что негативно сказывается на равновесном превращении метана. Существующие катализаторы реакций паровой конверсии метана и СО предназначены для крупнотоннажных аппаратов и плохо подходят для применения в рамках компактной водородной заправки. Поэтому разработка новых каталитических материалов и технологий для российской водородной заправки является весьма актуальной задачей.

Настоящий проект направлен на решение проблемы получения чистого водорода из природного газа (ПГ) в рамках водородной заправки. Новизна данного проекта заключается в разработке каталитических материалов и процессов для интенсификации реакций получения и очистки водорода непосредственно в рамках инфраструктуры водородной заправки. В частности, в качестве одного из этапов получения чистого водорода предлагается процесс сорбционно-каталитической паровой конверсии СО, который позволит существенно улучшить термодинамику реакции паровой конверсии СО и исключить стадию КЦА. Новизна также заключается в разработке сорбционно-каталитического материала с возможностью регенерации в циклах повышения/понижения температуры с применением воздуха, дымовых газов или паров воды для удаления адсорбированного CO_2 .

Для интенсификации эндотермической реакции паровой конверсии метана предполагается использовать реактор-теплообменник со структурированным катализатором паровой конверсии природного газа внутри трубок и структурированным катализатором полного окисления для беспламенного сжигания природного газа на внешней поверхности трубок. Предполагается применение композитных катализаторов типа «наночастицы металлов/наночастицы активного оксида/структурный оксидный компонент/структурированная метал-

лическая подложка». Структурированная металлическая подложка обеспечивает эффективный отвод/подвод тепла для экзо-/эндотермических реакций, обладает хорошими гидродинамическими характеристиками и облегчает масштабный переход. Структурный оксидный компонент (оксид алюминия) обеспечивает термическую и коррозионную устойчивость и высокую удельную поверхность каталитического покрытия, выполняя защитную функцию для металлической подложки. Активный оксидный компонент (преимущественно оксиды церия-циркония) повышает устойчивость к зауглероживанию за счет кислородной подвижности и поддерживает высокую дисперсность активного компонента за счет сильного взаимодействия металл-носитель. Наночастицы металлов (Pt, Rh, Ru, Ni) размером 1–2 нм участвуют в активации молекул-субстратов.

Сочетание паровой конверсии метана и сорбционно-каталитической паровой конверсии СО позволит: 1) радикально увеличить равновесную конверсию СО и снизить требования к низкотемпературной активности катализаторов; 2) исключить дорогостоящую КЦА из схемы процесса; 3) снизить давление до 1–3 атм., что увеличивает равновесную конверсию метана при его паровом реформинге; 4) увеличить тепловую эффективность процесса за счет использования остаточного тепла домовых газов после паровой конверсии метана для регенерации адсорбента CO_2 .

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121100500118-4, 01.10.2021

ЛАБОРАТОРИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОРОДНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Проект направлен на создание лаборатории, на базе которой будут разработаны научно-технические основы и технологии производства новых перспективных материалов, методы и системы для исследования селективных характеристик мембранных материалов, а также технологии неразрушающего контроля материалов водородной энергетики. В рамках выполнения проекта планируется решение следующих задач: 1. Создание научных основ и технологий производства новых функциональных композитных материалов для нужд водородной энергетики; 2. Разработка материалов для разделения и очистки водорода, а также водородонепроницаемых защитных покрытий; 3. Разработка методов измерения и исследования селективных характеристик мембранных систем из композитных материалов; 4. Диагностика материалов и изделий водородных энергосистем неразрушающими методами контроля. Результаты работ будут применены для создания промышленных технологий получения новых композитных материалов, систем для очистки и разделения водорода, а также оборудования и методик для диагностики элементов водородных энергосистем на базе методов неразрушающего контроля.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121081800134-3, 12.08.2021

**ИССЛЕДОВАНИЕ
ПЕНТАГОНАЛЬНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ
МНОГОКРАТНО ДВОЙНИКОВАННЫХ Pd-
Au НАНОКАТАЛИЗАТОРОВ В ПРОЦЕССАХ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО МЕМБРАННОГО
ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА**

Одним из наиболее перспективных материалов для создания диффузионных фильтров глубокой очистки водорода являются ультратонкие пленки на основе сплавов Pd-Cu, получаемые методами вакуумного распыления. Такие мембранные материалы сочетают в себе оптимальную прочность, пластичность и устойчивость к дилатации при термоциклировании в атмосфере водорода, низкую себестоимость, за счет наличия достаточно большого содержания меди (до 50 %), а также обладают крайне высокими значениями водородопроницаемости в сравнении с мембранами, получаемыми классическими методами проката (MP до 19×10^{-3} ; проката до 3×10^{-3} ($\text{см}^3 \cdot \text{мм} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{кПа}^{-0.5}$). Это объясняется тем, что согласно диаграмме состояния, в сплаве Pd-50 %Cu происходит упорядочение твердого раствора с образованием b-фазы (решетка CsCl, $a = 0,2966$ нм), в котором менее плотная кристаллическая решетка по сравнению с ГЦК решеткой a-фазы ($a = 0,3767$ нм). Но несмотря на множество преимуществ в высокотемпературном диапазоне рабочих температур, такие материалы являются практически не пригодными для работы низкотемпературных диффузионных фильтров водорода (≤ 200 °C). Это происходит ввиду до сих пор не преодоленной научной проблемы – кинетического торможения достижения равновесия в системе металл-водород при температуре ниже 200 °C, причиной чего выступает замедление перехода водорода через металлическую поверхность. Реализовать уникально высокую скорость транскристаллического переноса водорода таких мембранных материалов, на основе сплава Pd-Cu, становится возможным только при достаточном ускорении лимитирующих в данных условиях стадий хемосорбции и диссоциации водорода на входной и выходной поверхностях мембраны. Поэтому основной целью проекта является интенсификация процесса низкотемпературной (до 200 °C) водородопроницаемости палладий-медных мембран, полученных методом магнетронного распыления. Достижение данной цели планируется осуществить на основе недавнего прогресса, достигнутого авторами заявки в синтезе металлических пентагональноструктурированных нанокристаллов с контролируемой формой, открытыми высокоэнергетическими поверхностями, включая грани с высоким индексом, и их уникальными электрокаталитическими свойствами в реакциях с участием водорода, процессах электроокисления метанола/этанола и мембранного выделения высококачественного водорода. Такие частицы могут выступать в качестве модифицирующего слоя, нанесенного на входную и/или выходную сторону разрабатываемых газопроницаемых мембран, ускоряющего поверхностные процессы. Такой слой на поверхности объемного палладия может значительно (до нескольких раз) ускорять растворение водорода металлом или делать это растворение вообще возможным в низкотемпературном диапазоне. Создание на поверхности мембраны подобного наноструктурированного слоя палладия с наночастицами четко контролируемой морфологии с высокоиндексными гранями с высокой поверхностной энергией сулит значительное ускорение диссоциативно-ассоциативных процессов адсорбции/десорбции на поверхности. Это позволит экспериментально зафиксировать многократное увеличение плотности потока водорода для мембран на основе Pd-Cu в условиях низкой

температуры (< 200 °C) и давления ($< 0,6$ МПа) по сравнению с образцами гладких и модифицированных стандартными методиками мембран. В свою очередь станет возможным значительное совершенствование процесса диффузионной очистки, понижение рабочих температур и повышение эффективности мембранных фильтров водорода и устройств на их основе. Также в конечном итоге это приведет к созданию на их основе низкотемпературных устройств со сходными или превосходящими характеристиками высокотемпературные аналоги, такие как водородно-воздушные топливные элементы, низкотемпературные мембранные фильтры выделения высококачественного водорода из газовых смесей, электрохимические устройства разделения изотопов водорода, мембранные реакторы парового риформинга (метанола, метана, и т.д.).

**РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

№ 122062700002-4, 27.06.2022

**МОНОАТОМНЫЕ Pd КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ
ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ
КОВАЛЕНТНЫХ ТРИАЗИНОВЫХ КАРКАСОВ**

Нанесенные металлические катализаторы обычно представляют собой материал, состоящий из носителя, на котором закреплен активный компонент катализатора – наночастицы металла размером от 2–3 до нескольких десятков нанометров, на поверхности которых протекают каталитические реакции. Такие катализаторы являются более стабильными, чем гомогенные катализаторы, они позволяют многократное использование и легкое отделение от жидких продуктов и реагентов, но, к сожалению, часто бывают менее активными в различных реакциях. Поэтому необходимо разрабатывать новые типы гетерогенных катализаторов. В последние несколько лет наблюдается большой интерес к исследованию катализаторов, в которых активный компонент-металл атомарно-диспергирован на поверхности носителя, то есть представляет собой поверхностные изолированные атомы металла, закреплённые на определенных центрах носителя. Такие катализаторы называют катализаторами с моноатомными центрами (single-atom catalysts, SAC). Каталитические свойства такого материала могут существенно отличаться от свойств объемного металла вследствие отличающейся координации атома металла и его электронных свойств. Важно, что скорости некоторых реакций на катализаторах с моноатомными центрами могут значительно превышать скорости на традиционных нанесенных катализаторах при сохранении высокой стабильности, что может позволить проводить реакции при более низких температурах, при меньших затратах энергии. Целью проекта является разработка новых активных, селективных и стабильных катализаторов с моноатомными центрами Pd, нанесенными на ковалентные триазиновые каркасы, для получения водорода путём разложения муравьиной кислоты.

Для синтеза катализатора с высокой концентрацией активных моноатомных центров необходимо иметь носитель с высокой площадью поверхности, содержащий высокую концентрацию определенных центров, которые могут взаимодействовать с прекурсором металла и впоследствии при нагревании стабилизировать моноатомные центры металла, сильно взаимодействующие с носителем, что предотвращает их спекание в наночастицы. Ковалентные триазиновые каркасы состоят из углерода, азота, водорода и иногда кислорода, являются стабильными при достаточно высоких температурах (> 673 K) и обладают специфическими поверхностными цен-

трами, в частности, азотными, способными связывать атомы металла.

В катализаторах с моноатомными центрами дорогой металл-катализатор используется более эффективно по сравнению с металлом в наночастицах, которые содержат также металл в объеме частиц, обуславливая меньшую концентрацию активных центров. Это особенно важно для промышленного использования, где цена катализатора играет важную роль. Следует ожидать дальнейшей интенсификации исследований в направлении катализа моноатомными центрами и значительного научного прорыва, следующего за прорывом в исследованиях по нанокатализу, уже не вызывающим столь значительный интерес, который наблюдался 5–10 лет назад. Научные проблемы состоят в выявлении влияния изоляции отдельных атомов металла на носителе на каталитические свойства, в установлении структуры и электронного состояния атомов металла.

Разработка эффективных катализаторов, содержащих нанесенные моноатомные центры Pd будет проводиться на основе изучения структуры активного центра и механизма реакции. Будут осуществлены следующие этапы работы: - физико-химические исследования полученных ковалентных триазиновых каркасов; - нанесение активного компонента (Pd) на эти носители с целью получения моноатомных центров металла; - определение каталитических свойств в реакциях получения водорода из муравьиной кислоты катализаторов с моноатомными центрами Pd и сравнение их со свойствами катализаторов с наночастицами; - определение структуры и электронных свойств активного центра; - установление взаимосвязи между структурой активного центра и каталитической активностью, селективностью и стабильностью в реакциях получения водорода разложением муравьиной кислоты; - установление основных принципов механизма реакций.

Выбор реакции разложения муравьиной кислоты объясняется тем, что муравьиная кислота рассматривается в последнее время в качестве жидкого органического вещества для хранения водорода (LOHC). Она содержит 4.4 вес. % водорода (53.4 г/л), что в 2 раза больше, чем количество водорода при 350 бар в том же объеме. Важно иметь катализаторы, которые позволяют извлекать водород из муравьиной кислоты без примеси CO при температурах близких к комнатной (<373 К). Другим продуктом разложения является диоксид углерода, который может быть использован в свою очередь для синтеза муравьиной кислоты также при низких температурах (<373 К). Альтернативно муравьиная кислота может быть получена окислением/ гидролизом биомассы. В литературе только недавно начали появляться данные о работах, в которых используются катализаторы с моноатомными Pd центрами для указанной реакции.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ AAAA-A21-121011390009-1, 11.01.2021

ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ, ХРАНЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДА И ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ СМЕСЕЙ

Разработка каталитических материалов и технологий получения, хранения, транспортировки и применения водорода и водородсодержащих смесей, в том числе: 1. Разработка лазерного реактора каталитической конверсии природного газа

и легких алканов в водород и непредельные углеводороды экспериментальными методами и методами математического моделирования. 2. Разработка и исследование материалов воздушных электродов твердооксидных топливных элементов и электролизеров, функциональных слоев асимметричных нанесенных кислород- и протонпроводящих мембран, а также создание таких устройств. 3. Синтез фотокатализаторов и выбор органического субстрата для эффективного фотокаталитического получения водорода под действием излучения УФ- и видимого диапазона. Особое внимание будет уделено исследованию примесей (CO, CO₂), образующихся при получении водорода. 4. Разработка и оптимизация состава катализаторов разложения аммиака и метана, на оксидных и углеродных носителях, промотированных редкоземельными, щелочными, щелочноземельными элементами, а также элементами подгруппы железа, для получения водорода с низким содержанием примесей. 5. Дизайн материалов и комплексное исследование процессов получения водорода и водородсодержащих газовых смесей из твердых, жидких и газообразных топлив для запуска и питания энергоустановок на основе топливных элементов различных типов. 6. Разработка термостойких многофункциональных структурированных металллопористых катализаторов с регулируемой дисперсностью частиц активного компонента для конверсии углеводородных топлив в синтез-газ, устройств и технологических схем на их основе для приготовления модифицированных газомоторных топлив, используемых в перспективных низкоэмиссионных энергогенерирующих системах с достижением требуемых экологических норм по эмиссии вредных выбросов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122011200120-8, 11.01.2022

КОМПОЗИЦИОННЫЙ УГЛЕРОД-КАРБИДНЫЙ МАТЕРИАЛ Mo₂C-S КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КАТАЛИЗАТОР ПРОЦЕССОВ С УЧАСТИЕМ ВОДОРОДА

Заявленный проект направлен на создание каталитического композиционного материала Mo₂C - S для применения в процессах с участием водорода. Карбид молибдена отличается высокой каталитической активностью в процессах, требующих активацию водорода, в том числе в углекислотной конверсии метана и реакции выделения водорода (HER) в топливных элементах.

Использование в качестве прекурсора карбида молибдена молибденооксидных нанокластеров и дальнейшее их введение в углеродную матрицу позволит получить стабильный и активный катализатор. Молибденооксидные нанокластеры будут формироваться в процессе синтеза дисперсий молибденовых синей с использованием различных органических восстановителей. В качестве углеродной матрицы будут применяться различные углеродные материалы, в том числе углеродные и азот-допированные углеродные нанотрубки, полученные химическим осаждением из газовой фазы. Исследование адгезионного взаимодействия кластер – углеродная матрица позволит установить характер взаимодействия частиц молибденовых синей с различной углеродной поверхностью и, соответственно, сделает возможным контролировать процесс сорбции частиц молибденовых синей на углеродной поверхности. Контролируемое введение частиц в углеродную матрицу приведет к возможности формирования композиционного материала с заданными свойствами. Исследование

взаимосвязи каталитической активности полученного материала с его структурой и свойствами позволит установить оптимальные условия синтеза каталитического материала под конкретный каталитический процесс.

Актуальность данной работы обусловлена в потребности современной промышленности в создании ресурсосберегающей технологии переработки легких углеводородов, а также в создании высокоэффективных топливных элементов, что невозможно без наличия активного и стабильного катализатора.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»

№ 115012330032, 30.06.2022

СОЗДАНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ВОДЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Повышение температур, плотностей тока и давлений при электролизе воды может рассматриваться как один из путей снижения энергозатрат на производство электролитического водорода и кислорода. В предыдущих проектах РФФИ коллективом предлагаемого проекта разработаны методы фазовой инверсии и электроспиннинга для создания пористых диафрагм низкотемпературного щелочного электролиза воды. В данном проекте в качестве основы электродно-диафрагменных блоков будут использованы новые типа композиционных диафрагм на основе полимеров полисульфонового ряда, модифицированного гидрофильным наполнителем, а также микроплочные гидроксипроводящие мембраны на основе полибензимидазола и мембранно-электродные блоки на их основе, способные функционировать при высоких плотностях тока и температуры. Будут разработаны также новые композитные электрокатализаторы на основе никеля при их интенсивной эксплуатации. Интенсивный процесс электролиза требует создания расчетных моделей тепломассобмена как в отдельной ячейке, так и в электролизере в целом. Наряду с оптимизацией структурных параметров отдельных элементов электролизной ячейки, на заключительном этапе предполагается оптимизация плотностей тока, температур и давлений электролизера.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 122031400258-4, 24.02.2022

СОЗДАНИЕ НОВОГО ТИПА КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ БИОСЫРЬЯ

Проект направлен на создание новых высокоэффективных катализаторов получения водорода из спиртов биогенного происхождения. Конкретной задачей проекта является создание не содержащих благородных металлов катализаторов паровой конверсии изобутанола на основе переходных металлов и углеродного носителя, полученного карбонизацией биомассы. Данный подход отвечает принципам зеленой химии, поскольку для синтеза носителя катализаторов будет использовано возобновляемое сырье, а получение водорода будет осуществляться паровой конверсией изобутанола, производство которого из возобновляемого сырья освоено в промышленном масштабе. В совокупности это позволит ре-

ализовать процесс получения водорода с нейтральным углеродным балансом.

Одной из задач проекта является создание эффективного метода формирования стабильных катализаторов на основе карбонизированной биомассы для паровой конверсии изобутанола. Применение гидротермальной карбонизации позволяет, с одной стороны, решить проблему утилизации древесных отходов, которые в настоящее время утилизируют преимущественно путём сжигания и захоронения. С другой стороны, дает возможность получить перспективный углеродсодержащий носитель для катализаторов получения водорода из продуктов переработки биосырья. В ходе выполнения проекта будут систематически изучены физико-химические свойства получаемых углеродсодержащих катализаторов превращения изобутанола. Будет исследовано влияние времени контакта, температуры, соотношения спирт/вода на селективность образования водорода. В рамках проекта предполагается осуществление качественного и количественного анализа возможных промежуточных кислородсодержащих соединений, формирующихся в ходе паровой конверсии изобутанола на разработанных катализаторах. На основе полученных данных предполагается построение схемы протекания процесса. Будет проведено сравнение экспериментально полученных результатов с расчетами термодинамического равновесия парового риформинга изобутанола (равновесные степени конверсии и селективности) для температур и соотношений реагентов, охватывающих рабочий диапазон превращения изобутанола на разрабатываемых катализаторах. Впервые будет предложен дизайн каталитических систем на основе карбонизированной биомассы, с использованием которых впервые будет исследована паровая конверсия биоизобутанола.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122070400094-7, 24.06.2022

РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРА И ТЕХНОЛОГИИ РАЗЛОЖЕНИЯ АММИАКА

Перспективным направлением аккумулирования, хранения и доставки водорода потребителям является аккумулирование водорода в виде аммиака. В одном объеме жидкого аммиака содержится в 1,7 раза больше водорода, чем в жидком водороде. Аммиак обладает более высокой плотностью по содержанию водорода, чем газообразный, жидкий водород и гидриды металлов. Стоимость транспортировки водорода в составе аммиака в 20 раз меньше, чем перевозка и хранение сжатого водорода.

Получение водорода из аммиака осуществляют путем диссоциации аммиака на азот и водород (соотношение $N_2/H_2=1/3$). Принципиально важным для реализации процесса является разработка эффективных катализаторов и аппаратуры. При реализации проекта будут разработаны катализаторы для разложения аммиака, исследованы их физико-химические и технологические свойства, разработаны варианты технологических схем и определены оптимальные технологические параметры процесса генерации водорода из аммиака.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 122112400090-6, 18.11.2022

ПЕРЕДОВАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА «ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ»: ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ ВОДОРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ЭТАП 2022 Г.)

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью решения больших (фронтирных) инженерных задач по разработке и ускорению масштабирования технологий получения и использования водорода, в том числе за счет проведения глубокого и полного цифрового инжиниринга, в интересах высокотехнологичных энергетических отраслей промышленности и обеспечения импортозамещения, технологического суверенитета и национальной безопасности в условиях мобилизационной экономики.

В рамках проекта будет реализована химико-технологическая система использования тепловых ресурсов нового высокотемпературного газоохлаждаемого реактора (ВТГР) для производства водорода по оригинальной технологической схеме на отечественных катализаторах. Разработка ведется на основе технологии цифрового двойника с целью масштабирования решений и оптимизации всего жизненного цикла компонентов и технических решений, включая не только производство и эксплуатацию, но и дальнейшее техническое развитие.

Проект можно разделить на несколько этапов:

Этап 1. Разработка технологического оборудования существующих методов получения водорода пилотного масштаба с использованием отечественных материалов, в том числе катализаторов, что позволит исследовать проблемные зоны процессов и сформировать отечественную базу знаний. Реализация экспериментальных установок перспективных технологий.

Этап 2. Подбор и обоснование наиболее эффективных параметров и сопутствующих материалов для исследуемого процесса получения водорода. Создание элементов отечественной базы знаний.

Этап 3. На основе сформированной базы знаний создание уникальных цифровых мультидисциплинарных моделей процессов получения водорода, что позволит повысить скорость проведения тестовых испытаний, обнаружить наиболее стрессовые технологические места и пр. Создание базовой версии отечественного программного комплекса для решения технологических задач водородной энергетики.

Этап 4. Имплементация инновационных отечественных промышленных технологий получения водорода в машиностроительные проекты промышленных партнёров.

Результатами проекта должны стать: 1. Энергоэффективная инновационная технология получения водорода с использованием отечественного оборудования и катализаторов; 2. Компетенции в цифровом инжиниринге технологий получения водорода и родственных процессах: математическое и компьютерное моделирование сложного оборудования, проектирование оборудования; оптимизация технологических процессов, моделирование каталитических процессов; 3. Компетенции в проектировании технологических процессов получения водорода и родственных процессов и основного технологического оборудования; 4. Технологическая независимость от иностранных лицензиаров и национальная безопасность РФ в области водородных технологий.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 122080500042-6, 15.09.2022

РАЦИОНАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Одним из наиболее перспективных методов получения «зеленого водорода» является фотоэлектролиз. Фотоэлектрохимическое получение водорода основано на реакции разложения воды на молекулярные водород и кислород на полупроводниковых электродах под действием солнечного излучения. Результатом этого процесса является прямое преобразование солнечной энергии в химическую энергию топлива (водорода). Метод фотоэлектролиза очень перспективен с точки зрения простоты создания фотоэлектрохимических преобразователей, поскольку в качестве фотоэлектродов могут использоваться тонкие пленки поликристаллических оксидов переходных металлов.

Одной из наиболее выигрышных стратегий повышения каталитической активности и стабильности фотоэлектрокатализаторов является нанесение на поверхность материалов фотоэлектродов тонких слоев других соединений, основная функция нанесенного сокатализатора – понижение активационного барьера межфазного переноса фотоиндуцированного носителя заряда через границу электрод/раствор.

Настоящий проект направлен на выявление роли сокатализатора в повышении эффективности и стабильности фотоэлектрокатализаторов РВК и РВВ на основе оксидов переходных металлов. Решение данной задачи возможно на основании проведения многофакторного анализа влияния компонентов фотоэлектрохимической системы на наблюдаемую фотоэлектрокаталитическую активность и стабильность.

Научная новизна проекта заключается в установлении неизвестной на сегодняшний день преобладающей функции сокатализатора в различных экспериментальных условиях на основании систематического экспериментального подхода, позволяющего независимо варьировать различные факторы (природа материала фотоэлектрода, толщина и сплошность слоя фотокатализатора, pH среды). Данный подход позволит впервые сформулировать рациональные стратегии повышения стабильности и активности фотоэлектрокатализатора на основании понимания механизма действия сокатализатора.

Разработчик: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ 122080500148-5, 03.08.2022

ГЕНЕРАЦИЯ ВОДОРОДА В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТЫ УГЛЕВОДОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ЗАХОРОНЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Настоящий проект посвящен изучению способа генерации водорода из ископаемого сырья. Основной целью данного проекта является изучение процесса генерации водорода из метана в условиях залегания углеводородных пластов и за счет реализации метода внутрипластового горения (ВПГ) углеводородов, с возможностью параллельного захоронения парниковых газов. Предлагаемая технология подразумевает закачку катализатора и повышение температуры пласта за счет закачки пара и воздуха с последующим осуществлением про-

цесса ВПГ. В результате закачки пара происходит формирование активного катализатора, который активизирует процессы конверсии метана в водород (паровая конверсия, крекинг).

В рамках проекта будут решены такие задачи, как разработка кинетической модели реакций преобразования метана в водород в процессе ВПГ, влияние катализаторов на ускорение процесса генерации водорода, экспериментально и численно смоделированы внутривластовые процессы с установлением ключевых параметров генерации водорода, а также изучена возможность параллельного захоронения парниковых газов.

В качестве основного способа экспериментального моделирования внутривластовых процессов предлагается применять методику создания высоких давлений и температур, в присутствии ядерной модели реального месторождения, в различных реакторах автоклавного типа. По результатам интерпретации данных лабораторных экспериментов будет получена кинетическая модель преобразования метана в водород в процессе внутривластового горения, механизмы реакций, а также другие входные параметры, необходимые для последующего численного моделирования. В результате адаптации данных эксперимента в компьютерной модели будут получены параметры процесса для проведения моделирования в масштабе реального месторождения углеводородов, в ходе которого будет определена энергоэффективность применяемого метода разогрева пласта. На финальном этапе исследований планируется экспериментально изучить вопросы сохранения водорода и сепарации газовой смеси в пласте, и процессы захоронения парниковых газов, в частности CO_2 .

Полученные в ходе настоящего исследования данные позволят сделать прогноз эффективности применения метода ВПГ для генерации водорода. Результаты выполнения заявленного комплекса задач (экспериментальные исследования, численное моделирование, прогнозные оценки) будут иметь практический потенциал для снижения количества выбросов парниковых газов в атмосферу и расходы на их утилизацию в рамках стратегии РФ по переходу к углероднейтральной экономике.

РАЗРАБОТЧИК: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ АААА-А18-118091990060-4, 19.09.2018

ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ МИКРОБНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ: ПРОДУЦЕНТЫ, ПУТИ ОБРАЗОВАНИЯ, ЛАБОРАТОРНЫЕ МОДЕЛИ ПОЛУЧЕНИЯ

Цель проекта – выявление и характеристика микробных процессов, приводящих к образованию энергоносителей (углеводородов, водорода) и получению электричества в топливных элементах. Поиск возобновляемых источников энергии микробного происхождения является актуальной задачей в связи с их экономичностью, экологической чистотой и возможностью сочетания получения с другими биологическими процессами (разложение органических отходов, получение продуктов с высокой добавленной стоимостью). Одновременно поиск новых энергетических процессов у прокариотов имеет большую ценность для фундаментальной науки, так как расширяет наши знания о многообразии микробного мира, в том числе с точки зрения энергетического метаболизма, что может быть использовано при моделировании первичной

биосферы Земли или экстраполировано на гипотетические внеземные экосистемы.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ БИОТЕХНОЛОГИИ» РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А20-120091590007-8, 15.09.2020

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ОКСИДА КОБАЛЬТА ДЛЯ ПОЛНОГО ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ВОДЫ И ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ПОД ДЕЙСТВИЕМ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА

Тенденция сокращения легкодоступных запасов высококачественного ископаемого углеродсодержащего сырья (нефти, газа и угля), являющегося доминирующей основой функционирования современных топливно-энергетических комплексов в развитых странах, и возникающие проблемы экологического характера определяют необходимость поиска экологически чистых и возобновляемых источников энергии. Перспективным направлением последующих этапов развития солнечной энергетики будущего может являться получение так называемого «солнечного топлива». В связи с этим начинаемая научно-исследовательская работа направлена на решение актуальной проблемы эффективного преобразования энергии солнечного света в энергию химических связей энергоносителей, в частности, водорода как наиболее экологически чистого топлива, пригодного для использования практически в любых типах тепловых двигателей и многих иных видах электрогенерирующих устройств. Решение будет достигнуто за счёт создания композитных фотокатализаторов на основе наноразмерного оксида кобальта, который способен под действием солнечного света обеспечивать полное разложение воды с образованием стехиометрической смеси водорода и кислорода (2:1) с высокой эффективностью даже без добавления донорных агентов и дорогостоящих сокатализаторов за счёт уникальной структуры и оптимального положения валентной зоны и зоны проводимости в наноразмерном состоянии. Будет исследовано влияние структуры наноразмерного оксида кобальта, получаемого при различных видах высокоэнергетической обработки и различных условий синтеза.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122031400667-4, 09.03.2022

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ДИЗАЙНА МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ Zr-Al ДЛЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АЦЕТАЛЬДЕГИДА ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ

Проект направлен на решение актуальной проблемы создания новых катализаторов дегидрирования алканолов, в частности, этанола. Биоэтанол, полученный путем ферментации биомассы отходов сельскохозяйственных и деревообрабатывающих предприятий, является перспективным возобновляемым источником энергии. Процесс неокислительного дегидрирования этанола обеспечивает перспективный способ получения ацетальдегида и водорода из возобновляемых ресурсов. Эффективность использования смешанных оксидов в качестве носителя определяется тем, что совмещает в

себе термическую и фазовую стабильность твердого раствора циркония и хорошие текстурные свойства оксида алюминия. Даже небольшие внедрения оксида алюминия в состав исходной матрицы оксида циркония создают синергетический эффект и как следствие высокие показатели каталитической активности.

В ходе проекта будут разработаны оптимизированные методики синтеза смешанных оксидных композиций с нанесенной активной фазой, их дизайну в зависимости от прикладных задач. Таким образом, настоящий проект позволит комплексно изучить процесс направленного формирования кислотных или основных центров нанесенных оксидных систем в зависимости от различных факторов, что является важной фундаментальной задачей на стыке областей – материаловедения, инженерных наук и органического гетерогенного катализа.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»

№ 122062800014-6, 28.06.2022

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРИРОВАННОГО КАТАЛИЗАТОРА И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ПРОВЕДЕНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КОНВЕРСИИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В СИНТЕЗ-ГАЗ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Для перехода к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике разрабатываются альтернативные системы преобразования энергии. Перспективным вариантом для получения электроэнергии являются энергоустановки на основе топливных элементов, которые по своим техническим и эксплуатационным характеристикам превосходят эксплуатирующиеся в настоящее время коммерчески доступные энергоустановки киловаттного класса. Одной из основных проблем, сдерживающих внедрение энергоустановок на основе топливных элементов в повседневную жизнь, пока остается их стоимость и доступность используемого топлива. Таким образом, для начального, «переходного» периода, существует большая потребность и значительный потенциал для технической и научной разработки эффективных систем преобразования энергии, работающих на привычном для потребителей дизельном топливе, инфраструктура которого широко развита во всех областях нашей страны. Эта задача может быть решена путем включения в состав энергоустановки дополнительного устройства – топливного процессора, позволяющего конвертировать дизельное топливо в пригодный для питания топливных элементов водородсодержащий газ.

Во многих странах активно ведется разработка электрохимических генераторов малой мощности (1-5 кВт), работающих на дизельном топливе. Такое устройство состоит из топливного процессора, предназначенного для конверсии топлива в водородсодержащий газ, и топливного элемента. Достоинством технологии получения электроэнергии из дизельного топлива в электрохимических генераторах на основе топливных элементов является высокий КПД — от 35 % до 65 %, что кратно превышает КПД дизельных генераторов малой мощности. Также к преимуществам относится экологическая безопасность, бесшумность работы, отсутствие движущихся частей, из-за чего установки не требуют обслуживания в течение долгого времени. Помимо применения в бытовых целях, подобные электрохимические генераторы могут быть использованы на борту грузовых транспортных средств в качестве вспомогательной энергоустановки. Такая технология

позволит существенно экономить топливо, снизить выбросы в атмосферу и продлить срок службы ДВС. Устройство может получить широкое применение в отдаленных регионах нашей страны и в структурах Министерства обороны РФ.

На рынке до сих пор отсутствует коммерчески доступный продукт — катализатор конверсии коммерческого дизельного топлива и, соответственно, топливный процессор, который бы позволял получать водородсодержащий газ для питания топливных элементов. Большинство научных исследований ограничивается проведением экспериментов в лабораторном формате. Трудности связаны с многокомпонентностью моторного топлива, а также наличием в нем каталитического яда – серы. Коммерческий дизель содержит в своем составе ди- и поли-ароматические соединения, конверсия которых вызывает наибольшие затруднения. Неполная конверсия топлива сопровождается зауглероживанием катализатора, что приводит к его дезактивации. Деградационные процессы также возникают из-за спекания активного компонента в условиях довольно высоких температур (750–1000 °C). Все эти факторы приводят к затруднениям в создании эффективного катализатора и, соответственно, топливного процессора.

Решение данной научно-технической проблемы будет революционным, ускорив переход к экологически чистой, ресурсосберегающей распределенной энергетике, к возобновляемым источникам энергии и водородной энергетике. Успешное решение задачи получения водородсодержащего газа из дизеля автоматически открывает возможность по переводу энергоустановок для работы на возобновляемом природном сырье – биодизеле.

На сегодняшний день коллективом исполнителей проекта был разработан высокоэффективный композитный катализатор типа «наночастицы активного металла (Rh)/наночастицы активного оксида (смешанные оксиды церия)/структурный оксидный компонент (оксид алюминия)/структурированная металлическая подложка (сетка из сплава FeCrAl)». Катализатор продемонстрировал стабильную работу на протяжении 200 часов в условиях паровоздушной конверсии коммерческого дизельного топлива. В результате выполненной работы было показано, что приготовленный каталитический блок является стабильным и регенерируемым в условиях риформинга углеводородов, нарушений морфологии и дегградации микроструктуры не наблюдалось ни в лобовой части, ни на выходе из блочного катализатора. Следующим этапом является разработка топливного процессора для конверсии дизельного топлива в синтез-газ.

Научная новизна проекта определяется комплексным подходом к решению сложной и актуальной проблемы каталитической окислительной конверсии многокомпонентных смесей жидких углеводородов дизельной фракции, разработки активного и стабильного катализатора и, в конечном итоге, создания топливного процессора для высокоэффективных транспортных и стационарных энергоустановок на основе топливных элементов. В условиях паровоздушной конверсии дизеля большое значение имеет разработка системы подачи и смешения реагентов для минимизации некаталитических гомогенных реакций, которые приводят к сажеобразованию. В ходе паровоздушной конверсии должна обеспечиваться высокая теплопроводность для передачи тепла из лобовой зоны (зоны с высокой экзотермичностью реакции, где преимущественно протекают процессы полного окисления), в хвостовую зону (зону с высоким эндотермическим эффектом, где идут процессы паро- и углекислотной конверсии углеводородов. Большинство исследований показывают, что недостаток тепла в хвостовой зоне катализатора играет ключевую роль в снижении конверсии топлива, поэтому эффективность рифор-

минга во многом будет зависеть не только от катализатора, но и от конструктивных особенностей топливного процессора, разработка которого планируется в этой работе. В ходе проекта будут определены переходные режимы работы катализатора, а также способы его кратковременной регенерации для поддержания стабильной активности на длительном пробеге. Созданный новый катализатор и топливный процессор конверсии дизельного топлива позволят расширить область применения и круг потенциальных потребителей энергоустановок на основе топливных элементов, закладывая для их разработчиков и производителей все предпосылки по снижению себестоимости, производству коммерчески приемлемого и конкурентоспособного продукта и ускорению его выхода на рынок.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122080900045-3, 09.08.2022

ВЫДЕЛЕНИЕ, ОЧИСТКА, КОМПРИМИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ВОДОРОДА

Разработка автономных систем электроснабжения для удаленных и труднодоступных регионов на основе возобновляемых источников энергии и накопления энергии с использованием водорода является актуальной и перспективной задачей. Комплексное решение проблем создания экологически чистых водородных энерготехнологических систем, обеспечивающих высокую эффективность использования (и тем самым сбережения) первичной энергии, требует проведение фундаментальных и прикладных исследований, а также разработку научно-технических основ создания систем выделения, очистки, компримирования и хранения водорода, с привлечением достижений фундаментальных (химия, материаловедение, физика), и прикладных (технологии химии и металлургии, нанотехнологии, компьютерное моделирование) наук, а также инженерных знаний в энергетике, химическом машиностроении, электронике высоких мощностей, приборостроении и т.п.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122080500028-0, 01.08.2022

УГЛЕРОДНЫЕ ТОЧКИ ДЛЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА

Проект направлен на переход к новым производственным технологиям преобразования солнечной энергии в химическую энергию водорода на основе принципиально новых нетоксичных и легко доступных материалов, а также к широкому внедрению возобновляемых источников энергии вместо ископаемого топлива.

Фотокаталитические системы на основе светопоглощающих материалов и катализаторов в растворе или взвеси широко исследуются на предмет их использования для преобразования солнечной энергии в химическую энергию водорода. Углеродные точки имеют ряд преимуществ перед традиционными молекулярными или полупроводниковыми светопоглощающими материалами, а именно: большие коэффициенты поглощения в видимой области, высокая фотостабильность и хорошая растворимость в воде, легкость синтеза и последующей обработки поверхности, отсутствие редких металлов

в составе и нетоксичность делают УТ перспективными для применения в качестве светопоглощающего материала в фотокаталитической системе нового поколения для генерации водорода.

Разработка методик создания фотокаталитических систем на основе углеродных точек находится на начальном этапе, и в последние годы появились сообщения о создании таких фотокатализаторов, осуществляющих восстановление водорода в водной среде. УТ можно отнести к наиболее перспективным светопоглотителям для создания новых дешевых и нетоксичных фотокаталитических систем для генерации водорода. В то же время большинство синтезируемых УТ обладают преимущественно (90 %) короткоживущими возбужденными состояниями, что существенно ограничивает транспорт заряда на катализатор. Поэтому целью проекта является разработка новых нетоксичных и дешевых фотокаталитических систем с улучшенными эксплуатационными характеристиками для генерации водорода на основе светопоглотителей в виде УТ. В ходе выполнения проекта планируется развить методы синтеза УТ с большим вкладом долгоживущих возбужденных состояний, а также усовершенствовать методы обработки их поверхности для эффективного связывания с катализатором, что позволит значительно улучшить генерацию и перенос носителей заряда. Планируется детально исследовать морфологию, динамику фотовозбуждений и транспорт носителей заряда в фотокаталитических системах на основе УТ, что позволит создать экспериментальные образцы для фотогенерации водорода.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»

№ 122061700044-7, 10.06.2022

МАТРИЧНАЯ КОНВЕРСИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ В ВОДОРОД И ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ПРОДУКТЫ

Существенное снижение углеродного следа мировой энергетики невозможно без широкомасштабного использования для производства водорода традиционных технологий его получения на основе углеводородных источников, прежде всего, природного газа. В свою очередь, это диктует необходимость повышения эффективности и снижения энергозатрат газохимических методов конверсии углеводородных газов в синтез-газ и далее водород, как наиболее реальной возможности снижения антропогенного углеродного следа. Несколько лет назад нами был разработан метод матричной конверсии углеводородных газов практически любого состава в синтез-газ для последующих процессов получения синтетических углеводородов, синтеза метанола, использования в качестве восстановительного газа в металлургии и ряда других процессов. Созданы и успешно работают несколько демонстрационных установок производительностью до 20 м³ синтез-газа в час, подтвердивших основные преимущества данного метода по сравнению с известными промышленными технологиями. Матричная конверсия является автотермическим процессом, не требующим дополнительных источников тепла или энергии. Процесс некаталитический, поэтому может использоваться в качестве сырья углеводородные газы практически любого состава и происхождения, включая попутные газы и биогаз. Его удельная объемная производительность существенно превышает таковую для парового риформинга, а отсутствие катализатора снижает до минимума затраты на предварительную подготовку газа. Дополнение этого процес-

са каталитической стадией парового риформинга образующегося СО в мембранном реакторе может позволить значительно повысить выход водорода и получать водород высокой чистоты, соответствующей требованиям, предъявляемым при его использовании в низкотемпературных топливных элементах. Для этого необходима оптимизация тепловых потоков в конвертере, используемых для получения пара для каталитической стадии и режимов работы риформера, а также разработка новых материалов, обеспечивающих возможность длительного проведения процесса при температурах выше 1200 К и высокой концентрации водорода, то есть жаропрочных материалов, устойчивых к водородному охрупчиванию, и изучение их свойств. Как показали результаты предварительного кинетического моделирования процесса, составом получаемого синтез-газа, в том числе концентрацией в нем водорода, можно управлять за счет оптимизации процессов, протекающих в послепламенной зоне конвертора. Одним из таких способов может быть дополнительная подачи в конвертор пара и/или CO_2 . Последняя возможность открывает путь дополнительной утилизации CO_2 , то есть дополнительного снижения углеродного следа. Использование таких малотоннажных установок для получения водорода непосредственно в местах его потребления на основе любых местных источников углеводородного сырья позволит обойти такие, не имеющие пока практически приемлемого решения проблемы, как хранение и транспортировка больших объемов водорода. Процесс может быть также использован для рентабельного малотоннажного производства таких легко транспортируемых водородсодержащих жидких продуктов, как метанол и диметилэфир.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122021800200-0, 04.02.2022

НОВЫЕ ГИБРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Одним из самых перспективных способов получения «зеленого водорода» является прямое преобразование солнечного света в водород («солнечное топливо») в присутствии фотоактивных материалов. Однако низкая эффективность конверсии солнечного света на существующих фотоактивных системах по-прежнему является огромной проблемой в современном научном мире. Поэтому поиск и разработка новых материалов с высокой активностью в солнечном свете и способов их получения на сегодняшний день представляет собой глубокую и комплексную задачу, решение которой позволит сделать значительный вклад в развитие углеродно-нейтральных технологий в рамках научно-технологического развития РФ. Настоящий проект посвящен разработке научных и технологических основ направленного синтеза гибридных оксидных систем с высокой эффективностью конверсии солнечного света в водород. При реализации проекта будут разработаны новые подходы к созданию гибридных оксидных систем на основе ряда металлов; установлено влияние технологических параметров и режимов термообработки (температуры, газовой атмосферы) на физико-химические характеристики и состав образующихся гибридных оксидных систем; исследовано влияние физико-химических характеристик и состава гибридных оксидных систем на кинетику фотоэлектрохимической генерации водорода под действием солнечного света; исследована кинетика совмещенных процессов генерации водорода и окисления органических загрязнений; оптимизированы

процессы фотоэлектрохимической генерации водорода на гибридных оксидных фотоанодах под действием солнечного света.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 122120200009-5, 30.11.2022

СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ДЕМОНСТРАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА

В процессе работы проводятся следующие исследования: разработка принципиальной технологической схемы технологического экспериментально-демонстрационного комплекса, схемы автоматизации технологических процессов, принципиальные технологические схемы вспомогательных систем технологического экспериментально-демонстрационного комплекса, требований к аппаратам и оборудованию производства технологического экспериментально-демонстрационного комплекса, расчет аппаратов и оборудования, исходных требований на основные покупные комплектующие изделия с получением технико-коммерческих предложений от поставщиков, разработка монтажных схем и схем систем безопасности, программы и методики проведения экспериментальных работ по развитию технологий производства водорода из природного газа до уровня готовности к опытным работам, стендового технологического регламента на проведение экспериментальных работ по развитию технологий производства водорода из природного газа до уровня технологий готовых к опытным работам и рабочих инструкций для персонала.

Результаты работы – технологическая документация технологического экспериментально-демонстрационного комплекса для развития технологий производства водорода из природного газа; технологический экспериментально-демонстрационный комплекс для развития технологий производства водорода из природного газа.

Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития, экологической безопасности, управления, функционирования и развития Системы стандартизации ПАО «Газпром», при планировании и организации мероприятий по экспертизе и внедрению инновационных проектов в области водородной энергетики на объектах ПАО «Газпром».

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ – ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122080200056-6, 25.07.2022

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОЧИСТОГО ВОДОРОДА С ПОМОЩЬЮ МЕМБРАННОГО МОДУЛЯ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЕВЫХ МЕМБРАН

Данный проект направлен на решение проблемы получения высокочистого водорода, который затем может быть использован как топливо для топливных элементов с протонообменной мембраной. Для снижения количества выбросов предлагается перевести хотя бы часть транспортных средств на топливные элементы, в частности, элементы с протонооб-

менной мембраной. Наряду с очевидными преимуществами существенным ограничением этого типа устройств является необходимость использования в качестве топлива водорода высокой степени чистоты (не менее 99.5 % об.). Современные методы получения и сепарирования водорода преимущественно ориентированы на крупнотоннажное непрерывное производство, в то время как потребность в водородном топливе для транспортных средств меняется в зависимости от сезона, обстоятельств владельцев транспорта и других факторов, а долговременное хранение водорода сопряжено с его серьезными потерями из-за высокой летучести и проникающей способности. Поэтому существует потребность в компактных установках для получения водорода высокой степени чистоты, способных с высокой эффективностью и быстрым выходом на рабочий режим производить относительно небольшие количества водорода (порядка нескольких Нм^3 в сутки), который затем будет либо незамедлительно утилизироваться в топливном элементе на борту транспортного средства, либо храниться в сжатом виде относительно недолгое время. Такие установки должны включать в себя реактор для получения богатых водородом газовых смесей, например, в результате каталитического риформинга углеводородсодержащего сырья, а также устройства для селективного сепарирования водорода. Мы предлагаем использовать в качестве такого устройства мембранные модули, состоящие из водород-селективных мембран на основе капилляров из металлического никеля. Геометрические размеры производимых промышленно никелевых капилляров позволяют достичь высокой плотности их упаковки в устройстве и тем самым уменьшить его размеры. Никель как мембранный материал обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными материалами мембран: относительно низкой стоимостью, высокой коррозионной устойчивостью и стабильностью характеристик в температурном диапазоне работы каталитических риформеров, практическим отсутствием явления водородного охрупчивания и т.д. В ходе реализации проекта планируется создание модифицированных мембран на основе никелевых капилляров, исследование механизма транспорта водорода и поиск путей повышения потока водорода через них. Предлагаются подходы по созданию надежной и долговечной герметизации мембран. По итогам подробного исследования единичных мембран и способов их коммутации будет собран и испытан прототип мембранного модуля, сочетающий в себе компактность, надежность, эффективность и низкую стоимость материалов. Также будут сформулированы рекомендации по сборке модулей большей производительности. Реализация проекта поможет в решении проблемы производства водорода высокой степени чистоты и снижении загрязнения атмосферного воздуха выбросами транспорта.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А17-117041710088-0, 17.04.2017

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КОНВЕРСИИ ЛЕГКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ И КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ C1-ХИМИИ В ЦЕННЫЕ ПРОДУКТЫ

В результате реализации проекта: будут предложены каталитические системы для переработки факельных и нефтезаводских газов в товарный природный газ и метановодородные смеси посредством низкотемпературной селективной

конверсии; будут приготовлены и испытаны в лабораторном масштабе образцы катализаторов конверсии, разработаны кинетические модели конверсии; будут выявлены механизмы практически важных газофазных каталитических реакций для процессов газопереработки, конверсии углеводородного сырья, разработаны новые каталитические системы переработки углеводородного сырья в ценные химические продукты; будут предложены новые подходы к дизайну катализаторов для получения водородсодержащего газа и его очистки от монооксида углерода; будут получены образцы катализаторов для процессов паровой конверсии кислородсодержащих соединений химии C1 и катализаторов гидрирования и окисления монооксида углерода и результаты их испытаний; будут установлены взаимосвязи между физико-химическими свойствами и каталитическими свойствами катализаторов в процессе углекислотной конверсии метана. Получены результаты исследований, испытаний катализатора на металлическом структурированном носителе для парциального окисления H_2 -декана.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А19-119092790021-3, 27.09.2019

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПАРЦИАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО И ПОПУТНОГО НЕФТЯНЫХ ГАЗОВ В СИНТЕЗ- ГАЗ, ВОДОРОД, МЕТАНОЛ И ОЛЕФИНЫ

Проект направлен на создание фундаментальных научных основ принципиально новых направлений в конверсии различных видов углеводородных газов в синтез-газ, водород, метанол и олефины. В его основе лежат разработанные в ИПХФ РАН инновационные процессы некаталитического парциального окисления углеводородов. Несмотря на впечатляющие достижения в химической конверсии природных газов в жидкие продукты (GTL-технологиях), даже построенные в последние годы предприятия «мирового класса» балансируют на грани рентабельности. Одна из главных причин – очень высокие затраты на стадию конверсии природного газа в синтез-газ. Как следствие, в ближайшем будущем не прогнозируется заметного увеличения числа GTL предприятий. Коллективом предлагаются две альтернативные возможности создания нового поколения GTL процессов: Первая – снижение затрат на стадию получения синтез-газа за счет новой некаталитической технологии матричной конверсии метана в синтез-газ в сверхadiaбатических условиях. Получение синтез-газа на основе экзотермической реакции парциального окисления очень привлекательно для малотоннажных процессов, так как при этом не требуется внешнего подвода тепла и, соответственно, громоздкого и дорогостоящего теплообменного оборудования. Автотермическое парциальное окисление позволяет значительно снизить размеры и, соответственно, стоимость конвертора. Вторая – разработка альтернативных GTL технологий, не требующих стадии получения синтез-газа. Основой для подобных технологий могут стать процессы парциального окисления углеводородов, такие как прямое окисление метана в метанол, селективный оксикрекинг тяжелых компонентов природного и попутных газов в этилен и CO с последующим каталитическим карбонилированием и/или олигомеризацией продуктов окисления. Проведенные исследования показали, что при парциальном окислении легких алканов могут быть получены газовые смеси, содержащие метанол или этилен и CO в соотношениях, оптимальных для

последующих каталитических процессов карбонилирования или олигомеризации получаемых продуктов. Для технологической проработки газофазных процессов окисления легких алканов, которые определяются кинетикой протекающих реакций, необходимо использование детальной кинетической модели. Поэтому в ходе работы будет разработана детальная кинетическая схема парциального окисления алканов C1-C4 в среднетемпературной области ($T = 400\text{--}1200\text{ }^{\circ}\text{C}$) и проведена ее верификация путем сопоставления с собственными и литературными экспериментальными данными. На основе данной схемы будет проведено компьютерное моделирование и оптимизация трех процессов: матричная конверсия метана в синтез-газ (водород), прямое окисления метана в метанол и окислительный крекинг алканов C2-C4 в олефины и CO.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119022790026-5, 27.02.2019

РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ, НАНОФОТОНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ НА БАЗЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫХ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ПУЧКОВ ИОНОВ

С целью разработки безэталонного метода анализа образцов микроэлектроники с помощью вторично-ионной масс-спектрометрии в прошедший период времени продолжены исследования по применению физической эмиссионной теории распыления для объяснения экспериментальных результатов. В настоящей работе исследован процесс низкотемпературного парциального окисления этанола с целью получения водорода и проведено сравнение низкотемпературных процессов реформинга этанола на ранее разработанном никелевом катализаторе, нанесенном на оксид цинка. В настоящей работе представлены первые экспериментальные результаты по синтезу пленок SiC на кремнии модифицированным методом ионной имплантации, в котором дозы ионного облучения на несколько порядков меньше, чем в традиционной имплантации ионов углерода. Суть метода заключается в облучении ионами инертных газов системы с пленкой углеродсодержащего газа на поверхности кремния. В этом процессе при соударении быстрых ионов инертного газа с молекулами углеродсодержащего газа на поверхности кремния происходит вбивание атомов углерода в кремний за счет явления атомов отдачи.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И ОСОБОЧИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119020790042-1, 07.02.2019

СИНТЕЗ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА Pt, Rh, Pt-Rh КАТАЛИЗАТОРОВ НА СТРУКТУРИРОВАННОМ И ВТОРИЧНОМ НОСИТЕЛЕ (ОКСИДЫ АЛЮМИНИЯ БАЙЕРИТНОГО РЯДА) ДЛЯ РЕАКЦИИ ПАРЦИАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В СИНТЕЗ-ГАЗ

Целью проекта является детальное изучение структурных особенностей и определение каталитических свойств в реакции парциального окисления углеводородов моно- и биметаллических катализаторов на основе платины и родия, нане-

сенных на оксиды алюминия байеритного ряда (η и θ). В связи с тем, что реакция парциального окисления углеводородов может быть использована для процессов производства синтез-газа и водорода, для дожига отходящих газов в различных технологических процессах, разработка таких катализаторов имеет важное значение для сферы экологической безопасности и ресурсосберегающей энергетики. В ходе реализации проекта впервые будет исследовано влияние предшественника активного компонента и носителя на структуру и свойства этих катализаторов. Для этого планируется: во-первых, приготовить катализаторы из разных предшественников: хлоридов, нитратов и аммиачных комплексов, во-вторых, в качестве носителя использовать разные формы оксида алюминия (η и θ). Детальное структурное исследование таких катализаторов на носителях, представляющих собой оксиды алюминия байеритного ряда, будет проведено впервые. Будет проведено получение гидроксооксидных соединений алюминия алюминатным способом из алюминия. Ранее этот способ не использовался. Также, кроме гранулированных катализаторов, впервые будут синтезированы структурированные катализаторы такого же состава, нанесенные на сеть из фехралевого сплава, что позволит использовать катализатор более эффективно и экономично, а также легко его масштабировать. Исследование такого типа катализаторов началось в последние годы, а структурированные катализаторы предлагаемого состава будут рассмотрены впервые. Использование родия вместе с платиной в качестве активного компонента позволит получить более стабильный и эффективный катализатор. Полученные катализаторы будут исследованы комплексом физико-химических методов: дифракционными методами, включая метод радиального распределения электронной плотности, методами просвечивающей электронной микроскопии, сканирующей электронной микроскопии, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии и электронной спектроскопии диффузного отражения. Также будет проведено тестирование катализаторов в реакции. Проведенные исследования позволят определить оптимальные условия для синтеза наиболее эффективного и стабильного катализатора такого состава в реакции парциального окисления углеводородов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А19-119122790114-6, 27.12.2019

ПРЕД-РИФОРМИНГ СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ: ЭКСПЕРИМЕНТ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Проект направлен на исследование процессов парциального окисления (ПО) и паровой конверсии (ПК) углеводородов до C10 применительно к получению водорода для питания топливных элементов (ТЭ). ТЭ являются динамично развивающейся отраслью энергетики, поскольку обладают возможностью преобразовывать энергию химических связей в электрическую с высоким КПД даже для компактных и мобильных систем. В результате проекта будет проанализирована эффективность различных типов химических реакторов для проведения процессов ПО и ПК, выявлен оптимальный тип реактора. Для этого будет проведено математическое моделирование процесса на основании имеющихся экспериментальных и литературных данных. Методы, предлагаемые к использованию в проекте, включают в себя использование

современных вычислительных технологий и методик каталитических экспериментов.

Разработчик: ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИИ И КАТАЛИЗА – ОБСОБЛЕННОЕ СТРУКТУРНОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ УФИМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119011890155-5, 18.01.2019

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОЙ КОНВЕРСИИ НИЗКОКАЛОРИЙНЫХ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ В СИНГАЗ И ВОДОРОД В РЕЖИМЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ГОРЕНИЯ В ПОДВИЖНОМ СЛОЕ ПОРИСТОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Проект направлен на создание теоретической модели, позволяющей управлять температурным режимом и выходом продуктов при конверсии низкокалорийных газов в сингаз и водород посредством парциального окисления в новом типе химического реактора – противоточном реакторе с подвижным слоем пористого теплоносителя с перемешанными потоками реагентов. Полученные результаты составят основу для создания технологий конверсии в сингаз низкокалорийных нефтяных и пиролизных газов. В основе разрабатываемого подхода – ранее разработанные исполнителями проекта методы оптимизации для конверсии в сингаз углеводородов при рекуперации тепла газообразных продуктов в слое инертного твёрдого теплоносителя. Вычислительная модель будет строиться из условия сохранения химических компонентов, теплового баланса при межфазном теплообмене и условия термодинамического равновесия в газовой фазе в высокотемпературной зоне реактора. Разрабатываемая технология откроет возможность использования низкокалорийных нефтяных газов и пиролизных газов для распределённой генерации энергии.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122122900042-9, 19.07.2022

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В рамках создаваемой лаборатории предлагается проведение работ по трем направлениям:

I. Создание технологии глубокой очистки водорода с помощью микротрубчатых водород-проницаемых мембран на основе палладийсодержащих и никелевых сплавов. II. Разработка лабораторных прототипов каталитических мембранных реакторов (КМР) конверсии углеводородов для получения водорода с использованием микротрубчатых и мультиканальных мембран. III. Разработка лабораторных образцов высокотемпературных твердооксидных электролизеров (микротрубчатых и мультиканальных) для получения водорода. Водород высокой степени чистоты востребован в целом ряде приложений: в топливных элементах с протонообменной мембраной, устанавливаемых на экологически чистый транспорт; в микроэлектронике и производстве полупроводников; в металлургии для выплавки стали и снижения выбросов углекислого

газа; в химической промышленности для получения ценных химических продуктов и т.д.

Предлагаемые к разработке технологии и устройства получения водорода имеют ряд преимуществ перед традиционными:

I. Разработка (при поддержке и в сотрудничестве с индустриальным партнером – ОАО «Красцветмет») мембранных модулей для сепарации водорода из газовых смесей на основе газоплотных мембран из сплавов палладия позволит: - создать в рамках импортонезависимости конкурентоспособный российский мембранный модуль для глубокой очистки водорода; - с помощью мембранной технологии глубокой очистки водорода, в отличие от других методов (КЦА, криогенный, полимерные мембраны), получить водород чистотой более 99.99 % об., пригодный для использования в низкотемпературных топливных элементах, устанавливаемых на транспорте, в мобильных и портативных энергоустановках, в том числе, не требующих обслуживания, что востребовано при работе в условиях Сибири и Арктики; - создать дополнительную рыночную нишу потребления палладия в РФ и мире за счет разработки конкурентоспособной технологии глубокой очистки водорода, востребованной современной водородной энергетикой, основанной на использовании топливных элементов (распределенная энергетика, водородная заправка, транспорт, производства полупроводников и т.д.).

Следует отметить, что при сравнимых капитальных затратах (CAPEX), даже при использовании дорогостоящего палладия, мембранные установки требуют более низких операционных затрат (OPEX). Компания АО «Красцветмет» разработала эффективные маркетинговые мероприятия для решения проблемы конкурентоспособности палладиевых мембранных блоков.

II. Разработка каталитических мембранных реакторов (КМР) парциального окисления метана и конверсии других углеводородов на базе керамических кислородпроницаемых мембран (при поддержке и в сотрудничестве с индустриальным партнером ООО «Инэнерджи») позволяет на 30–40 % снизить затраты при получении синтез-газа и водорода по сравнению с традиционной паровой конверсией метана.

Использование КМР приводит к снижению расходов за счет отсутствия азота и его оксидов в продуктах конверсии, а также за счет «ухода» от криогенного кислорода. При этом в КМР происходит повышение селективности процесса конверсии углеводорода в синтез-газ за счет формирования активных форм кислорода на поверхности кислородпроницаемой мембраны. Повышение производительности можно добиться смещением равновесия процесса конверсии за счет селективного удаления водорода из реакционной зоны с помощью водородпроницаемых мембран.

III. Применение высокотемпературных твердооксидных электролизеров (ТОЭ) водяного пара (разрабатываемых при поддержке и в сотрудничестве с индустриальным партнером ООО «Инэнерджи») позволяет использовать отработанное тепло (например, после паровых турбин на электростанциях) и снизить затраты на получение водорода до 3 кВт·ч/нм³ H₂ против 5–6 кВт·ч /нм³ H₂ для традиционных методов электролиза воды. Использование микротрубчатых и мультиканальных электролизеров позволяет увеличить производительность и степень конверсии, обеспечить быстрый

запуск и отключение по требованию потребителя, что необходимо для портативных и мобильных устройств.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122121200002-3, 08.12.2022

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИЙ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ В СИНТЕЗ-ГАЗ И ВОДОРОД В РЕАКТОРАХ С ЭФФЕКТИВНОЙ РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА ПРОДУКТОВ

Будет проведено исследование возможности проведения конверсии горючих газов и легкокипящих жидкостей в синтез-газ и водород посредством парциального окисления в режиме горения со сверхadiaбатическим разогревом с использованием нового типа реактора с высокой степенью рекуперации тепла продуктов – реакторе типа вложенных спиралей (Swiss roll). Отличительной чертой реактора, который предлагается исследовать, является раздельный ввод реагентов. В отличие от конверсии заранее перемешанных реакционных смесей, раздельный ввод реагентов позволяет достичь более высокого предварительного разогрева реагентов и таким образом, достичь более высокого сверхadiaбатического разогрева.

Будет построена качественная модель процесса в указанном типе реактора в зависимости от геометрических параметров реактора, состава (и, следовательно, заданных термодинамических и кинетических характеристик) и расходов реагента.

Будет разработана конструкция экспериментального лабораторного реактора и экспериментально проверены выводы теоретической модели. В частности, будет исследовано влияние инертного пористого материала, помещенного в канал течения газов на скорость теплообмена в системе. Непосредственным практическим результатом выполнения проекта может стать создание практического маломасштабного конвертора, позволяющего получать синтез-газ и водород посредством парциального окисления органических топлив.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ AAAA-A17-117041010090-0, 10.04.2017

СОЗДАНИЕ МЕМБРАННО-КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ МЕТОДАМИ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НА ОСНОВЕ НАНОПОРОШКОВ

Целью проекта является создание методами порошковой металлургии мембранно-каталитических систем нового поколения на основе консолидированных микро- и нанопорошков, образующих объемные структурированные материалы со сквозными открытыми микропорами и нанорельефной поверхностью стенок порового пространства. Предлагаемый принцип создания таких материалов заключается в последовательном синтезе нанопорошков-прекурсоров химико-металлургическим методом, их консолидацией в химически-активной атмосфере с использованием порообразователей с

последующим нанесением каталитически-активных наночастиц на поверхность открытых пор. В экспериментальной части проекта будут синтезированы высокопористые проницаемые структуры-катализаторы на основе наноразмерных систем. В таких структурах газофазные гетерогенно-каталитические реакции в условиях принудительной диффузии молекул субстрата протекают более интенсивно по сравнению с традиционными реакторами с насыпным слоем катализатора в результате улучшенного массо- и теплообмена. Планируемые в проекте системы являются перспективными для реакций дегидрирования насыщенных углеводородов, парового и углекислотного риформинга и пиролиза нефтяного и возобновляемого сырья, направленных на получение ценных мономеров и водорода. Впервые методами порошковой металлургии будут созданы каталитически-активные материалы с регулируемой открытой микропористостью и наноструктурированной поверхностью и разработаны фундаментальные основы формирования таких структур.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ИМ. А.А. БАЙКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ AAAA-A20-120061890039-9, 18.06.2020

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ПИРОЛИЗЕ, ГАЗИФИКАЦИИ И ЗАЖИГАНИИ УГЛЕЙ КУЗБАССА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Проект направлен на исследование воздействия лазерного излучения для инициирования термохимических процессов, протекающих при пиролизе, газификации и зажигании углей Кузбасса. Исследование процессов пиролиза, газификации и зажигания угля является важным направлением для совершенствования технологий глубокой переработки угля Кузбасса. В проекте будут исследоваться начальные стадии термохимических процессов в углях Кузбасса, протекающие в течение времени от начала воздействия лазерного излучения до зажигания образца на микроуровне в реальном масштабе времени (от микросекунд до сотен миллисекунд). В качестве объекта исследования будут выбраны ископаемые угли Кузбасса разной степени метаморфизма марок: длиннопламенный (Д) Талдинского месторождения, отощенный спекающийся (ОС) Томусинского месторождения, слабо спекающийся (СС) Бачатского месторождения, тощий (Т) и антрацит (А) Бунгурского месторождения. В качестве источника быстрого подвода энергии будет применяться импульсный лазер с излучением на длине волны 1064 нм при длительности импульса лазерного излучения 120 мкс (режим свободной генерации). В результате предполагается, что при воздействии лазерного излучения на угольное вещество в нем инициируются быстротекущие термохимические процессы, приводящие к образованию и выделению летучих органических соединений в газовую фазу и их воспламенение с последующим зажиганием нелетучего каркаса. Научная значимость заключается в развитии знаний и модельных представлений о горении сложных многокомпонентных систем на примере ископаемых углей Кузбасса в условиях быстрого подвода лазерной энергии. Практическая значимость заключается в использовании полученных фундаментальных результатов для разработки технологии лазерного инициирования термохимических процессов переработки углей, в том числе зажига-

ния пылеугольного топлива в котельных установках и создания новых эффективных камер сгорания.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122051800001-0, 16.05.2022

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Проект направлен на решение двух взаимосвязанных задач. Первая задача: разработка лазерно-плазменного метода, позволяющего, при использовании относительно компактного оборудования, разлагать природный газ на водород и твердый углерод без образования парниковых газов. Это не только позволит продолжить использование природного газа в качестве ископаемого источника энергии при соблюдении экологической нейтральности, но и продолжить эксплуатацию существующих газотранспортных сетей без необходимости их модернизации для транспортировки водорода. Последнее обусловлено компактностью оборудования и, соответственно, возможностью его расположения в конце газотранспортной сети, в непосредственной близости от потребителя. Благодаря этому одновременно будут минимизированы расходы на разработку и создание системы доставки водорода до потребителя и связанные с этим экологические, экономические риски и риски в области обеспечения безопасности. Вторая задача – исследование механизмов и скоростей химических процессов при фотолизе/пиролизе метана посредством изучения поведения когерентных ансамблей молекул методом фемтосекундной спектроскопии с временным разрешением. Результаты этого исследования будут полезны не только для решения первой задачи, но и целого ряда других проблем. Так, например, в последнее десятилетие возобновился интерес, связанный с возможностью использования метана в качестве реактивного топлива для гиперзвуковых аппаратов. В этом контексте необходимо установить механизм и кинетические параметры химического поведения топлива во время его пиролиза, чтобы использовались их в моделировании гидродинамических процессов. Учитывая, что скорость подобных реакций, как правило, лежит в субпикосекундном диапазоне, методы фемтосекундной спектроскопии становятся безальтернативными для решения подобных задач.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122082600015-3, 26.08.2022

ГЕНЕРАТОР ВОДОРОДА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Цель НИР – разработка конвертера метана в водород для использования на автомобильной газонаполнительной станции. В ходе выполнения НИР должны быть выполнены следующие работы: 1. Моделирование неравновесного цепного пиролиза метана в микропузырьках барботажного реактора, в том числе в присутствии катализатора (Ni, Fe и др.) при инициировании газовым разрядом, оптимизация конструкции блока плазмохимической конверсии и температурного режима реактора, выбор катализатора. 2. Моделирование распределения температуры и электрического поля в объеме реактора с диэлектрическим расплавом при барботировании метана. Моделирование развития самостоятельного

газового разряда в объеме пузырька с метаном. Режим работы высоковольтного источника – постоянное напряжение и импульсное напряжение с частотой следования импульсов до 0.1 МГц. При моделировании определить условия развития пробоя по газу в объеме пузырька и подавления пробоя по границе раздела метан-расплав на поверхности пузырька. 3. Разработка метода утилизации мелкодисперсного углерода, в том числе с получением пластографита. Моделирование формирования высокомолекулярных углеводородов (алканы и др.) на поверхности частиц мелкодисперсного углерода и выбор дополнительных катализаторов полимеризации, оптимизация температурного режима и скорости газового потока в зоне полимеризации. 4. Разработка системы автоматизации нагрева и стабилизации температуры в барботажном реакторе с регулировкой распределения температуры в реакционной зоне и зоне полимеризации. 5. Подготовка заявки на изобретение/полезную модель. 6. Подготовка обоснования технической и экономической возможности и целесообразности выполнения НИОКР.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122092900004-3, 28.09.2022

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПИРОЛИЗА ПРИРОДНОГО ГАЗА И РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПИРОЛИЗА МЕТАНА

Разработка научных основ технологии – варианта каталитического пиролиза природного газа (КППГ) с применением наноструктурированных металл-углеродных катализаторов. Разработка лабораторной установки для испытания процесса.

Каталитическое разложение метана является неокислительным одностадийным процессом, протекающим по реакции: $\text{CH}_4 \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{C}$. Отсутствие оксидов углерода в продуктах реакции при целевом получении водорода исключает необходимость улавливания CO_2 , а в случае производства метано-водородных смесей возможно использовать продукт реакции без дополнительной очистки, что является преимуществом для выбора данного одностадийного процесса. В отсутствие катализатора значительная конверсия достигается при температуре не менее 1200 °C ввиду кинетических ограничений и высокой энергии активации разрыва связи C–H молекул метана. Энергия активации некаталитического процесса составляет от 350 до 450 кДж/моль. Существенная интенсификация процесса при пониженной температуре может быть обеспечена применением катализаторов различного типа, наиболее широко протестированы катализаторы на основе углерода и переходных металлов. Так, использование углеродных катализаторов: активированные угли, технический углерод, – позволяет понизить энергию активации до 200–240 кДж/моль и, соответственно, обеспечивает проведение процесса при температуре 800–900 °C. Более эффективны катализаторы на основе переходных металлов: главным образом никеля, а также железа и кобальта. В случае энергии активации снижается до приблизительно 100 кДж/моль (для никеля), а разложение может быть проведено при приемлемой температуре порядка 650–750 °C.

Результаты НИОКР будут использованы при разработке аппаратурного оформления для лабораторных испытаний процесса каталитического пиролиза природного газа, включая

испытания различных вариантов катализатора и испытания режимных параметров процесса.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122092900005-0, 28.09.2022

РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА МЕТАНА

Цель работы – получение водорода паровым риформингом метана с применением катализаторов повышенной устойчивости к примесям сырья.

Для перехода к низкоуглеродной экономике на основе крупнотоннажного производства водорода необходимо улучшение имеющихся технологий получения водорода (парового риформинга), которое может быть реализовано за счет разработки и применением усовершенствованных каталитических систем. Традиционно для получения водорода из природного газа применяются следующие технологии: риформинг, пиролиз и газификация углеводородсодержащего сырья, а также электролиз воды. Паровой риформинг отличается жесткостью условий реализации, что накладывает дополнительные требования на структуру и свойства используемых катализаторов. Дополнительное пагубное влияние на каталитические центры системы оказывают присутствующие в сырье серо-содержащие соединения. Катализаторы, имеющие устойчивость к подобному классу соединений, выгодно отличаются от аналогов.

В работе предлагается разработка и изготовление лабораторной установки парового риформинга метана, а также разработка каталитических систем, имеющих повышенную устойчивость к примесям сырья. Полученные каталитические системы позволят обеспечить продолжительную непрерывную работу установки.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122122600006-4, 19.12.2022

РАЗРАБОТКА ХИМИЧЕСКОГО ДИНАМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА СЖАТИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ПУТЕМ ПИРОЛИЗА МЕТАНА

Химический динамический реактор сжатия (ХДРС) представляет собой установку с подвижными цилиндрами и поршнями, предназначенную для получения водорода термическим пиролизом метана. В камере реактора за счет адиабатического сжатия до 150 атм. происходит нагрев до 1500 °С, благодаря чему происходит разложение метана. При этом водород и углерод образуются в газообразной форме и выпускаются в верхней мертвой точке цикла реактора, что подавляет протекание обратной реакции. Далее, при охлаждении углерод переходит в твердую фазу. Благодаря разработанной нами технологии термоэлектрохимического оксидирования трущиеся поверхности поршней и цилиндров работают без смазки, процесс протекает в адиабатическом режиме за счет теплоизоляционных свойств покрытия, тем самым достигаются высокие давления и температуры в камере реактора. Компрессионный нагрев и отсутствие смазки поршневой груп-

пы дают как минимум 90 % конверсию. Одним из наиболее перспективных путей применения предлагаемой к созданию технологии получения водорода путем пиролиза метана с использованием ХДРС является ее использование на объектах существующей газотранспортной системы, например, на метановых городских заправках.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ТЭХО ТЕХНОЛОГИИ»

№ 122111000102-3, 07.11.2022

РАЗРАБОТКА НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

Итогом проекта станет разработанная технология по получению водорода путем пиролиза попутного нефтяного газа с конверсией не менее 60 %. Потенциальным использованием разработанной технологии будет являться разложение природного газа до водорода, проектирование водородных заправок основой которых станет разработанная технология. Побочный продукт в виде углерода может продаваться на предприятия, изготавливающие резину, искусственные алмазы, углеродистые трубки.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122101200005-6, 11.10.2022

ИССЛЕДОВАНИЕ ПИРОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СИНТЕЗА И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ РЕАКЦИЙ НАКОПЛЕНИЯ И ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Цель НИР: – разработка математических моделей и программного обеспечения для инновационных пиролизных технологий генерации водорода из природного газа; – разработка эффективных катализаторов и органических носителей для безопасного хранения и транспортировки водорода.

Достижение поставленных целей базируется на решении следующих научно-технических задач: - разработка математической модели термического разложения метана; - разработка математических моделей химических, тепловых и газодинамических процессов, протекающих в газофазном реакторе генерации водорода; - разработка новых аналитических и численных методов расчета химических, тепловых, газодинамических процессов, протекающих в газофазном реакторе; составление вычислительных алгоритмов и создание программных пакетов для расчета указанных процессов; - исследование влияния тепловых, массообменных и газодинамических параметров на процесс термического разложения метана в газовой фазе; - определение допустимых пространственных градиентов температур, обеспечивающих надежность работы установки пиролиза метана, путем расчета квазистатистических температурных напряжений; - разработка методов синтеза нанесенных катализаторов для процессов прямого гидрирования и дегидрирования органического носителя водорода, способных сохранять активность в реакциях накопления и извлечения водорода не менее чем в 4-х циклах; - установление взаимосвязи между физико-химическими характеристиками катализаторов и показателями их каталитической активности

в процессах прямого гидрирования-дегидрирования жидкого органического носителя водорода в водородной среде.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-А16-116021010316-4, 29.01.2016

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ОЧИЩЕННОГО ВОДОРОДА ПУТЕМ САМОСОГЛАСОВАННЫХ РЕАКЦИЙ ПРОЦЕССА РИФОРМИНГА ПРОДУКТОВ БИОМАССЫ И СЕЛЕКТИВНОГО ГИДРИРОВАНИЯ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ Ni-Co-СОДЕРЖАЩЕГО ПОРИСТОГО МЕМБРАННО-КАТАЛИТИЧЕСКОГО КОНВЕРТЕРА И СКЕЛЕТНОГО КАТАЛИЗАТОРА

На данный момент основными способами получения H_2 являются энергоемкие процессы нефтехимии и электролиза воды. Также известны опытно-промышленные процессы, основанные на способе селективного выделения водорода с чистотой 99,999 % из продуктов конверсии органических субстратов на палладийсодержащих мембранных элементах, к недостаткам которых относятся высокая стоимость, сложность конструкции, ограниченные условия применения, невысокая проницаемость, и как следствие, низкая производительность по выделяемому H_2 , а также неустойчивость к действию каталитических ядов и непродолжительный срок эксплуатации в виду охрупчивания мембраны, связанного с механизмом твердофазной диффузии вещества через палладий. В связи с этим актуальными являются исследования в области газозных гетерогенно-каталитических реакций в условиях принудительной диффузии молекул субстрата в пространственно-ограниченном объеме пор мембранных реакторов, в которых процессы протекают более интенсивно, по сравнению с традиционными реакторами с насыпным слоем катализатора, ввиду улучшенного массо- и теплообмена. Таким образом, целью настоящей работы является разработка фундаментальных основ технологии получения очищенного от примесей CO водорода, пригодного для использования в топливных элементах различного типа. В ходе исследования будут предложены модификация процесса переработки продуктов биомассы; найдены оптимальные условия и закономерности протекания самосогласованных реакций риформинга органических субстратов, паровой конверсии монооксида углерода и его селективного гидрирования в метан с использованием специально разработанных Ni-Co-содержащих пористых керамических мембранно-каталитических конвертеров (ПКМ-КК) и оригинального скелетного катализатора.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А17-117012610072-0, 26.01.2017

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ ТЕРПИРИДИНОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Целью проекта является получение высокоэффективных, долговечных и экологически-безопасных электрокатализа-

торов генерации молекулярного водорода на основе соединений, не содержащих благородные металлы: терпиридиновых комплексов переходных металлов, в первую очередь кобальта, никеля и железа. При помощи циклической вольтамперометрии и препаративного электролиза будет изучена электрокаталитическая активность полученных соединений, отличающихся высокой стабильностью в условиях электрокатализа и низкими значениями перенапряжений в реакциях генерации молекулярного водорода. При помощи спектроскопии ЭПР, ЯМР, квантовохимических расчетов и численной обработки вольтамперометрических данных будет предложен механизм электрокаталитических процессов с участием предложенных электрокатализаторов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИМ. А.Н. ЕСМЕЯНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А17-117122690053-1, 26.12.2017

СОЛИ АКРИДИНА И ПИРИДИНА: НОВЫЙ КЛАСС КАТАЛИЗАТОРОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

К настоящему моменту синтезировано множество комплексов переходных металлов, обладающих высокой активностью в электрохимическом процессе получения молекулярного водорода. Разработка каталитических систем, сочетающих в себе низкие значения перенапряжения, доступность, высокую активность и стабильность, является важной и актуальной задачей, на решение которой направлен проект. В ходе выполнения проекта будут разработаны подходы к дизайну и получению высокоэффективных электрокатализаторов нового поколения – органических гетероциклических солей, на основе акридина и пиридина, для процессов генерации молекулярного водорода из воды. Гетероциклические соли являются новым классом катализаторов подобного процесса, они химически устойчивы, их молекулы могут быть легко функционализированы с использованием заместителей различной природы. «Молекулярные платформы» на основе органических производных акридина и пиридина способны легко трансформироваться путем точечной функционализации, что позволит «настраивать» значение редокс-потенциалов для осуществления эффективного процесса генерирования молекулярного водорода при минимальных значениях перенапряжения и со скоростями, близкими к природным гидрогеназам ($TOF \approx 9000 \text{ c}^{-1}$ и выше). Синтетическая возможность легко «вводить» заместители необходимой функциональности в молекулы «платформы», на основе пиридина и акридина, позволяет широко варьировать потенциалы восстановления солей в зависимости от природы гетероцикла, а также заместителей у атома азота, например, от $-0,2 \text{ В}$ (от $Ag/AgCl/KCl$) – для производных акридина и до $-1,2 \text{ В}$ (от $Ag/AgCl/KCl$) – для производных пиридина. Методом циклической вольтамперометрии, газовой хроматографии, а также препаративного электролиза с использованием полученных оптимизированных электрокатализаторов будет изучена их каталитическая активность в электрохимическом процессе получения молекулярного водорода. Будут получены кинетические и термодинамические параметры электрокаталитических процессов. На основании полученных данных будут рассчитаны значения TOF , TON , $TOFO$ и будет сделан вывод о влиянии различных параметров (перенапряжение, природа катализатора, природа кислоты) на скорость и эффективность каталитического процесса. Будут выявлены основные факторы, отвечающие за данный процесс, в частности, будут полу-

чены в рамках подхода Маркуса, значения энергий сольватации исходных катионов, радикалов и его протонированных форм, что позволит установить влияние природы растворителя на скорость каталитического процесса. В рамках данного проекта, с целью увеличения работоспособности электрокаталитической системы, для процессов электрохимического генерирования молекулярного водорода, планируется провести иммобилизацию полученных электрокатализаторов на поверхности углеродсодержащих электродов. Будут изучены варианты иммобилизации электрокатализаторов на рабочий электрод, путем электрополимеризации катализаторов, содержащих тиофеновый фрагмент и за счет физической адсорбции. Для иммобилизованных каталитических систем будут получены тафельские зависимости и сделан вывод о механизме протекающего процесса и его лимитирующей стадии.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.П. ОГАРЁВА»

№ АААА-А17-117080110038-0, 01.08.2017

«БЕЗМЕТАЛЛЬНЫЕ» КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ВОДЫ С ПРОТОННО-ОБМЕННЫМИ МЕМБРАНАМИ

В ходе выполнения проекта будут разработаны подходы к получения высокоэффективных гетерогенных электрокаталитических систем, на основе иммобилизованных на углеродные материалы органических катализаторов, для процесса электролиза воды. Методом циклической вольтамперометрии будут изучены электрохимические свойства полученных катализаторов. Методом газовой хроматографии и препаративного электролиза будут изучены электрокаталитические свойства гетероциклических солей в процессе получения молекулярного водорода с использованием различных органических и неорганических кислот при различных pH растворов. На основе данных циклической вольтамперометрии, препаративного электролиза будут определены TON и TOF каталитических процессов. На основе полученных данных будут отобраны наиболее перспективные с точки зрения практического применения электрокатализаторы, долговременная активность которых будет изучена в препаративных электролизерах при длительных временах электролиза. В результате выполнения проекта будут получены электрокатализаторы генерации молекулярного водорода, не содержащие металлы (metal-free) и превосходящие существующие аналоги по устойчивости и активности. Полученные фундаментальные данные о механизме реакций генерации молекулярного водорода с участием органических соединений и зависимости их электрокаталитических свойств от их химического строения приведут к более глубокому пониманию фундаментальных основ направленного дизайна органических электрокатализаторов генерации молекулярного водорода.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.П. ОГАРЁВА»

№ АААА-А18-118102990117-8, 25.10.2018

УСТАНОВЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА И СОЗДАНИЕ ВЫСОКОАКТИВНЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Проект направлен на решение фундаментальной проблемы управления микроструктурными и функциональными свойствами наноматериалов для катализа и новых источников энергии. В ходе выполнения будут разработаны фундаментальные базовые принципы формирования наночастиц металлов платиновой группы в результате диспергирования металлического электрода в условиях нестационарного электролиза. Будут установлены физико-химические закономерности формирования наночастиц благородных металлов в процессе электрохимического диспергирования металлических электродов (Pt, Rh, Pd) в условиях нестационарного электролиза и взаимосвязь между режимами электролиза, микроструктурными и кристаллографическими характеристиками формируемых дисперсных продуктов, предложены принципы подбора параметров тока и состава электролита в процессе диспергирования металлических электродов для обеспечения направленного изменения микроструктурных и кристаллографических характеристик наночастиц благородных металлов, изучено влияние поверхностно-активных веществ и их структуры на кинетику и механизм формирования дисперсных продуктов в условиях нестационарного электролиза, созданы высокоэффективные и селективные каталитические системы для электрокатализа, в частности для процессов, реализуемых в низкотемпературных топливных элементах, установлены корреляции между параметрами электролиза, микроструктурными и кристаллографическими характеристиками получаемых дисперсных продуктов и их каталитической активностью в процессах, реализуемых в низкотемпературных топливных элементах. Проведение данных исследований позволит создать новые подходы к управлению функциональными свойствами наноматериалов на стадии их синтеза, которые обеспечат экологическую и экономическую целесообразность применения новых водородных технологий в энергетике.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ АААА-А19-119121690060-0, 16.12.2019

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ И КОНСТРУИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАНОВОДОРОДНОЙ СМЕСИ И НУЖД ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Промышленные способы получения водорода основываются на электролизе воды и более рентабельных процессах конверсии природного газа и угля. Основными методами генерации водорода из природного газа являются паровой и автотермический риформинг, экономическая эффективность которых проявляется только при очень больших масштабах производства. Проблема малотоннажного получения водорода для производства метановодородных смесей и других целей остается пока нерешенной. Для нужд водородной энергетики требуется разработка новых технологий производства

водорода, обеспечивающих нулевую эмиссию парниковых газов в окружающую среду. Одним из возможных решений данной проблемы является создание метода каталитического пиролиза природного газа в жидкометаллических средах, что является одной из основных целей настоящей работы.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-А19-119111890079-1, 18.11.2019

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЕ С АСИММЕТРИЕЙ ДАВЛЕНИЯ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ МЭБ

Производство водорода в мире непрерывно растет. Доля электролизного водорода на этом рынке составляет 4–5 %. Соответственно такие же темпы роста относятся к производству электролизных установок, их модернизации и усовершенствованию. Оценка рынка новых электролизеров показывает годовую потребность на уровне 25 шт. в год (~ 1 млрд. руб.). Причем подавляющая доля — это установки с малой производительностью: до 30 нм³ водорода повышенной чистоты в год. Перспективным направлением является создание асимметричных по давлению между катодным и анодным контурами электролизеров воды на основе твердополимерного электролита на высокие давления до 20,0 МПа. Предварительные оценки показывают, что использование «асимметричной» системы электролиза наряду с существенным упрощением технологической схемы электролизной установки, повышения безопасности и чистоты водорода позволит также снизить энергозатраты на производство водорода высокого давления на 7–15 % по сравнению с традиционной («симметричной») схемой. Работы выполняются с целью проработки конструкторской концепции и экспериментального обоснования типоразмерного ряда электролизных установок производительностью от 5 до 1000 нм³/час.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

№ АААА-А19-119100790059-8, 07.10.2019

БЕЗМЕТАЛЛЬНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ 2,2'-БИПИРИДИНА И 2,2':6,2''-ТЕРПИРИДИНА И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ

В настоящее время большое внимание уделяется переходу от традиционных технологий получения и переработки тепла и электричества к новой водородной энергетике: использование молекулярного водорода является одним из возможных путей рационального, экологически безопасного и устойчивого развития современной энергетики. Поиск высокопроизводительных каталитических систем для данных технологий является актуальной задачей. В ходе выполнения проекта будет изучена электрокаталитическая активность у новых представителей семейства безметалльных катализаторов процесса получения молекулярного водорода на основе производных 2,2'-бипиридина и 2,2':6,2''-терпиридинов. Объединение в одной молекуле двух и более каталитических центров на основе пиридина, приведет к увеличению эффективности про-

цесса (синергетический эффект), вследствие устранения кинетических ограничений, накладываемых на бимолекулярную стадию, поскольку, как было показано ранее, именно бимолекулярная стадия ограничивает скорость электрокаталитической реакции получения молекулярного водорода в присутствии производных пиридина. Электрохимическими методами с использованием газовой хроматографии будут изучены их электрокаталитические свойства в процессе получения молекулярного водорода в присутствии различных органических и неорганических кислот. Будет определено влияние природы заместителя у атома азота, а также влияние природы кислоты на эффективность (TOF, TON, TOFO) и механизм электрокаталитического процесса. На основе данных циклической вольтамперометрии, препаративного электролиза будут определены TON и TOF каталитических процессов. Будут выявлены условия проявления синергетического эффекта при объединении в одной молекуле катализатора двух или трех пиридин-содержащих фрагментов. Таким образом, вследствие возникновения синергетического эффекта будет значительно увеличена эффективность электрокаталитического процесса, а значения TOF при этом будут рекордными для известных безметалльных гомогенных электрокатализаторов ($> 950 \text{ s}^{-1}$). С использованием квантово-химических расчетов будут получены фундаментальные данные о механизме реакций образования молекулярного водорода с участием полипиридинов. Выявление зависимости проявления синергетического эффекта от их химического строения приведет к более глубокому пониманию фундаментальных основ направленного дизайна органических электрокатализаторов получения молекулярного водорода.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.П. ОГАРЁВА»

№ АААА-А19-119042990030-8, 29.04.2019

РАЗРАБОТКА МОСVD ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОУСТОЙЧИВЫХ ИРИДИЙСОДЕРЖАЩИХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ ОКИСЛЕНИЯ ВОДЫ

Среди различных методов получения водорода электролитическое разложение воды выделяется относительно высокой эффективностью (~70 %) и высокой чистотой образующихся при этом водорода и кислорода (что важно для топливных элементов). Особенностью процесса электролиза воды является значительное перенапряжение на стороне анода, где происходит реакция выделения кислорода (РВК), что вызывает потери энергии. Кроме того, электрод испытывает сильные нагрузки, выводящие его из строя, что не позволяет работать при больших плотностях тока, снижая тем самым эффективность процесса, поэтому важную роль играет механическая, химическая и электрохимическая стабильность анодного электрокатализатора. Таким образом, разработка высокоактивного и надежного катализатора окисления воды (КОВ) с относительно низким перенапряжением является актуальной задачей для возможности эффективной генерации H₂ из воды. Характеристики электрокатализатора сильно зависят от его состава и структуры, что в свою очередь тесно связано и используемым методом получения. В настоящее время наиболее перспективными, благодаря их химической стабильности, считаются электрокатализаторы на основе платиновых металлов, в основном — на основе оксида иридия. Наиболее распространенные методы их получения — электролитическое осаждение или метод пропитки с последующим отжигом. Однако эксплуатация этих методов пока не

позволила получить электрокатализатор, удовлетворяющий существующим требованиям для его широкого применения. Таким образом, разработка новых технологических процессов нанесения, а также новых составов (типов) тонкопленочных электрокатализаторов с повышенными эксплуатационными характеристиками, является весьма значимой научно-технической проблемой. В данной работе для получения электрокатализаторов предлагается использовать метод химического осаждения из газовой фазы (ХОГФ/МОСVD) с использованием летучих соединений иридия (и металлов допантов) с органическими лигандами, обладающий широкими возможностями управления процессами роста покрытий заданного состава и структуры на поверхностях сложной формы. Кроме того, с использованием МОСVD можно получать очень тонкие пленки с развитой поверхностью, что приведет к экономии драгметалла и увеличению активности электрокатализатора.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А20-120070890024-7, 08.07.2020

РАЗРАБОТКА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Результаты выполнения проекта могут быть применены для создания других твердооксидных устройств, таких как твердооксидные топливные элементы, имеющие самый высокий КПД среди других источников тока и работающие на любых видах газообразного топлива (водород, легкие углеводороды, аммиак, биогаз и т.п.), и твердооксидные кислородные насосы, позволяющие получать ультрачистый кислород. Разработанные твердооксидные электролизеры могут быть использованы для получения синтез-газа – смеси водорода и монооксида углерода с последующей переработкой синтез-газа в синтетическое топливо путем органического синтеза. Такой процесс возможен из-за уникальной возможности ТОЭ проведения электролиза смеси водяного пара и углекислого газа. Переработка смеси водяного пара и углекислого газа, содержащейся, например, в дымовых газах, в синтетическое топливо обеспечивает кругооборот углекислого газа и не приводит к увеличению его содержания в атмосфере.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ АААА-А20-120072090022-5, 20.07.2020

ПОВЕРХНОСТНАЯ ФОТОЭМИССИЯ ИЗ МЕТАЛЛ-ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОСТРУКТУР ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО РАСЩЕПЛЕНИЯ ВОДЫ

Цель настоящего проекта состоит в том, чтобы увеличить КПД фотокаталитического разложения воды для производства водородного топлива, используя механизм поверхностной фотоэмиссии из нанопористых электродов в полупроводник и далее в электролит. Задачи исследования: – моделирование поверхностной фотоэмиссии (металл-полупроводник); – определение резонансных условий для поверхностной фотоэмиссии; – связь с результатами исследований затухания плазмонов в наноструктурах; – оценка влияния разности масс

электрона на границе металл-полупроводник на эффективность поверхностной фотоэмиссии электронов из плазмонных наноструктур; – оценка вероятности фотоэмиссии электрона при наличии квантовой ямы в потенциальном барьере на границе металл-полупроводник; – разработка технологии синтеза серебряных и медных нанопроволок в матрице НПС методом электролиза водных растворов солей; – получение экспериментальных зависимостей структурных и оптических свойств металлических нанопроволок от напряжения поля и концентрации раствора солей, а также размера пор НПС. Комплекс экспериментальных исследований: – синтез серебряных и медных нанопроволок; – синтез наноструктур металл-полупроводник; – изучение структур с гетеропереходами; – комплексные исследования структурных, оптических и фотоэлектрохимических свойств синтезированных наноструктур.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»

№ АААА-А20-120122290025-6, 22.12.2020

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ КОМПОЗИТНЫХ МЕМБРАННО-КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СИНТЕЗА ВОДОРОДА ИЗ СПИРТОВ И УГЛЕВОДОРОДОВ, ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ И СЕПАРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Предлагаемый проект направлен на разработку фундаментальных аспектов создания каталитических мембран, не содержащих благородные металлы (Pt, Pd, Au), для получения водорода путем каталитической паровоздушной трансформации углеводородов и биооксигенатов. К традиционным способам получения водорода можно отнести электролиз и паровую конверсию углеродсодержащего сырья. Электролитическое получение водорода связано с большими затратами электроэнергии, кроме этого, до пятидесяти процентов энергии затрачивается на параллельное получение кислорода, при этом общий теоретический коэффициент полезного действия процесса не превышает 60 %. Получение водорода методом каталитической паровой конверсии углеводородов и оксигенатов является менее энергоемким процессом, однако, получаемый таким образом водород существенно загрязняется монооксидом и диоксидом углерода, последние, в свою очередь, являются каталитическими ядами для дальнейших процессов получения энергии из водорода. Вследствие чего, разработка способов выделения чистого водорода является важной задачей современной науки, имеющей выраженную фундаментальную и прикладную составляющие. Научной новизной предлагаемого проекта являются разработка теоретических и практических основ получения цеолитсодержащих мембран с активным каталитическим слоем, не содержащим благородные металлы, для процессов паровой конверсии углеводородов и оксигенатов с получением водорода высокой чистоты. Цеолитсодержащие мембраны, в отличие от традиционно используемых Pd содержащих мембран, обладают значительно более низкой стоимостью при сравнимых показателях разделения и скорости переноса водорода. В связи с чем, основным направлением развития цеолитсодержащих мембран является повышение селективности разделения водородсодержащих смесей, что может быть достигнуто как за счет получения монокристаллических цеолитсодержащих мембран, так и за счет модификации мембран цеолита переходными металлами (Ni, Mo, V, Fe, Mn, Cr), способствующими увеличению скорости переноса водорода. В рамках выполне-

ния проекта планируется получение результатов фундаментального и прикладного характера, включая теоретическое обоснование методов получения высокоэффективных целлитсодержащих мембран и практических способов и приемов создания планарных мембран большой площади.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122101800002-9, 19.10.2022

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОЛИЗЁР С СИСТЕМОЙ ХРАНЕНИЯ ГЕНЕРИРУЕМЫХ ГАЗОВ ДЛЯ ЭНЕРГОУСТАНОВОК НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ С ВОДОРОДНЫМ ЦИКЛОМ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Проект направлен на разработку новых технологий щелочного электролиза для энергетических систем с водородным циклом накопления энергии, в том числе на основе возобновляемых источников энергии. В ходе исследований разработаны новые диафрагменные/мембранные материалы, электрокаталитические композиции, предложены новые конструкционные решения и создан экспериментальный стенд щелочного электролиза высокого давления.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 122112900019-2, 19.07.2022

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО СОЗДАНИЮ ПИЛОТНЫХ ОБРАЗЦОВ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Одним из широко распространенных методов получения водорода в настоящий момент является электролиз воды. Чаще всего применяются электролизные установки на базе щелочных (alkaline) и полимерных (протон-обменных, proton-exchange membrane, PEM) электролизных элементов. Потребление электроэнергии на производство 1 кубического метра водорода при атмосферном давлении составляет для электролизеров на базе щелочных и полимерных электролизных элементов около 7–8 и 5–6 кВт·ч, соответственно. Альтернативой является разработка и последующее применение более эффективных систем на базе твердооксидных электролизных элементов (ТОЭЛЭ), для которых экспериментально показана возможность снижения потребления электроэнергии до 3–4 кВт·ч/м³. Таким образом, задачи фундаментальных исследований и последующих прикладных разработок по созданию пилотных образцов электролизных установок на базе ТОЭЛЭ являются крайне значимыми и актуальными в свете широкого развития водородной энергетики.

На базе выполненных НИР по созданию экспериментальных образцов генераторов водорода на базе ТОЭЛЭ есть возможность развернуть ОКР по созданию опытных образцов таких высокоэффективных генераторов водорода. Индустриальными партнерами ИФТТ РАН по задачам, связанным с получением водорода методом высокотемпературного электролиза на твердооксидных электролизных элементах, являются АО «ТВЭЛ» (Госкорпорация «Росатом»), а также частная

инжиниринговая компания ООО «ИНЭСИС» (Группа компаний «ЭФКО»).

Основное преимущество разрабатываемой в рамках получения основного результата Лаборатории технологии ТОЭЛЭ по сравнению с конкурирующими технологиями получения водорода – рекордно низкое потребление электрической энергии на получение кубического метра водорода. В настоящее время в Российской Федерации отсутствуют завершённые разработки указанной технологии, таким образом, присутствует несомненная научная новизна и актуальность данных разработок.

В рамках данного научного исследования планируется достижение следующего результата, необходимого реальному сектору экономики: разработка технологии изготовления твердооксидных электролизных элементов (ТОЭЛЭ) на несущем трехслойном электролите толщиной 150 мкм размером 100х100 мм, а также батарей ТОЭЛЭ на их основе для высокотемпературного электролиза воды.

Для достижения указанной цели требуется выполнение следующих задач: - Поиск и оптимизация электродных материалов для изготовления многослойных композиционных катода и анода ТОЭЛЭ; - Разработка технологий нанесения многослойных композиционных катода и анода ТОЭЛЭ на трехслойные мембраны твердого электролита с анионной проводимостью размером 100х100 мм; - Изготовление и электрохимические испытания единичных ТОЭЛЭ размером 100х100 мм, в том числе в составе маломасштабных сборок из 2–10 элементов; - Разработка конструкции батарей ТОЭЛЭ: биполярных и концевых токовых коллекторов, прокладок высокотемпературного герметика, контактных сеток и других вспомогательных узлов; - Изготовление и электрохимические испытания батарей ТОЭЛЭ с целью получения исходных данных для внесения изменений в конструкцию многослойных электродов и токовых коллекторов; - Разработка оптимальной схемы электролизных установок на ТОЭЛЭ.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ИМЕНИ Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122052500031-7, 27.04.2022

НОВЫЕ ПЛАЗМОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СВЕТОИНДУЦИРОВАННОГО РАСЩЕПЛЕНИЯ ВОДЫ НА ОСНОВЕ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ АНОДИРОВАНИЯ

Данный проект посвящен разработке нового плазмонного фотокаталитического материала, чувствительного к солнечному свету, для фотоэлектрохимического расщепления воды, что позволит повысить эффективность процесса получения чистого водорода. Основная идея заключается в усилении абсорбционных свойств наноструктурированного оксида титана за счёт возбуждения на его поверхности широкополосного таммовского плазмон-поляритона. Это должно привести к усилению возникающего фототока окисления и увеличению эффективности выделения водорода.

Среди всех полупроводниковых материалов диоксид титана является предпочтительным выбором в качестве материала фотоэлектрода для ФЭХ приложений благодаря своей замечательной фотостабильности, нетоксичности и низкой стоимости. В последнее время одномерный наноструктурированный TiO₂, такой как наностержень, нанопроволока и нанотрубка, привлек значительное внимание из-за его удержания света, эффективного разделения зарядов и свойств

высокой подвижности носителей, которые полезны для повышения производительности ФЭХ расщепления воды.

Новизна проекта определяется тем, что впервые будет разработана методика синтеза анодного фотонного кристалла с модулированными по ширине порами из TiO_2 и исследованы его спектральные и фотокаталитические свойства. Кроме того, элементом новизны является предложение использовать широкополосный таммовский плазмон поляритон для усиления абсорбционных характеристик изготовленного фотоэлектрода. В рамках проекта также будут разработаны математические модели для описания и предсказания спектральных свойств полученных фотонных кристаллов в зависимости от параметров синтеза.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А16-116020210029-4, 20.01.2016

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДОРОДОПРОНИЦАЕМЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ВАНАДИЯ

Последние десятилетия задача создания сплавов для очистки водорода, не содержащих драгоценных металлов, очень актуальна. К мембранным сплавам предъявляется ряд требований: по потоку водорода, по механической прочности, технологичности и соответственно долговечности, а также стоимости. Проект направлен на исследование новых эффективных материалов для изготовления мембран проницаемых по водороду. Объектами исследования будут сплавы на основе ванадия. Выбор ванадия как основного компонента сплава объясняется тем, что он имеет высокую растворимость водорода (выше, чем у палладия) и может являться основным металлом для мембранной сепарации водорода из газовых смесей. В работе будет исследована водородопроницаемость сплавов V-10 Co, V-10Ti (ат. %) методом установления стационарного потока. Благодаря применению данного метода будут получены данные о коэффициентах диффузии и растворимости водорода в сплавах на основе ванадия с добавлением металлов (Co, Ti). Методами рентгенофазового анализа и электронной микроскопии будут получены данные о микроструктуре образцов до и после экспериментов по водородопроницаемости. Для оценки технологичности производства и эксплуатации изучаемых мембранных материалов будут определены физико-механические характеристики (микротвердость, линейное расширение в среде водорода) в зависимости от температуры.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А17-117041010190-7, 10.04.2017

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЧИСТОГО ВОДОРОДА МЕТОДАМИ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА МЕТАНОЛА И ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ МЕМБРАННОГО КАТАЛИЗА

Водород, используемый для ряда практических приложений, должен быть высокочистым. При этом сравнительно дешевый водород, получаемый конверсией углеводородов и спиртов, всегда содержит примеси, наиболее критичными

из которых чаще всего является монооксид углерода. Очистка водорода от примесей оксидов углерода является нетривиальной задачей, перспективным решением которой может стать использование мембран на основе палладиевых сплавов. Однако для обеспечения эффективной очистки водорода необходимо изначально минимизировать содержание СО в исходном продукте, что обуславливает важность выбора катализатора.

Целью проекта является разработка научных основ получения водорода высокой степени чистоты методом парового риформинга метанола и диметилового эфира (ДМЭ) в качестве альтернативного топлива для низкотемпературных топливных элементов. Также планируется разработка мембранного реактора для получения особо чистого водорода из метилового спирта. При этом особое внимание будет обращено как на разработку эффективных, селективных и стабильных наноструктурированных катализаторов парового риформинга метанола, так и на создание производительных и избирательных для водорода мембран, в том числе композиционных. В ходе выполнения проекта будут синтезированы новые активные и селективные металл-углеродные и металл-оксидные наноструктурные биметаллические катализаторы парового риформинга метанола и диметилового эфира, позволяющие получать водород, содержащий минимальное количество СО и ряда других побочных продуктов, а также достигать высоких степеней конверсии при сравнительно низких температурах. Будет установлено влияние состава и структуры катализаторов на селективность и производительность процесса по водороду. При этом планируется варьировать как состав металл-оксидных катализаторов, так и природу его носителя (углеродные и оксидные системы), оказывающую важное влияние на направление и скорость исследуемых реакций. На втором этапе разработанные системы будут использованы в составе мембранного реактора с мембранами на основе сплавов палладия. Это позволит как получить высокочистый водород, так и обеспечить повышение степени конверсии исходного сырья за счет вывода одного из продуктов из сферы реакции. Ожидается, что в результате проведенных исследований будут сформулированы научные принципы создания новых мембранно-каталитических систем, сочетающих возможности высокоактивных и стабильных нанокатализаторов и наноструктурированных мембран.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119121190111-4, 11.12.2019

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУЧЕНИЯ С ИХ УЧАСТИЕМ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УЗЛОВ И ЭЛЕМЕНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ

Предлагаемый проект направлен на решение научно-технической проблемы создания в России производства редкоземельных металлов (РЗМ) высокой и особой чистоты и материалов на их основе для существенного расширения их функциональных возможностей в узлах и элементах оборудования распределенной генерации энергии, а именно: – постоянных редкоземельных магнитов на основе соединений $\text{R}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ($\text{R}=\text{Nd}, \text{Ce}$) с комплексом гистерезисных характеристик, стабильных в широком интервале температур (77-400 К); – высокопроизводительных мембран из сплавов палладия с РЗМ, которые должны обеспечивать комплекс свойств мем-

бранных элементов для диффузионной очистки водорода, в частности высокую водородопроницаемость и прочность при эксплуатации.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ИМ. А.А. БАЙКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А20-120122190091-2, 21.12.2020

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ГИДРИДООБРАЗУЮЩИХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СПЛАВОВ И ПОЛИМЕРНЫХ СВЯЗУЮЩИХ: СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА

Проект направлен на разработку основ создания композиционных мембран для очистки водорода от примесных газов. В данной работе будет изучен процесс формирования новых составов гидридообразующих многокомпонентных сплавов и изучено их обратимое взаимодействие с водородом. Для полученных сплавов будут проведены исследования тонкой кристаллической структуры, которые позволят расширить знания о формировании неравновесных структур и их взаимодействии с водородом. В ходе работы планируется изготовить ряд образцов из полимерной связующей подложки и многокомпонентного гидридообразующего наполнителя. Особое внимание будет уделено исследованию проницаемости и селективности полученных образцов по отношению к водороду и сопутствующим газам.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

№ 121122900359-9, 23.12.2021

РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕМБРАН ДЛЯ УСТРОЙСТВ ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ ВОДОРОДА И МЕМБРАННЫХ РЕАКТОРОВ

Проект направлен на решение фундаментальной научной проблемы – разработки физико-химических основ повышения эффективности мембран на основе твердого раствора Pd-Si для глубокой очистки водорода.

Актуальность проблемы в аспекте получения фундаментальных знаний обусловлена отсутствием системных исследований взаимосвязи водородопроницаемости и каталитической активности с реальной атомной структурой твердых растворов на основе палладия, дефектами их кристаллического строения, элементным составом и морфологией поверхности мембранной фольги. В прикладном аспекте актуальность исследования обосновывается необходимостью создания экономичных и производительных мембранных элементов глубокой очистки водорода. Новизна исследования состоит в комплексном подходе к оценке роли реальной структуры и механизма ее проявления в процессе переноса водорода через мембранную фольгу из твердых растворов на основе палладия.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ИМ. А.А. БАЙКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122012000387-4, 20.01.2022

ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕТАЛЛ-КЕРАМИЧЕСКИХ ЛАМИНИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ ПРЕКЕРАМИЧЕСКИХ БУМАГ

Проект направлен на разработку и получение новых функциональных материалов на основе металл-керамических ламинированных структур. Актуальность данного проекта заключается в создании новых материалов, способных обеспечить устойчивое развитие технологий в аэрокосмической, транспортной и энергетической отраслях. В проекте предполагается создание ламинированных композитов на основе МАХ-фаз, сочетающих в себе уникальные характеристики металлов и керамики, таких как высокая прочность, малая плотность, высокая тепло- и электропроводность, высокая коррозионная стойкость, стойкость к термическим ударам и механическая обрабатываемость. В качестве исходных материалов будут использованы прекерамические бумаги с порошковым наполнителем и металлические фольги, что открывает перспективы получения ламинатов с заданной структурой и свойствами. Предлагаемый новый подход, основанный на создании ламинированных структур на основе МАХ-фаз системы Ti-Si-Al-C и пластичных тугоплавких металлов, позволит решить ряд актуальных задач, связанных с предотвращением хрупкого разрушения и повышения физико-механических характеристик керамических композитов, а также приданию материалов необходимых функциональных свойств.

В результате реализации проекта впервые будут получены ламинированные металл-керамические композиты на основе Nb/Ti-Si-Al-C и Pd/Ti-Si-Al-C, установлены закономерности их формирования, изучены механические свойства, а также разработаны и определены характеристики ламинированных композитов Pd/Ti-Si-Al-C для очистки водорода.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122081500084-3, 11.08.2022

ВЫДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДА С НИЗКИМ УГЛЕРОДНЫМ СЛЕДОМ ИЗ СМЕСЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ С МЕТАНОМ И УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ ЗА СЧЕТ ОЧИСТКИ, КОМПРЕССИИ И ХРАНЕНИЯ В МЕТАЛЛОГИДРИДАХ

Водород может быть использован для накопления, хранения и доставки энергии и рассматривается в качестве перспективного энергоносителя и инструмента для решения задач по развитию низкоуглеродной экономики и снижению антропогенного влияния на климат. Основными преимуществами водорода являются возможность его получения из различных источников и отсутствие выбросов углекислого газа при его использовании в качестве энергоносителя.

Одним из источников водорода с низким углеродным следом может стать биомасса, при этом существуют методы биологического производства водорода в качестве продукта жизнедеятельности некоторых микроорганизмов. При этом в качестве источника водорода могут быть использованы сельскохозяйственные и бытовые органические отходы, что увеличивает экологическую привлекательность этого метода. Типичный продукт биологической переработки органического сырья представляет собой влажную смесь газов с низким

парциальным давлением водорода (<1 бар). Для повышения конверсии органики всю большую популярность приобретают многостадийные методы, в которых производится смесь водорода и метана биологического происхождения. Для решения этой задачи в проекте предлагается выполнить мультидисциплинарные исследования, чтобы разработать методы получения водорода при повышенных гидростатических давлениях с использованием экстремофильных микроорганизмов.

Недавние исследования показывают, что водородный метаболизм гораздо более распространен в природе, чем это раньше предполагалось, и в том числе свойственен некоторым глубоководным микроорганизмам, адаптированным к окружающей среде с высоким давлением. Обеспечение высоких гидростатических давлений внутри биореакторов требует гораздо меньших затрат энергии, чем сжатие продуктовых газов, таким образом использование пьезотолерантных или пьезофильных микроорганизмов сможет решить проблему предварительного сжатия биоводорода.

Цель проекта заключается в исследованиях и разработке фундаментального базиса для устойчивого производства очищенного водорода с низким углеродным следом из смесей с метаном и/или углекислым газом, включая смеси биологического происхождения, с применением металлогидридов. Исходным продуктом должна быть смесь с давлением ниже 1 МПа с парциальным давлением водорода ниже 0.2 МПа. Должно быть исследовано биологическое производство водорода темновой ферментацией при повышенных гидростатических давлениях для поиска возможности обеспечения достижимости требований к исходной смеси. Водород должен быть очищен с помощью металлогидрида с коэффициентом извлечения свыше 70 % и аккумулирован в металлогидридах с использованием низкопотенциального (менее 100 °C) тепла. Продуктом должен быть чистый водород, пригодный для использования в топливных элементах с твердополимерным электролитом, с давлением свыше 1 МПа для использования в качестве первой ступени в дальнейшей компрессии водорода до 35-70 МПа.

Исследования показали, что металлогидридные технологии очистки могут быть более эффективны по сравнению с традиционными методами для низкотемпературных применений. Использование изотермических режимов работы металлогидридных реакторов, рекуперация тепла и использование температуры окружающей среды рассматриваются как перспективные способы для повышения КПД устройств. Биоводородные технологии, особенно темновая ферментация рассматриваются в качестве перспективных для производства биоводорода на коммерческом уровне. Наблюдается недостаток данных по масштабированию технологии до полупромышленного уровня с целью достижения лучших показателей по мощности, жизнеспособности и экономической эффективности производства биоводорода, отмечается, что необходим анализ процесса очистки водорода наряду с процессом ферментации, что важно для использования биоводорода.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119052890012-4, 28.05.2019

МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕРНЫЕ МЕМБРАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

Цель проекта заключается в разработке новых композиций на основе гидридообразующих металлических сплавов для мембранного выделения водорода из газовых смесей. В

качестве основного метода синтеза композитов предлагается применение механохимической обработки, приводящее к повышению адгезионной способности металлических части для лучшего сопряжения с полимерным связующим и повышения устойчивости к отравляющему действию газовых примесей. Использование легирующих компонентов гидридообразующих свойств наполнителя будут адаптироваться к конкретным условиям газоразделительного процесса.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА»

№ АААА-А19-119061990061-3, 19.06.2019

ИССЛЕДОВАНИЕ АБСОРБЦИИ ВОДОРОДА РАЗУПОРЯДОЧЕННЫМИ ОЦК СПЛАВАМИ V-Fe

Абсорбция водорода в чистых металлах, включая металлы 5-й группы и в том числе ванадий, достаточно подробно исследована. Исследования абсорбции водорода в сплавах металлов проводились и интенсивно продолжают в связи с задачами хранения водорода в гидридах. Основным объектом этих исследований являются сплавы в фазе интерметаллидов и главное внимание уделяется термодинамике и кинетике гидридообразования в этих сплавах. Таким образом, в рамках этого направления исследуются сплавы с относительно высоким содержанием легирующих элементов (соответствующие интерметаллидной фазе) при температуре ниже критической температуры гидридообразования. В то же время абсорбция водорода в состоянии раствора (как это, в частности, происходит при температуре выше критической температуры α - β -перехода) в сплавах, представляющих собой разупорядоченные растворы легирующих элементов в кристаллической решетке основного металла, исследованы недостаточно или не исследованы вовсе. Практически не исследована и абсорбция водорода в сплавах V-Fe, которые, согласно фазовой диаграмме, соответствуют разупорядоченному раствору железа в объемно-центрированной кубической решетке (ОЦК-решетка) ванадия. В то же время такое исследование, наряду с исследованиями растворимости водорода в других разупорядоченных сплавах металлов 5-й группы позволяет получить и систематизировать данные о влиянии легирования на термодинамику растворения водорода и установить механизмы эффектов легирования. Например, авторами данной заявки было найдено, что замещение атомов ванадия атомами палладия в ОЦК решётке ванадия чрезвычайно сильно снижает растворимость водорода и что механизм этого эффекта определяется глобальным воздействием легирования на электронную подсистему металла, а не локальными неоднородностями (trapping, blocking и т.п.), обусловленными чужеродными атомами. Исследование мотивировано тем, что металлы 5-й группы и их сплавы обладают рекордной скоростью транскристаллического переноса водорода и, соответственно, на их основе могут быть созданы мембраны для выделения водорода из газовых смесей, существенно более производительные, чем традиционные мембраны из сплавов палладия. Такие мембраны созданы авторами данной заявки на основе разупорядоченных сплавов V-Pd. Создание полностью беспалладиевых мембран (например, на основе V-Fe) является необходимым этапом движения в этом направлении.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»

№ 122012400186-9, 24.01.2022**МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

Разработка новых высокоэффективных металлических и композиционных металл-полимерных материалов для создания компактных источников водорода гидролизного типа, мембранного выделения водорода из газовых смесей и его хранения в химически связанном виде.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА»

№ АААА-А16-116021210324-7, 02.02.2016**НАНОГИБРИДЫ МЕТАЛЛ-УГЛЕРОД ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ И ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА**

В проекте предлагается реализовать потенциал оригинальных углеродных наноматериалов с графеноподобной структурой, высокой удельной площадью поверхности и контролируемым функциональным составом для разработки гибридов с сульфидами металлов и металлами-катализаторами, востребованных для нужд энергетики. В гибридах роль углерода заключается не только в стабилизации второго компонента, но и в изменении его электронного состояния. Это предполагается добиться, фиксируя металл на дефектах графеновой сетки, в частности, границах вакансий и азотных включениях. Будут решаться 2 задачи: разработка новых электродных материалов с высокой скоростью заряда/разряда для литий-ионных аккумуляторов и разработка высокоэффективных каталитических систем для генерации водорода из метанола и муравьиной кислоты. Актуальность первой задачи обусловлена тем, что графит, который в настоящее время применяется в аноде промышленных литий-ионных аккумуляторов, не обеспечивает современных требований по емкости и скорости диффузии лития. Мы предлагаем решить эту проблему созданием гибридных материалов из перфорированных графеновых листов и сульфидов металлов, имеющих слоистую структуру. Спецификой настоящего проекта является использование в качестве активного компонента TiS_2 , VS_2 , ZrS_2 , SnS_2 (и их композиций), которые ранее практически не исследовались. Синтез гибридов предлагается проводить при повышенных температуре и давлении, что должно обеспечить более прочную связь между компонентами гибрида и, таким образом, увеличить время работы электрода. Этот момент является критичным для соединений металлов, характеризующихся низкой механической стабильностью при электрохимическом циклировании. Актуальность второй задачи вытекает из высокой перспективности водорода в качестве энергетического ресурса для обеспечения работы зарядных устройств. Однако, существует проблема накопления и хранения водорода адсорбентами, связанная с малой поглощающей емкостью адсорбентов. Эта проблема может быть преодолена путем аккумуляции водорода в форме углеводородов, спиртов и других органических соединений, и генерации водорода из этих соединений каталитическим разложением/риформингом. В настоящем проекте предполагается разработать эффективные каталитические системы и оптимизировать процессы, позволяющие получать водород из метанола и муравьиной кислоты при пониженных температурах: $<453\text{ K}$ и $<373\text{ K}$, соответственно. Протекание реакций при низких температурах будет обеспечено высокой дисперсностью активного металла (40–100 %), а также стабилизацией нанокластеров и изолированных атомарных состояний металла при взаимодействии

с азотными дефектами углеродной сетки и дополнительным допированием ионами щелочного металла (калия). Благородные (Au, Pd) и неблагородные (Ni, Cu) металлы будут наноситься в малых концентрациях на азотсодержащий мезопористый углеродный материал с удельной поверхностью более $600\text{ м}^2/\text{г}$. Взаимодействие прекурсоров металлов будет происходить с азотными центрами носителя, способными наиболее прочно связать активный компонент с носителем. Реализация необходимого типа азотного дефекта в углеродном материале будет осуществляться подбором температуры в процессе химического осаждения из газовой фазы (CVD синтез) и последующей пост-обработкой.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119120490017-9, 04.12.2019**ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ АМОРФНЫХ МИКРОПОРИСТЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ КРОСС-СШИТЫХ ПОЛИТРИАЗИНОВ**

Микропористые полимерные материалы (МППМ) в настоящее время широко используются в процессах мембранного разделения газов и очистки сточных вод, а также имеют большие перспективы применения в таких областях, как катализ (размер-селективные катализаторы, органокатализ, фотокаталитическая генерация водорода), энергетика (адсорбенты для хранения водорода, мембраны суперконденсаторов) и «мягкая» робототехника (приводы, основанные на адсорбционно-зависимой деформации материалов). В данном проекте влияние условий полимеризации, а также структурных параметров мономеров на текстурные свойства аморфных МППМ будет изучено на примере термической полимеризации арилцианатов. Таким образом, в ходе реализации проекта на примере термической полимеризации арилцианатов будет разработан подход, позволяющий контролировать текстурные свойства аморфных МППМ на стадии их синтеза. Также будут разработаны новые методики исследования пористых полимерных материалов, в частности, с помощью адсорбционной порометрии с использованием водорода в качестве адсорбата, будет детально изучена ультрамикропористая составляющая пористости аморфных МППМ. Разработка подобных универсальных подходов к синтезу МППМ является важной и актуальной междисциплинарной задачей, решение которой находится на стыке современной органической, физической и коллоидной химии, а также химии полимеров и материаловедения.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122082300022-4, 12.08.2022**МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВА НИЗКОУГЛЕРОДНОГО ВОДОРОДА В РОССИИ**

Водородная энергетика в настоящее время является одним из приоритетных направлений технологического развития мировой экономики в условиях необходимости ее декарбонизации. Основным критерием оценки технологий водородной энергетики является объем выбросов углекислого газа на протяжении полного жизненного цикла водородных энергоносителей. Согласно данному критерию наиболее кон-

курентоспособным на формирующемся мировом рынке водорода является низкоуглеродный водород, производимый следующими путями: из ископаемых топлив с применением технологий улавливания углекислого газа – пиролиза углеводородного сырья и аналогичных технологий; методом паровой конверсии природного газа с использованием тепловой энергии атомной энергостанции с улавливанием углекислого газа; методом электролиза воды с использованием электроэнергии атомной электростанции, гидроэлектростанции или возобновляемых источников энергии. Наиболее экологичным способом производства водорода считается электролиз с использованием электроэнергии из возобновляемых источников. Однако этот способ является наименее эффективным с экономической точки зрения.

Помимо этапа производства полный жизненный цикл водородного энергоносителя включает и транспортировку к месту непосредственного использования. Технологии транспортировки и хранения водорода, применяемые в настоящее время включают транспортировку трубопроводным транспортом, различными видами транспорта в сжиженном или компримированном состоянии, а также в связанном состоянии в виде аммиака или жидких органических носителей. Учитывая наличие нескольких вариантов производства и транспортировки водорода, образуется большое множество вариантов формирования технологической цепочки «производство» – «транспортировка», для каждого из которых должен быть рассчитан углеродный след, параметры экономической и социальной эффективности.

Основной целью проекта является разработка инструментария моделирования и прогнозирования комплексных эколого-экономических эффектов различных вариантов формирования технологической цепи по производству, хранению и транспортировке водорода на основе интеграции методологии оболочечного анализа данных (в англоязычном варианте – Data Envelopment Analysis, DEA) и методологии гибридного анализа жизненного цикла (hybrid LCA). Научная новизна проекта состоит: 1) в методологическом подходе, интегрирующем мощный математический аппарат оболочечного анализа данных и новейшую методологию гибридного анализа жизненного цикла, включающую комплексное использование экономического анализа затрат и процессного LCA; 2) в разработке двухэтапных моделей оболочечного анализа данных; 3) в учете неопределенностей развития большинства технологий хранения и транспортировки водорода с низким уровнем технологической готовности посредством построения многокомпонентных кривых обучения.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»

№ АААА-А21-121011990146-7, 15.01.2021

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТА ВОДОРОДА В КОМПОЗИТНЫХ МЕМБРАНАХ НА ОСНОВЕ НИОБИЯ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМ ПАЛЛАДИЕВЫМ ПОКРЫТИЕМ

Используемые на сегодняшний день коммерчески доступные мембраны из палладия достаточно дорогостоящие и обладают не самыми высокими характеристиками проницаемости водорода. Альтернативой являются мембраны на основе Nb. Проницаемость водорода через эти мембраны в несколько раз превышает таковую в случае палладиевых аналогов. Особенностью таких мембран является относительно низкая рабочая температура до 400 °С. При такой температуре

транспорт водорода через ниобий и его сплавы происходит чрезвычайно быстро, а поверхностные процессы оказываются замедленными. Поэтому перспективной научной задачей является исследование кинетики диссоциативно-ассоциативных процессов при абсорбции-десорбции молекул H₂ палладием при умеренных температурах, а также ускорения этих процессов с целью повышения эффективности мембран на основе ниобия для получения высокочистого водорода. Одним из способов решения поставленной задачи является модификация рабочей поверхности мембраны наноструктурированными хемосорбирующими водород веществами, которые при соприкосновении с компактными образцами Nb могут значительно ускорять растворение им водорода или делать это растворение вообще возможным. Такое палладиевое покрытие способно увеличивать действительную рабочую поверхность и приводить к увеличению количества центров хемосорбции. Полученные в рамках проекта результаты будут носить как фундаментальный характер – развития представлений о механизмах переноса водорода металлами, так и прикладной характер – создания на их основе низкотемпературных устройств со сходными или превосходящими высокотемпературные аналоги характеристиками.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-А19-119052990085-7, 29.05.2019

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТРАНСПОРТА ВОДОРОДА В ПАЛЛАДИЙСОДЕРЖАЩИХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ МЕМБРАНАХ С МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Проект находится в рамках фундаментальной научной проблемы общей для систем металл – водород, кинетического торможения достижения равновесия при температуре ниже 200 °С, причиной чего является замедление перехода водорода через металлическую поверхность. Актуальной научной задачей на решение которой направлен данный проект является интенсификация процесса низкотемпературной водородопроницаемости композитных селективных палладийсодержащих мембран посредством ускорения лимитирующей стадии поверхностных процессов путем модифицирования поверхности наноразмерными переносчиками водорода, в целях выделения высокочистого водорода из газовых смесей, разработки мембранных низкотемпературных реакторов конверсии углеводородного сырья, и создания основы диффузионного водородного электрода кислородно-водородных топливных элементов, работающих при температурах окружающей среды. Разработка палладийсодержащих мембран с высокой водородопроницаемостью при температурах окружающей среды позволит создать устройства работающие при низких температурах (до 200 °С) с характеристиками близкими или превосходящими высокотемпературные устройства, не представленные на рынке на сегодняшний день, такие как мембранные реакторы гидрирования-дегидрирования для конверсии углеводородных топлив (повышение октанового числа), низкотемпературные устройства эффективного разделения изотопов водорода, а также позволит снизить энергозатраты процесса выделения высокочистого водорода из газовых смесей при низких температурах.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-А21-121012090052-7, 19.01.2021**РАЗРАБОТКА КИСЛОРОДНО-ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ЦЕЛЬНОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ГАЗОДИФфуЗИОННОГО ВОДОРОДНОГО ЭЛЕКТРОДА**

Одним из самых простых и эффективных способов получения сверхчистого водорода является его мембранное выделение. Такое извлечение производят при помощи высокотемпературных мембранных фильтров водорода на основе палладиевых сплавов, обладающих уникальной способностью избирательно транспортировать водород. Отсутствие таких мембран, работающих в низкотемпературном диапазоне, прежде всего может объясняться кинетическим торможением достижения равновесия при температуре ниже 200 °С, причиной чего является замедление перехода водорода через металлическую поверхность. В данном проекте предлагается решение этой проблемы путем модификации рабочей поверхности мембраны порошкообразными хемосорбирующими водород веществами на основе палладия, которые при соприкосновении с компактными образцами Pd могут значительно ускорять растворение водорода при комнатной температуре или делать это растворение вообще возможным. Для этого планируется разработать методы синтеза модифицирующих покрытий на основе нанокристаллитов палладия с высокоиндексными гранями и высокой поверхностной энергией для значительного ускорения диссоциативной адсорбции и рекомбинативной десорбции водорода на поверхности, а также увеличения электрокаталитической активности таких покрытий. Отсутствие таких мембран сдерживает развитие процессов и устройств, в которых они могли бы быть реализованы. Подобными устройствами могли бы стать низкотемпературный водородный диффузионный электрод и устройства на его основе: электрохимический водородный насос (компрессор) и низкотемпературный водородный топливный элемент. Кроме того, подобные мембраны интегрируются в установки парового риформинга метанола, что позволяет создавать компактные мембранные риформеры, эффективные для получения водорода *in situ*. Также их использование актуально для процессов разделения изотопов водорода.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-А16-116020410024-7, 27.01.2016**КАТАЛИЗАТОРЫ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ СО В ИЗБЫТКЕ ВОДОРОДА. СИНТЕЗИРОВАННЫЕ МЕТОДОМ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ МЕТАЛЛОКСИДНЫХ СИСТЕМ**

Целью проекта является разработка научных основ синтеза эффективных катализаторов получения чистого водорода для низкотемпературных топливных элементов путем избирательного окисления СО в смесях с избытком водорода. В качестве основного метода синтеза наноразмерных катализаторов на основе оксидов меди и церия будет использован перспективный, экологически чистый метод твердофазного синтеза путем механохимической активации многокомпонентных металлоксидных систем, обладающий преимуществом перед традиционными жидкофазными методами синтеза медно-цериевых оксидных катализаторов избирательного окисления СО, поскольку не требует дополнительных затрат на приготовление растворов исходных солей и очистки сточных вод.

Комплексом современных физико-химических методов будут изучены структура и морфология катализаторов на основе оксидов меди и церия, проведено детальное исследование их каталитических свойств на модельных смесях СО и водорода.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.Н. СЕМЕНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А16-116092810053-0, 13.09.2016**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ И УГЛЕРОДНЫХ МАТРИЦ И НОСИТЕЛЕЙ**

Проект направлен на синтез и исследование электрокатализаторов водородных электродных реакций на основе никеля для использования в щелочных топливных элементах и щелочных электролизерах с анионообменными мембранами, а также на разработку и исследование различных композиционных материалов на основе углеродных матриц с различными текстурными характеристиками для суперконденсаторов. В ходе выполнения проекта будут синтезированы электрокатализаторы на основе никеля методом электроосаждения и методом пропитки по влагеёмкости. Никелевые электрокатализаторы будут исследованы в водородных электродных реакциях в щелочной среде и будут определены величины их электрокаталитической активности. Кроме того, будут приготовлены электроды для суперконденсаторов из композиционных материалов на основе углеродных матриц, полученных каталитическим методом карбонизации рисовой шелухи с площадью поверхности от 500 до 3000 м²/г, для которых будут определены электроемкостные характеристики (ёмкость, величина запасаемой энергии, мощность) в ионной жидкости 1-бутил-3-метилимидазол тетрафторборат.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А17-117031410018-1, 14.03.2017**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ДЛЯ ВОДОРОДНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ РЕАКЦИЙ В ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ**

Проект посвящен выявлению связи между составом и структурой многокомпонентных электрокатализаторов на основе никеля и их активностью в реакциях анодного окисления и катодного выделения водорода в щелочной среде. Разработка активных катализаторов водородных электродных реакций на основе никеля для щелочных топливных элементов и электролизеров является актуальным направлением, бурно развивающимся в настоящее время и связывающим фундаментальные и прикладные задачи. Предполагается синтезировать нанесенные на углеродный носитель многокомпонентные катализаторы на основе никеля, содержащие в качестве модифицирующего элемента медь, молибден и/или фосфор, подробно изучить их морфологию, микроструктуру и химическое состояние комплексом физико-химических методов и исследовать электрокаталитические свойства синтезированных катализаторов в водородных электродных реакциях в щелочной среде. Тщательный анализ результатов

исследования полученных электрокатализаторов физико-химическими и электрохимическими методами с применением методов молекулярного моделирования позволит выявить ключевые факторы, влияющие на активность синтезированных электрокатализаторов в реакциях анодного окисления и катодного выделения водорода в щелочной среде.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А18-118022690136-3, 02.02.2018

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ ЭТАНОЛА КАК МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Каталитическая конверсия этанола является перспективным методом получения водорода, учитывая тот факт, что в настоящее время этанол в больших объемах производится из биомассы растительного происхождения. Водородная смесь, используемая в топливных элементах, должна содержать не более 10-15 ppm оксида углерода CO, отравляющего платиновый катализатор топливных элементов. В этой связи большой интерес представляет разработка эффективных катализаторов, обладающих низкой селективностью в отношении образования CO и высокой в отношении CO₂, присутствие которого не влияет на работу топливного элемента. В настоящем проекте планируется провести детальное исследование механизма каталитической конверсии этанола, в частности, поверхностных реакций, протекающих при каталитическом превращении этанола и их роли в образовании водорода, CO и CO₂. Конечной целью этого исследования является повышение выхода водорода и снижение выхода CO. Для достижения этой цели будет проведено сравнительное исследование природы и реакционной способности промежуточных соединений в условиях реакций парового риформинга, разложения и окисления этанола с помощью ИК Фурье спектроскопии in situ (в режимах диффузного отражения и пропускания) с одновременным измерением скорости образования продуктов реакции. Такой подход позволит установить истинную роль поверхностных комплексов в образовании продуктов, в том числе в присутствии кислорода и паров воды. В качестве катализаторов будут использованы медь-церий-циркониевые оксидные системы. Предполагается, что этот тип катализаторов обладает низкой склонностью медных частиц к спеканию, что необходимо для стабильной работы катализатора в течение длительного времени. Для контроля за состоянием медьсодержащих центров катализаторов предполагается использовать термопрограммированное восстановление (ТПВ), тестирование поверхности с помощью адсорбции молекул-зондов (CO, NO), РФА, ЭПР, ЭСДО. Сопоставление свойств медьсодержащих центров различных катализаторов с активностью и селективностью в превращении этанола позволит установить оптимальный состав и строение активного центра. Поскольку указанные катализаторы являются сложными трехкомпонентными системами, для установления природы процессов, протекающих на различных составляющих, исследование будет выполнено на рядах катализаторов по мере усложнения состава: CeO₂, ZrO₂, Cu/CeO₂, Cu/ZrO₂, CeO₂-ZrO₂, Cu/CeZrO₂.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.Н. СЕМЕНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121112500153-8, 18.11.2021

НОВЫЕ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Проект посвящен разработке научно-обоснованных принципов создания материалов и технологий для фотоэлектрокатализа. В результате реализации проекта будут заложены научные и научно-технические основы для создания нового поколения унифицированных устройств прямого преобразования солнечной энергии в водород или электричество, что позволит обеспечить позиции России на рынке возобновляемых источников энергии и будет являться важным шагом на пути к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике. Разработанные принципы позволят создать фотоэлектрохимическую энергоустановку на основе обратимых топливных элементов, предназначенную как для генерации водорода (режим фотоэлектролиза), так и генерации электроэнергии (режим топливного элемента) для применения в возобновляемой энергетике. Особенностью данного проекта является комплексный инженерный подход к созданию фотоэлектрохимически активных материалов, эффективных конструктивных решений и устройств на их основе.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 121033100157-8, 29.03.2021

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ, СТАБИЛЬНОСТЬ И ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ LASCOZ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Концепция водородной энергетики на протяжении последних десятилетий рассматривается, как один из возможных векторов развития энергетической отрасли в будущем. Полученный путем химических, физических и электрохимических преобразований водород может стать универсальным энергоносителем, позволяющим наиболее эффективным способом построить глобальную и локальные системы энергоснабжения, объединить в единый комплекс производство, транспортировку, аккумулирование и использование энергии различными потребителями. Применение водорода в мобильных (транспортных) и стационарных энергоустановках во многом позволит решить проблему загрязнения окружающей среды продуктами сгорания топлива. Разработка эффективных и экономичных технологий получения чистого водорода является одной из фундаментальных задач водородной энергетике. Другим важнейшим аспектом, помимо получения чистого водорода, является эффективное производство электроэнергии. Для этой цели перспективными являются протонно-керамические топливные элементы (далее – ПКТЭ), которые позволяют получать электроэнергию с очень высоким коэффициентом полезного действия, минимальной эмиссией выбросов в атмосферу и использовать в качестве топлива водород или углеводороды.

Данный проект направлен на изучение особенностей процессов формирования и физических свойств новых композиционных материалов для электрохимических устройств получения водорода и производства электроэнергии. Композиционные материалы являются очень сложными для исследования объектами, поскольку на их формирование и характеристики влияет множество факторов. Развитие фундаментальных представлений о принципах формирования композиционных си-

стем и происходящих при этом процессах обладает большой научной значимостью. Создание технологий, основанных на исследуемых материалах, позволит существенно увеличить эффективность производства чистого водорода, а также использовать в качестве исходного сырья не только природный газ, но и отходящие газы энергоустановок, побочные продукты химического производства. В производстве электроэнергии композиционные материалы могут использоваться в ПКТЭ в качестве электродов для расширения электрохимически активной области и снижения поляризационных потерь.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122112100037-4, 28.07.2022

ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ И УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Данное исследование направлено на разработку технологий создания новых материалов для химических источников тока и апробация новых материалов в экспериментальных образцах устройств. Разработка и создание современных эффективных и экологически безопасных источников энергии является важнейшим направлением научно-технического прогресса, одним из главных факторов и условий поступательного развития всех сфер человеческой деятельности, экономики, улучшения качества жизни людей. Основные глобальные технологические тренды – индивидуализация, мобильность, распределенность – прослеживаются в мире во всех отраслях, в полной мере применимы и к развитию источников энергии. Необходимость и реальная возможность разработки отечественных технологий получения материалов, процессов создания таких электрохимических устройств, как топливные элементы, металл-ионные аккумуляторы и проточные редокс-батареи, а также получения водорода обеспечивают высокую актуальность развития этих направлений.

Предполагаемым конечным результатом исследования будут: – Данные по влиянию состава каталитического слоя, в том числе гидрофобных и стабилизирующих добавок и связующего на эффективность работы катализатора в составе анодного и катодного слоев водородно-воздушных топливных элементов. Анализ скорости механизмов деградации; – Результаты исследования электрохимических свойств, в том числе проводимости, катион-обменных перфорированных сульфокатионитных мембран с короткой боковой цепью по катионам H^+ , Na^+ , K^+ и др.; – Плазмохимическая установка для генерации водорода из метана с выработкой водорода и технической сажи. Данные по разложению метана в плазменном потоке аргона и/или азота, результаты анализа получаемого углерода и состава получаемой смеси газов, оптимизации установки; – Макетный образец металл-ионного аккумулятора различного типа (дисковые/пуговичные/монетные, пакетные и цилиндрические) на основе полученных электродных материалов и электролитов; – Лабораторная методика испытаний опытного образца стека ванадиевой проточной редокс-батареи (далее – ПРБ), протокол испытаний опытного образца стека ванадиевой ПРБ, эскизная документация опытного образца стека ванадиевой ПРБ, 3D модель опытного образца стека ванадиевой ПРБ, акт об изготовлении опытного образца стека ванадиевой ПРБ.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119100190028-0, 25.10.2022

НОВЫЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ Рт- СОДЕРЖАЩИЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ РЕАКЦИИ ЭЛЕКТРООКИСЛЕНИЯ МЕТАНОЛА

Настоящий проект направлен на изучение каталитической активности PtCu и PtCuAu наночастиц, нанесенных на различные типы носителей, и выяснение взаимосвязи между структурой, составом и активностью катализаторов в реакциях электроокисления метанола (далее – РОМ) и электровосстановления кислорода (далее – РВК). Материалы интересны как модельные системы, перспективны для использования в метанольных топливных элементах (далее – ТЭ). Их использование может повысить эффективность и ресурс работы ТЭ. Именно поэтому разработка электрокатализаторов нового поколения (так называемые alloy/de-alloy материалы) является актуальной задачей развития водородной энергетики. Мы полагаем, что катализаторы на основе PtCuAu наночастиц будут отличаться пониженным содержанием Pt, а преимущественная сегрегация атомов Au на ребрах и гранях наночастиц будет повышать каталитическую активность материалов в РОМ и РВК. Селективное растворение атомов меди с поверхности наночастиц в процессе предобработки, приводящее к формированию «de-alloyed» катализаторов, будет способствовать снижению вероятности отравления мембраны ТЭ в процессе его длительной эксплуатации. С другой стороны, повышение удельной активности и коррозионно-морфологической стабильности платиносодержащих катализаторов возможно благодаря использованию вместо углеродных носителей – композитных, например, SnO_2/C . Сочетание биметаллических наночастиц с композитным носителем может существенно увеличить активность материала в РОМ и РВК. Таким образом в результате реализации проекта будут получены новые знания о характере связи структуры/состава и удельной активности материалов; оптимизированы способы получения PtCu наночастиц легированных атомами золота, апробированные в нашей лаборатории ранее; синтезированы новые типы наночастиц на композитном углеродном носителе; изучены функциональные характеристики полученных материалов в электрохимической ячейке (стабильность, активность, толерантность к промежуточным продуктам окисления метанола).

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122080800018-8, 08.08.2022

РАЗВИТИЕ ПОДХОДОВ К ДИЗАЙНУ СТРУКТУРИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПЕРЕРАБОТКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЕ СМЕСИ ДЛЯ ПИТАНИЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Одной из современных и быстроразвивающихся отраслей энергетики являются топливные элементы (далее – ТЭ), для питания которых применяется водород или водородсодержащий газ, который получают путем превращения органических соединений (паровая, уголекислотная, воздушная и автотермическая конверсии) в синтез-газ в специальных устройствах – риформерах. Наиболее широкое развитие получили топливные элементы с протонообменной мембраной (далее – ПОМТЭ) и твердооксидные топливные элементы (далее – ТОТЭ). К преимуществам первых относится относитель-

но не высокая рабочая температура (порядком 80 °C), однако для них в качестве топлива возможно применение водорода с остаточным содержанием CO не более 10 м.д. ТОТЭ работает при гораздо более высоких температурах (более 600 °C), однако в качестве топлива используется водородсодержащий газ с большим содержанием CO. Таким образом в случае применения ПОМТЭ необходимо проводить дополнительную очистку водородсодержащего газа от CO, в то время как в случае с ТОТЭ эта очистка не требуется, что позволяет существенно снизить стоимость используемого риформера, кроме того к преимуществам ТОТЭ так же стоит отнести более высокую степень утилизации топлива, что приводит к увеличению КПД энергоустановки.

Актуальность проекта заключается в разработке катализаторов и способов получения водородсодержащего газа из различных растительных источников – кислородсодержащих органических соединений – биоэтанола, ацетона, 1-бутанола, изопропанола, и их обводненных смесей. Для этого возможно применение паровой или паровоздушной конверсии органических соединений в присутствии катализаторов, состав которых может меняться в зависимости от используемого исходного сырья. Существенной проблемой для каждой реакции является необходимость контролировать тепло- и массоперенос. В случае паровой конверсии органических реагентов возникает проблема передачи тепла от стенок реактора в слой катализатора, т.к. реакция является эндотермической. Паровоздушная конверсия является или термонейтральной или слабо экзотермической, однако в лобовом слое возникают локальные перегревы, тепловой эффект которых необходимо перераспределить по слою катализатора для компенсации эндотермического эффекта. Для решения этих проблем хорошо подходят структурированные катализаторы на основе теплопроводящих подложек – металлических сеток, пен и т.д. Такие катализаторы представляют собой сложный композитный материал со многоуровневой структурой «структурированная металлическая подложка–структурный оксидный компонент–активный оксид–наночастицы металлов или сплавов», который совмещает в себе функции теплообменника, распределителя потока и собственно катализатора.

Оригинальным и инновационным является подход к разработке катализатора, совмещающий одновременный анализ данных о структуре активных центров катализаторов, технологических особенностях проведения процесса и развитии методов получения синтез-газа с заданными характеристиками. Для успешного выполнения проекта будут сочетаться как методы исследования химических реакций на атомно-молекулярном уровне, так и экспериментальные и теоретические исследования. Одной из проблем в конверсии биооксигенов является содержание большого количества воды. Новизной данного проекта является использование водной смеси биооксигенов в качестве сырья для конверсии, что позволит получить оптимальное для паровой конверсии соотношение $H_2O:C$.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А19-119042590091-3, 28.11.2022

ПРИРОДА ВЫСОКОЙ ГИДРОГЕНАЗНОЙ АКТИВНОСТИ КЛАТРОХЕЛАТОВ D-МЕТАЛЛОВ И ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ НА ИХ ОСНОВЕ: ПОЛУЧЕНИЕ (ПРЕ)КАТАЛИЗАТОРОВ НОВЫХ ТИПОВ, ИХ ИММОБИЛИЗАЦИЯ НА

УГЛЕРОДНЫЕ И ОКСИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ЭЛЕКТРО- И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА ИЗ ВОДЫ И Н-КИСЛОТ

Проект направлен на создание принципиально новых типов высокоэффективных молекулярных электро- и фотокатализаторов, а также прекатализаторов получения водорода – биомиметических функциональных аналогов природных гидрогеназ, а также гибридных органо-неорганических материалов на их основе, и будет выполняться на стыке химии и физики гибридных молекулярных структур и органо-неорганических материалов, физической, органической, элементоорганической и координационной химии, химии и физики твердого тела, фото- и электрохимии, современного материаловедения и водородной энергетики. Полученные результаты и разработанные методы позволят создать высокоэффективные биомиметические электро- и фотокаталитические системы, которые будут определять мировой уровень в химии, физикохимии и (фото)электрохимии соединений и систем этого типа, а также в ряде областей современного материаловедения и водородной энергетики. Инновационный потенциал предполагаемого проекта определяется созданием нового поколения высокоэффективных и химически-устойчивых электро- и фотокатализаторов получения молекулярного водорода из воды и водных растворов, которые могут быть иммобилизованы на электродные материалы и использованы в промышленных и полупромышленных генераторах водорода (электролизёрах воды), топливных элементах и других устройствах водородной энергетики.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИМ. А.Н. НЕСМЕЯНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122022400336-7, 18.02.2022

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМАССЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА

В последнее время возрос интерес к получению из биогазов, образующихся при разложении органосодержащих отходов, энергетически более ценного и экологически чистого водородсодержащего топлива, которое можно использовать в топливных элементах, позволяющих получать электрическую и тепловую энергию. Выявлена новая важная роль биогазовых установок в местной энергетике, как дополнительных аккумуляторов нестабильной энергии, производимой ветровыми, солнечными и другими энергоустановками на возобновляемых энергоресурсах путем использования избытков энергии для получения электролизного водорода с последующей его прямой подачей в биореакторы, что может увеличить метановую составляющую биогаза до 98 %. Преобразование дополнительного водорода и содержащегося в биогазе углекислого газа происходит путем организации биохимического процесса с использованием метаногенных микроорганизмов. С учетом доступности источников биогазов и при условии создания эффективной технологии получения биометана, а также водородсодержащего топлива появляется возможность развития автономной водородной энергетики на базе местных энергетических ресурсов, что требует разработки инновационных технологий по созданию установок с топливными элементами.

Актуальность работы заключается в получении из биогазов, образующихся при разложении органосодержащих отходов, энергетически более ценного и экологически чистого

водородсодержащего топлива. В рамках проекта будет проведено обоснование возможности использования биогазовых установок в качестве дополнительных аккумуляторов нестабильной энергии путем использования избытков энергии для получения электролизного водорода с последующей его прямой подачей в биореакторы.

Биологическое улавливание углерода на основе микроводорослей является одной из многообещающих и менее энергоемких технологий. Биомасса микроводорослей считается нейтральным по отношению к CO_2 , заменителем ископаемого топлива, что является результатом чистого переноса атмосферного CO_2 в биомассу. При поглощении CO_2 биомассой микроводорослей будет вырабатываться O_2 в процессе фотосинтеза. Полученная биомасса микроводорослей может использоваться для интенсификации процессов анаэробного сбраживания и выработки энергетически более емкого биогаза с высокой продуктивностью по водороду.

В рамках проекта будет получен водород из биогазов, образующихся при разложении органосодержащих отходов, энергетически более ценного и экологически чистого водородсодержащего топлива. В рамках проекта будет проведено обоснование возможности использования биогазовых установок в качестве дополнительных аккумуляторов нестабильной энергии путем использования избытков энергии для получения электролизного водорода с последующей его прямой подачей в биореакторы.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ АААА-А16-116062950003-5, 18.06.2016

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПАРОВОЗДУШНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ В ПОТОЧНОЙ УСТАНОВКЕ

Создание новых энергетически эффективных и экологически чистых технологий поточной паровоздушной газификации угля для получения электрической и тепловой энергии представляет важную научную проблему. В настоящее время вопросы повышения энергоэффективности угольных электростанций с использованием технологии газификации угля находят все больший интерес среди исследователей. Поточный газификатор является основным узлом таких станций – парогазовых установок с внутрицикловой газификацией (далее – ПГУ-ВЦГ), так как во многом определяет режим работы газотурбинной установки (далее – ГТУ). Эффективность работы ГТУ определяется соотношением работы сжатия и расширения. Газогенератор оказывает двойственное влияние на работу ГТУ. С одной стороны, повышение теплоты сгорания синтез-газа приводит к увеличению расхода воздуха и, соответственно, работы его сжатия при постоянном расходе рабочего тела, с другой стороны, изменение состава синтез-газа приводит к коррекции теплофизических свойств рабочего тела, определяющих работу расширения. Предварительные расчеты газотурбинного цикла показали, что CO_2 уменьшает удельную работу расширения, а H_2O – повышает. Повысить концентрацию водяного пара в рабочем теле можно в общем случае тремя способами. Один из способов – подача пара в камеру сгорания ГТ – снижает стабильность горения и поэтому, как правило, не рассматривается. Таким образом, повышать концентрацию водородсодержащего агента возможно двумя способами – введением пара в шифт-реактор [Lu X., Wang T. Water–gas shift modeling in coal gasification in an entrained-flow

gasifier. Part 1: Development of methodology and model calibration (2013) Fuel, 108, pp. 629–638], либо подачей пара в газификатор. Однако шифт-процесс, хотя и повышает содержание H_2 , но теплота сгорания получаемого газа снижается [Lu X., Wang T. Water–gas shift modeling in coal gasification in an entrained-flow gasifier – Part 2: Gasification application (2013) Fuel, 108, pp. 620–628]. Кроме того, суммарное количество углерода в газообразной форме (CO и CO_2), передаваемое в камеру сгорания ГТ, не изменяется, следовательно, не изменится и количество конечного углеродсодержащего газа CO_2 , что не даст выигрыша в работе расширения в ГТ. Наиболее целесообразно корректировать состав газа за счет изменения режима конверсии твердого топлива в воздушном поточном газификаторе. Подача пара в верхнюю часть (зону газификации) повышает содержание H_2 в синтез-газе и частично вытесняет подаваемый на горение уголь, что приводит к снижению выхода CO при выполнении необходимой для поддержания заданного уровня температур теплоты за счет подачи горячего воздуха. Таким образом, чтобы поднять КПД ПГУ-ВЦГ в целом необходимо повысить химический КПД газификатора и скорректировать состав синтез-газа для поднятия КПД ГТУ. С целью коррекции состава синтез-газа и повышения содержания водорода разрабатываются перспективные конструктивные [Douglas B. TPRI Technologies and our Projects Updates (2010) Gasification technologies conference. Washington DC] и схемные решения [Kiso F., Matsuo M. A simulation study on the enhancement of the shift reaction by water injection into a gasifier (2011) Energy. 36. pp. 4032–4040]. Последние годы комплексный подход, включающий в себя как экспериментальные исследования разного масштаба, так и численное моделирование, стал основным среди лидеров отрасли [Vascellari M., Roberts D.G., Hla S.S., Harris D.J., Hasse C. From laboratory-scale experiments to industrial-scale CFD simulations of entrained flow coal gasification (2015) Fuel. 152. pp. 58–73]. В России в рамках Технологической платформы также ведутся работы по созданию высокоэффективных газогенераторов синтез-газа.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А16-116050560022-4, 25.04.2016

КИНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОНВЕРСИИ УГЛЯ В РЕЖИМЕ ГАЗИФИКАЦИИ

Совершенствование технологий энергетического использования органического топлива с целью снижения воздействия на окружающую среду является важной научной задачей. Системы, построенные на принципе газификации твердого топлива, могут сыграть при этом важную роль, поскольку обеспечивают более высокий КПД процесса и технически пригодны для улавливания CO_2 . При всем разнообразии способов газификации угля фундаментальным аспектом процесса является определение скорости взаимодействия коксового остатка угля с газами-реагентами. Проект направлен на получение экспериментальных данных по скорости конверсии угля в режиме газификации. Предлагаемый подход обеспечит возможность получения новых результатов по скорости газификации кокса угля в среде водяного пара и диоксида углерода.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ АААА-А19-119071990004-9, 19.07.2019**ВЛИЯНИЕ ВОДЯНОГО ПАРА НА
РЕАКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
МЕХАНОАКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ И СОСТАВ
СИНТЕЗ-ГАЗА В ПОТОЧНОМ ГАЗИФИКАТОРЕ
С ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ ДУТЬЯ**

Проект направлен на решение фундаментальной проблемы повышения эффективности выработки энергии одновременно со снижением воздействия на окружающую среду. В качестве перспективной технологии рассматривается парогазовая установка с внутрицикловой паровоздушной газификацией угля и горячей газоочисткой. Подача водяного пара в газификатор позволит повысить реакционную способность топлива, блокировать реакции разложения сорбента в узле горячей сероочистки, снизить паровую нагрузку на шифт-реактор, увеличить полезную внешнюю работу расширения газовой турбины, снизить образование оксидов азота и в целом поднять эффективность и экологичность выработки энергии. С другой стороны, значительное количество пара может ухудшить тепловой баланс газификатора, а также снизить эффективность сероочистки до критического уровня. В связи с этим требуется комплексное рассмотрение влияния пара на работу узла внутрицикловой газификации. Новизна проекта заключается в оценке режимов паровоздушной газификации с точки зрения требований узла горячей газоочистки, а также в исследовании влияния подачи пара на изменение состава синтез-газа и свойств коксозольного остатка по ходу газификатора. В результате будут получены новые знания о влиянии пара на реакционные характеристики угля в быстротекущем поточном процессе и выбраны оптимальные режимы газификации для создания передовой технологии выработки электрической и тепловой энергии.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121031500198-3, 12.03.2021**РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ФОРМИРОВАНИЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С
ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ
СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ СИСТЕМ И
МИКРОСФЕР ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗОЛ**

Цель проекта – определение взаимосвязи химического и фазового составов, морфологии, структурных характеристик сложных оксидных систем и узких фракций микросфер состава $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-FeO}$ и $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-FeO}$, выделенных из летучих зол, как основы формирования: - эффективных катализаторов окислительного превращения метана; - мембранных материалов для высокоэффективного выделения гелия и водорода из газовых смесей; - микросферических адсорбционно активных систем для извлечения из водных сред катионов токсичных металлов; - керамических и композитных материалов высокой прочности.

Практическая значимость состоит в том, что полученные результаты могут быть использованы при модификации существующих и создании новых функциональных материалов: эффективных катализаторов окислительного превращения метана, кислород-проницаемых мембран, газовых сенсоров, электродов твердоотопливных элементов, систем для циклических процессов сжигания топлива, мембранных материалов для высокоэффективного выделения гелия и водорода из

газовых смесей, микросферических адсорбционно активных систем для извлечения из водных сред катионов токсичных металлов, керамических и композитных материалов высокой прочности, а также при создании ресурсосберегающих технологий комплексной переработки крупнотоннажных отходов тепловой энергетики и новых сорбционных технологий переработки жидких особоопасных отходов. Потенциал практического применения научных результатов определяется их востребованностью в комплексе секторов переработки природного газа, угольной энергетики, химико-металлургических и рудобогащительных производств, строительной индустрии.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121092800102-8, 14.09.2021**СОЗДАНИЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ
ФОСФИДА КОБАЛЬТА И ГРАФИТОПОДОБНОГО
НИТРИДА УГЛЕРОДА ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ
ВОДОРОДА И ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ
ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ
ИЗЛУЧЕНИЯ ВИДИМОГО ДИАПАЗОНА**

Целью данного проекта является создание эффективных фотокатализаторов на основе графитоподобного нитрида углерода и фосфидов кобальта для фотокаталитического выделения водорода и очистки сточных вод от вредных органических веществ под действием видимого излучения. В ходе реализации проекта будут предложены несколько методов приготовления композитных катализаторов на основе графитоподобного нитрида углерода и фосфида кобальта. Полученные фотокатализаторы будут исследованы в реакции фотокаталитического выделения водорода из водных растворов триэтанолamina и из сточных вод. Полученные образцы будут исследованы комплексом физико-химических методов, которые позволят получить зависимости между основными характеристиками катализаторов (их строением, количеством наносимого компонента, химическим состоянием кобальта и фосфора на поверхности, дисперсности и формой частиц фосфида кобальта) и каталитической активностью. Будут получены данные по изменению свойств катализатора и каталитической активностью в течение нескольких циклов освещения. Это позволит решить фундаментальный вопрос о требованиях к структуре и физико-химическим свойствам эффективного композитного фотокатализатора, состоящего из графитоподобного нитрида углерода и фосфида кобальта.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А21-121011390007-7, 11.01.2021**КАТАЛИЗАТОРЫ И ПРОЦЕССЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ
ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ, ВКЛЮЧАЯ
ЦЕЛЛЮЗУ И ДРУГИЕ БИОПОЛИМЕРЫ**

Для полноценного использования возобновляемой сырьевой базы необходима разработка технологически эффективных, экологически благоприятных и экономически целесообразных процессов получения востребованных химических продуктов и компонентов топливного назначения. Разработка подобных процессов неразрывно связана с развитием новых фундаментальных знаний по катализаторам и реакций с

их участием, которые бы отвечали требованиям «зеленой» химии. Для повышения конкурентоспособности каталитических процессов переработки растительного сырья необходим комплексный подход его переработки, включающий совокупность различных по типу реакций. В связи с этим, для достижения поставленной цели формулируются фундаментальные и прикладные задачи в рамках настоящего проекта: 1. Определение ключевых факторов и корреляций, влияющих на процессы окисления возобновляемого сырья и сопутствующих химических реакций. 2. Разработка гетерогенных катализаторов, содержащих необходимый функционал для эффективного проведения процессов гидроконверсии различных типов растительного сырья (липидного и лигноцеллюлозного происхождения) в направлении получения ценных производных, включая компоненты топлив (высокооктановые добавки, изомеризованные алканы и др.). 3. Исследование и разработка селективных экологически благоприятных способов получения практически значимых соединений на основе каталитических превращений компонентов возобновляемой биомассы (жирных кислот, непивцевых растительных масел, дитерпенов, целлюлозы и продуктов ее первичной переработки). 4. Разработка научных основ создания устойчивых к зауглероживанию структурированных нанокомпозитных катализаторов трансформации биотоплив в синтез-газ и водород и оптимизация рабочих параметров соответствующих процессов на основе детальных кинетических исследований и математического моделирования. 5. Развитие фундаментальных основ гетерогенного биокатализа, включая разработку методов иммобилизации ферментативно-активных субстанций, кинетические исследования практически значимых реакций, а также изучение влияния носителя на биокаталитические свойства иммобилизованных ферментов, таких как активность, хемо- и регио- специфичность, а также стабильность в условиях реакции. 6. Проведение ориентированных фундаментальных исследований для создания технологий получения малотоннажных импортозамещающих химических продуктов, в том числе из возобновляемого сырья. 7. Разработка фундаментальных основ способов получения ценных химических веществ из компонентов микробиальной биомассы.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121111000064-5, 08.11.2021

БЕЗМЕТАЛЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И СИНТЕЗ-ГАЗА: КИНЕТИКА, МЕХАНИЗМ И СТРУКТУРНЫЙ ДИЗАЙН КАТАЛИЗАТОРОВ

Цель научного исследования: создание и исследование электрокаталитической активности у нового класса молекулярных безметалльных катализаторов на основе гетероциклических органических соединений в реакциях электрохимического получения водорода и сопряженных процессах электрокаталитического восстановления диоксида углерода и воды, для получения синтез-газа ($\text{CO} + \text{H}_2$) и различных ценных продуктов на его основе: метанола, диэтилового эфира, синтетических масел.

Основной задачей проекта является создание на основе «молекулярных платформ», содержащих органические соединения различной природы и функциональности, нового класса электрокаталитических систем, способных в зависимости от условий процесса к генерированию водорода, а также к сопряженному процессу образования водорода и управля-

емому селективному мультieleктронному восстановлению диоксида углерода до CO для получения смеси CO и H_2 (исходных компонентов в процессе Фишера-Тропша – реакции получения ценных органических соединений) из насыщенных водных растворов CO_2 в воде. В качестве катализаторов будут использованы «молекулярные платформы» на основе гетероциклических органических соединений – акридина, пиридина, 2,2'-бипиридина и 2,2':6',2''-терпиридинов. Объединение в одной молекуле двух и более каталитических центров на основе пиридина, приведет к увеличению эффективности и селективности процесса (синергетический эффект). Кроме этого, использование моноалкилированных производных 2,2'-бипиридина и 2,2':6',2''-терпиридинов, позволит реализовать электрокаталитические реакции селективного получения CO и H_2 на «раздельных» центрах: на незамещенном центре – образование CO , на замещенном – образование молекулярного водорода.

В рамках данной задачи будут решены следующие подзадачи: - Создать бифункциональные электрокаталитические системы на основе производных 2,2'-бипиридина и 2,2':6',2''-терпиридинов, способных к одновременной реализации на разных каталитических центрах, двух различных процессов – образования молекулярного водорода и восстановления CO_2 до CO : выявление условий проявления синергетического эффекта при объединении в одной молекуле катализатора двух или трех пиридин-содержащих фрагментов; - С использованием различных электрохимических методов определить влияние природы заместителя у атома азота, а также влияние природы кислоты (pK) на эффективность, селективность и механизм синхронного электрокаталитического процесса образования молекулярного водорода и восстановления углекислого газа до CO ; - С использованием различных электрохимических методов и подходов определить основные кинетические и термодинамические параметры электрокаталитического процесса в присутствии различных органических и неорганических кислот; - С использованием квантово-химических расчетов изучить механизм протекающих процессов; - Выявить ключевые особенности в механизме электрокаталитического процесса влияющие на проявление синергетического эффекта.

В результате выполнения проекта будут получены новые, безметалльные электрокатализаторы для получения «зеленого» водорода, а также разработана технология сопряженного электрохимического процесса получения «зеленого» синтез-газа из насыщенных водных растворов CO_2 в воде, с высокими фарадеевскими выходами и минимальными значениями перенапряжения потенциала. Будет подробно изучена возможность дальнейшего использования получаемого синтез-газа, для получения метанола, диэтилового эфира, синтетических масел и других углеводородов по реакции Фишера-Тропша.

Полученные результаты будут востребованы в топливно-энергетической отрасли, где водород используется как экологически чистое топливо, в химической отрасли, где синтез-газ широко используется как сырье. Создание на основе органических соединений эффективных каталитических систем позволит еще ближе подойти к проблеме переработки диоксида углерода, что приведет к уменьшению экологической нагрузки за счет «переработки» парниковых газов и получению экологически чистых («зеленых») ценных продуктов (метанол, эфиры и синтетические масла).

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.П. ОГАРЁВА»

№ 121071400043-3, 07.07.2021

**КОМПЛЕКСЫ ПЛАТИНЫ(IV) С НЕОРГАНИЧЕСКИМИ
ОКСО-ЛИГАНДАМИ: ОБРАЗОВАНИЕ,
СТРОЕНИЕ И ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КАТАЛИЗА**

Присущая платине уникальная каталитическая активность по отношению к самым разнообразным классам реакций, а также высокая коррозионная стойкость обуславливают неугасаемый интерес к разработке на базе этого металла различных функциональных материалов – катализаторов, покрытий, сенсоров и др. Как показывает множество исследований, функциональные свойства таких материалов зачастую (а иногда и в преобладающей мере) определяются соединением предшественником. Так, активность гетерогенных катализаторов задаётся морфологией и дисперсностью частиц платины, которые в свою очередь во многом зависят от соединения, которое было использовано на стадии нанесения и условиями, в которых оно находится; качество гальванических покрытий определяется химической формой платины, доминирующей в электролите и из которой фактически происходит процесс образования атомов металла. Таким образом, исследование химических форм в которых платина находится в растворах, представляющих интерес для создания разного рода материалов, является необходимым этапом с точки зрения обдуманного их применения и получения предсказуемых результатов.

Основная цель настоящего проекта заключается в получении комплексной информации о формах существования платины (IV) в растворах серной кислоты и карбонатов щелочных металлов для создания научных основ использования таких растворов в качестве предшественников для приготовления катализаторов различных процессов. В обзоре литературы показано, что в настоящее время, как сульфатные, так и карбонатные комплексы с полностью кислородным окружением $\{PtO_4\}$ являющиеся «белым пятном» на карте химии соединений четырехвалентной платины, и были обнаружены нами в ходе предшествующей работы, посвященной нитратокомплексам платины (РНФ 18-73-00054). Практический же интерес к таким системам закономерно вытекает из возможности их применения для создания и модернизации гетерогенных катализаторов PtO_2 /носитель, уже зарекомендовавших себя как высокоактивные катализаторы для процессов гидрирования (10.1021/acsami.8b06815), окисления CO (10.1038/s41467-019-11856-9), электро- (10.1039/C7TA09990N) и фотокаталитического (10.1021/acsami.0c14361) получения водорода.

Как показывают наши предварительные результаты, контролируемый гидролиз карбонатных и сульфатных комплексов платины (IV), может служить удобным методом осаждения на поверхность различных носителей платины в форме высокодисперсного гидратированного диоксида ($PtO_2 \cdot xH_2O$) в мягких условиях. В настоящей работе, на основе полученных данных о составе и поведении карбонатных и сернокислых растворов гидроксида платины(IV), планируется разработать методы приготовления ряда новых катализаторов PtO_2 /носитель для процессов фотогенерации водорода, селективного разложения гидразин-гидрата с образованием водорода и окисления CO.

На ряду с решением этой задачи, получение сведений о строении и реакционной способности карбонатных и сульфатных комплексов платины (IV) имеет особую актуальность в свете того, что они могут выступать в качестве ключевых активных частиц в практически востребованных процессах: окисление угарного газа ($Pt-CO_3$; 10.1038/ncomms 9675) и селективная активация метана ($Pt-SO_4$; 10.1021/jacs.6b05167). В связи с этим, второй, не менее важной задачей проекта является получение индивидуальных сульфато- и карбонатоком-

плексов платины, исследование их структуры (в твердой фазе и растворах) и свойств. Такая комбинированная направленность проекта – от исследования химических форм в растворе, к получению новых материалов – также составляет новизну и особенность проекта.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122042600047-8, 18.04.2022

**ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕЗ-ГАЗА ПУТЕМ
УГЛЕКИСЛОТНОЙ КОНВЕРСИИ
ЭТАНОЛА НА КАТАЛИЗАТОРАХ,
ПРИГОТОВЛЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДОВ**

Проект направлен на решение проблемы создания высокоэффективных и стабильных к зауглероживанию катализаторов реакции углекислотной конверсии этанола, являющейся одной из самых перспективных реакций зеленой химии, позволяющей превратить парниковый газ и возобновляемое биотопливо в ценное химическое сырье, а также эффективные технологии широкомасштабного производства водорода. Одной из задач проекта является создание высокоэффективного и производительного метода синтеза простых и сложных оксидов металлов заданного фазового состава с использованием растворителей (вода, этанол, изопропанол) в сверхкритическом состоянии. В ходе выполнения проекта планируется систематически изучить свойства простых и сложных оксидов, синтезируемых из различных солей в сверхкритических флюидах в проточной установке высокого давления. Будет исследовано влияние времени контакта, концентрации и соотношения прекурсоров, вида сверхкритического флюида, добавки комплексообразователя, температуры и давления на степень кристаллизации, размер кристаллитов, удельную поверхность и морфологию частиц.

Полученные оксиды будут модифицированы введением добавок никеля, после чего полученные катализаторы будут исследованы в реакции углекислотной конверсии модельного биотоплива – этанола, а также в реакции углекислотной конверсии метана как промежуточного продукта превращения этанола. Реакция углекислотной конверсии этанола в синтез-газ и водород на катализаторах такого типа будет исследована впервые.

Относительно недавно предложенный метод синтеза наноматериалов в сверхкритических флюидах (вода, спирты, CO_2 и др.), вследствие их уникальных свойств, таких как низкая вязкость, отсутствие поверхностного натяжения, высокое пересыщение раствора, обеспечивает возможность проводить высокопроизводительный синтез материалов с требуемыми свойствами. Более того, вследствие высокой скорости образования частиц в сверхкритических флюидах (от нескольких секунд до нескольких минут), этот метод позволяет проводить синтез в непрерывном режиме. Метод лишен практически всех недостатков традиционных методов и является наиболее перспективным для синтеза простых и сложных оксидов металлов с заданными свойствами в непрерывном режиме в проточной установке.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122011100073-8, 10.01.2022**НОВЫЕ ГИБРИДНЫЕ ПОЛИОКСОМЕТАЛЛАТЫ,
СОДЕРЖАЩИЕ БИЯДЕРНЫЕ КЛАСТЕРЫ
МОЛИБДЕНА И ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ
N-ДОНОРНЫЕ ЛИГАНДЫ**

В связи с глобальными проблемами климата, вызванными использованием неэкологического топлива, растет интерес к поиску новых источников энергии. В качестве такого источника может выступать молекулярный водород – экологически чистый вид топлива, при сгорании которого образуется единственный продукт – вода. В связи с чем актуальными являются исследования, направленные на поиск новых катализаторов для реакций разложения воды с образованием водорода. В качестве компонентов таких систем могут выступать полиоксометаллаты (ПОМ) – соединения, образованные тремя или более оксоанионами переходных металлов в высших степенях окисления, связанные между собой мостиковыми атомами кислорода. Их отличительной чертой является возможность обратимо принимать на себя электроны, что делает их перспективными катализаторами многих реакций, в том числе разложения воды. В литературе широко представлены методы функционализации полиоксометаллатов, включая координацию органических лигандов (образуя гибридные ПОМ), включение в различные органические и неорганические матрицы и др. Однако, работ, направленных на получение гибридных ПОМ, которые построены или содержат биядерные кластерные фрагменты MoV_2 и органические лиганды (в особенности гетероциклические N-донорные), крайне мало. Поэтому настоящий проект направлен на разработку таких гибридных систем, которые, как ожидается, будут выступать в качестве перспективных катализаторов реакций получения молекулярного водорода из воды. Систематическое исследование систем, получаемых при варьировании исходных соединений и органических лигандов азольного и пиримидинового рядов, позволит определить закономерности образования определенных структур и их взаимосвязь с проявляемыми окислительно-восстановительными и люминесцентными свойствами.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122080300121-0, 01.08.2022**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА,
ВОДЫ И АКТИВНЫХ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ
ПОВЕРХНОСТЕЙ В РАМКАХ ОБОСНОВАНИЯ
ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ
УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА С ГЕНЕРАЦИЕЙ
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ**

Перспективным является направление, связанное с производством и использованием экологически чистых энергоносителей путем конверсии диоксида углерода в ценные продукты или синтеза углеводородов на его основе. Проблема массового промышленного внедрения такого рода технологий получения полезных химических веществ заключается в сложности разработки различных модификаций катализаторов, которые смогут обеспечивать как высокую степень конверсии углекислого газа, так и высокую селективность по нужным продуктам реакции при длительном сроке эксплуатации. Кроме того, есть существенная проблема, связанная с наличием

стабильного и дешёвого источника водорода для химических процессов. Проект предполагает объединить поиск решений затронутых проблем в рамках обоснования технологического процесса утилизации CO_2 с одновременным получением полезных энергоносителей (водорода и углеводородов) по результатам ранее проведенных специализированных экспериментальных исследований. В ходе проекта планируется провести обширную технико-экономическую оценку разрабатываемой экспериментальной технологии, позволяющей генерировать водород и углеводороды при взаимодействии металллических и металлосодержащих активных поверхностей с водой и растворенным углекислым газом для подтверждения эффективности и экономической привлекательности предлагаемого технологического процесса утилизации углекислого газа. На основе сравнительного исследования мирового опыта методологии финансово-экономического анализа и оценки подобных инвестиционных проектов предполагается получить итоговую стоимость тех или иных этапов технологического процесса разрабатываемого метода утилизации CO_2 с попутной генерацией экологически чистых энергоносителей, а также провести технико-экономический анализ преимуществ разрабатываемого метода по сравнению с известными аналогами физико-химической утилизации CO_2 . Получение технико-экономического анализа всех составляющих технологического процесса разрабатываемого метода включает оценку производственных затрат на получение углекислого газа из промышленного источника, оценку производственных затрат и финансовых расходов на каждой стадии реализации потенциальной технологии, итоговую оценку расчёта материального баланса и финансовых затрат на приобретение исходных реагентов и конечной прибыли от получения полезных энергоносителей. Результаты проекта могут также иметь важное значение для достоверной оценки, моделирования и проектирования технологий, направленных на утилизацию и подземное хранение углекислого газа, а также сопутствующих технологий повышения нефтеотдачи с применением CO_2 .

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ НЕФТИ И ГАЗА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122011300061-3, 12.01.2022**ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОАКТИВНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ, РАДИОЭКОЛОГИЯ И
РАДИАЦИОННАЯ ХИМИЯ**

Проект направлен на получение на базе фундаментальных радиохимических и радиационно-химических исследований исходных данных для: 1) разработки инновационных методов обращения с ОЯТ и РАО, обеспечивающих безопасное и поступательное развитие атомной энергетики и ядерной медицины, таких как: изучение комплексообразования, окислительно-восстановительных реакций радиоактивных элементов в различных состояниях окисления в растворах сложного состава с целью установления основных закономерностей, определяющих поведение вышеуказанных элементов в системах, имитирующих природные объекты; изучения фундаментальных аспектов взаимодействия радионуклидов группы трансурановых элементов и технеция с биоорганическими молекулами для моделирования их поведения в окружающей среде, ядерном топливном цикле и в организме человека; разработки новых радиофармпрепаратов на основе биологически-активных соединений технеция и рения для ядерной медицины, квантово-химическое моделирование и подбор оптимальных параметров для процессов направленной доставки радионуклида в клетки; 2) создание прорывных

радиационных (электронно-лучевых) технологий получения новых материалов с заданными свойствами и функциями, таких как: функциональные материалы (катализаторы, лекарства, удобрения и т.п.), содержащие наночастицы металлов и обладающие необычными физико-химическими свойствами; 3) создания новых высокоэффективных, экономически выгодных и конкурентоспособных технологий электронно-лучевой переработки биомассы и полимерсодержащих отходов в высококачественное топливо и химические продукты и разработки инновационных электронно-лучевых технологий применительно к производственным процессам (сшивка синтетических каучуков в производстве шинной продукции; получение водорода и метан-водородных смесей при переработке нефтяных газов; стерилизация изделий медицинского назначения и т.п.).

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ЭЛЕКТРОХИМИИ ИМ. А.Н. ФРУМКИНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122120700054-0, 01.12.2022

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ

Одним из наиболее перспективных процессов, призванных решить существующую проблему получения водорода из возобновляемых источников, является воднофазный риформинг (aqua-phase reforming, APR), заключающийся в каталитическом преобразовании водных растворов углеводов и спиртов – основных продуктов переработки биомассы животного, растительного и бытового происхождения – в водород и простейшие алканы. Таким образом решается проблема не только получения водорода, но и выработки углеводородов, которые, в свою очередь, могут быть использованы для получения водорода путем паровой конверсии или в других областях человеческой жизнедеятельности, но уже в рамках так называемого нулевого углеродного цикла. Кроме того, процесс воднофазного риформинга не требует использования высоких температур и давлений, как в случае паровой конверсии метана, поэтому его аппаратное оформление существенно облегчается, в том числе и в экономическом смысле. К настоящему моменту разработаны катализаторы на основе благородных металлов (Pt, Pd и др.) и оксидных носителей (Al_2O_3 , TiO_2 и др.), способных эффективно и высокоселективно ускорять процесс воднофазного риформинга, однако их активному и повсеместному применению препятствуют две основные проблемы – высокая стоимость и необходимость их частой регенерации по причине закоксовывания.

В данном проекте предлагается разработка катализаторов на основе перовскитоподобных сложных оксидов редкоземельных и d-элементов состава ABO_3 (где A = Y, La, Ce; B = Fe, Co, Ni), которые могут решить описанные выше проблемы, в частности данные вещества являются более предпочтительными с экономической точки зрения. Они проявляют высокую стабильность, а также могут быть регенерированы под действием внешних магнитных полей без необходимости полной остановки процесса риформинга и выгрузки катализатора. При этом их меньшая каталитическая активность по сравнению с катализаторами на основе благородных металлов компенсируется гибридным действием – поверхность таких катализаторов содержит не только значительное число кислотных центров для адсорбции промежуточных продуктов риформинга, но и атомы d-элементов (Fe, Co, Ni), на которых происходит разрыв связи C-C, а большая продолжительность

работы без необходимости регенерации выравнивает меньшие значения конверсии. Однако катализаторы на основе указанных систем ABO_3 в настоящее время остаются практически неизученными, несмотря на наличие отдельных работ, в которых показана их сравнительно высокая активность и селективность в указанном процессе. Остается открытым широкий спектр вопросов от изучения процессов формирования подобных систем, определения их состава и строения до исследования конкретных параметров каталитической активности в процессе воднофазного риформинга. Поэтому в данном проекте предполагается проведение систематического исследования процессов формирования и особенностей каталитического поведения систем на основе перовскитоподобных оксидов в процессе воднофазного риформинга глицерина, а также выработка физико-химических основ получения указанных функциональных материалов. Практическим результатом работы станет получение каталитических систем на базе перовскитоподобных оксидов ABO_3 (где A = Y, La, Ce; B = Fe, Co, Ni), проявляющих высокую активность и селективностью по водороду, что позволит рассмотреть вопрос об их реальном использовании в качестве альтернативы катализаторам на основе благородных металлов.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122081800013-0, 17.08.2022

СОЗДАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ САМОСБОРКИ НАНОСЛОЕВ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭКСФОЛИАЦИЕЙ СЛОИСТЫХ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ И СЛОИСТЫХ ДВОЙНЫХ ГИДРОКСИДОВ

Проект направлен на получение водородного топлива экологически чистым и энергосберегающим методом из возобновляемых природных ресурсов с использованием солнечного света. Цель проекта состоит в научно обоснованной разработке и физико-химическом исследовании новых фотокатализаторов, способных за счет энергии поглощенного света эффективно инициировать реакцию выделения водорода из органических соединений, получаемых из биомассы.

В рамках проекта планируется разработать методы внедрения молекул органических веществ из числа продуктов разложения биомассы (глюкоза, ксилоза, метанол) в межслоевое пространство слоистых оксидов, создать композитные фотокатализаторы за счет комплекса интеркаляционно/ионообменных реакций, а также путем эксфолиации слоистой структуры на монослои с последующей самосборкой композита. Получение органо-неорганических производных протонированных форм перовскитоподобных соединений планируется проводить в условиях сольватермальных и сольватермально-микроволновых процессов. Интеркаляция воды и графтинг органических молекул в межслоевое пространство протонированных слоистых оксидов будут исследованы в водных растворах при различных условиях (концентрация, температура, pH, присутствие способствующих интеркаляции органических оснований). Такие подходы позволят существенно повысить фотокаталитическую активность за счет увеличения эффективной удельной поверхности катализатора и внедрения молекул субстрата в межслоевое пространство, которое может рассматриваться как отдельная реакционная зона. Смещение спектральной области действия фотокатализатора в длинноволновую область, которое столь необходимо для использования солнечного света, будет достигнуто как путем катион-

ного замещения в структуре слоистого оксида, так и путем создания композитов с фотоактивными частицами. Эти подходы, уже зарекомендовавшие себя для повышения активности в реакции разложения воды, будут впервые применены для создания фотокатализаторов получения водорода из продуктов переработки биомассы.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122101300023-9, 13.10.2022

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА В СОСТАВЕ УГЛЕКИСЛОТНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ

Комплекс технологий для повышения эффективности процесса производства водорода с помощью паровой конверсии метана и последующим производством аммиака. Разработана тепловая схема установки для разложения аммиака с криогенным выделением водорода из газовой смеси и паротурбинным утилизационным циклом. Разработаны математическая модель процесса термического разложения аммиака и 3D-модель реактора разложения аммиака.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

ДИССЕРТАЦИИ

№ АААА-В19-419052290021-9, 22.05.2019

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ ЛИГНИНА В ВОДОРОД И СИНТЕЗ-ГАЗ, СТИМУЛИРОВАННОЕ МИКРОВОЛНОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Разработка научных основ эффективной переработки органической массы лигнина в процессе углекислотного риформинга (УКР) в плазменно-каталитическом режиме при воздействии микроволнового излучения (МВИ) для получения синтез-газа и водорода. Впервые показано, что при МВИ (мощность 540 Вт, частота излучения $2,45 \pm 0,05$ ГГц, плотность тока 100–150 мА, реактор 15 см³, 700 – 750 °С) в течение 10–15 минут конверсия лигнина составляет 63–65 %, а селективность образования синтез-газа состава $H_2/CO \sim 1$ доходит до 94 %. Впервые методом ИКС диффузного отражения *in situ* исследован процесс УКР лигнина с наноразмерными Ni-содержащими каталитическими системами, полученными методом пропитки и металлопарового синтеза. Показано, что при нагревании до 450 °С на поверхности лигнина присутствуют производные ванилиновой кислоты и ванилинового спирта.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 422111800009-4, 18.11.2022

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА ПАРОВОЙ КОНВЕРСИЕЙ ЭТАНОЛА НА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МЕТАЛЛ-УГЛЕРОДНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ В МЕМБРАННОМ РЕАКТОРЕ

Цель: изучение возможности проведения процесса паровой конверсии этанола на мембранно-каталитических системах с использованием наноструктурированных металл-углеродных катализаторов и выведением водорода через мембраны из палладиевых сплавов. Впервые исследованы каталитические свойства коммерческих детонационных наноалмазов (далее – ДНА) и их модифицированных форм в паровом риформинге этанола. ДНА, впервые примененный в качестве носителя катализаторов ПРЭ, обладает достаточно высокой удельной поверхностью (до 320 м²/г), которая после модификации содержит ряд функциональных групп (гидроксильные, карбонильные, карбоксильные), обеспечивающих прочное закрепление наночастиц переходных металлов. При этом окисление ДНА воздухом позволило увеличить выход водорода в 2 раза во всем исследованном интервале температур, а также конверсию спирта с 30.1 % (исходные наноалмазы) до 53.4 % (наноалмазы, обработанные на воздухе) при температуре 450 °С. Показано, что выход водорода и селективность его образования зависят от способа обработки наноалмазов (выход водорода менялся в диапазоне от 3.7 до 11.5 ммоль/ч, селективность – от 60 до 80 %). Отмечена собственная каталитическая активность модифицированных образцов наноалмазов. Вместе с тем, синтезированные и исследованные в процессе парового риформинга этанола наноструктурированные катализаторы на основе индивидуальных переходных металлов (Ni, Cu, Ru, Pt, Pd) и их сплавов (Pt-Ni, Pt-Cu, Pt-Ru, Pd-Ru, Pd-Ni), нанесенных на детонационные наноалмазы, проявили высокую активность, не уступающую активности соответствующих металлов, нанесенных на другие носители. Нанесение металлов способствовало увеличению выхода водорода в 6 раз. Наибольшая производительность по водороду была достигнута на образцах Pt-Ru/ДНА и Pd-Ru/ДНА с конверсией спирта 99 % при 420 °С и выше, для Pt-Ru/ДНА была отмечена самая низкая концентрация CO (4 %), что важно для последующего использования полученного водорода. Методом высокотемпературной ИК-спектроскопии диффузного отражения *in situ* изучены адсорбированные формы, возникающие в ходе ПРЭ на ДНА и модельном катализаторе Pt-Ru (2.5 %)/ДНА. Показано, что за способность чистого ДНА вести процесс ПРЭ ответственны карбонильные и карбоксильные группы его поверхности, что составляет основное отличие каталитического нанокомпозита Pt-Ru/ДНА от катализаторов, в которых Pt и Ru нанесены на различные оксиды. На основании сопоставления результатов, полученных в каталитическом реакторе и в ячейке диффузионного отражения ИК-спектрометра (ИКДО), предложен механизм процесса ПРЭ на катализаторах, нанесенных на ДНА. Проведено исследование ПРЭ в мембранном реакторе с одновременным удалением водорода через Pd-Ru (6 %) и Pd-Ru (0.5 %)-In (5.5 %) мембраны и установлено, что использование мембранного реактора позволяет не только получать водород высокой чистоты, но и значительно повысить эффективность процесса ПРЭ за счет его избирательного удаления из зоны реакции. При проведении процесса ПРЭ в мембранном реакторе общий выход водорода увеличивался, как правило, в 1.5–2 раза по сравнению с традиционным реактором. При этом удалось достичь степени выведения особо чистого водорода (содержание углеродсодержащих примесей ниже предела обнаружения хроматографического ана-

лиза $\approx 0,001\%$) около 50 % при использовании катализатора Pd-Ru/ДНА и мембраны из сплава Pd-Ru-In.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 422120500028-0, 05.12.2022

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ХРОМ-МАРГАНЦЕВЫХ ОКСИДОВ СО СТРУКТУРОЙ ШПИНЕЛИ ДЛЯ ПРОЦЕССА ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ ЭТАНОЛА

Разработана методика синтеза активных и устойчивых к зауглероживанию катализаторов для процесса паровой конверсии этанола. Установлены основные закономерности влияния химического состава на текстурные и структурные свойства смешанных хром-марганцевых оксидов и на активность катализаторов на их основе в реакции паровой конверсии этанола. Показано, что частичное замещение хрома на железо позволяет получить однофазные оксиды со структурой кубической шпинели и приводит к снижению селективности по метану в ходе испытаний. В результате проведенных исследований были получены катализаторы, которые обеспечивают полное превращение этанола и выход водорода около 60 % в реакции паровой конверсии этанола. С использованием метода изотопного обмена был изучен механизм парциального окисления этанола на катализаторах с нанесенными рутением и платиной и выявлены основные закономерности превращения этанола.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ AAAA-B16-416101710049-0, 17.10.2016

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ Ni И Fe₂O₃ МЕТОДОМ СВС В РАСТВОРАХ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ

Впервые при помощи динамических методов исследования (ДРФА, ТГА-ДСК-МС), а также СЭМ и ПЭМ установлен механизм формирования металлических наночастиц в условиях самоподдерживающейся химической реакции горения геля $Ni(NO_3)_2 - H_5NC_2O_2$. Показано, что ведущей стадией процесса взаимодействия компонентов является газофазная реакция между N_2O и NH_3 , взаимодействующих между собой с высоким экзотермическим эффектом, тепла которого становится достаточно для протекания самоподдерживающейся химической реакции. Формирование металла во время горения составов с избытком восстановителя происходит по двум последовательным реакциям. При $T \approx 250^\circ C$ за счет разложения нитрата никеля формируются наночастицы NiO (0,8–5 нм), а затем при температуре больше $450^\circ C$ следует восстановление NiO избытком NH_3 до Ni. Разработан метод получения дисперсного активного металла Ni на высокопористом носителе SiO_2 , основанный на пропитке реакционным раствором $Ni(NO_3)_2 - H_5NC_2O_2$ инертного носителя и последующей самоподдерживающейся реакции горения геля в нанопористой среде. Показано, что высокодисперсные наночастицы Ni (5 нм), образовавшиеся в реакционном фронте в порах носителя, в дальнейшем окисляются кислородом воздуха в зоне

догорания. Во время процесса горения под давлением инертного газа (Ar) выше атмосферного происходит пассивация поверхности ультратонких частиц Ni аморфным слоем NiO, что препятствует дальнейшему окислению Ni. Проведены испытания катализатора из нанокристаллического порошка Ni на носителе SiO_2 в реакции разложения этанола с целью получения водорода. Показано, что полученный катализатор на основе Ni обладает высокой удельной поверхностью ($155\text{ м}^2/\text{г}$), высокой активностью и стабильностью в реакции разложения этанола при низкой температуре ($200^\circ C$) в течение более 100 ч. Разработан метод синтеза ультратонких порошков Fe_2O_3 со средним размером частиц 3,5 нм, заключающийся в пропитке реакционным раствором $Fe(NO_3)_3 + H_5NC_2O_2$ высокопористой матрицы SiO_2 с заданной канальной структурой. Разработанный способ, по сравнению с традиционными гидротермальными методами, позволяет сохранить матричные каналы и тем самым узкое распределение наночастиц по размеру (патент РФ № 2569535 от 27.11.2015 г. Бюл. №33 «Способ получения ультрадисперсных порошков различных оксидов с узким распределением частиц по размерам»). Изучено поведение нанопорошков Fe_2O_3 , полученных СВС в растворе $Fe(NO_3)_3 - H_5NC_2O_2$, импрегнированном в высокодисперсный носитель SiO_2 с заданной канальной структурой и порошков Fe_2O_3 , синтезированных химическим осаждением с последующей термообработкой в зависимости от напряженности магнитного поля и температурах 5 и 300 К. Обнаружено достижение аномально высокой намагниченности (21 эме/г) при напряженности магнитного поля 10 кЭ и $T=300\text{ К}$ для СВС порошков Fe_2O_3 , что не достигается для порошков, полученных гидротермальным синтезом.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

№ AAAA-B17-417011050129-5, 10.01.2017

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕЗОЗАМЕЩЕННЫХ ВОДОРАСТВОРИМЫХ Sn-ПОРФИРИНОВ В КАЧЕСТВЕ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ В СИСТЕМЕ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА, СОДЕРЖАЩЕЙ КОМПОЗИТ TiO_2 -Pt

Исследована и оптимизирована система порфирина/полупроводник/катализатор/донор для фотокаталитического производства водорода. Установлена связь между структурой заместителей ряда Sn-порфиринов, используемых в качестве фотосенсибилизаторов, и эффективностью фотокатализа. Из этого ряда выбрана структура Sn-порфирина с наибольшей эффективностью выделения водорода. Установлено влияние pH среды, адсорбции порфирина на TiO_2 и наличие полупроводника на выделение водорода. С помощью цитратного метода и метода фотовосстановления синтезированы Pt-катализаторы, исследованы их каталитические свойства. Данные, полученные при исследовании фотокаталитической системы, дают представления о влиянии структуры порфириновой молекулы на эффективность фотокатализа, а также расширяют представления о состоянии поверхности платины в процессе фотокаталитической реакции.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-В17-417120150036-4, 01.12.2017

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА Ni-СОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ ЭТАНОЛА И ГЛИЦЕРИНА

Проведена разработка активных и устойчивых к зауглероживанию катализаторов на основе никельсодержащих сложных оксидных предшественников для процессов получения водорода в реакции паровой конверсии спиртов. В ходе исследования получены важные закономерности влияния химического состава и метода синтеза оксидных предшественников на каталитические свойства в реакциях паровой конверсии этанола и глицерина. Для нанесенных катализаторов установлено, что кислотные свойства поверхности носителя и состояние активного компонента, влияющие на каталитическую активность образцов в исследованных реакциях, определяются количеством и методом введения магния наряду с количеством и химическим составом наносимого перовскита. В результате выполненных исследований были получены катализаторы, обеспечивающие выход водорода 88 – 90 % в реакциях паровой конверсии этанола и глицерина, что сопоставимо с показателями каталитических систем, предложенных для данных реакций в литературе.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-В17-417090550003-8, 05.09.2017

ПРЕВРАЩЕНИЕ БИОСУБСТРАТОВ И ДМЭ НА ГИБРИДНОМ МЕМБРАННО-КАТАЛИТИЧЕСКОМ КОНВЕРТЕРЕ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА И ВОДОРОДА

Разработаны катализаторы в виде пористых керамических Ni(Al)-Со конвертеров, приготовленных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза для проведения самосогласованных и гибридных мембранно-каталитических процессов получения синтез-газа и ультрачистого водорода путём углекислотно-парового риформинга продуктов ферментации биомассы и ДМЭ. Показано, что разработанные конвертеры применимы в двухстадийной схеме получения очищенного H₂ путем гидрирования СО. Гибридный реактор за счет извлечения ультрачистого H₂ повышает выход целевого продукта на 60 %.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-В18-418060490048-0, 04.06.2018

ПАРОВОЙ РИФОРМИНГ МЕТАНОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА УГЛЕРОДНЫХ И ОКСИДНЫХ НОСИТЕЛЯХ

Разработка и исследование новых биметаллических катализаторов на оксидных и углеродных носителях для создания мембранно-каталитических систем с использованием Pd-содержащих мембран для получения чистого водорода путём парового риформинга метанола (ПРМ). Впервые синтезированы Ru-Rh и Cu-Ni катализаторы на углеродных и оксидных

носителях различного состава и структуры. Для лучших образцов катализаторов Ru-Rh/DND и Ni-Cu/CeO₂, ZrO₂-δ конверсия метанола достигала примерно 85 % при селективности по H₂ не ниже 90 %. Установлено влияние состава и структуры поверхности Pd-содержащих мембран на степень извлечения водорода и характеристики процесса ПРМ; увеличение выхода целевого продукта составляло до 20 % для Pd-Ru мембраны и до 50 % для Pd-Ag мембраны с модифицированной поверхностью.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-В18-418022690003-5, 26.02.2018

ПАРОВАЯ КОНВЕРСИЯ ДИМЕТОКСИМЕТАНА В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЙ ГАЗ: КАТАЛИЗАТОРЫ И МЕХАНИЗМ РЕАКЦИИ

Проведена разработка эффективных бифункциональных катализаторов CuO-CeO₂/γ-Al₂O₃ и CuO-ZnO/γ-Al₂O₃ реакции паровой конверсии диметоксиметана в водородсодержащий газ для питания топливных элементов. Показано, что эти катализаторы обеспечивают производительность по водороду ~16 л H₂/гкат⁻¹·ч⁻¹ и содержание СО в водородсодержащем газе менее 1 об.%. В ходе исследования установлена природа активных центров этих катализаторов. Показано, что CuO-CeO₂/γ-Al₂O₃ катализатор является весьма эффективным для использования в «мультиотопливном процессоре» (генераторе водородсодержащего газа, способного использовать различное сырьё в близких реакционных условиях без смены катализатора), 50 г этого катализатора достаточно для обеспечения работы энергоустановки на основе топливных элементов мощностью 1 кВт при использовании в качестве топлива любого сырья – диметоксиметана, диметилового эфира или метанола.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-В19-419042990051-0, 29.04.2019

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ОКСИДА ЖЕЛЕЗА И КАТАЛИЗАТОРА СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНОЙ КОНВЕРСИИ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА НА ЕГО ОСНОВЕ

Цель исследования – разработка способа получения высокодисперсного оксида железа по оксалатной технологии и метода получения катализатора среднетемпературной конверсии монооксида углерода водяным паром в водород на его основе активации. Установлены каталитические свойства ферритов кальция и меди, предложен состав катализатора. Выработаны рекомендации по оптимизации условий предварительной подготовки сырья и приготовления катализатора. Предложены варианты принципиальной технологической схемы получения разработанного катализатора. Представлены: результаты исследования промышленных катализаторов СТК; способы получения высокодисперсного оксида железа, включающие метод соосаждения и механохимическую активацию; результаты исследования ферритов кальция и меди, синтез катализаторов СТК, промотированных ферритами; результаты исследования синтезированных катализаторов СТК,

содержащих никелевую и марганцевую промотирующие добавки.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-В19-519032890005-4, 28.03.2019

ТРЕУГОЛЬНЫЕ ХАЛЬКОГЕНИДНЫЕ КЛАСТЕРЫ МОЛИБДЕНА И ВОЛЬФРАМА: ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННАЯ МОДИФИКАЦИЯ, РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

Разработаны оригинальные подходы для синтеза новых смешанно-халькогенидных комплексов, в которых атомы халькогена разной природы занимают строго определенные позиции. Разработаны методы синтеза нового семейства гетеро- и гомолептических комплексов молибдена и вольфрама на основе гетероциклических дииминов. Проведено детальное исследование электронного строения и его взаимосвязи с редокс-поведением дииминовых комплексов $\{M_3Se_7\}$ и $\{M_3S_4\}$. Обнаружена фото- и электрокаталитическая активность наночастиц TiO_2 , модифицированных с помощью дииминовых комплексов $\{Mo_3S_7\}$, в процессе получения водорода из воды. Найдены высокая активность и селективность гомогенных катализаторов на основе дииминовых комплексов $\{Mo_3S_4\}$ в реакциях гидрирования нитроаренов, что позволяет получать малодоступные и важные с синтетической точки зрения производные анилина. Получены уникальные данные о кинетике реакций треугольных кластеров $\{M_3S_4\}$ с алкинами.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 421060300067-1, 03.06.2021

СЛОИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ДИСУЛЬФИДА МОЛИБДЕНА С АЗОТСОДЕРЖАЩИМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ МОЛЕКУЛАМИ: СТРОЕНИЕ И ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Дисульфид молибдена является одним из наиболее известных слоистых материалов, он существует в природе и выпускается промышленно. Исследования последнего десятилетия выявили уникальные физико-химические свойства наноразмерных моно- и малослойных частиц дисульфида молибдена, в том числе заряд-транспортные и каталитические, что делает подобные материалы перспективными для создания различных наноэлектронных устройств, высокоэффективных фото- и электрокатализаторов.

Известно, что перенос отрицательного заряда на монолои MoS_2 инициирует их структурный переход из стабильной модификации с полупроводниковым типом проводимости ($2H-MoS_2$) в метастабильную структуру с металлической проводимостью ($1T-MoS_2$). Эта модификация является одним из лучших неплатиновых катализаторов процесса электрохимического получения водорода из воды. Однако в отсутствие отрицательного заряда на слоях $1T-MoS_2$ переходит в значительно менее активный $2H-MoS_2$ при нагревании или длительном хранении. Основываясь на литературных данных, можно полагать, что одним из способов стабилизации $1T$ -модификации MoS_2 является включение ее в состав гетерослоистых соединений, в которых отрицательно заряженные слои $1T-MoS_2$

чередуются с гостевыми слоями из органических катионов. С использованием монослоевого диспергирования дисульфида молибдена, интеркалированного литием, и последующей самосборки получен ряд слоистых соединений дисульфида молибдена с органическими катионами, в том числе неизвестные ранее соединения с 1-бутил-3-метилимидазолием, протонированными молекулами этилендиамина, 1-аминонафталина, 1,8-бис-(диметиламино)нафталина.

Разработан и апробирован новый подход к установлению атомной структуры этих турбостратно-разупорядоченных систем по данным порошковой рентгеновской дифракции путем моделирования дифрактограмм модифицированным методом Уфера и последующей квантовохимической оптимизации структурных моделей. С использованием разработанного подхода впервые установлена атомная структура 10 гетерослоистых соединений MoS_2 .

Установлено, что в слоях MoS_2 полученных соединений стабилизируется проводящая $1T$ -модификация дисульфида молибдена, нестабильная в обычных условиях. Данная структурная модификация имеет гофрированную поверхность сульфидных слоев, рельеф которой оказывает существенное влияние на положение гостевых органических катионов между слоями MoS_2 .

С помощью квантовохимических расчетов и анализа расчетного распределения электронной плотности в рамках теории Бейдера впервые выявлены и охарактеризованы невалентные взаимодействия слоев $1T-MoS_2$ с органическими молекулами различной природы и на основании оценки энергии этих взаимодействий ($CH\cdots S$, $\pi\cdots S$, $NH\cdots S$) установлена их иерархия в изученных слоистых соединениях.

Разработан расчетный подход к оценке энергии когезии органо-неорганических слоев в слоистом соединении MoS_2 , позволяющий судить об энергетической выгоде сборки слоистой системы. С помощью данного подхода объяснены особенности самосборки фаз с молекулами 1-аминонафталина и 1,8 бис (диметиламино)нафталина.

Изучение электрокаталитической активности слоистых соединений MoS_2 с органическими катионами и нанодисперсного $1T-MoS_2$ в реакции выделения водорода из воды показало, что слоистые системы проявляют в этой реакции высокую активность, сопоставимую с активностью чистого $1T-MoS_2$, при этом они демонстрируют значительно более высокую устойчивость характеристик к термовоздействию, что подтверждает стабилизацию в соединениях $1T$ -модификации дисульфида молибдена.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИМ. А.Н. НЕСМЕЯНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 422011800024-0, 18.01.2022

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ОРГАНИЧЕСКИХ СУБСТРАТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВИДИМОГО СВЕТА

Диссертация посвящена разработке фотокаталитической системы для преобразования солнечной энергии. Целью работы является создание высокоэффективных систем на основе твердого раствора $Cd_{1-x}Zn_xS$ для фотокаталитического выделения водорода из водных растворов неорганических соединений и органических субстратов растительного происхождения под действием видимого света. В ходе работы

был выполнен синтез фотокатализаторов, проведено исследование активности образцов, построены математические модели процесса выделения водорода из водных растворов сахаров, исследована трансформация катализатора в ходе реакции, изучены продукты фотокаталитического гидролиза и окисления компонентов биомассы, предложен механизм фотокаталитического риформинга крахмала, сопровождающийся выделением водорода. Впервые проведено комплексное исследование с использованием различных доноров электронов. Сформулированные подходы будут способствовать развитию альтернативной энергетики.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-В17-417121250044-5, 12.12.2017

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ЯЧЕЕК ДЛЯ ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ВОДЫ

Разработаны и исследованы высокоэффективные электрохимические ячейки для щелочного электролизера воды. Представлена оригинальная методика изготовления электродов-катализаторов на основе сеток из нержавеющей стали с пористым никелевым покрытием (ПНП), при этом установлено, что в области высоких плотностей тока (до 1000 мА/см²) целесообразно использовать аноды с тонким пористым покрытием толщиной до 20 мкм. Разработана методика модифицирования электродов с ПНП катализаторами анодного выделения кислорода на основе NiCo₂O₄ шпинели. Разработан оригинальный электрохимический метод модифицирования электродов катализаторами катодного выделения водорода на основе сплава Ni-Mo. Предложен диафрагменный материал для синтеза диафрагм и электродно-диафрагменных блоков (ЭДБ) на основе полисульфона и TiO₂, обеспечивающий требуемую чистоту генерируемых газов при повышенных эксплуатационных нагрузках. Разработана и запатентована методика изготовления ЭДБ. На основе полученных научно-технических решений создана батарея щелочного электролиза воды оригинальной конструкции, проведены ее ресурсные испытания при повышенных эксплуатационных нагрузках. Применение разработанных электродных и диафрагменных материалов позволило снизить энергопотребление ячейки щелочного электролиза воды до уровня 4,35 – 4,54 кВт·ч/нм³ H₂ при плотности тока 0,6 – 0,7 А/см² при атмосферном давлении.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 422070600193-2, 06.07.2022

ПОЛУЧЕНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ Mo-C-N В ПЛАЗМЕ АТМОСФЕРНОГО ДУГОВОГО РАЗРЯДА

Целью работы являлось установление характеристик и закономерностей процесса получения кристаллических материалов на основе системы молибден-углерод-азот в атмосферной плазме дугового разряда постоянного тока.

Установлено, что реализованные и оцененные условия, возникающие при горении дугового разряда постоянного тока

в полости графитового стакана, а именно, состав формирующейся газовой среды и температура материала, обеспечивают синтез углеродных наноструктур, углерод-азотных графитоподобных кристаллических фаз и карбидов молибдена в углерод-азотной матрице. Модернизированная конструкция системы позиционирования и схемы расположения электродов разрядного контура для плазменной обработки исходной смеси переменного состава, содержащей диэлектрический компонент, позволяет реализовать стабильное горение дугового разряда. Определены характеристики процесса синтеза (сила тока, время горения дугового разряда, масса исходной смеси), их рабочие и пороговые значения, обеспечивающие синтез углеродных, углерод-азотных кристаллических графитоподобных материалов, ультрадисперсного карбида молибдена в углерод-азотной матрице и позволяющие влиять на фазовый и химический составы, а также морфологические особенности продуктов синтеза, полученных при прямом и косвенном воздействии электродуговой плазмы. Определено, что воздействием атмосферной плазмы дугового разряда постоянного тока на исходную смесь, содержащую смесь порошков молибдена, углерода и меламин в массовом соотношении 1:2:1, синтезируется электрокаталитический материал на основе карбида молибдена в углерод-азотной графитоподобной матрице, каталитическая активность которого подтверждена ресурсными испытаниями, что доказывает возможность применения полученных материалов в качестве катализаторов/компонентов катализаторов в реакции получения водорода из воды методом электролиза.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПАТЕНТЫ

№ 2544652, 30.07.2013

СПОСОБ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА

Изобретение относится к энергетическому оборудованию и может быть использовано для получения водорода как в стационарных установках, так и на транспорте. Способ генерации водорода включает размещение изделий из композита алюминия или магния, выполненных в форме куба или параллелепипеда с отверстиями в трех ортогональных направлениях, в решетчатые контейнеры, которые помещают каждый в отдельный герметичный реактор, через который пропускают воду с помощью впускных для воды отверстий, снабженных запорными задвижками, соединенных с магистралью впускной воды, и выпускных для воды отверстий, снабженных запорными задвижками, соединенных с магистралью выпускной воды, при этом магистрали соединены с теплообменником, а водород отводят через отверстия, снабженные запорными задвижками, соединенные с магистралью водорода, которую соединяют с газопотребляющим устройством. Изобретение позволяет обеспечить высокую замену твердого реагента без остановки процесса выработки водорода, а также безопасность и отсутствие твердых выбросов.

Разработчик: ТИГУНЦЕВ СТЕПАН ГЕОРГИЕВИЧ (RU), ТИГУНЦЕВ НИКИТА СТЕПАНОВИЧ (RU), ТИГУНЦЕВ ПАВЕЛ СТЕПАНОВИЧ (RU)

№ 2561077, 11.07.2013**СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

Изобретение относится к области химии и может быть использовано при получении водорода из углеводородов. Способ получения водорода по технологии двухстадийного окисления углеводородного сырья включает первую стадию – парциальное окисление углеводородов при недостатке окислителя, на которой происходит смешение сырья с кислородом и сжиганием его в камере сгорания проточного охлаждаемого высокотемпературного реактора при высокой температуре (до 3000°C) и на высоких скоростях с получением парогазовой смеси, содержащей водород, моно- и двуокись углерода, воду и побочные продукты реакции горения, затем полученную смесь увлажняют и одновременно охлаждают до температуры от 300 до 700°C путем впрыскивания и распыления воды в газовый поток, и очистка смеси пропусканием ее через фильтры; и вторую стадию – паровое каталитическое окисление монооксида углерода, на которой конверсию монооксида углерода проводят последовательно в два этапа на соответствующих конверторах: первом, предназначенном для среднетемпературной конверсии монооксида углерода при температурах 300–700 °C на соответствующем среднетемпературном катализаторе, с последующим дополнительным увлажнением, а затем на втором, предназначенном для низкотемпературной паровой конверсии монооксида углерода при температурах от 200 до 300°C на соответствующем низкотемпературном катализаторе. Изобретение позволяет получить повышенный выход водорода на единицу углеводородного сырья при большей химической однородности получаемого водородсодержащего газа и меньших затратах энергии на процесс, а также при уменьшенных габаритах технологической аппаратуры по сравнению с традиционными способами получения водорода.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ВТР» (RU)

№ 2627398, 24.05.2012**СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ CO, H₂ И МЕТАНОЛА ИЗ СИНТЕЗ-ГАЗА, В ЧАСТНОСТИ ИЗ ОТХОДЯЩЕГО ГАЗА ПРОИЗВОДСТВА АЦЕТИЛЕНА**

Изобретение относится к способу получения продукта метанола, продукта H₂ и продукта CO из синтез-газа, содержащего H₂ и CO, в частности из отходящего газа производства ацетилена. Способ включает разделение потока синтез-газа на первый и второй частичный потоки синтез-газа, где только CO, присутствующий в первом частичном потоке синтез-газа превращается в CO₂ и H₂ при использовании водяного пара, промывание первого частичного потока синтез-газа и части второго частичного потока синтез-газа, каждый в отдельной колонне аммонийсодержащим промывочным средством, в частности, для отмывки от CO₂, где, в частности, промывочное средство регенерируется в общей колонне, где поток продукта метанола формируется из одной части промытого превращенного первого частичного потока синтез-газа и/или другой части непревращенного второго потока синтез-газа таким образом, что соотношение (H₂-CO₂)/(CO+CO₂), которое требуется для синтеза метанола, регулируется в потоке продукта метанола, в частности в диапазоне от 2,0 до 2,1, где промывочная одна часть второго непревращенного частичного потока синтез-газа используется для получения потока продукта CO и потока продукта H₂ и где другая часть промытого превращенного первого частичного потока синтез-газа используется для

получения потока продукта H₂. Изобретение обеспечивает эффективное и экономичное получение трех продуктов метанола, H₂ и CO из синтез-газа, содержащего H₂ и CO

РАЗРАБОТЧИК: ЛИНДЕ АКЦИЕНГЕЗЕЛЛЬШАФТ (DE)

№ 2760013, 09.12.2016**СПОСОБ И УСТАНОВКА ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА**

Изобретение относится к способу образования синтез-газа, для дальнейшего использования синтез-газа в качестве сырьевого материала для получения, например, метанола, аммиака или водорода. Способ образования синтез-газа, содержащего в основном монооксид углерода и водород и не содержащего кислые газы и получаемого из углеводородного горючего, воздуха и пара, в котором посредством низкотемпературного фракционирования обеспечивают разделение воздуха на поток кислорода, поток отходящего газа и поток азота, при этом поток отходящего газа и поток азота имеют повышенное давление, причем углеводородное горючее смешивают с потоком кислорода и потоком с повышенной температурой и повышенным давлением и преобразуют в синтез-газ, и кислый газ затем отделяют от него посредством низкотемпературного поглощения в абсорбционной колонне, при этом абсорбент охлаждают посредством компрессионной холодильной установки, отличающийся тем, что поток азота, образованный посредством низкотемпературного фракционирования воздуха, пропускают через расширительную турбину и одновременно охлаждают в ней, а затем используют для охлаждения абсорбента или охладителя, циркулирующего в контуре охладителя компрессионной холодильной установки. Технический результат – снижение потребления электроэнергии, при установлении низких рабочих температур.

РАЗРАБОТЧИК: Л'ЭР ЛИКИД, СОСЬЕТЕ АНОНИМ ПУР Л'ЭТЮД Э Л'ЭКСПЛУАТАСЬОН ДЕ ПРОСЕДЕ ЖОРЖ КЛОД (FR)

№ 2554179, 23.10.2013**СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ОТВОДИМОГО ПАРА**

Изобретение относится к способу производства водородсодержащего продукта и парового продукта и может быть использовано для производства повышенных количеств отводимого пара. Способ включает введение сырьевой газовой смеси внутрь множества содержащих катализатор труб в риформинг-печи, осуществление реакции риформинга для образования риформата, содержащего H₂, CO, CH₄ и H₂O, выведение риформата, сжигание топлива с нагретым газом-окислителем в блоке камеры сгорания риформинг-печи, для получения газообразного продукта сгорания и выработки тепла с целью энергоснабжения реагирования сырьевой газовой смеси внутри труб, выведение продукта сгорания, нагревание газа-окислителя путем теплообмена с продуктом сгорания, с получением нагретого газа-окислителя, охлаждение продукта сгорания, нагревание первого питающего потока воды путем теплообмена с продуктом сгорания, охлаждая продукт сгорания, причем перед этим из продукта сгорания извлекают тепло для нагрева газа-окислителя, нагревание второго питающего потока воды путем теплообмена с риформатом, подачу первого и второго питающих потоков воды в деаэратор, отделение растворенных газов от потоков в деаэраторе, выведение вентиляционного потока из деаэратора, выведение потока питающей котел воды из деаэратора, образование водородсодержащего продукта из риформата после того, как

риформат нагрел второй питающий поток воды, и образование парового продукта из части потока питающей котел воды

РАЗРАБОТЧИК: ЭР ПРОДАКТС ЭНД КЕМИКАЛЗ, ИНК. (US)

№ 2555022, 13.05.2010

СИСТЕМА КОНТРОЛИРУЕМОЙ ВЫРАБОТКИ ВОДОРОДА НА МЕСТЕ ПО НЕОБХОДИМОСТИ ПРИ ПОМОЩИ ВТОРИЧНОГО ЖИДКОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО РЕАГЕНТА И СПОСОБ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЙ В СИСТЕМЕ

Изобретение относится к системе выработки водорода и способу управляемой выработки водорода. Изобретение особенно полезно для выработки водорода в контролируемых количествах в соответствии с различными требованиями, например, в автомобилях с двигателями внутреннего сгорания, турбинах или водородных элементах, таких как средства транспортировки по земле, воздуху или воде и пр., а также для прочих машин, требующих выработки водорода по необходимости для любых целей. Способ заключается в реакции металлического реактива, отобранного среди щелочных металлов, щелочноземельных металлов, сплавов и смесей, состоящих из щелочных металлов, щелочноземельных металлов, сплавов, состоящих, как минимум, из одного щелочного металла, и как минимум, одного щелочноземельного металла, с водой для получения водорода и остаточного продукта реакции в виде гидроксида металла, отобранного среди щелочных гидроксидов и щелочноземельных гидроксидов, при этом осуществляют сжижение металлического реактива путем нагревания в вакууме, подачу жидкого металлического реактива в гомогенный реактор выдавливанием при помощи средств подачи и одновременную подачу воды для поддержания стехиометрического соотношения воды в соответствии с количеством жидкого металлического реактива, транспортировку водорода и остаточного продукта из реактора в средства разделения, разделение водорода и остаточного продукта реакции, транспортировку отделенного водорода в приемник водорода, транспортировку остаточного продукта реакции в приемник гидроксида металла и предотвращение попадания кислорода в средства подачи металлического реактива, систему подачи воды, реактор, разделители и приемник водорода путем выборочного применения вакуума

РАЗРАБОТЧИК: ГАРРИДО ЭСКУДЕРО АМАЛИО (ES)

№ 2734821, 08.03.2016

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА

Изобретение относится к способу получения углеводородов. Способ осуществляют путем получения первого и второго частичных сырьевых потоков из содержащего углеводороды сырьевого потока. Причем первый частичный сырьевой поток превращают путем парциального окисления или автотермического риформинга в первый поток синтез-газа, а второй частичный сырьевой поток превращают посредством парового риформинга во второй поток синтез-газа. Затем объединяют с первым потоком синтез-газа с образованием третьего потока синтез-газа, по меньшей мере первую часть которого посредством синтеза Фишера-Тропша превращают в поток неочищенного продукта, содержащий углеводороды с разными длинами цепей, из которого легкие углеводороды отделяют в остаточный газ, чтобы вернуть их в процесс и использовать в парциальном окислении или автотермическом риформинге. При этом из по меньшей мере одной части остаточного газа выделяют ненасыщенные углеводороды с применением криогенных методов разделения, чтобы получить не содержащий

ненасыщенных углеводородов поток для применения в качестве сырья для парциального окисления или автотермического риформинга. Технический результат изобретения заключается в повышении эффективности процесса.

РАЗРАБОТЧИК: ЛИНДЕ АКЦИЕНГЕЗЕЛЛЬШАФТ (DE)

№ 2568734, 23.10.2013

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ АТОМАРНОГО ВОДОРОДА

Изобретение относится к энергетическому оборудованию и может быть использовано в водородной энергетике для получения, хранения и транспортировки водорода. Устройство для получения атомарного водорода содержит реактор, работающий на разложении воды твердым реагентом, анод, катод и магистрали с арматурой для ввода исходного сырья в реактор и вывода из него водорода и продуктов реакции. В качестве твердого реагента выбран нанодисперсный углерод, размещенный на поверхности анода в воде между анодом и катодом. На магистрали вывода водорода из реактора установлены приемник водорода, электромагнит с блоком управления магнитной индукцией и аккумулятор водорода с углеродными нанотрубками. Кроме того, устройство содержит регулятор подводимой к реактору электрической мощности в зависимости от температуры нанодисперсного углерода в прианодном пространстве и заданного программой темпа получения водорода. Изобретение позволяет радикально увеличить срок хранения атомарного водорода для последующего использования в технологических процессах.

РАЗРАБОТЧИК: РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ, ОТ ИМЕНИ КОТОРОЙ ВЫСТУПАЕТ МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНПРОМТОРГ РОССИИ) (RU)

№ 2570436, 23.10.2013

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ АТОМАРНОГО ВОДОРОДА

Изобретение относится к области химии и водородной энергетике и может быть использовано в энергетике и транспортном машиностроении. Способ получения и хранения атомарного водорода включает электролиз воды с использованием в электролизной ячейке медного анода и катода из сплава дюралюминия, периодически активируемого электрическим током, воздействие на полученный водород магнитным полем с амплитудой магнитной индукции в диапазоне от 100 до 120 гаусс и пропускание атомарного водорода через нанодисперсный углерод, содержащий углеродные нанотрубки. Изобретение позволяет увеличить срок хранения атомарного водорода, а также повысить топливную эффективность и экологичность получения и хранения водорода.

РАЗРАБОТЧИК: РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ, ОТ ИМЕНИ КОТОРОЙ ВЫСТУПАЕТ МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНПРОМТОРГ РОССИИ) (RU)

№ 2729502, 20.05.2015

СИСТЕМА И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Изобретение относится к способу и системе для получения водорода из воды. Система по изобретению способна безопасно вырабатывать непрерывный управляемый поток водорода. Пассивная автономная система выработки водорода в соответствии с настоящим изобретением имеет большое значение, например, для источников резервного питания, двигателей, зарядки аккумуляторов или переносных устройств питания. Система содержит: (а) конструкционный материал

для размещения: первичного реагента в твердом или жидком состоянии, выбранного из группы: щелочные металлы, щелочноземельные металлы, сплавы щелочных и щелочноземельных металлов, гидриды щелочных металлов или гидриды щелочноземельных металлов, сплавы калия и натрия, или сплав лития и натрия в соотношении 5/95; и ускоряющего реагента в твердом состоянии, выбранного из группы: кремний, олово, железо, цинк, марганец, алюминий, бериллий, магний и их сплавы; (b) замедляющий материал, который замедляет скорость процесса и находится в контакте с конструкционным материалом, и (c) диффузионный материал, через который осуществляется диффузия воды перед реакцией с первичным реагентом и в который проникает полученный водород. Технический результат заключается в разработке системы и экономичного и эффективного способа выработки водорода высокой чистоты.

РАЗРАБОТЧИК: ДРАХЕ И МАТЕ ИНТЕРНАЦИОНАЛЬ, С.Л. (ES)

№ 2556671, 16.12.2009

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИСХОДЯ ИЗ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ, ГАЗООБРАЗНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ И/ИЛИ КИСЛОРОДОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ БИОМАССЫ

Изобретение может быть использовано при получении водорода из реагентов, включающих жидкие углеводороды, газообразные углеводороды и/или кислородсодержащие соединения, в том числе полученные из биомассы, и их смеси. Для получения водорода используют секцию подогрева реагентов; секцию каталитического частичного окисления при коротком времени контакта, в которой получают синтез-газ; секцию рекуперации тепла; секцию превращения монооксида углерода, присутствующего в синтез-газе, в диоксид углерода посредством реакции конверсии водяного газа; секцию удаления полученного диоксида углерода; секцию охлаждения и удаления конденсата. Изобретение позволяет получить H_2 и CO_2 высокой чистоты и продувочный газ со средней теплотворной способностью, который можно использовать в процессах горения и/или вводить в систему подачи топлива установки.

РАЗРАБОТЧИК: ЭНИ С.П.А. (IT)

№ 2754422, 09.12.2016

УСТАНОВКА И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА

Изобретение относится к способу получения синтез-газа. Способ получения синтез-газа, состоящего в основном из монооксида углерода и водорода, причем кислотные газы из него удалены, исходя из углеводородсодержащего топлива, а также из воздуха и пара, который включает в себя следующие стадии способа: а) фракционирование воздуха низкотемпературной ректификацией с получением потока кислорода, потока хвостового газа и потока азота, где поток хвостового газа и поток азота имеют температуру окружающей среды, и поток азота находится под давлением, б) преобразование углеводородсодержащего топлива при повышенном давлении и повышенной температуре потоком кислорода, полученным на стадии а), и паром в синтез-газ, в) удаление кислотных газов из синтез-газа, полученного на стадии б), с помощью низкотемпературной абсорбции в абсорбционной колонне жидким абсорбентом, г) охлаждение абсорбента, использованного на стадии в), до низкой температуры, необходимой для низкотемпературной абсорбции, с помощью компрессионной холодильной установки, где компрессионная холодильная

установка содержит контур хладагента, в котором хладагент компримируют, вследствие чего он нагревается, и охлаждают и конденсируют при последующем теплообмене с охлаждающей водой, е) охлаждение охлаждающей воды до осуществления ее теплообмена с хладагентом на стадии д) путем испарительного охлаждения, при этом испарительное охлаждение на стадии е) проводят потоком хвостового газа, полученным на стадии а), и/или прошедшим дросселирование потоком азота, полученным на стадии а). Технический результат – снижение энергии для компримирования хладагента.

РАЗРАБОТЧИК: Л'ЭР ЛИКИД, СОСЬЕТЕ АНОНИМ ПУР Л'ЭТЮД Э Л'ЭКСПЛУАТАСЬОН ДЕ ПРОСЕДЕ ЖОРЖ КЛОД (FR)

№ 2510362, 23.04.2012

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЧИСТОГО ВОДОРОДА

Изобретение относится к области химии. Горячий водород, образующийся в результате реакции термохимического окисления алюминия водой, пропускают через слой пленки сверхвысокомолекулярного полиэтилена при давлении 1 атм. Изобретение позволяет повысить чистоту водорода. Изобретение относится к технологии получения высокочистого водорода, и может использоваться в топливных элементах для выработки электрической энергии. Применение способа позволяет продлить срок службы катализатора окисления водорода в топливном элементе путем снижения содержания таких примесей как H_2O , CO_2 и других.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (RU)

№ 2717225, 07.07.2015

ОРГАНИЗАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ

Изобретение относится к способу организации химических циклов. Настоящая заявка относится к способу организации химических циклов с использованием нестехиометрических соединений с переменной степенью нестехиомичности. Одним из применений этих способов является сдвиг равновесия реакции водяного газа при получении H_2 . Способы, согласно данному изобретению, могут преодолеть ограничения, например, ограничения, связанные с химическим равновесием, которые препятствуют протеканию химических реакций до полной степени конверсии исходных веществ в конечные продукты. Способ осуществления химической реакции, включающий передачу элемента или группы X от одной молекулы к другой в реакторе с неподвижным слоем, содержащим нестехиометрическое соединение, которое имеет формулу $M_nX_r(1-q)$, где n и r обозначают целые числа, требующиеся для стехиометрического соединения между M и X, и $0 < q < 1$ или $0 > q > -1$, и которое способно содержать величины q в интервале, а M может обозначать один элемент или смесь более одного элементов, включает пропускание химической частицы P через реактор, причем частица P поступает из первого положения во второе положение в реакторе, и извлечение полученного химического соединения PX_q из второго положения, затем пропускание химического соединения QX_z через реактор, причем соединение QX_z поступает из второго положения в первое положение в реакторе, и извлечение полученного химического соединения из первого положения, причем P и Q представляют собой химические частицы, которые выбирают таким образом, что обе частицы P и Q мо-

гут принимать элемент или группу X и оба соединения PXy и QXz могут отдавать элемент или группу X, а y и z обозначают целые числа. Изобретение обеспечивает преодоление ограничений, например, ограничений, связанных с химическим равновесием, которые препятствуют протеканию химических процессов полной конверсии исходных веществ в продукты, а также получение потока практически чистого продукта и исключение расхода энергии.

РАЗРАБОТЧИК: ЮНИВЕРСИТИ ОФ НЬЮКАСЛ АПОН ТАЙН (GB)

№ 2664526, 23.08.2016

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ УНИФИЦИРОВАННЫЙ СПОСОБ ГЕНЕРАЦИИ СИНТЕЗ-ГАЗА ИЗ УГЛЕВОДОРОДОВ

Изобретение относится к способу получения синтез-газа и может быть использовано в химической и нефтехимической промышленности при производстве водорода, аммиака, синтетических жидких углеводородов, альдегидов и спиртов. Способ включает стадию сжигания топлива в дымовой газ, используемый в качестве теплоносителя, и стадию каталитического риформинга углеводородов с водяным паром, каталитические реакторы которой находятся в теплообменной связи с дымовым газом. При этом по крайней мере в одной из ступеней стадии каталитического риформинга подвод тепла в зону реакции осуществляют преимущественно за счет радиационного теплообмена, а в последующих ступенях — преимущественно за счет конвективного теплообмена. Технический результат заключается в повышении эффективности использования энергии теплоносителя для проведения эндотермических процессов каталитического риформинга углеводородов, протекающих при высокой температуре, а также в унификации технических решений и технологических приемов, позволяющих диверсифицировать состав получаемого синтез-газа, а также теплоносителя.

РАЗРАБОТЧИК: АФАНАСЬЕВ СЕРГЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ (RU), СЕРГЕЕВ СТАНИСЛАВ ПЕТРОВИЧ (RU)

№ 2676613, 12.12.2013

ТРУБА РИФОРМЕРА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА

Изобретение относится к устройству и трубе риформера для получения синтез-газа, в частности для получения водорода. Устройство имеет трубу риформера для направления течения эдуктов и по меньшей мере одного продукта реакции в объемных потоках с целью получения синтез-газа. При этом труба риформера в своем внутреннем пространстве имеет по меньшей мере одно устройство для направления потока, включающее в себя первое направляющее устройство для перенаправления первого отдельного объемного потока в направлении, имеющем радиальную компоненту, направленную от продольной оси трубы риформера, и второе направляющее устройство для перенаправления второго отдельного объемного потока в направлении, имеющем радиальную компоненту, направленную к продольной оси трубы риформера. Причем ниже по потоку от указанного по меньшей мере одного устройства для направления потока во внутреннем пространстве трубы риформера расположена засыпка материала катализатора. Технический результат заключается в получении синтез-газа, в частности для получения водорода, простым, экономичным и надежным образом

РАЗРАБОТЧИК: ЛИНДЕ АКЦИЕНГЕЗЕЛЛЬШАФТ (DE)

№ 2678074, 06.03.2014

СПОСОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА

Изобретение касается способа эксплуатации установки для парового риформинга. Способ осуществляют с помощью по меньшей мере одного реактора для парового риформинга, где богатый углеводородом наполнитель превращают с помощью водяного пара в синтез-газ с по меньшей мере одним подготовительным устройством, с помощью которого из синтез-газа посредством отделения диоксида углерода и монооксида углерода получают богатую водородом фракцию, и с по меньшей мере одной адсорбционной установкой с изменяющимся давлением, с помощью которой из богатой водородом фракции отделяют остаточный газ, причем используют по меньшей мере один рециркулирующий конденсатор, с помощью которого в первом режиме эксплуатации отделенный из синтез-газа диоксид углерода по меньшей мере частично примешивают к богатому углеводородом наполнителю. При этом во втором режиме эксплуатации рециркулирующий конденсатор используют не для конденсации отделенного из синтез-газа диоксида углерода, а для того, чтобы отделенный в адсорбционной установке с изменяющимся давлением остаточный газ по меньшей мере частично примешивать к богатой водородом фракции выше по потоку от адсорбционной установки с изменяющимся давлением, причем установку для парового риформинга в зависимости от желаемого количественного отношения водород/монооксид углерода в продукте эксплуатируют в первом или во втором режиме эксплуатации. Технический результат заключается в производстве богатого водородом синтез-газа без значительных дополнительных затрат.

РАЗРАБОТЧИК: ЛИНДЕ АКЦИЕНГЕЗЕЛЛЬШАФТ (DE)

№ 2596260, 20.03.2014

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА И РЕАКТОР ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЭТОГО СПОСОБА

Изобретение относится к области газохимии и может быть использовано для получения водородсодержащего газа на основе смеси CO и H_2 (синтез-газа) из природного газа и иных углеводородных газов. Способ получения водородсодержащего газа включает смешивание природного газа с кислородом, парциальное окисление природного газа кислородом при температуре от 1300 до 1700 °C с получением водородсодержащего газа и охлаждение потока полученного водородсодержащего газа до температуры ниже 550 °C со скоростью более 100000 °C/с. Реактор для получения водородсодержащего газа содержит расположенные последовательно по ходу технологического процесса средство подачи природного газа и кислорода, зону смешивания природного газа с кислородом, зону проведения реакции путем парциального окисления природного газа кислородом и зону охлаждения потока полученного водородсодержащего газа, при этом зона охлаждения снабжена охлаждаемым телом вращения, расположенным с обеспечением его обтекания водородсодержащим газом вдоль оси тела вращения для обеспечения интенсивного охлаждения потока водородсодержащего газа посредством его контакта с телом вращения. Изобретение обеспечивает подавление побочных реакций, приводящих к образованию сажи при проведении процесса с высокой производительностью, а также обеспечение несложной конструкции реактора при его компактных габаритах.

РАЗРАБОТЧИК: «ИНФРА КАРБОН ЛИМИТЕД» (CY)

№ 2597084, 25.06.2012**СПОСОБ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРА (ВАРИАНТЫ)**

Изобретение относится к способу получения синтез-газа путем углекислотного риформинга. Синтез-газ широко применяется для получения соединений с высокой добавленной стоимостью. Например, водород, содержащийся в синтез-газе, может применяться для производства водородной энергии и т.д. Способ включает подачу углеводорода и диоксида углерода при соотношении от 1 до 10 в реактор с псевдоожиженным слоем с использованием частиц технического углерода в качестве катализатора. Углеводород взаимодействует с диоксидом углерода в условиях псевдоожижения с получением газообразного продукта, содержащего синтез-газ, и одновременным образованием частиц технического углерода в реакторе в повышенном количестве. Газообразный продукт отводят из реактора. По меньшей мере часть частиц технического углерода отделяют. Оставшиеся частицы технического углерода направляют на рециркуляцию в реактор с псевдоожиженным слоем. Технический результат: увеличение реакционной способности и активности катализатора; возможность контроля соотношения монооксида углерода и водорода в полученном синтез-газе; возможность повторного использования технического углерода, образовавшегося в результате углекислотного риформинга.

РАЗРАБОТЧИК: ЭСКЕЙ ИННОВЕЙШН КО., ЛТД. (KR), ЭСКЕЙ ГЛОБАЛ КЭМИКАЛ КО., ЛТД. (KR)

№ 2542272, 24.10.2013**СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАНО-ВОДОРОДНОЙ СМЕСИ И ВОДОРОДА**

Изобретение относится к способу получения метано-водородной смеси, содержащей в основном H_2 и CH_4 , для производства водорода, спиртов, аммиака, диметилового эфира, этилена, для процессов Фишера-Тропша, и может быть использовано в химической промышленности для переработки углеводородных газов, а также в качестве топлива в газотурбинных приводах компрессорных станций и на транспорте, для производства электроэнергии. Способ получения метано-водородной смеси и водорода включает смешивание потока используемого в качестве источника сырья природного газа и водяного пара, нагревание потока, парциальное окисление потока и высокотемпературную адиабатическую конверсию в реакторе, заполненном насадкой катализатора. Изобретение обеспечивает эффективное получение метано-водородной смеси и водорода, повышение степени конверсии метана, упрощение процесса и снижение тепловых затрат.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» (RU)

№ 2572832, 17.03.2011**СПОСОБ ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ АВТОТЕРМИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ РИФОРМИНГА**

Изобретение относится к способу ввода в эксплуатацию автотермического реактора для получения синтез-газа путем риформинга углеводородсодержащих сырьевых газов в реакционной камере. Для ввода в эксплуатацию автотермический реактор предварительно нагревают с помощью инертной текучей среды до температуры более 600 °C. Затем инициируют

операцию зажигания путем введения газа или смеси газов с соответствующей низкой температурой воспламенения, которая ниже температуры воспламенения углеводородсодержащего сырьевого газа. Содержание газа с низкой температурой воспламенения в указанной смеси газ/газ составляет не менее 40 % (об.). Затем начинают автотермический риформинг путем подачи углеводородсодержащего сырьевого газа и водяного пара. Углеводородсодержащий сырьевой газ и водяной пар подают с содержанием водяного пара 0-80 % (об.) по отношению к углеводородсодержащему сырьевому газу. Окислитель подают с содержанием кислорода 10-100 % (об.). В результате получают газообразный продукт. Технический результат – обеспечение альтернативного более простого способа в отношении оборудования и времени ввода в эксплуатацию без необходимости затраты длительного времени на запуск и остановку автотермического реактора.

РАЗРАБОТЧИК: ТЮССЕНКРУПП УДЕ ГМБХ (DE)

№ 2532196, 29.03.2010**СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ**

Изобретение относится к химической и автомобильной промышленности и может быть использовано при получении топлива для топливных ячеек и транспортных средств. Сначала получают гидрогенизированное ароматическое соединение в присутствии катализатора гидрогенизации; затем отделяют полученное соединение от реакционной смеси и очищают его. Очищенное соединение используют в качестве носителя водорода для его хранения и/или транспортировки. Для производства водорода проводят дегидрогенизацию гидрогенизированного ароматического соединения в присутствии катализатора дегидрогенизации. При гидрогенизации ароматического соединения используют реакционный газ, полученный посредством реакции риформинга и реакции конверсии, содержащий от 30 до 70 об.% водорода. В качестве ароматического соединения может быть использован толуол, а в качестве гидрогенизированного ароматического соединения – метилциклогексан. Одновременно с реакцией гидрогенизации ароматического соединения проводят реакцию метанизации остающегося в реакционном газе монооксида углерода. Изобретение позволяет эффективно получить органический гидрид в промышленных масштабах при низких затратах.

РАЗРАБОТЧИК: ТИЙОДА КОРПОРЕЙШН (JP)

№ 2558150, 19.03.2010**КАТАЛИЗАТОР РЕФОРМИНГА**

Изобретение относится к способу реформинга с использованием катализатора. Описан способ реформинга с водяным паром углеводородов, включающий контактирование подаваемого газа в реакторе каталитического частичного окисления или установке для автотермического реформинга. Реактор работает при температуре 800–1600 °C и давлении 20–100 бар. Используют катализатор типа яичной скорлупы, состоящий из активного соединения в форме сплава никеля и одного металла из иридия и рутения, на носителе, содержащем оксид алюминия, диоксид циркония, оксид магния, диоксид титана или их сочетания. Катализатор имеет цилиндрическую форму и имеет одно или несколько сквозных отверстий, где расстояние от центра до внешней поверхности катализатора составляет от 10 до 40 мм, высота катализатора составляет от 10 до 40 мм, а диаметр одного или нескольких сквозных отверстий

составляет от 3 до 30 мм. По меньшей мере 90 мас.% иридия или рутения в катализаторе располагается в наружной оболочке, имеющей глубину до 10 % от внешней поверхности катализатора или до 10 % от периферии одного или нескольких сквозных отверстий катализатора. Технический результат – проведение способа каталитического частичного окисления или автотермического реформинга при пониженном падении давления в слое катализатора без снижения активности катализатора.

РАЗРАБОТЧИК: ХАЛЬДОР ТОПСЕЭ А/С (DK)

№ 2605125, 12.10.2011

СПОСОБ СУХОГО ТУШЕНИЯ КОКСА ПОСРЕДСТВОМ ПАРА С ПОСЛЕДУЮЩИМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ СИНТЕЗ-ГАЗА

Изобретение относится к области коксохимии. Нагревают уголь в коксовой печи. Полученный кокс выгружают в коксотушильный вагон и перемещают в коксотушильное устройство. Раскаленный кокс тушат до температуры ниже температуры воспламенения посредством водяного пара в условиях исключения воздуха. Предварительно водяной пар для тушения разделяют, по меньшей мере, на два частичных потока. Один частичный поток пара поступает в коксотушильное устройство снизу-вверх в вертикальном направлении потока, а второй частичный поток пара поступает в часть коксотушильного устройства, в котором подлежащий тушению кокс имеет температуру от 500 до 900 °С. Получают синтез-газ. Изобретение позволяет эффективно утилизировать тепло кокса.

РАЗРАБОТЧИК: ТИССЕНКРУПП ИНДАСТРИАЛ СОЛЮШНЗ АГ (DE)

№ 26321297, 08.11.2011

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ РИФОРМИНГА И РИФОРМИНГ МЕТАНА

Изобретение относится к катализатору для гетерогенного катализа, который содержит по меньшей мере смешанный оксид никеля и магния и магниевую шпинель, где смешанный оксид никеля и магния обладает средним размером кристаллитов ≤ 100 нм, фаза магниевой шпинели обладает средним размером кристаллитов ≤ 100 нм. Содержание никеля находится в диапазоне 7–28 % мол., содержание магния находится в диапазоне 8–38 % мол., и содержание алюминия находится в диапазоне 50–70 % мол. Площадь поверхности БЭТ находится в диапазоне 10–200 м²/г и интенсивность дифракционного отражения катализатора при $43,15^\circ \pm 0,15^\circ 2\theta$ меньше или равна интенсивности дифракционного отражения при $44,83^\circ \pm 0,20^\circ 2\theta$, как измерено при длине волны, равной 0,154 нм. Изобретение также относится к способу получения катализатора для риформинга углеводородов в присутствии воды и CO₂ с получением синтез-газа путем пропитки исходного вещества плавкой солью металла, включающему следующие стадии: (i) контактирование плавкой соли металла и тонкоизмельченного содержащего гидроталькит исходного вещества, (ii) тщательное смешивание плавкой соли металла и содержащего гидроталькит исходного вещества, (iii) термическая обработка плавкой соли металла и содержащего гидроталькит исходного вещества и нагревание смеси в условиях, при которых соль металла находится в форме расплавленной соли металла, (iv) низкотемпературное прокаливании смеси при температуре < 500 °С, (v) прессование или формование, (vi) высокотемпературное прокаливании полученной на предыдущей стадии смеси при температуре > 500 °С. Кроме того, изобретение относится к способу риформинга содержащих углеводород веществ и CO₂ с получением синтез-газа, в

котором используют заявленный выше катализатор, при этом риформинг проводят при температуре, находящейся в диапазоне от 500 °С до 1100 °С. Технический результат заключается в получении синтез-газа с большим содержанием CO.

РАЗРАБОТЧИК: БАСФ СЕ (DE)

№ 2606449, 29.10.2014

СПОСОБ АКТИВАЦИИ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Изобретение относится к технологии получения водорода в результате химической реакции компонентов гидрореагирующей композиции, более конкретно к способу активации алюминия для получения водорода, и может найти применение при создании водородных картриджей для малогабаритных источников питания на топливных элементах. Способ активации алюминия для получения водорода включает приготовление смеси компонентов индия, олова и галлия, предпочтительно, в соотношении 20:20:60 мас.%, нагревание смеси до получения эвтектического сплава, который затем смешивают при нормальных условиях в инертной атмосфере с порошкообразными алюминием и абразивным веществом дисперсностью 0,5–1,5 мм, преимущественно, из группы хлорид натрия или оксид алюминия, после чего смесь подвергают механохимической обработке в инертной атмосфере при температуре 20–80 °С в течение 5–20 мин. Изобретение позволяет увеличить полноту реакции окисления активированного алюминия при пониженном содержании галлия и индия в гидрореагирующей композиции, повысить скорость генерирования водорода и обеспечить возможность ее регулирования, а также повысить рентабельность технологии активации алюминия.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ХЭНДИПАУЭР» (RU)

№ 2650171, 21.12.2012

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА, МОНООКСИДА УГЛЕРОДА И УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО ПРОДУКТА

Изобретение относится к способу параллельного получения водорода, монооксида углерода и углеродсодержащего продукта. Описан способ параллельного получения водорода, монооксида углерода и углеродсодержащего продукта, в котором один или несколько углеводородов подвергают термической деструкции, причем по меньшей мере часть образующейся водородсодержащей газовой смеси выводят из реакционной зоны реактора деструкции при температуре от 800 до 1400 °С и превращают с диоксидом углерода в содержащую монооксид углерода и водород газовую смесь. Технический результат: предложен способ параллельного получения водорода, монооксида углерода и/или твердого углеродсодержащего продукта с незначительным углекислотным следом при экономически приемлемых для химической промышленности граничных условиях.

РАЗРАБОТЧИК: БАСФ СЕ (DE)

№ 2644869, 21.07.2016

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА

Изобретение относится к процессам получения синтез-газа путем конверсии углеводородов, а именно к процессам окислительной конверсии. Способ получения синтез-газа основан на горении смеси углеводородного сырья с окислителем с внутри одной или нескольких полостей, образованных мате-

риалом, проницаемым для смеси углеводородного сырья с окислителем, на внутреннюю поверхность которого нанесен каталитически активный компонент. Полученный синтез-газ может быть использован в химической промышленности. Полученный водород после его выделения из смеси газов может быть использован для питания топливных элементов транспортных средств и автономных источников электроснабжения, а также в качестве сырья и восстановителя в химической, нефтехимической, металлургической и других отраслях промышленности. Техническим результатом является повышение выхода синтез-газа и снижение содержания углеводородов в получаемом синтез-газе.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИПХФ РАН) (RU)

№ 2777599, 15.11.2017

КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПОСОБЫ РИФОРМИНГА МЕТАНА И ДРУГИХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Данное изобретение может быть использовано на первой стадии конверсии метана в топливо, за которой следует вторая стадия конверсии, синтез продукта Фишера-Тропша. Заявлены варианты способа получения продуктов синтез-газа, содержащего H_2 и CO. Один из вариантов способа получения синтез-газа, заключается в подаче газообразной смеси в реактор парового риформинга с CO_2 , который содержит катализатор на твердом носителе. Газообразная смесь содержит метан, CO_2 и H_2O . Катализатор содержит по меньшей мере 2 благородных металла, выбранных из группы Pt, Rh, Ru, Pd, Ag, Os, Ir, Au, и содержит менее 0,05 % металлов, отличных от двух указанных благородных металлов и металлов твердого носителя. Твердый носитель содержит по меньшей мере 80 % оксида церия. В реакторе происходит конверсия по меньшей мере 80 % метана путем реакции с CO_2 и H_2O в качестве окислителей. Технический результат изобретения заключается в уменьшении скоростей образования углерода и деактивации катализаторов из-за коксования, снижение значительных капитальных и эксплуатационных затрат для удаления серы и других ядов из используемых катализаторов.

РАЗРАБОТЧИК: ГЭЗ ТЕКНОЛОДЖИ ИНСТИТЮТ (US)

№ 2559511, 01.02.2010

СПОСОБ И СИСТЕМА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ СЫРЬЕВОГО МАТЕРИАЛА, СОДЕРЖАЩЕГО УГЛЕРОД

Изобретение относится к способу получения водорода из сырьевого материала, содержащего углерод, и водяного пара. Способ включает газификацию сырьевого материала газовым потоком, включающим диоксид углерода при высокой температуре и кислород, для получения первого газового потока, содержащего молекулы монооксида углерода и молекулы молекулярного водорода, окисление первого газового потока носителями кислорода в окисленном состоянии и потоком кислорода для получения второго газового потока при высокой температуре, включающего диоксид углерода, носителей кислорода в восстановленном состоянии, и избытка тепловой энергии, активацию носителей кислорода в восстановленном состоянии газовым потоком активации, включающим водяной пар при высокой температуре, для получения носителей кислорода в окисленном состоянии, третьего газового потока, включающего водород, и избытка тепловой энергии. Система для выполнения способа содержит газификационный реак-

тор, реактор для окисления и активационный реактор. Изобретение обеспечивает эффективное автономное получение водорода, снижение негативного воздействия на окружающую среду и снижение потребления энергии.

РАЗРАБОТЧИК: СЕЕ – СОЛУСОЙНШ, ЭНЕРЖИЯ Э МЕЙУ АМБИЕНТЕ ЛТДА. (BR)

№ 2598931, 23.01.2012

ПРОИЗВОДСТВО ВОДОРОДА

Изобретение относится к производству водорода и этана из метана. Способ селективного получения водорода или этана включает выбор подходящей температуры, составляющей свыше 300 °C, при которой металлический катализатор и исходный газ, содержащий метан, дают продукт, имеющий регулируемое отношение водород/этан. При этом при температуре свыше 1300 °C образуется водород и твердый углеродный продукт, а при температуре свыше 300 °C – продукт, имеющий молярное отношение водород/этан по меньшей мере 5. Металлический катализатор включает наночастицы рутения. Причем молярное соотношение метана и катализатора составляет от 10:1 до 100000:1. Обеспечивается гибкий способ конверсии метана, позволяющий получать различные продукты без замены оборудования и катализатора, что позволяет повысить экономичность производства.

РАЗРАБОТЧИК: КИНГ АБДАЛЛА ЮНИВЕРСИТИ ОФ САЙЕНС ЭНД ТЕКНОЛОДЖИ (SA)

№ 2560363, 19.01.2010

СПОСОБ РИФОРМИНГА УГЛЕВОДОРОДОВ

Настоящее изобретение относится к способу производства газа с высоким содержанием водорода, в частности синтез-газа для производства аммиака, метанола, диметилового эфира (DME), водорода и углеводородов путем синтеза Фишера-Тропша. Способ включает последовательное пропускание углеводородного сырья через радиационную печь, устройство теплообменного риформинга и устройство автотермического риформинга, при этом газ, выходящий из устройства автотермического риформинга, используют в качестве источника тепла для реакций риформинга, протекающих в устройстве теплообменного риформинга, а в устройство теплообменного риформинга подают охлаждающую среду. Изобретение обеспечивает снижение проектной температуры в устройстве первичного риформинга, что позволяет использовать трубы с меньшей толщиной стенок, удешевление устройства теплообменного риформинга, возможность повышения давления на выходе и повышение энергоэффективности.

РАЗРАБОТЧИК: ХАЛЬДОР ТОПСЕЭ А/С (DK)

№ 2554577, 15.03.2013

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА

Изобретение относится к процессу получения синтез-газа путем конверсии углеводородов, а именно к процессам окислительной конверсии. Синтез-газ получают при горении смеси углеводородного сырья с окислителем с коэффициентом избытка окислителя менее 1 при температуре менее 1400 К внутри полости, полностью или частично образованной объемной матрицей, проницаемой для смеси газа с окислителем. Ввод смеси углеводородного сырья с окислителем производят через проницаемое дно полости, или через проницаемые стенки полости, или через проницаемые стенки и дно полости, а вывод продуктов горения – через верхнее сечение полости. Смесь углеводородного сырья с окислителем или один

из этих газов в полном объеме или частично перед вводом в полость нагревают за счет тепла, выделяемого продуктами горения. Матрицу дополнительно подогревают тепловым излучением, отраженным от проницаемого для продуктов горения экрана, размещенного в полости матрицы. Технический результат заключается в повышении эффективности за счет увеличения выхода синтез-газа при использовании для конверсии углеводородных смесей с высоким содержанием негорючих компонентов, имеющих низкую теплотворную способность.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.Н. СЕМЕНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИХФ РАН) (RU)

№ 2750631, 05.12.2016

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Изобретение относится к способу получения водорода, в котором осуществляют воздействие электромагнитного излучения на жидкую композицию, содержащую углеводород, в присутствии твердого катализатора, где катализатор содержит частицы по меньшей мере одного металла, содержащие один или более элементов, выбранных из Fe, Ni и Co, и бескислородную керамику, причем электромагнитное излучение представляет собой микроволновое излучение. Изобретение также относится к модулю топливного элемента, обеспечивающему получение водорода, который содержит (i) топливный элемент и (ii) гетерогенную смесь, содержащую твердый катализатор в однородной смеси с жидкой композицией, содержащей углеводород, и (iii) источник электромагнитного излучения. Способ может применяться не только на транспортных средствах для *in situ* получения водорода, но и применять жидкие композиции, содержащие углеводороды, в качестве материалов для хранения водорода. Изобретение позволяет получить водород при минимальном образовании диоксида углерода, а также уменьшить количество парниковых газов от транспортных средств.

РАЗРАБОТЧИК: ОКСФОРД ЮНИВЕРСИТИ ИННОВЕЙШН ЛИМИТЕД (GB)

№ 2591985, 22.11.2010

СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ЖИДКОГО ВОДОРОДА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Настоящее изобретение относится к способу производства жидкого водорода и электроэнергии. Способ производства водорода и/или электроэнергии включает создание системы, подходящей для производства водорода и/или электроэнергии, содержащей, по меньшей мере, устройство реформинга, приспособленное для приема сырьевого природного газа и реформинга природного газа с получением водородсодержащего газа; устройство для производства электроэнергии, приспособленное для приема, по меньшей мере, части водорода, содержащегося в водородсодержащем газе, и осуществления реформинга водорода для производства электроэнергии; и устройство для сжижения водорода, приспособленное для приема части водорода, содержащегося в водородсодержащем газе, и для сжижения водорода с получением жидкого водорода, при этом во время работы в устройство для сжижения водорода подают по меньшей мере часть электроэнергии, произведенной в устройстве для выработки электроэнергии, и во время работы из системы отводят жидкий водород и/или электроэнергию; при этом в течение первого периода природный газ направляют в устройство реформинга газа, и

система работает для отвода жидкого водорода; и в течение второго периода природный газ направляют в устройство реформинга газа, и система работает для отвода электроэнергии.

РАЗРАБОТЧИК: ШЕЛЛ ИНТЕРНЭШНЛ РИСЕРЧ МААТСХАППИЙ Б.В. (NL)

№ 2780578, 21.12.2017

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩЕГО СИНТЕЗ-ГАЗА

Изобретения относятся к получению водородосодержащего синтез-газа. Описан способ получения водородосодержащего синтез-газа, включающий получение водородосодержащего синтез-газа конверсией углеводородного сырья и подвод тепла от сжигания нескольких технологических топливных потоков, которые включают по меньшей мере один топливный поток аммиака, сжигание которого осуществляют без использования катализатора по меньшей мере одном устройстве с огневым нагревом. Описан способ модернизации установки синтеза аммиака из углеводородного сырья, включающей головную секцию, содержащую секцию риформинга для конвертирования углеводородного сырья в сырой синтез-газ, содержащий водород, CO и CO₂, и секцию очистки, вырабатывающую очищенный синтез-газ, содержащий водород и азот в требуемом молярном отношении 3:1, и секцию синтеза для конвертирования очищенного синтез-газа в аммиачный продукт, причем при осуществлении способа обеспечивают отделение части аммиачного продукта и рециркуляцию этой части аммиачного продукта в головную секцию для использования аммиака в качестве топлива в по меньшей мере одном устройстве с огневым нагревом, входящем в состав установки, в котором аммиачное топливо сжигается без использования катализатора для осуществления описанного выше способа. Описан способ пуска химической установки синтеза аммиака, включающий некаталитическое сжигание аммиака по меньшей мере одном устройстве с огневым нагревом, входящем в состав установки, во время пуска установки для осуществления описанных выше способов. Технический результат – снижение выбросов CO₂ в атмосферу.

РАЗРАБОТЧИК: КАСАЛЕ СА (CH)

№ 2603669, 30.04.2015

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И ГИДРООКСИДОВ АЛЮМИНИЯ

Изобретение относится к области неорганической химии, а именно к установкам для получения водорода и гидроксидов алюминия. Установка может быть использована в удаленных местах от источников электроэнергии. Установка содержит бак, выполненный с двумя штуцерами для входа холодной и вывода нагретой воды. Бак соединен со стеклянным трубопроводом. Реакционные колбы расположены внутри бака с водой, и каждая содержит сетку, имеющую размеры ячеек 1 мм и дроссельную заслонку, располагающуюся в горловой части. Каждая колба выполнена с боковым отводом для вывода водорода, нижними и верхними выводами. Нижний вывод выполнен в дне реакционной колбы и соединен со стеклянным трубопроводом, по которому полученная в результате экзотермической реакции суспензия Na[Al(OH)₄] с помощью насоса направляется в колбу Бунзена. На колбу Бунзена надета воронка Бюхнера с бумажным фильтром. Колба Бунзена имеет два отвода, один из которых соединен с вакуумным насосом, а второй отвод соединен стеклянным трубопроводом с верхним выводом, выполненным в горловине реакционной

колбы. Обеспечивается упрощение конструкции установки за счет отсутствия датчиков, контроллеров и использования более простого способа охлаждения, в результате которого повышается эффективность охлаждения раствора в реакционных колбах.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАМИ)» (УНИВЕРСИТЕТ МАШИНОСТРОЕНИЯ) (RU)

№ 2618022, 11.11.2011

ТРУБКА ДЛЯ РИФОРМИНГА С ВНУТРЕННИМ ТЕПЛООБМЕНОМ

Изобретение относится к трубчатым установкам риформинга для превращения углеводородсодержащих исходных веществ, предпочтительно природного газа и легких жидких углеводородов, в продукт – синтез-газ. Трубчатая установка содержит внешнюю трубку, открытую на одном конце установки и закрытую на противоположном конце установки. Причем внешняя трубка содержит засыпанный слой твердого катализатора, активного при паровом риформинге, и выполнена с возможностью наружного обогрева. Вход для поступающего газового потока расположен на открытом конце трубки и имеет флюидную связь с засыпанным слоем катализатора. Внутри засыпанного слоя катализатора расположена по меньшей мере одна изогнутая в форме спирали теплообменная трубка. Входной конец трубки имеет флюидную связь с засыпанным слоем катализатора, а выходной конец – с выходом для потока продукта – синтез-газа. Теплообменная трубка посредством теплообмена находится в связи по теплообмену с засыпанным слоем катализатора и протекающим через него поступающим газовым потоком. Выход продукта расположен на открытом конце установки и имеет флюидную связь с выходным концом теплообменной трубки, но не имеет флюидной связи со входом для поступающего газового потока. Поступающий газовый поток сначала проходит сквозь засыпанный слой катализатора, а затем в противотоке через теплообменную трубку. Теплообменная трубка на участке не более 90 % ее протяженности, находящейся внутри засыпанного слоя катализатора, является спирально изогнутой, а в остальной проходит прямо, и/или угол наклона витка спирали внутри засыпанного слоя катализатора изменяется. Технический результат: минимизация потерь давления и склонности к коррозии.

РАЗРАБОТЧИК: Л'ЭР ЛИКВИД СОСЬЕТЕ АНОНИМ ПУР Л'ЭТЮД Э Л'ЭКСПЛУАТАСЬОН ДЕ ПРОСЕДЕ ЖОРЖ КЛОД (FR), ЭР ЛИКВИД ГЛОБЭЛ АЙЭНДСИ СОЛУШНС ДЖЕРМЭНИ ГМБХ (DE)

№ 2631799, 30.12.2015

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ДЛЯ ЩЕЛОЧНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Изобретение может быть использовано в энергетической, нефтехимической, химической, металлургической отраслях промышленности. Способ получения водорода из газовых смесей, содержащих диоксид углерода, осуществляют путем его абсорбционного удаления абсорбентом на основе водных растворов аминов, способ включает процессы абсорбции диоксида углерода при повышенном давлении, расширения насыщенного абсорбента в турбине с получением механической энергии, регенерации насыщенного абсорбента при повышенной температуре и/или пониженном давлении с подводом тепла через кипятильник, рекуперации тепла горячего

регенерированного абсорбента, сжатие регенерированного абсорбента насосом, охлаждение регенерированного абсорбента в холодильнике и подачу его в абсорбер, а также охлаждение парогазовой фазы, выделенной при регенерации абсорбента. При этом насыщенный абсорбент перед подачей на гидравлическую или парожидкостную турбину дополнительно нагревают за счет косвенного теплообмена с горячим регенерированным абсорбентом в дополнительном теплообменнике. Технический результат заключается в увеличении эффективности работы турбины с повышением степени рекуперации энергии сжатого насыщенного абсорбента.

РАЗРАБОТЧИК: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. Л.Я. КАРПОВА» (АО «НИФХИ ИМ. Л.Я. КАРПОВА») (RU)

№ 2535826, 04.12.2012

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА ПУТЕМ ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДОВ

Изобретение относится к химической промышленности. Технологический углеводородный газ после сероочистки в смеси с водяным паром подают в обогреваемые жаропрочные трубы, внутри которых размещают никельсодержащий катализатор в виде слоя гранул в форме шара или цилиндра с поверхностью $400 \pm 700 \text{ м}^2/\text{м}^3$ и порозностью $0,5\text{--}0,7 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Гранулы содержат параллельные цилиндрические каналы с отношением диаметра гранулы к диаметру канала цилиндра или шара от 4,0 до 6,0. Отношение внутреннего диаметра обогреваемой трубы реактора к диаметру цилиндра или шара катализатора от 4,0 до 12,5. Изобретение позволяет снизить перепад давления по катализаторному слою и остаточное содержание метана в получаемом синтез-газе.

РАЗРАБОТЧИК: ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТОЛЬЯТ-ТИАЗОТ» (RU)

№ 2671360, 13.05.2013

СПОСОБ ЗАПУСКА СТУПЕНИ ПРЕДРИФОРМИНГА

Изобретение относится к способу запуска ступени предриформинга, а также к интегрированной установке риформинга, выполненной с возможностью осуществления этого способа. Способ запуска ступени предриформинга включает подачу активирующего потока, содержащего метанол и воду, к ступени предриформинга, конвертацию активирующего потока при взаимодействии с катализатором ступени предриформинга, выгрузку второго газового потока из ступени предриформинга и подачу его к главной ступени риформинга, выгрузку третьего газового потока из главной ступени риформинга и частичную рециркуляцию этого потока к ступени предриформинга. Интегрированная установка риформинга содержит по меньшей мере один реактор предриформинга, главный реактор риформинга, реактор десульфурации, устройство отделения водорода ниже по потоку от главного реактора риформинга, дозирующее устройство и трубопроводы для подачи активирующего потока к реактору предриформинга. Предложенный способ позволяет облегчить запуск интегрированной установки риформинга и может выполняться без дорогого и редко используемого оборудования и только с эксплуатационными материалами, которые хранятся легко и с небольшими рисками.

РАЗРАБОТЧИК: Л'ЭР ЛИКИД, СОСЬЕТЕ АНОНИМ ПУР Л'ЭТЮД Э Л'ЭКСПЛУАТАСЬОН ДЕ ПРОСЕД ЖОРЖ КЛОД (FR)

№ 2781405, 11.01.2021

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАНОВОДОРОДНЫХ СМЕСЕЙ ИЛИ ВОДОРОДА

Изобретение относится к области химико-технологических процессов получения метановодородных смесей и водорода из природного газа. Изобретение может быть использовано в химической промышленности. Метановодородные смеси и водород заданного состава получают в реакторе колонного типа, заполненном жидкометаллическим теплоносителем, за счет контакта сырьевого газа с жидкометаллическим теплоносителем заданной температуры. В качестве сырьевого газа используют природный газ. В реакторе колонного типа осуществляют пиролиз метана при заданных значениях линейной скорости сырьевого газа и температуры жидкометаллического теплоносителя. Изобретение обеспечивает повышение производительности получения метановодородных смесей или водорода, без образования оксидов углерода.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ САМАРА» (RU)

№ 2610429, 14.07.2015

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ВОДЫ ЧЁРНОГО МОРЯ

Изобретение относится к области добычи и переработки полезных ископаемых. Установка для извлечения водорода из воды Черного моря содержит реактор, соединенный трубопроводами с воздухозаборником и емкостью с серной кислотой, поступающей из окислителя. Реактор размещен в резервуаре в виде цилиндра, помещенного в береговой грунт. Цилиндр соединен водозаборным и сливным шлангами с сероводородным слоем моря. Дно цилиндра ниже уровня моря на 6–8 метров. Внутри цилиндра расположена перегородка, в центре которой установлен реактор, верхняя часть которого ниже уровня моря. Цилиндр через штуцер выпуска сероводорода и трубопровод связан с первым компрессором и окислителем, выход которого соединен с накопителем серной кислоты, соединенным с реактором. Реактор также соединен со вторым воздушным компрессором, второй выход которого соединен со вторым входом окислителя. Первый компрессор через устройство контроля соединен с нагревателем, имеющим тепловой контакт с окислителем. Нагреватель соединен с плазмотроном, второй вход которого соединен с управляемым вентилем, соединенным с водородным выходом плазмотрона, а вход управления вентиля подключен к устройству контроля. Водозаборный и сливной шланги соединены с всасывающим насосом и насосом отработанной воды соответственно и опущены в сероводородный слой на разную глубину. Технический результат: уменьшение энергозатрат на получение водорода за счет максимального использования энергии каждого технологического цикла.

РАЗРАБОТЧИК: ДОЗОРОВ ТОМ АНАТОЛЬЕВИЧ (RU)

№ 2606449, 29.10.2014

СПОСОБ АКТИВАЦИИ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Изобретение относится к технологии получения водорода в результате химической реакции компонентов гидрореагирующей композиции, более конкретно к способу активации алюминия для получения водорода, и может найти применение при создании водородных картриджей для малогабаритных источников питания на топливных элементах. Способ активации алюминия для получения водорода включает

приготовление смеси компонентов индия, олова и галлия, предпочтительно, в соотношении 20:20:60 мас.%, нагревание смеси до получения эвтектического сплава, который затем смешивают при нормальных условиях в инертной атмосфере с порошкообразными алюминием и абразивным веществом дисперсностью 0,5–1,5 мм, преимущественно, из группы хлорид натрия или оксид алюминия, после чего смесь подвергают механохимической обработке в инертной атмосфере при температуре 20–80 °С в течение 5–20 мин. Изобретение позволяет увеличить полноту реакции окисления активированного алюминия при пониженном содержании галлия и индия в гидрореагирующей композиции, повысить скорость генерирования водорода и обеспечить возможность ее регулирования, а также повысить рентабельность технологии активации алюминия.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ХЭНДИПАУЭР» (RU)

№ 2561986, 03.06.2010

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ЧАСТИЧНОГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ПРИ МАЛОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ КОНТАКТА

Изобретение относится к каталитической системе, подходящей для проведения частичного каталитического окисления при малой продолжительности контакта, для получения синтез-газа и, возможно, водорода. Каталитическая система включает по меньшей мере две каталитические зоны, в которой одна зона содержит один или более благородный металл, выбранный из группы, состоящей из родия, рутения, иридия, палладия и платины, и не содержит никеля, и другая зона содержит никель, к которому добавлен один или более металл, выбранный из группы, состоящей из родия, рутения, иридия, палладия и платины, при этом зона, не содержащая никеля, всегда является отдельной, но находится в контакте с другой зоной, содержащей никель. Изобретение обеспечивает высокую степень превращения сырья и высокую селективность относительно синтез-газа и H_2 , а также снижение или предотвращение образования сажистых образований.

РАЗРАБОТЧИК: ЭНИ С.П.А. (IT)

№ 2608406, 17.07.2012

ПРОЦЕСС ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПОЛНОМ ОБЪЕМЕ ОСТАТОЧНОГО ГАЗА СИНТЕЗА ФИШЕРА-ТРОПША С НИЗКИМ ВЫДЕЛЕНИЕМ УГЛЕРОДА

Изобретение относится к обработке отходящего газа из синтеза Фишера-Тропша, приводящей к понижению выделения углерода. Нециркуляционный остаточный газ, вырабатываемый после реакции синтеза Фишера-Тропша подвергается реформингу паром и превращается в обогащенный водородом синтез-газ. Затем водород высокой чистоты отделяется и извлекается из обогащенного водородом синтез-газа для использования. Способ содержит следующие стадии: 1) проведение реакции конверсии паром для получения конвертированного газа; 2) проведение реакции синтеза Фишера-Тропша для получения углеводородного топлива; 3) после реакции предварительного реформинга превращение углеводородного соединения, содержащего два или более атомов углерода, в метан; 4) проведение реакции реформинга для превращения метана и пара в водород и монооксид углерода; 5) отделение водорода и монооксида углерода от газа; и 6) обеспечение тепла для реактора реформинга. Изобретение эффективно использует остаточный газ синтеза Фишера-Тропша и оставшиеся горючие компоненты в реформированном газе после

того, как отделен водород, таким образом улучшая эффективность использования энергии.

РАЗРАБОТЧИК: УХАНЬ КАЙДИ ИНДЖИНИРИНГ ТЕКНОЛОДЖИ РИСЕРЧ ИНСТИТЮТ КО., ЛТД. (CN)

№ 2771897, 25.12.2017

УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО И НЕПРЕРЫВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА

Изобретение может быть использовано в автомобилях, работающих на водородных топливных элементах. В состав устройства для автоматического и непрерывного производства водорода входят загрузочный порт, система управления производством водорода, сырьевой резервуар для хранения металлгидрида, водяной резервуар для хранения жидкого реагента, водородный резервуар для хранения водорода, получаемого в результате реакции металлгидрида и жидкого реагента, рециркуляционная камера для рециркуляции и буферизации побочного продукта, получаемого в результате реакции металлгидрида и жидкого реагента, и камера производства водорода. Камера содержит переходную камеру для буферизации металлгидрида из сырьевого резервуара и реакционную камеру, которая соединена с переходной камерой и используется для обеспечения контакта и последующего реагирования металлгидрида с жидким реагентом. Сырьевой резервуар соединен с переходной камерой. Водяной резервуар и рециркуляционная камера соединены с реакционной камерой. Сырьевой резервуар, водяной резервуар и рециркуляционная камера соединены с загрузочным портом. Изобретение позволяет обеспечить управляемость и непрерывность реакции производства водорода в сочетании с высокой безопасностью процесса.

РАЗРАБОТЧИК: ЧИНТ ГРУП КОРПОРЕЙШН (CN)

№ 2663066, 13.10.2016

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ БОРГИДРИДА НАТРИЯ И ВОДЫ В ПРИСУТСТВИИ КАТАЛИЗАТОРА

Изобретение относится к способу получению водорода, который может быть использован в различных целях, в том числе для питания топливных элементов на летательных аппаратах. Способ включает взаимодействие предварительно нагретой реакционной смеси боргидрида натрия и воды в присутствии катализатора, при этом исходное соотношение боргидрида натрия к воде составляет 1:1,5-2 по массе, а процесс ведут при давлении 5-15 атмосфер и температуре 140-170°C. Изобретение обеспечивает получение водорода одновременно с высокой скоростью и с увеличением выхода водорода до 7-8,5 % в расчете на массу всех реагентов, а также снижение энергозатрат.

РАЗРАБОТЧИК: ДОБРОВОЛЬСКИЙ ЮРИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ (RU)

№ 2520490, 08.06.2012

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ВОДЫ

Изобретение относится к области химии. Реактор для получения водорода содержит корпус, патрубок для подачи воды, патрубок для выхода водорода и патрубок для удаления продуктов реакции водного окисления. Внутри реактора расположен контейнер с металлом, который установлен на изоляторах. Электрический ввод соединен с высоковольтным выводом трансформатора Тесла. Низковольтная обмотка

трансформатора Тесла вместе с емкостью образует последовательный резонансный контур, который присоединен к высокочастотному источнику питания. При подаче потенциала от высоковольтного вывода трансформатора Тесла на металл на поверхности металла возникают плазменные высокочастотные разряды, которые разрушают пленку окислов на поверхности металла, и происходит реакция водного окисления металлосодержащего вещества с водой с выделением водорода. Изобретение позволяет снизить энергозатраты.

РАЗРАБОТЧИК: ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА (ГНУ ВИЭСХ РОС-СЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ) (RU)

№ 2510876, 19.04.2012

АВТОНОМНЫЙ ГЕНЕРАТОР ВОДОРОДА

Изобретение относится к водородной энергетике и может быть использовано для получения водорода. Устройство содержит нижнюю реакционную камеру с гидрореакционной гетерогенной композицией, состоящей из алюминиевой пудры и воды, верхнюю камеру, сочлененную с нижней камерой, которую через заливочное окно заполняют водным раствором кристаллогидрата метасиликата натрия. Подачу водного раствора активатора в камеру осуществляют с помощью резьбового регулятора подачи раствора. Вывод водорода из реакционной камеры осуществляют через трубку. Изобретение позволяет улучшить регулирование работы генератора водорода и повысить производительность.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ» (НИЯУ МИФИ) (RU)

№ 2521377, 25.06.2012

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА

Изобретение относится к области химии. Газообразную смесь воздуха или кислорода с водяным паром готовят в смесителе путем подачи компонентов смеси вдоль оси смесителя, представляющего собой цилиндрический канал, разделенный перегородками. Угледородный газ пропускают через систему охлаждения камеры, разогревая его и одновременно охлаждая реакционную зону камеры, смешивают полученный парокислородный окислитель с подогретым углеводородным газом путем ступенчатого ввода парокислородного окислителя в поток углеводородного газа. Образовавшуюся реакционную смесь разогревают путем теплообмена с полученным синтез-газом на выходе из реактора, одновременно охлаждая синтез-газ. Проводят парциальное окисление в камере горения, оборудованной вставками, образующими внутренний проход, обеспечивающий пропуск охладителя из охлаждающего тракта корпуса. Изобретение позволяет снизить расход сырья и обеспечить безопасность процесса.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ВТР» (RU)

№ 2552460, 19.01.2010

СПОСОБ И АППАРАТ ДЛЯ РИФОРМИНГА УГЛЕВОДОРОДОВ

Изобретение относится к способу получения синтез-газа из углеводородного сырья в аппарате теплообменного риформинга. Настоящее изобретение относится к способу и аппара-

ту для производства газа с высоким содержанием водорода, в частности синтез-газа для производства аммиака, метанола, диметилового эфира (DME), водорода и углеводородов путем синтеза Фишера-Тропша. Аппарат включает внешнюю оболочку, множество вертикально расположенных катализаторных труб, содержащих катализатор, несущую конструкцию катализаторных труб, средства для косвенного нагрева катализаторных труб теплообменной средой, входной канал для подачи теплообменной среды, выходной канал для вывода теплообменной среды, входной канал для подачи углеводородного сырья, которое находится во взаимодействии с катализатором, выходной канал для вывода синтез-газа после прохождения через катализаторные трубы, входной канал для подачи охлаждающей среды, которая находится во взаимодействии с катализатором. Аппарат является реактором с двойными трубами с катализатором. При этом охлаждающая среда поступает в каждую катализаторную трубу через отверстия, расположенные по длине верхней части катализаторных труб, и смешивается с углеводородным сырьем, поступающим в верхнюю часть катализаторных труб, а средства нагрева простираются вдоль верхней части катализаторных труб и создают пространство по длине катализаторных труб для прохождения охлаждающей среды. Изобретение обеспечивает снижение затрат на осуществление теплообменного риформинга.

РАЗРАБОТЧИК: ХАЛЬДОР ТОПСЕЭ А/С (DK)

№ 2526459, 10.12.2009

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И ЭНЕРГОБЛОК

Изобретение может быть использовано в химической промышленности и энергетике. Устройство для получения водорода, установленное в энергоблоке, включает увлажнитель, который снабжен технологической средой, содержащей окись углерода, предназначенный для смешивания технологической среды с паром. Из увлажнителя технологическая среда поступает в реактор, где в присутствии катализатора протекает реакция преобразования окиси углерода в углекислый газ. После окончания реакции в реакторе высокотемпературная технологическая среда проходит через первый трубопровод в десульфуратор. Теплообмен между высокотемпературной средой, протекающей по первому трубопроводу и низкотемпературной подпиточной водой, протекающей по второму трубопроводу, обеспечивает первая группа теплообменников. Каждый из этих теплообменников установлен в местах пересечения первого и второго трубопроводов. Выработанный в процессе теплообмена в первом теплообменнике пар через третий трубопровод подают в десульфуратор. Изобретение позволяет повысить эффективность производства энергии.

РАЗРАБОТЧИК: МИЦУБИСИ ХЕВИ ИНДАСТРИС, ЛТД. (JP)

№ 2610082, 05.07.2011

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГАЗА

Изобретение относится к получению синтетического газа и может быть использовано в химической промышленности. Способ получения синтетического газа включает введение метана и углекислого газа в реакционную камеру. Через реакционную камеру направляют слой углеродсодержащего твердого материала как движущийся слой. В слое углеродсодержащего твердого материала метан и углекислый газ преобразовывают в водород и окись углерода. Образующийся в реакционной камере синтетический газ противотоком подво-

дят к движущемуся слою и в нем охлаждают. В качестве углеродсодержащего твердого материала применяют углеродсодержащий гранулят, содержащий по меньшей мере 80 мас.% углерода. Изобретение позволяет обеспечить непрерывный режим получения синтетического газа, при котором не требуется регенерация катализатора, создать поток газообразного продукта, который в основном лишен примеси твердых частиц.

РАЗРАБОТЧИК: ЛИНДЕ АКЦИЕНГЕЗЕЛЛЬШАФТ (DE), БАСФ СЕ (DE)

№ 2523824, 06.07.2012

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА

Устройство для получения синтез-газа из жидких или газообразных углеводородов состоит из секционного корпуса с двухслойными металлическими охлаждаемыми стенками, внутренней полости, форсуночной головки для подачи сырья и кислорода, расположенной в верхней части корпуса. Оно также снабжено парогенератором водяного пара, выход которого подключен к входу системы охлаждения стенок реактора и ввода пара внутрь реакционной камеры, смесителем горючего с перегретым водяным паром, выход которого соединен с форсуночной головкой. Выход из системы охлаждения стенок реактора соединен со смесителем горючего с паром. Имеется испаритель горючего, выход которого соединен со смесителем горючего с паром, форсуночная головка является теплообменником, с помощью которого осуществляется постепенное смешение компонентов до заданного соотношения с последующим прогревом готовой смеси. Секции корпуса соединены между собой фланцами-коллекторами, посредством которых осуществляется ввод пара внутрь реактора и обеспечивается работа охлаждающего тракта. Изобретение позволяет снизить расход топлива установки газогенерации, улучшить экологические показатели, повысить качество получаемого синтез-газа и снизить его стоимость.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ВТР» (RU)

№ 2546149, 22.03.2013

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И КИСЛОРОДА ИЗ ВОДЯНОГО ПАРА С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ ВОДОРОДНОЙ ЯЧЕЙКОЙ

Изобретение относится к области энергетики и может быть использовано для частичного или полного замещения углеводородного топлива на различных видах транспорта, в отопительных системах жилых и производственных помещений, в генераторах производства пара и для раздельного получения чистого кислорода и водорода для производственных, медицинских и других нужд. Способ получения водорода и кислорода из пара воды включает пропускание перегретого пара с температурой 500–550°C через электрическое поле постоянного тока высокого напряжения, при этом перегретый пар одновременно проходит и через гравитационное (инерционное) поле, создаваемое самим паром при его движении в электрической гравитационной водородной ячейке, и сепарирование смеси водорода с кислородом. Для создания гравитационного (инерционного) поля электрическая гравитационная водородная ячейка выполнена в виде набора дисковых пластин с центральным отверстием, выполняющих функции электродов и направляющих для движения пара воды по винтовой траектории, и собранных таким образом, что дисковые пластины образуют двойной шнек, при этом одноименные

– четные, нечетные дисковые пластины соединены между собой и электрически изолированы от разноименных. Изобретение позволяет значительно уменьшить габариты и повысить производительность установок.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (RU)

№ 2522605, 09.11.2012

ФОТОКАТАЛИЗАТОР, СПОСОБ ЕГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Фотокатализатор для получения водорода из водного раствора глицерина под действием видимого излучения состава: $\text{Pt/Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S/ZnO/Zn(OH)}_2$, где: $x=0,5-0,9$, массовая доля платины составляет 0,1–1 %, готовят из смеси растворов солей кадмия и цинка, гидроксиды которых осаждают путем добавления гидроксида натрия. Затем проводят сульфидирование гидроксидов сульфидом натрия. Полученный осадок сушат при температуре 60–150 °С, пропитывают раствором H_2PtCl_6 в соляной кислоте и восстанавливают раствором NaBH_4 . Изобретение позволяет повысить фотокалалитическую активность катализатора.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКО-ВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (RU)

№ 2608398, 05.07.2011

СПОСОБ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ

Изобретение может быть использовано в водородной энергетике и сталелитейной промышленности. В реакционное пространство помещают обогащенный углеродом гранулят с размером частиц от 0,1–100 мм, содержащий по меньшей мере 80 мас.% углерода, вводят углеводороды и подвергают их термической деструкции на углерод и водород. Тепловую энергию, необходимую для деструкции углеводородов, производят вне реакционного пространства, а затем в него вводят нагретый газообразный теплоноситель – водород или азот. В качестве обогащенного углеродом гранулята используют коксовую мелочь, низкокачественный кокс коксохимического производства на основе бурого или каменного угля и/или кокс, полученный из биомассы, и пропускают его через реакционное пространство непрерывно в виде подвижного или кипящего слоя. Часть удаленного из реакционного пространства углеродсодержащего гранулята возвращают в реакционное пространство. Изобретение позволяет получить одновременно углерод и водород высокой степени чистоты в промышленных масштабах.

РАЗРАБОТЧИК: ЛИНДЭ АКЦИЕНГЕЗЕЛЬШАФТ (DE), БАСФ СЕ (DE)

№ 2603802, 30.04.2015

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И ГИДРООКСИДОВ АЛЮМИНИЯ

Изобретение относится к области неорганической химии, а именно к установкам для получения водорода и гидроксидов

алюминия. Установка содержит бак, в котором в воде располагаются реакционные колбы, выполненный с двумя штуцерами для входа холодной и вывода нагретой воды. Штуцер для вывода нагретой воды соединен со стеклянным трубопроводом, по которому осуществляется подача нагретой воды в колбу Бунзена. Реакционные колбы выполнены с боковым отводом для вывода водорода и содержат сетку, имеющую размеры ячеек 1 мкм. В горловой части реакционных колб вмонтирована дроссельная заслонка и инфракрасный датчик, регулирующий положение дроссельной заслонки. При этом горловая часть реакционных колб соединена со стеклянным трубопроводом, связанным со стеклянной трубкой насосом, на который установлен инфракрасный датчик, регулирующий подачу суспензии в колбу Бунзена и взаимодействующий с инфракрасными датчиками, регулирующими положение дроссельных заслонок. В дно реакционных колб вмонтирован стеклянный трубопровод, связанный с колбой Бунзена насосом, предназначенным для подачи водного раствора NaOH в реакционные колбы. Обеспечивается упрощение конструкции установки и повышение ее надежности.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАМИ)» (УНИВЕРСИТЕТ МАШИНОСТРОЕНИЯ) (RU)

№ 2603662, 24.04.2015

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМ КАТАЛИТИЧЕСКИМ ОКИСЛИТЕЛЬНЫМ ПРЕВРАЩЕНИЕМ МЕТАНА

Изобретение относится к области химической технологии, а именно к высокотемпературным каталитическим окислительным способам превращения метана с получением синтез-газа. Способ заключается в подаче в реактор, в который помещен катализатор, свободный объем которого заполнен инертной насадкой, исходной газовой смеси, содержащей смесь метана и кислорода. Процесс проводят при температуре на катализаторе 761–966 °С, в качестве катализатора используют катализатор пеноникелевого типа, а именно пеноникель с РР1 – количество пор на линейный дюйм выше 80, пеноникель с нанесенным на его поверхность электрохимическим способом гидроксидом никеля с последующей сушкой поверхности с образованием на ней гидроксида никеля или с последующей сушкой и термообработкой поверхности с образованием на ней оксида никеля, или пеноникель с нанесенным на его поверхность электрохимическим способом переходным металлом VI группы Периодической системы Менделеева с последующей сушкой и термообработкой поверхности. Термообработку поверхности проводят на воздухе при температуре 500–600 °С. Технический результат заключается в повышении конверсии метана, селективности по оксиду углерода и водороду, упрощении технологии проведения способа и сокращении затрат на процесс.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА» (RU), ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ ХИМИИ СИЛИКАТОВ ИМ. И.В. ГРЕБЕНЩИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИХС РАН) (RU)

№ 2602905, 25.03.2015**СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА**

Изобретение относится к способу получения водорода для различных потребностей народного хозяйства. Способ заключается в том, что сплав на основе алюминия, содержащий алюминий 92–98 %, медь 1–8 %, помещают в водный раствор щелочи, содержащий щелочь 0,4 %, вода – остальное, и осуществляют химическую реакцию при температуре раствора 15–70 °С, при этом в реакции используют воду с pH от 7 до 12. Изобретение обеспечивает повышение скорости выделения водорода, удешевление производства и безопасность процесса.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ ИМ. А.А. БЛАГОНРАВОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИМАШ РАН) (RU), ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ИНСТИТУТ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ» РАН (RU)

№ 2535121, 25.06.2012**УСТРОЙСТВО ГЕНЕРАТОРА СИНТЕЗ-ГАЗА**

Изобретение относится к устройству переработки газового углеводородного сырья для получения синтез-газа. Устройство содержит узел подвода исходных компонентов – окислителя и углеводородного газа, узел охладителя, смеситель образования реакционной смеси, камеру горения в виде цилиндрического канала, корпус которой имеет охлаждающий тракт, дополнительные стенки-перегородки с охлаждающим внутренним проходным трактом, связанным с охлаждающим трактом корпуса камеры. Узел подвода исходных компонентов имеет емкость для смешения воздуха с кислородом и водяным паром, смеситель образования реакционной смеси размещен в узле подвода исходных компонентов и соединен с камерой горения через теплообменник, связанный с узлом вывода целевого продукта, а узел охлаждения состоит из компрессора и линии подвода исходного углеводородного газа к охлаждающему тракту. Обеспечивается повышение качества целевого продукта при одновременном снижении физических параметров генератора.

Разработчик: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ВТР» (RU)

№ 2761331, 11.05.2017**ГОРЕЛКА И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА**

Изобретение относится к области энергетики. Горелка для получения синтез-газа за счет частичного окисления жидкого или газообразного углеродсодержащего топлива в присутствии кислородсодержащего окислителя и замедлителя, содержащего пар и/или диоксид углерода, содержащая средство для отдельной подачи в углеродсодержащее топливо кислородсодержащего окислителя и замедлителя, центральный первый загрузочный канал, имеющий круглое поперечное сечение, для кислородсодержащего окислителя, второй загрузочный канал, который соосно и концентрически окружает первый загрузочный канал с образованием кольцевого зазора между наружной стенкой первого загрузочного канала и внутренней стенкой второго загрузочного канала, через который подается замедлитель, третий загрузочный канал, который соосно и концентрически окружает второй загрузочный канал с образованием кольцевого зазора между наружной

стенкой второго загрузочного канала и внутренней стенкой третьего загрузочного канала, через который подается топливо, при этом наружная стенка третьего загрузочного канала образует наружную стенку горелки, при этом загрузочные каналы выполнены таким образом, чтобы смешивание топлива, замедлителя и окислителя происходило только снаружи горелки. Наружная стенка горелки, разделительная стенка между вторым загрузочным каналом и третьим загрузочным каналом и разделительная стенка между первым загрузочным каналом и вторым загрузочным каналом заканчиваются в общей плоскости, которая проходит перпендикулярно к продольной оси горелки и образует устье горелки. По меньшей мере один из загрузочных каналов снабжен устройством, создающим завихрение. Изобретение позволяет обеспечить простую и надежную конструкцию и может, в частности, работать неохлажденной.

Разработчик: Л'ЭР ЛИКИД, СОСЬЕТЕ АНОНИМ ПУР Л'ЭТЮД Э Л'ЭКСПЛУАТАСЬОН ДЕ ПРОСЕДЕ ЖОРЖ КЛОД (FR)

№ 2572998, 10.11.2010**СИНГАЗ, ПОЛУЧЕННЫЙ С ПОМОЩЬЮ ПЛАЗМЕННОЙ ГАЗИФИКАЦИИ**

Изобретение относится к способу и системе для образования и обработки синтез-газа с помощью плазменной газификации отходов, включающих муниципальные твердые отходы. Способ образования потока сингаза включает подачу отходов, их плазменную газификацию в условиях горения при подаче кислорода для образования потока сингаза, содержащего в пересчете на сухое вещество примерно до 50000 мг/Нм³ твердых частиц; 5–39 об.% Н₂; 5–39 об.% СО; 15–50 об.% СО₂; 8–30 об.% N₂; 0–2 об.% аргона и 15–50 об.% влаги на сырое вещество. Поток имеет соотношение Н₂/СО примерно 0,3–2, и по меньшей мере 15 мас.% твердых частиц имеет аэродинамический диаметр частицы не более 1 мкм. Изобретение позволяет получить высококачественный синтез-газ, образованный из плазменно-газифицированных отходов, пригодный для эффективной очистки и производства энергии.

Разработчик: ЭР ПРОДАКТС ЭНД КЕМИКАЛЗ, ИНК. (US), АЛТЕР НРГ КОРП (CA)

№ 2575722, 14.05.2014**СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И СЕРЫ ПУТЕМ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ СЕРОВОДОРОДА**

Изобретение относится к химической промышленности. Процесс диссоциации сероводорода на водород и серу проводят в плазме безэлектродного разряда при удельных энерговкладах в диапазоне 0,5–1,0 эВ/мол. сероводорода. Из полученной парогазовой смеси, состоящей из непродиссоциировавшего сероводорода, водорода и паров серы, выделяют элементарную серу путем сероконденсации, а сероводород отделяют от водорода и рециркулируют в зону диссоциации. Процесс сероконденсации проводят в послеразрядной зоне при оптимальной температуре парогазовой смеси ≥ 800 °С. Изобретение позволяет оптимизировать процесс серосбора при плазмохимической диссоциации сероводорода.

Разработчик: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ОМСКИЙ-НПЗ» (RU)

№ 2722590, 15.07.2015**СПОСОБ ОБРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ, СОДЕРЖАЩЕГО ВОДОРОД И УГЛЕВОДОРОДЫ C1-C4**

Изобретение относится к способу обработки углеводородного сырья, содержащего водород и углеводороды, в том числе углеводороды C1-C4, в котором: а) разделяют углеводородное сырье на газовую фазу, содержащую в основном водород, и жидкую фазу, содержащую углеводороды; б) осуществляют первый этап повторного контактирования сначала газовой фазы, полученной на этапе а), с рециркулирующим газовым потоком, полученным на этапе е), чтобы извлечь газ, который контактирует с жидкой фазой, полученной на этапе а), при температуре меньше или равной 55°C; с) разделяют поток с повторного контактирования на этапе б) на газовую фазу, обогащенную водородом, и жидкую фазу; д) осуществляют второй этап повторного контактирования жидкой фазы, выходящей с этапа с), с газовой фазой, выходящей с этапа г), при температуре меньше или равной 55°C; е) разделяют поток с повторного контактирования на этапе д) на газовую фазу, которую возвращают на этап б), и жидкую фазу, содержащую углеводороды; и ф) фракционируют жидкую фазу, выходящую с этапа е), во фракционной колонне, чтобы выделить газообразную головную фракцию и жидкую кубовую фракцию, содержащую углеводороды с числом атомов углерода больше 4; г) конденсируют газообразную головную фракцию с этапа ф) и отделяют жидкую фазу, содержащую преимущественно углеводороды C3 и C4, и газовую фазу, которую возвращают на этап д). Технический результат – максимальное повышение извлечения водорода и углеводородов C3 и C4.

РАЗРАБОТЧИК: ИФП ЭНЕРГИ НУВЕЛЛЬ (FR)№ 2588212, 29.12.2011**МИКРОВОЛНОВОЙ ПЛАЗМЕННЫЙ ГАЗИФИКАТОР С ВНЕШНИМ НАГРЕВОМ И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА**

Изобретение может быть использовано для получения синтез-газа. Микроволновой плазменный газификатор содержит вертикально расположенный цилиндрический корпус, питающее устройство, верхнюю форсунку распыления пара, нижнюю форсунку диоксида углерода/пара, выпуск для синтез-газа, блок мониторинга, микроволновой генератор плазмы, внешнее нагревающее устройство. Способ газификации биотоплива с использованием микроволнового плазменного газификатора заключается в том, что получают синтез-газ, смешивают его с плазменными окислителями и осуществляют внешний нагрев газификатора с помощью непрореагировавших углеродных остатков и материалов слоя, нагреваемых во внешнем нагревающем устройстве. Изобретение позволяет повысить содержание эффективных компонентов в синтез-газе, создать более эффективный и экономичный процесс полной утилизации в комбинации с получением различных видов энергий.

РАЗРАБОТЧИК: УХАНЬ КАЙДИ ИНДЖИНИРИНГ ТЕКНОЛОДЖИ РИСЕРЧ ИНСТИТЮТ КО., ЛТД. (CN)№ 2812608, 31.03.2015**ПЕЧЬ С ОБОГРЕВАЕМЫМИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ, А ТАКЖЕ ТОПЛИВОМ РЕАКТОРНЫМИ ТРУБАМИ ДЛЯ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА УГЛЕВОДОРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ**

Изобретение относится к печи, например, для проведения парового риформинга углеводородсодержащего потока сырьевого газа, а также к соответствующему способу. Паровой риформинг, в частности, метана, является широко распространенной и испытанной технологией получения синтез-газа. И в настоящее время паровому риформингу отдается предпочтение перед другим способами, в частности, для получения водорода. Печь включает камеру сгорания, расположенные в камере сгорания реакторные трубы для приема катализатора, а также для проведения сырьевого потока через реакторные трубы, горелку, предназначенную для сжигания топлива в камере сгорания в целях нагрева реакторных труб, и в дополнение к горелке источник напряжения, который соединен с реакторными трубами таким образом, чтобы в реакторных трубах мог создаваться электрический ток, который нагревает реакторные трубы для нагрева сырья. Изобретение обеспечивает выгодную возможность вовлечения избыточной энергии, в частности возобновляемой электроэнергии, в процесс парового риформинга и экономить часть топлива.

РАЗРАБОТЧИК: ЛИНДЕ АКЦИЕНГЕЗЕЛЛЬШАФТ (DE)№ 2777440, 11.01.2021**КАТАЛИЗАТОР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И ДВУХАТОМНОЙ ГАЗООБРАЗНОЙ СЕРЫ В ПРОЦЕССЕ РАЗЛОЖЕНИЯ СЕРОВОДОРОДА**

Изобретение относится к области химии, а именно к способам разложения (утилизации) сероводорода с целью получения водорода и элементной серы. Описан способ низкотемпературного разложения сероводорода для получения водорода и газообразной двухатомной серы в присутствии катализатора на основе переходных металлов или их сплавов, сульфидных систем переходных металлов, массивных и нанесенных на различные носители, выбранных из: (Fe, Ni, Cr, Ti)/SiO₂, (Cu, Mo)/Сибунит, (Fe, Ni, Cr, P)/Al₂O₃, CuZnS_x, сплав Cu+Sn, (Fe, Ni, Zn, V)/Сибунит, (Co, Mo, S, Cd)/Сибунит. Для стабилизации активного компонента в катализатор вводят легирующие добавки некаталитических металлов и/или неметаллов. Процесс разложения сероводорода проводят при температуре ниже 100 °C.

РАЗРАБОТЧИК: СТАРЦЕВ АНАТОЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ (RU)№ 2638852, 30.12.2015**СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ ВОДОРОД И ДИОКСИД УГЛЕРОДА**

Изобретение может быть использовано в энергетической, нефтехимической, химической и металлургической отраслях промышленности. Изобретение относится к способу выделения водорода из газовых смесей, содержащих диоксид углерода, путем абсорбционного удаления диоксида углерода абсорбентами на основе карбонатов щелочных металлов. Способ разделения газовых смесей, содержащих водород и диоксид углерода, включает абсорбционное удаление диоксида углерода из газовых смесей абсорбентом на основе водных растворов карбонатов щелочных металлов при повышенном давлении, регенерацию насыщенного абсорбента при пониженном давлении и/или повышенной температуре

с подводом тепла через кипятильник, сжатие регенерированного адсорбента насосом, охлаждение регенерированного адсорбента и подачу в абсорбер, а также охлаждение парогазовой смеси, выделяемой при регенерации адсорбента. Насыщенный абсорбент расширяют в гидравлической или парожидкостной турбине с получением механической энергии, а перед его подачей на гидравлическую или парожидкостную турбину дополнительно нагревают за счет косвенного теплообмена с горячим регенерированным адсорбентом в дополнительном теплообменнике. Охлаждение регенерированного адсорбента осуществляют в холодильнике. Изобретение позволяет увеличить эффективность работы гидравлической или парожидкостной турбины с повышением степени рекуперации энергии сжатого насыщенного адсорбента.

РАЗРАБОТЧИК: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. Л.Я. КАРПОВА» (АО «НИФХИ ИМ. Л.Я. КАРПОВА») (RU)

№ 2594723, 26.06.2012

СПОСОБ СИНТЕЗА ФИШЕРА-ТРОПША И СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ

Изобретение относится к способу синтеза Фишера-Тропша. Способ синтеза Фишера-Тропша и рециркулирования отработанных газов из этого синтеза содержит: 1) транспортировку произведенного газификацией биомассы сырого синтез-газа на установку синтеза Фишера-Тропша для синтеза Фишера-Тропша в присутствии катализатора на основе Fe или на основе Co, регулирование температуры реакции синтеза Фишера-Тропша на уровне между 150 и 300 °C и давления реакции между 2 и 4 МПа (А) с целью производства жидкого углеводородного продукта и воды, которую отводят с установки синтеза Фишера-Тропша; 2) подачу отработанных газов с установки синтеза Фишера-Тропша на первый короткоциклового адсорбер для извлечения водорода и регулирование чистоты водорода на уровне 80-99 % об.; 3) подачу отработанных газов со стадии 2) на второй короткоциклового адсорбер для извлечения метана и регулирование чистоты метана на уровне 80-95 % об.; 4) возвращение части водорода, полученного на стадии 2), на стадию 1) для смешивания с сырым синтез-газом и преобразование конечного смешанного газа с целью регулирования соотношения водород/углерод сырого синтез-газа для синтеза Фишера-Тропша; и 5) подачу метана на стадии 3) на установку риформинга метана для риформинга с целью производства синтез-газа, имеющего высокое соотношение водород/углерод, транспортировку синтез-газа на стадию 1) для смешивания с сырым синтез-газом и преобразование конечного смешанного газа для регулирования соотношения водород/углерод сырого синтез-газа. Технический результат – увеличение производительности жидкого углеводорода, уменьшение выбросов углекислого газа, что обеспечивает улучшенную эффективность производства.

РАЗРАБОТЧИК: УХАНЬ КАЙДИ ИНДЖИНИРИНГ ТЕКНОЛОДЖИ РИСЕРЧ ИНСТИТУТ КО., ЛТД. (CN)

№ 2602064, 27.04.2011

КАТАЛИЗАТОР РАЗЛОЖЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ И БАТАРЕЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Изобретение относится к катализатору для разложения углеводородов, способу его получения и к батарее топливных элементов. Катализатор содержит соединение, содержащее по меньшей мере никель и алюминий, и металлический никель, имеющий диаметр частиц от 1 до 25 нм, в котором

энергии связи между металлическим никелем и соединением, содержащим по меньшей мере никель и алюминий, в катализаторе составляют от 874,5 до 871,5 эВ (Ni 2p_{1/2}), от 857 до 853 эВ (Ni 2p_{3/2}) и от 73,5 до 70 эВ (Al 2p), и энергия активации катализатора составляет от 4×10⁴ до 5×10⁴ Дж/моль. Способ получения катализатора включает: стадию, на которой получают соединение, содержащее никель и алюминий; стадию, на которой формуют отформованную основу в качестве предшественника катализатора, содержащего соединение; первую стадию термической обработки, на которой проводят стадию (1) декарбонизации/дегидратации и стадию (2) спекания предшественника катализатора, где целевая температура, которая должна быть окончательно достигнута на стадии (2) спекания, устанавливается от 920 до 1250 °C, где указанная стадия термической обработки осуществляется в присутствии потока газа, где количество протекающего газа составляет от 1 до 5000 (кг·л/мин)/м³; и вторую стадию термической обработки, на которой подвергают полученный в результате катализатор восстанавливающей обработке, чтобы металлизировать каталитический металлический элемент в нем, где целевая температура, которая должна быть окончательно достигнута на второй стадии термической обработки, устанавливается от 600 до 900 °C, и время удерживания при этой целевой температуре составляет от 1 до 10 часов. Технический результат – обеспечение содержащего никель катализатора, имеющего сильную корреляцию между носителем и никелем, который является превосходным в свойстве сопротивления окислению и является оптимальным для работы DSS (ежедневный запуск и отключение) и батареи топливных элементов.

РАЗРАБОТЧИК: ТОДА КОГИО КОРПОРЕЙШН (JP)

№ 2716435, 07.05.2015

СФЕРОИДАЛЬНЫЕ ЧАСТИЦЫ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ С УЛУЧШЕННОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТЬЮ, ИМЕЮЩИЕ СРЕДНИЙ ДИАМЕТР МАКРОПОР, СОСТАВЛЯЮЩИЙ МЕЖДУ 0,05 И 30 МКМ

Изобретение может быть использовано при получении подложки для катализаторов, используемых в процессе каталитического риформинга. Сфероидальные частицы оксида алюминия имеют удельную поверхность по БЭТ, составляющую 150–300 м²/г, средний диаметр частиц 1,2–3 мм, разброс диаметров частиц, выраженный через стандартное отклонение, не превышающее 0,1. Указанные частицы обладают полным поровым объемом, измеренным ртутной порозиметрией, составляющим между 0,50–0,85 мл/г, степенью макропористости в одной частице меньше 30. Разброс диаметров макропор, выраженный через отношение диаметров D90/D50, не превышает 8. Изобретение позволяет повысить прочность частиц оксида алюминия.

РАЗРАБОТЧИК: ИФП ЭНЕРЖИ НУВЕЛЛЬ (FR)

№ 2585610, 16.11.2010

КАТАЛИЗАТОР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Изобретение относится к пористому катализатору для получения водорода путем парового реформинга. Предлагаемый пористый катализатор содержит алюминий и магний, а также дополнительно содержит бор и никель. Бор присутствует в количестве 0,1–20 мас.% в расчете на общую массу катализатора. Данный пористый катализатор содержит поры, имеющие средний размер пор в интервале 0,1–50 нм. Предлагаемый катализатор обладает высокой каталитической активностью и стабильностью. Изобретение относится также к

способу получения указанного катализатора и способу получения водорода по реакции парового реформинга в присутствии этого катализатора.

РАЗРАБОТЧИК: СТИХТИНГ ЭНЕРГИОНДЕРЗУК СЕНТРУМ НЕДЕРЛАНД (NL)

№ 2580548, 14.02.2011

КАТАЛИЗАТОРЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СПОСОБАХ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА

Изобретение относится к способу получения катализатора, пригодного для применения в способе парового риформинга. Способ включает стадии: (i) распыление взвеси, содержащей измельченное соединение-катализатор, содержащее один или большее количество каталитических металлов, выбранных из группы, включающей Ni, Cu, Pt, Pd, Rh, Ru и Au, на поверхность сформованной подложки, содержащей оксид подложки, выбранный из группы, включающей оксид алюминия, диоксид церия, оксид магния, диоксид титана или диоксид циркония, алюминат кальция или алюминат магния и их смеси, в баковом устройстве для нанесения покрытий с получением сформованного материала подложки с покрытием, содержащего каталитический металл в поверхностном слое, в котором содержание твердых веществ во взвеси находится в диапазоне 10–60 мас.%, (ii) сушка и необязательно прокаливание сформованного материала подложки с покрытием с получением предшественника катализатора, и (iii) необязательно восстановление металла или металлов в предшественнике катализатора до состояния с меньшей степенью окисления с получением катализатора. Изобретение позволяет более эффективно использовать каталитически активный металл для сведения к минимуму производственных затрат.

РАЗРАБОТЧИК: ДЖОНСОН МЭТТИ ПАБЛИК ЛИМИТЕД КОМПАНИ (GB)

№ 2662221, 07.03.2013

КАТАЛИЗАТОР РИФОРМИНГА УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРИСУТСТВИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА, СОДЕРЖАЩИЙ ГЕКСААЛЮМИНАТ НИКЕЛЯ

Изобретение относится к катализатору реформинга углеводородов и диоксида углерода, включающему оксидный носитель, который содержит гексаалюминат в форме β'' -алюмината и частицы металлического никеля. При этом оксидная фаза катализатора содержит по меньшей мере от 65 до 95 мас.% главной фазы, содержащей гекса-алюминат никеля и по меньшей мере один межплоскостной катион, выбранный из группы, включающей барий, стронций и/или лантан, причем молярное отношение межплоскостного катиона к алюминию составляет от 1:6 до 11:75, и от 5 до 35 мас.% кристаллической оксидной второстепенной фазы, содержащей по меньшей мере LaAlO_3 , SrAl_2O_4 и/или BaAl_2O_4 , и причем содержание никеля в катализаторе составляет ≤ 3 мол.%, причем частицы металлического никеля обладают многогранной структурой и в виде нароста тонко распределены на поверхности оксидного носителя, причем средний размер частиц никеля составляет меньше или равен 50 нм.

Изобретение также относится к способу получения катализатора, который включает следующие стадии: (i) приготовление смеси солей металлов, предпочтительно нитратов нике-

ля, а также стронция и/или лантана, с источником алюминия в виде наночастиц, (ii) формование и (iii) прокаливание.

Также изобретение относится к способу реформинга углеводородов в присутствии диоксида углерода. Технический результат заключается в получении активного катализатора, стойкого к образованию кокса и устойчивого к старению.

РАЗРАБОТЧИК: БАСФ СЕ (DE)

№ 2548410, 18.02.2011

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА

Группа изобретений относится к области переработки углеводородного сырья (CH_4) – к способу и устройству (реактору) для получения синтез-газа. Способ получения синтез-газа путем каталитического превращения метана посредством пропускания реагентов через неподвижный слой катализатора, в качестве неподвижного слоя катализатора используют кольцевой слой катализатора, в котором реагенты пропускают от внутренней к наружной поверхности кольцевого слоя катализатора, в качестве реагентов используют смесь метана с газообразными реагентами, дополнительно содержащую продукты плазмохимического распада газообразных реагентов или их смеси, тепловой режим процесса обеспечивают путем смешивания продуктов плазмохимического распада со смесью метана с газообразными реагентами, а, по крайней мере, часть реагентов подают непосредственно в плазмохимическую зону. При этом в качестве газообразных реагентов используют углекислый газ или водяной пар, или кислород. Реактор для получения синтез-газа путем каталитического превращения метана, включающий неподвижный слой катализатора и устройство нагрева реагентов и катализатора, слой катализатора выполнен в форме кольца, в котором движение реагентов осуществляется от внутренней к наружной поверхности кольцевого слоя катализатора, устройство нагрева реагентов и катализатора выполнено в виде плазматрона, потребляющего рабочий газ и расположенного в центральной части реактора в плазмохимической зоне, имеющей огнеупорную термоизоляцию, между плазмохимической зоной и слоем катализатора расположена буферная зона, в которой происходит перемешивание реагентов и продуктов плазмохимического распада рабочего газа плазматрона. Кроме того, плазматрон может быть выполнен с возможностью перемещения в плазмохимической зоне. Изобретение позволяет увеличить производительность процесса получения синтез-газа и снизить теплотери в окружающую среду.

РАЗРАБОТЧИК: ВОЩИНИН СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ (RU)

№ 2739072, 18.10.2016

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Группа изобретений относится к способу и устройству для извлечения водорода из сырого газа, полученного в коксовой печи. Способ включает сжатие сырого газа (а), снижение кислорода в сыром газе (а) с использованием нетепловой плазмы и удаление примесей из сырого газа (а) посредством адсорбции с перепадом давления. Устройство (200) включает коксовую печь (110), генератор (150) плазмы, предназначенный для получения нетепловой плазмы в сыром газе (а), средство (120) сжатия и установку (140) адсорбции с перепадом давления, предназначенную для удаления примесей из сырого газа (а) и обеспечения водорода (b). Использование нетепловой плазмы обеспечивает эффективное обеднение

сырого газа по кислороду и усовершенствованное, экономичное и безопасное извлечение водорода из сырого газа.

РАЗРАБОТЧИК: ЛИНДЕ АКЦИЕНГЕЗЕЛЬШАФТ (DE)

№ 2662814, 19.08.2013

Усовершенствованное извлечение водорода

Изобретение относится к способу извлечения водорода в ходе гидрогенизационного превращения, который включает в себя: обеспечение установки гидрогенизационного превращения устройством повышения давления, где в устройстве повышения давления используется поток высокого давления, поступающий из сепаратора, для повышения давления; введение водородсодержащего потока в устройство повышения давления и увеличение вследствие этого давления водородсодержащего потока; маршрутизацию водородсодержащего потока из устройства повышения давления в парожидкостный сепаратор; и выделение водорода из водородсодержащего потока в установке очистки водорода с получением потока извлеченного водорода. Данный способ представляет собой вариант экономически эффективного способа извлечения водорода из технологической установки.

РАЗРАБОТЧИК: ЮОП ЛЛК (US)

№ 2779804, 29.09.2017

Способы и устройства для производства водорода

Изобретение может быть использовано в химической промышленности. Способ производства потока очищенного газообразного водорода включает подачу сырьевого газа, содержащего газообразный азот N_2 в качестве основного компонента, газообразный водород H_2 и монооксид углерода CO и характеризующегося начальным отношением H_2 к CO, в блок обработки для получения обогащенного газа, содержащего диоксид углерода CO_2 и характеризующегося вторым отношением H_2 к CO, большим, чем начальное отношение H_2 к CO. Блок обработки включает блок конверсии водяного газа и предназначен для конверсии сырьевого газа с получением H_2 и CO_2 . Затем подают обогащенный газ в очистной блок, включающий блок удаления N_2 и блок удаления CO_2 . Блок удаления N_2 включает блок мембранного разделения, предназначенный для приема обогащенного газа и включающий H_2 -селективную мембрану. Блок удаления CO_2 включает блок адсорбции со сдвигом давления (PSA). При этом в очистном блоке образуется поток очищенного газообразного водорода и остаточный газ. Далее рециркулируют по меньшей мере часть остаточного газа в точку выше по потоку блока удаления N_2 . Предложен вариант способа производства потока очищенного газообразного водорода и система обработки газа. Изобретения позволяют снизить потери водорода, обеспечить чистоту водорода более 99,9 % и степень извлечения водорода более 99 %.

РАЗРАБОТЧИК: РИСЕРЧ ТРАЙЭНГЛ ИНСТИТЮТ (US)

№ 2606606, 12.09.2012

УСТАНОВКА РИФОРМИНГА, СПОСОБ РИФОРМИНГА, УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ, СНАБЖЕННАЯ УСТАНОВКОЙ РИФОРМИНГА, И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

Изобретение относится к области нефтегазохимии. Природный газ подают в компрессор. Сжатый природный газ последовательно нагревают в четвертом и первом теплообменниках. В первом теплообменнике в качестве источника тепла используют дымовые газы. Нагретый природный газ подают в устройство десульфуризации. В аппарате проводят риформинг природного газа, очищенного от серосодержащих соединений, и получают H_2 и CO или H_2 и CO_2 . Газ, подвергнутый риформингу, используют для синтеза аммиака, мочевины и метанола. Во втором теплообменнике нагревают воздух, используемый для нагрева в аппарате риформинга. Нагрев воды осуществляют посредством дымовых газов в третьем теплообменнике.

РАЗРАБОТЧИК: МИЦУБИСИ ХЕВИ ИНДАСТРИЗ, ЛТД. (JP)

№ 2648914, 04.10.2012

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Изобретение относится к способу получения водорода и генерирования энергии. Способ включает стадии, на которых: (a) газообразное углеводородное сырье подвергают эндотермической реакции парового риформинга контактированием в зоне реакции парового риформинга для получения газообразной смеси, содержащей водород и монооксид углерода; (b) извлекают водород из указанной смеси; (c) подают топливо и окислитель в турбину, содержащую последовательно компрессор, камеру горения и турбину расширения, где топливо сжигают со сжатым окислителем в камере горения с получением потока дымового газа; (d) подают по меньшей мере часть указанного потока дымового газа в турбину расширения для генерирования энергии и для получения отходящего газа турбины; (e) обеспечивают теплоту для указанной эндотермической реакции риформинга приведением потока горячего газа, генерированного на стадии (c) и/или стадии (d), в теплообменный контакт с зоной реакции парового риформинга, и на стадии (f) сжигают водород, извлеченный на стадии (b), подвергая извлеченный водород циклу сжижения, содержащему охлаждение и компримирование водорода. Технический результат заключается в разработке способа, который позволяет обеспечить дополнительное генерирование энергии для того же самого количества топлива.

РАЗРАБОТЧИК: ШЕЛЛ ИНТЕРНЭШНЛ РИСЕРЧ МААТСХАППИЙ Б.В. (NL)

№ 2573877, 01.02.2011

УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИНГАЗА И ПРОДУКТОВ ИЗ НЕГО

Изобретение относится к способу и устройству реформинга углеводородов. Способ включает сжигание расширенного выпуска из турбины и первого топлива внутри первой реформинг-установки, чтобы произвести отработавший газ. Углеводород реформируют в первой реформинг-установке, чтобы произвести реформированный углеводород. Тепло передается от отработавшего газа к первой среде. Холодильная установка приводится в действие посредством тепловой энергии

от нагретой первой среды и охлаждает вторую среду. Тепло передается от одного или более окислителей к охлажденной второй среде, чтобы произвести охлажденные первый и второй окислители. Охлажденный первый окислитель и второе топливо вводят в газотурбинную установку, чтобы произвести расширенный отработавший газ из турбины и механическую энергию. Охлажденный второй окислитель сжимают в компрессоре, приводимом в действие посредством механической энергии. Сжатый второй окислитель и реформированный углеводород вводят во вторую реформинг-установку, чтобы произвести сингаз. Обеспечивается повышение производства сингаза и продуктов, изготовленных из него.

РАЗРАБОТЧИК: КЕЛЛОГГ БРАУН ЭНД РУТ ЭЛЭЛСИ (US)

№ 2540313, 02.11.2012

СПОСОБ РАЗЛОЖЕНИЯ ВОДЫ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И ВЫДЕЛЕНИЕМ ВОДОРОДА

Изобретение может быть использовано в химии и энергетике. Исходные реагенты – воду и диоксид углерода, через смеситель подают в реактор, выполненный в виде герметичной емкости, содержащей катализатор, при этом концентрацию диоксида углерода в воде регулируют, чтобы получить карбонизированную воду, посредством давления и времени насыщения воды диоксидом углерода. В реакторе проводят химическую реакцию с образованием водорода, кислорода и сопутствующих продуктов химической реакции, которые подают в сепаратор с выделением из газообразной фазы водорода. Сепаратор может дополнительно содержать по меньшей мере два фильтра. Изобретение обеспечивает эффективную утилизацию диоксида углерода и экономичное получение водорода.

РАЗРАБОТЧИК: ГАЛАДИГМА ЛЛС (US)

№ 2685748, 06.04.2018

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ПРОДУКТА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Изобретение относится к газовой промышленности. Предлагается способ и устройство получения газообразного продукта из сжиженного газа, включающее газификатор, включающий наружный сосуд высокого давления со средством отвода газообразного продукта, имеющий полость, в которой размещен внутренний сосуд без перепада давления, полость которого сообщена с полостью наружного сосуда высокого давления и соединена со средством подвода сжиженного газа. Устройство снабжено средством отвода из полости внутреннего сосуда жидкой фазы, вход которого расположен в нижней части внутреннего сосуда. Техническим результатом является обеспечение потребителя очищенным газообразным продуктом и упрощение эксплуатации газификатора.

РАЗРАБОТЧИК: КЛЮНИН ОЛЕГ СТАНИСЛАВОВИЧ (RU)

№ 2750041, 25.10.2017

КАТАЛИЗАТОРНАЯ ТРУБКА ДЛЯ РИФОРМИНГА

Изобретение относится к катализаторной трубке и многотрубному реактору для регенеративной каталитической конверсии технологического газа, а также к способу проведения реакции каталитической конверсии при использовании многотрубного реактора или катализаторной трубки и к применению катализаторной трубки в качестве катализаторной трубки для реконструкции риформера. Катализаторная трубка содержит: впуск катализаторной трубки для введения техно-

логического газа и выпуск катализаторной трубки для вывода технологического газа, причем указанные впуск и выпуск расположены на противоположных концах катализаторной трубки; наружную реакторную трубку; внутреннюю трубку, коаксиально простирающуюся внутри наружной реакторной трубки; границу раздела, расположенную между внутренней стенкой наружной реакторной трубки и наружной стенкой внутренней трубки; первый кольцевой канал для каталитической конверсии технологического газа; второй кольцевой канал для технологического газа, проходящего противоточно или прямоточно технологическому газу, проходящему по первому кольцевому каналу; впускной барьер на впускном конце катализаторной трубки; выпускной барьер на выпускном конце катализаторной трубки. Причем каждый из внутренней трубки, первого кольцевого канала и второго кольцевого канала имеет отверстие на впускной стороне и отверстие на выпускной стороне катализаторной трубки. Кроме того, впуск катализаторной трубки сообщается по текучей среде с отверстием первого кольцевого канала на впускном конце катализаторной трубки, где отверстие первого кольцевого канала на выпускном конце катализаторной трубки сообщается по текучей среде либо с отверстием второго кольцевого канала на выпускном конце катализаторной трубки, либо с отверстием внутренней трубки на выпускном конце катализаторной трубки, а отверстие второго кольцевого канала на впускном конце катализаторной трубки сообщается по текучей среде с отверстием внутренней трубки на впускном конце катализаторной трубки, и либо отверстие внутренней трубки на выпускном конце катализаторной трубки, либо отверстие второго кольцевого канала на выпускном конце катализаторной трубки сообщается по текучей среде с выпуском катализаторной трубки. Реактор содержит камеру печи и по меньшей мере одну указанную катализаторную трубку, причем впуски и выпуски по меньшей мере одной катализаторной трубки расположены на противоположных сторонах камеры печи. Техническим результатом заявленного изобретения является создание катализаторной трубки, обладающей хорошим сопротивлением относительному расширению, в которой катализатор может быть легко изменен и/или заменен во время перерыва в работе парового риформера, а также в которой без нарушения гидродинамики в каталитической зоне можно легко измерить такие параметры, как температура и давление.

РАЗРАБОТЧИК: ТЕКНИП ФРАНС (FR)

№ 2712657, 14.10.2016

СПОСОБ КОНВЕРСИИ ВОДЯНОГО ГАЗА

Изобретение относится к процессам конверсии водяного газа, а именно к способу повышения содержания водорода в смеси синтез-газа, содержащей водород, оксиды углерода и пар. Способ включает стадии, на которых: (i) пропускают смесь синтез-газа при температуре на входе в диапазоне 300–450 °C над первым катализатором конверсии водяного газа, размещенным в первом резервуаре конверсии, с образованием первой смеси конвертированного газа и (ii) пропускают первую смесь конвертированного газа при температуре на входе в диапазоне 170–300 °C над вторым катализатором конверсии водяного газа, размещенным во втором резервуаре конверсии, с образованием второй смеси конвертированного газа. При этом второй катализатор конверсии водяного газа содержит медь, а в первом резервуаре конверсии имеется сорбирующий материал, предназначенный для улавливания загрязняющих галогенов, расположенный по потоку ниже первого катализатора конверсии водяного газа. Технический результат заключается в уменьшении риска повторного осаж-

дения растворимых компонентов в медьсодержащих катализаторах.

РАЗРАБОТЧИК: ДЖОНСОН МЭТТИ ПАБЛИК ЛИМИТЕД КОМПАНИ (GB)

№ 2602150, 12.02.2015

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ БИОМАССЫ

Изобретение относится к способу получения водорода из биомассы и может быть использовано для получения водородсодержащих продуктов путем получения водорода из продуктов пиролиза растительного биотоплива, а также в системах аккумулирования и транспорта энергии, в системах производства топлива для транспорта и в стационарных энергоустановках. Способ получения включает измельчение и сушку биомассы, ее последующий пиролиз с помощью нагретого твердого теплоносителя и перегретого водяного пара, разделение водородсодержащих газов пиролиза и пиролизной массы, которую подвергают высокотемпературной газификации. При этом в качестве твердого теплоносителя используют карбонаты, образующие оксиды при высокотемпературной газификации, нагрев твердого теплоносителя производят путем сжигания пиролизной массы в кислороде, получаемом при электролизе воды, образующейся в процессе сушки биомассы. Технический результат изобретения заключается в снижении тепловых затрат, а также позволяет производить различные энергоносители из различной биомассы при отсутствии потребления кислорода из атмосферы.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» (RU)

№ 2706318, 25.03.2016

НОВЫЙ КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ, СОДЕРЖАЩИЙ СОЕДИНЕНИЕ ЖЕЛЕЗА И ОКСИД ГРАФЕНА

Изобретение относится к химической промышленности и к нанотехнологии. Композитный материал с размером первичных частиц 0,1-100 мкм содержит оксид графена и 0,1-50 мас.% удерживаемого на нём соединения железа, например Fe_3O_4 , Fe_2O_3 или их смеси. Размер частиц соединения железа 0,1-10 нм. В инфракрасном спектре указанного композитного материала практически отсутствует поглощение, происходящее из О-Н группы, поглощение, происходящее из С=О группы, и поглощение около 701 см^{-1} , происходящее из Fe-O группы, но присутствует поглощение, происходящее из С-О группы. Для получения указанного композитного материала соответствующие сырьевые материалы суспендируют в инертном растворителе и облучают полученную суспензию УФ и видимым излучением с длиной волны 100-800 нм от 1 мин до 24 ч. В качестве сырьевого материала соединения железа используют по меньшей мере, один из: соли железа и неорганической кислоты, соли железа и карбоновой кислоты, соли железа и сульфоновой кислоты, гидроксида железа, фенольного железа, двойных солей железа и комплексов железа. Полученный композитный материал используют в качестве фотокатализатора или оборудования при получении водорода из воды и/или спирта путём облучения солнечным светом или LED белого света. Упрощается способ получения фотокатализатора, увеличивается срок его службы.

РАЗРАБОТЧИК: КВАНСЕЙ ГАКУИН ЭДЬЮКЕЙШНЛ ФАУНДЕЙШН (JP)

№ 2806094, 30.04.2020

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРА

Настоящее изобретение относится к способу получения катализаторов типа «яичная скорлупа» на подложках из алюмината щелочноземельного металла. Описан способ получения катализатора типа «яичная скорлупа», включающий следующие стадии: 1. получение прокаленной формованной подложки из алюмината щелочноземельного металла; 2. обработку прокаленной формованной подложки из алюмината щелочноземельного металла газом, содержащим водяной пар, с образованием гидратированной подложки; 3. пропитку без стадии промежуточной сушки гидратированной подложки кислотным раствором, содержащим одно или более соединений каталитического металла, и сушку пропитанной подложки; 4. прокаливание высушенной пропитанной подложки с образованием прокаленного катализатора, причем оксид каталитического металла сконцентрирован на поверхности подложки. Технический результат – улучшение контроля толщины оболочки типа «яичная скорлупа».

РАЗРАБОТЧИК: ДЖОНСОН МЭТТЕЙ ПАБЛИК ЛИМИТЕД КОМПАНИ (GB)

№ 2575351, 04.10.2011

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРА

Изобретение относится к способу получения корочкового катализатора, включающему стадии: (i) пропитка обожженной подложки, содержащей алюминат металла, раствором, содержащим ацетат никеля, при температуре $\geq 40^\circ\text{C}$ и сушка пропитанной подложки, (ii) обжиг сухой пропитанной подложки, чтобы образовать оксид никеля на поверхности подложки, и (iii), необязательно, повторение этапов (i) и (ii) на подложке, покрытой оксидом никеля. Изобретение также относится к корочковому каталитическому материалу для парового риформинга углеводорода, способу парового риформинга углеводорода и способу метанирования газообразного потока водорода, содержащего CO и CO_2 . Технический результат заключается в сведении к минимуму образования парниковых газов при обжиге.

РАЗРАБОТЧИК: ДЖОНСОН МЭТТИ ПАБЛИК ЛИМИТЕД КОМПАНИ (GB)

№ 2740551, 06.09.2017

ГИДРОТЕРМИЧЕСКИ СТАБИЛЬНЫЙ КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СПОСОБ ЕГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к области катализаторов, в частности, к гидротермически стабильному каталитическому составу для низкотемпературной газификации углеродсодержащего сырья, включающему: а) аморфный алюмосиликатный носитель со средним размером частиц в диапазоне от 80 до 150 мкм; при этом массовое отношение оксида кремния к оксиду алюминия в упомянутом алюмосиликатном носителе находится в диапазоне от 0,1 до 1,5, и б) K_2CO_3 , импрегнированный в упомянутый аморфный алюмосиликатный носитель в количестве от 5 до 60 мас.% относительно общего каталитического состава. Изобретение также относится к способу приготовления гидротермически стабильного каталитического состава.

Технический результат заключается в получении каталитического состава обладающего, улучшенной гидротермической стабильностью, износостойчивостью, высоким объемом пор

и площадью поверхности для газификации углеродсодержащего сырья при низкой температуре.

РАЗРАБОТЧИК: РЕЛИАНС ИНДАСТРИС ЛИМИТИД (IN)

№ 42383819, 08.09.2008

УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ПОДГОТОВКИ И СЖИГАНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА

Является результатом научной разработки. Устройство включает в себя конвертер, содержащий корпус с реакционными трубами, стенки которых выполнены из жаропрочного материала, а также горелки и топку котла. К подводящим и отводящим коммуникациям параллельно присоединены два одинаковых конвертера, в каждом корпусе которых помещена камера подготовки реакционной смеси. Обечайка камеры снабжена тангенциальными патрубками газообразного топлива и водяного пара, верхний торец соединен с реакционными трубами, в каждой из которых на входе закреплены лопатки завихрителя, образующие зону турбулизации. Остальная внутренняя поверхность представляет собой зону риформинга и покрыта слоем никелевого катализатора на керамической основе. Верхний конец реакционных труб соединен с камерой усреднения, крышка которой снабжена патрубком выхода конвертированного газа. Над камерой смешения помещена кольцевая камера сгорания с горелкой, сообщающаяся с конвективной шахтой, соединённой с кольцевым коллектором, имеющим патрубок дымовых газов. Способ осуществляется в данном устройстве следующим образом: поток природного газа, поступающий на сжигание в топку теплогенерирующей установки, подается в конвертер, перед которым делится на две части: меньшая часть (5–10 % от общего потока) из коллектора поступает в тангенциальную горелку, где смешивается с потоком воздуха из воздушного коллектора, после чего газозоообразная смесь сгорает в кольцевой камере сгорания с выделением теплоты сгорания (кДж/моль). Через стенки и слой катализатора реакционных труб часть теплоты сгорания передается в зону риформинга, большая часть газа через патрубок поступает в камеру подготовки реакционной смеси, где происходит его смешение с водяным паром из котельной установки при объёмном соотношении 1:1. Полученная парогазовая смесь распределяется по реакционным трубам, проходит через лопатки завихрителя, приобретая вращательное движение с высокой степенью турбулизации потока и со скоростью 30–50 м/с поступает в зону риформинга, где нагревается до температуры 800–1100 °С. В результате этих процессов в зоне риформинга протекает каталитическая реакция конверсии метана и воды, которая увеличивает водородную часть топлива с поглощением теплоты. Полученный конвертированный газ поступает в камеру усреднения, смешивается и через патрубок поступает в коллектор, откуда направляется в горелки топки котла, куда также поступают дымовые газы из камеры сгорания. В топке полученная горючая смесь сгорает с выделением теплоты. При падении активности катализатора его регенерируют, для чего один конвертер отключают от пара и включают в работу второй, а в первый подают метан или водород, который после использования подаётся в топку на сжигание.

РАЗРАБОТЧИК: ФГБОУ ВО «ЮГО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУНИВЕРСИТЕТ», КАФЕДРА «ТЕПЛОГАЗОВОДОСНАБЖЕНИЕ»

№ 2769311, 15.10.2020

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА

Основными промышленными способами получения водорода в настоящее время являются паровая, углекислотная и кислородная конверсия природного газа в синтез-газ (смесь H_2 и CO), из которого различными методами выделяют водород. Также дополнительное количество водорода можно получить последующей паровой каталитической конверсией CO . Однако все эти способы требуют применения дорогостоящих катализаторов, отличаются высокой сложностью и громоздкостью оборудования, а также большими удельными капитальными затратами, что делает их малоприменимыми для создания небольших автономных источников синтез-газа и водорода. Технический результат предлагаемого способа достигается за счет замены каталитической стадии парциального окисления метана на более производительную некаталитическую газофазную стадию матричной конверсии. При этом весь водяной пар, который используется в качестве сырья на последующей каталитической стадии конверсии, в необходимом количестве подается в реактор матричной конверсии. Способ получения водородсодержащего газа, включает две последовательные стадии, где на первой стадии при температуре $T=1000-1100$ °С осуществляют некаталитическую матричную конверсию метана в синтез-газ в присутствии водяного пара, а на второй стадии в проточном реакторе проводят каталитическую конверсию получаемого на первой стадии синтез-газа при температуре $T=500-900$ °С. Способ получения водородсодержащего газа осуществляют при горении смеси углеводородного сырья с окислителем при коэффициенте избытка окислителя менее 1 с добавлением водяного пара в соотношении $CH_4/\text{водяной пар}=1$ внутри устройства из толстостенной нержавеющей стали, рабочая полость в котором полностью или частично образована газопроницаемой матрицей.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 2414418, 14.07.2008

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА

Способ получения водорода и углеродных наноструктурного материала из углеводородного газа путем высокотемпературного пиролиза углеводородного газа в присутствии катализатора в плазме электрического разряда реактора, отличающийся тем, что предварительно в среде инертного газа осуществляют распыление катализатора до наноразмерных частиц путем испарения анодного графитового электрода, внутри которого устанавливают проволоку из металла, который используют в качестве катализатора, диаметром 0,5 мм и менее, затем инертный газ откачивают, зажигают электрическую дугу переменного тока методом касания электродов с последующим увеличением межэлектродного расстояния до 0,3÷0,5 мм, и в плазме электрического разряда осуществляют высокотемпературный пиролиз углеводородного газа при давлении в реакторе 0,5÷2 атм. с получением водорода и углеродных наноструктур, при этом рост углеродных наноструктур, представляющих собой преимущественно одно- и многослойные нанотрубки без примесей других углеродных структур углерода, происходит на синтезированных частицах катализатора.

РАЗРАБОТЧИК: ИТ СО РАН

№ 2756160, 11.12.2020

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА ИЗ БИООТХОДОВ

Данное изобретение относится к области энергетики, связанной с сельским хозяйством и коммунальным хозяйством, в частности к способу получения из таких видов биоотходов, как твердые бытовые отходы, навоз, помет, древесные отходы, лузга подсолнечника, проса, риса и т.п., синтез-газа с низким содержанием смол. Способ получения синтез-газа заключается в получении полукокса и газовой смеси, содержащей в том числе водород и монооксид углерода. Торрефикация биоотходов осуществляется с помощью дымовых газов из зоны пиролиза с температурой 500–600 °С, с получением полукокса и газовой смеси, после чего из полученной газовой смеси отделяется полукокс, который направляется в реактор пиролиза полукокса, обогреваемый горячими дымовыми газами с температурой 850–1000 °С после использования дымовых газов для обогрева реактора для термкрекинга с получением кокса и газообразных продуктов пиролиза, часть полученного кокса поступает на сжигание кокса с генерацией дымовых газов и подачей их в реактор термкрекинга, другая часть кокса используется в качестве углеродистого материала в реакторе для термкрекинга, обогреваемого дымовыми газами с температурой 1100–1200 °С, где газообразные продукты пиролиза пропускают через слой углеродистого материала с преобразованием газообразных продуктов пиролиза в синтез-газ. Технический результат – увеличение выхода синтез-газа и повышение энергоэффективности процесса производства синтез-газа.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 2781405, 11.01.2021

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАНОВОДОРОДНЫХ СМЕСЕЙ ИЛИ ВОДОРОДА

Метановодородные смеси и водород заданного состава получают в реакторе колонного типа, заполненном жидкометаллическим теплоносителем, за счет контакта сырьевого газа с жидкометаллическим теплоносителем заданной температуры. В качестве сырьевого газа используют природный газ. В реакторе колонного типа осуществляют пиролиз метана при заданных значениях линейной скорости сырьевого газа и температуры жидкометаллического теплоносителя. Способ обеспечивает повышение производительности получения метановодородных смесей или водорода, без образования оксидов углерода. В предлагаемом способе в качестве сырьевого газа используют природный газ, что позволяет реализовывать способ в процессах переработки природного и попутного газов. Конверсия газового потока при температурах 500–700 °С позволяет получить метановодородную смесь с содержанием водорода 15–40 %; при температурах 750–950 °С – с содержанием водорода 50–70 %. Нагревание газового потока до температур 1000–1100 °С позволяет получить водородсодержащий газ с содержанием водорода свыше 95 %.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ САМАРА»

№ 2800547, 28.12.2022

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ПУТЕМ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ МЕТАНА В РЕАКТОРЕ С ГАЗОВЫМ НАГРЕВОМ

В предложенной установке получения водорода, используется часть водорода, получаемого в процессе пиролиза, что позволяет получать водород из метана практически при отсутствии выбросов окислов углерода в атмосферу и без потребления электроэнергии извне.

Установка для получения водорода в реакторе с газовым нагревом изготовлена из высоколегированной нержавеющей стали и включает: реактор термического разложения метана на газообразный водород и твердый углерод с впускной трубкой для подачи метана и выпускной трубкой для отбора газообразного водорода, вертикально-цилиндрическую газовую печь, внутри которой соосно размещен реактор, защищенный от топочного пространства внутренней стенкой печи. В нижней части газовой печи расположены две горелки с регулировочными кранами: растопочная горелка и горелка для сжигания части водорода, производимого в реакторе, которая соединена через отводную трубку с выпускной трубкой для отбора газообразного водорода. Компрессор, расположенный на отводной трубке отбора водорода, создает рабочее давление в установке. Наружная часть газовой печи защищена тепловой изоляцией.

При сжигании водорода в топке газовой печи происходит ее нагрев с последующей радиационной передачей теплоты находящемуся в реакторе метану. При достижении температуры метана в реакторе 700–900 °С происходит его пиролиз – превращение в водород и углерод (сажу). Часть получаемого водорода по трубке отбора водорода направляется для сжигания в горелку с целью обеспечения рабочей температуры в реакторе пиролиза метана. Горелка для сжигания водорода при этом отключается.

При работе предложенной установки метан нагревается тепловым потоком, выделяющимся при частичном сжигании продуктов его пиролиза – метано-водородной смеси, при этом система разделения газов не требуется.

Преимуществами такого метода получения водорода из метана являются независимость от внешних источников энергии, а также практическое отсутствие вредных выбросов в окружающую среду. Предварительные расчеты показывают, что затраты водорода на поддержание пиролиза метана в зависимости от эффективности тепловой изоляции составят 25–30 % от получаемого его количества на выходе из реактора.

Заявленная установка для получения водорода путем пиролиза метана позволяет получать водород при практическом отсутствии выбросов окислов углерода (CO, CO₂) в окружающую среду и без потребления дополнительной энергии. При этом за счет отсутствия в предложенной установке для получения водорода системы разделения газов значительно сокращается процесс производства водорода и упрощается ее конструкция.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 2799191, 30.01.2023

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ И РЕАКТОР ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Изобретение относится к области химических технологий и может быть использовано для получения водорода из углеводородного сырья способом последовательного разложения в расплавах металлов. Техническим результатом изобретения является создание способа получения водорода из углеводородного сырья, а также реактора для осуществления указанного способа, которые позволяют достичь высокой конверсии углеводородного газа при более низких температурах и высокой производительности реактора.

Достижение технического результата обеспечивается способом получения водорода в реакторе путем последовательного разложения углеводородного газа, в котором сначала подают углеводородный газ в кварцевый стакан, расположенный в нижней части реактора и вмещающий нагретый расплав металлов, затем обеспечивают разложение углеводородного газа путем его барботирования через слой нагретого расплава металлов и его попадание в газовое пространство реактора, после чего обеспечивают прохождение газа через твердый катализатор для его каталитического разложения.

*РАЗРАБОТЧИК: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ГАЗПРОМ НЕФТЬ»*

№ 2292406, 13.09.2004

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ВОДОРОДА

Изобретение относится к области получения и транспортировки чистого водорода, который может быть использован как энергоноситель для добавки к топливу и как источник поступления чистого водорода к потребителю. Осуществляется электролиз водного раствора с использованием катода, один конец которого находится в водном растворе, а другой – у потребителя. Давление на конце катода, находящемся у потребителя, ниже, а температура выше, чем на другом конце катода, находящемся в водном растворе. Катод выполняют из таких материалов, как Ta, Pd, Pt, Ni, Mg, Ti, V, Nb, U, Mg₂Ni, TiFe, LaNi₅, сплавы V-Nb, Ni-Ta, которые внедряют водород в решетку. Изобретение позволяет сократить потери водорода при транспортировке, повысить его чистоту и сократить число операций от источника получения до места потребления водорода.

РАЗРАБОТЧИК: СКГТУ

№ 2752496, 15.12.2020

КОМПОЗИТНЫЙ МЕЗОПОРИСТЫЙ ФОТОКАТАЛИЗАТОР

Изобретение относится к фотокаталитическим процессам выделения водорода, разложения органических соединений для очистки воздуха и другим фотохимическим процессам. Технический результат заключается в повышении фотокаталитической активности катализатора за счет наличия в последнем системы пор и каналов иерархического мезопористого композита. Обеспечивает повышение диффузии реагентов к активным центрам катализатора, а также наличие структуры активных центров фотокатализатора, представляющих собой квантовые точки сульфида кадмия с нанесенными на их по-

верхность нанокластерами переходного металла (сокатализатора).

Фотокатализатор получают следующим образом. Раствор ПАВ (поверхностно-активное вещество), например, цетилтриметиламмоний бромид, смешивают с природными или синтетическими алюмосиликатными нанотрубками с общей формулой $Al_2Si_2(OH)_4 \cdot nH_2O$, где $n=0-2$. Предпочтительнее использовать галлузитные нанотрубки с внешним диаметром 30–50 нм, внутренним диаметром 10–25 нм и длиной 500 нм – 2 мкм. К полученной смеси добавляют кремниевый прекурсор, предпочтительно тетраэтоксисилан (ТЭОС), и выдерживают смесь при 80–140 °С в течение 12–72 часов в закрытой емкости, после чего осадок отфильтровывают, промывают до отсутствия галогенид-ионов в маточном растворе, сушат при 60–120 °С в течение 8–48 часов и прокаливают на воздухе при температуре 350–650 °С. В результате получают носитель, представляющий собой иерархический материал, состоящий из упорядоченного мезопористого оксида кремния MCM-41, с каналами, образованными алюмосиликатными нанотрубками (предпочтительно нанотрубками галлузита). Для синтеза на носителе квантовых точек сульфида кадмия полученный композитный материал – носитель смешивают с раствором соли кадмия с последующим добавлением раствора предшественника серы (предпочтительно тиацетамида (ТАА)). К образованной смеси добавляют раствор аммиака и проводят реакцию в течение 30–60 минут. Образованный осадок отфильтровывают, промывают растворителем и сушат при 60–90 °С в течение 12–24 часов. После промывки и сушки на полученный материал наносят со-катализатор – переходный металл, выбранный из группы Ni, Co, Cu, Pt, Ru, Ag, Au. Со-катализатор наносят осаждением из раствора соли металла с образование нанокластеров по поверхности сульфида кадмия. Причем, сульфид кадмия используют в количестве 5,0–20,0 % от массы фотокатализатора, переходный металл, выбранный из группы Ni, Co, Cu, используют в количестве 0,1–5,0 % от массы фотокатализатора, переходный металл, выбранный из группы Pt, Ru, Ag, Au, используют в количестве 0,01–1,0 % от массы фотокатализатора. Катализатор высушивают при температуре 60–80 °С в течение 12–24 часов.

Фотокаталитические процессы выделения водорода из воды, разложения органических соединений, очистка воздуха, очистка вод от загрязнений, обеззараживание вод. Изобретение позволяет снизить диффузные ограничения, обеспечить доступность активных центров фотокатализатора для реагентов, увеличить активность фотокатализатора за счет увеличения площади его активной поверхности, обеспечить эффективное разделение электронно-дырочных пар и увеличить скорости фотокаталитических реакций для очистки и обеззараживания воздуха в нефтегазовой отрасли, в химической промышленности, экологической сфере. По сравнению с известными аналогами отмечается высокая активность, высокая скорость выделения водорода, повышение фотокаталитической активности катализатора.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА»

№ 2389540, 19.08.2008

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ТЕРМОХИМИЧЕСКИМ РАЗЛОЖЕНИЕМ ВОДЫ

Установка для получения водорода термохимическим разложением воды, содержащая бункеры с исходными компо-

нентами, емкость для воды, емкость для хранения водорода, емкость для хранения кислорода, нагреватель для обеспечения температурных режимов термохимических циклов и соединенный с ним теплопроводами внешний источник тепла, а также реактор окисления и реактор восстановления, связанные между собой системой транспортирования исходных компонентов, промежуточных продуктов термохимических циклов и готового продукта с запорно-регулирующей арматурой, отличающаяся тем, что она снабжена блоком питания, управления и регулирования, а также электрохимическим генератором, включающим батарею топливных элементов, систему терморегулирования и блок инвертирования и трансформации электрического тока и соединенным трубопроводами с емкостями для хранения водорода и кислорода и питающим электроэнергией агрегаты установки через блок инвертирования и трансформации и блок питания, управления и регулирования с использованием проводов и разъемов. Установка, отличающаяся тем, что батарея топливных элементов соединена трубопроводом с емкостью для воды, по которому вода, образующаяся в результате реакции в топливных элементах, возвращается в установку для повторного использования.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ГОСТ

№ 16110-2-2016, 01.09.2017

ГЕНЕРАТОРЫ ВОДОРОДНЫЕ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТОПЛИВА. ЧАСТЬ 2. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Настоящий стандарт определяет технические требования к методам измерения рабочих характеристик водородных генераторов производительностью менее 400 м³/ч при 0 °С и 101,325 кПа (далее – водородные генераторы), преобразующих топливо в водородсодержащий газ, состав и свойства которого пригодны для устройств, использующих водород в энергоустановках, системах компримирования, хранения и транспортирования водорода).

Разработчик: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КВТ» (ООО КВТ); НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП НАВЭ)

№ 22734-1-2013, 01.01.2014

ГЕНЕРАТОРЫ ВОДОРОДНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДЫ. ЧАСТЬ 1. ГЕНЕРАТОРЫ ПРОМЫШЛЕННОГО И КОММЕРЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Настоящий стандарт устанавливает требования к безопасности и рабочим характеристикам установок для получения газообразного водорода, использующих электрохимические реакции при электролизе воды. Стандарт относится к водородным генераторам, в которых для переноса ионов используются: – растворы электролита; – твердые полимерные материалы с добавками кислотной функциональной группы, такие как кислотные протонообменные мембраны. Первая часть ГОСТ Р ИСО 22734 относится к водородным генераторам коммерческого и промышленного применения, использующимся

как внутри, так и вне зданий и сооружений. Стандарт предназначен для целей сертификации. Он не распространяется на водородные генераторы, используемые для бытовых нужд. Водородные генераторы, работающие на базе реверсивных топливных элементов, также не рассматриваются в настоящем стандарте.

Разработчик: НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ (НП НАВЭ)

№ 22734-2-2014, 01.07.2015

ГЕНЕРАТОРЫ ВОДОРОДНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДЫ. ЧАСТЬ 2. ПРИМЕНЕНИЕ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Настоящий стандарт определяет требования к конструкции, безопасности и исполнению устройств для получения газообразного водорода, которые далее именуются генераторами водорода, с использованием электрохимических реакций для электролиза воды с целью получения водорода. Данная часть применима к генераторам водорода, в которых используются среды на основе ионного переноса, такие как: – электролиты на водной основе; – твердо полимерные материалы с добавлением группы кислотных функций, например, кислотная протонообменная мембрана.

Разработчик: НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ (НП НАВЭ)»

№ 54110-2010, 01.07.2011

ВОДОРОДНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТОПЛИВА. ЧАСТЬ 1. БЕЗОПАСНОСТЬ

Стандарт распространяется на автономные водородные генераторы или генераторные системы с производительностью водорода менее 400 м³/ч при 0 °С и 101,325 кПа, преобразующие подаваемое топливо в водородсодержащий газ, состав и состояние которого пригодны для устройств, использующих водород (например, энергетических установок на топливных элементах, или системы компрессии, хранения и транспортирования водорода).

Настоящий стандарт распространяется на водородные генераторы, использующие один из следующих видов подаваемого топлива или их комбинацию: – природный газ и другие метаносодержащие газы, выделенные из возобновляемой биомассы или источников природного топлива, например, газ из органических отходов, биогаз, угольный газ; – топливо, полученное при переработке нефти, например, дизельное топливо, бензин, сжиженные нефтяные газы, такие как пропан и бутан; – спирты, эфиры, сложные эфиры, альдегиды, кетоны, синтетические жидкие углеводороды и другие водородсодержащие органические соединения, выделенные из возобновляемой биомассы или источников природного топлива, например, метанол, этанол, демитиловый эфир, биодизельное топливо; – газообразные смеси, содержащие водородный газ, например, синтез-газ и бытовой газ. Настоящий стандарт распространяется на стационарные водородные генераторы, предназначенные для коммерческого, промышленного, полупромышленного и бытового использования в помещении и вне помещения.

Целью документа является раскрытие всех существенных рисков, опасных ситуаций и случаев, имеющих отношение к водородным генераторам, за исключением рисков, ассоции-

рующихся с совместимостью с окружающими условиями (условиями установки), когда они используются в соответствии с назначением и при соблюдении условий, предусмотренных изготовителем.

РАЗРАБОТЧИК: НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП НАВЭ)

СПРАВОЧНИКИ

№ 30-2021, 01.04.2022

ПЕРЕРАБОТКА НЕФТИ

ИТС НДТ 30 содержит описание применяемых при переработке нефти технологических процессов, оборудования, технических способов, методов, в том числе позволяющих снизить негативное воздействие на окружающую среду, водопотребление, повысить энергоэффективность технологических процессов, обеспечить ресурсосбережение.

На основании анализа технологических процессов, оборудования, технических способов, методов (в том числе управления) определены решения, являющиеся НДТ. Для каждого технологического процесса установлены соответствующие технологические показатели.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИНХС РАН) СОВМЕСТНО С ТЕХНИЧЕСКОЙ РАБОЧЕЙ ГРУППОЙ N 30 (ТРГ 30) «ПЕРЕРАБОТКА НЕФТИ», СОСТАВ КОТОРОЙ УТВЕРЖДЕН ПРИКАЗОМ МИНПРОМТОРГА РОССИИ ОТ 22 СЕНТЯБРЯ 2020 Г. № 3151

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ (ТУ)

№ 16-440218.001-89, 01.02.1990

ГАЗОГЕНЕРАТОР ВОДОРОДНО-КИСЛОРОДНОЙ СМЕСИ П105 УХЛ4

Газогенератор предназначен для электролитического получения из воды водородно-кислородной смеси.

Газогенератор может быть использован как источник тепловой энергии в процессах газопламенной сварки и пайки черных и цветных металлов.

РАЗРАБОТЧИК: АО «АГРЕГАТ»

РУКОВОДЯЩИЕ ДОКУМЕНТЫ (РД)

№ 24-94, 15.10.1994

НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДЫ

Настоящие нормы определяют требования к проектированию технологических процессов, обязательные для всех проектных организаций, разрабатывающих проекты на строительство новых, реконструкцию, расширение и техническое перевооружение действующих производств (цехов) водорода

методом электролиза воды на предприятиях масложировой промышленности.

РАЗРАБОТЧИК: АО «ИНВЕСТЖИРПРОЕКТСЕРВИС»

01.07.1998

ТЕХНИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ – РЕГЛАМЕНТ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛЕДОВАНИЮ ОБОРУДОВАНИЯ УСТАНОВОК КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА И ГИДРООЧИСТКИ, РАБОТАЮЩИХ В ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩИХ СРЕДАХ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРЕ И ДАВЛЕНИИ

Настоящий Регламент распространяется на сосуда, печные змеевики и трубопроводы, находящиеся под воздействием водорода при повышенных температурах и давлении в процессах каталитического риформинга для получения высокооктановых компонентов бензина и ароматических углеводородов, гидроочистки топлив.

РАЗРАБОТЧИК: ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ — АО «ВНИИНЕФТЕХИМ»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

НИОКТР

№ 121102500058-7, 19.10.2021

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИЙ ПРОЕКТОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ (ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПУТЕЙ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ)

В рамках работ предполагается разработка концепций проектов перспективных энергоисточников малой мощности для обеспечения потребителей в малоосвоенных и труднодоступных районах России надежными, качественными, экологически приемлемыми и экономически конкурентоспособными энергоисточниками с полезной отдаваемой мощностью в диапазонах 10–100 кВт, 200–500 кВт, 1–2 МВт и 4–6 МВт. Работы включают анализ на ближайшую (2050 г.) и отдаленную (2100 г.) перспективу приоритетных путей развития атомных станций малой мощности (АСММ), в том числе в транспортном и транспортабельном варианте.

В рамках работ предполагается выполнение следующих задач: - разработка дополнительного обоснования мощностных диапазонов и требований к АСММ и концепций энергоисточников с прямым и механическим преобразованием энергии полезной отдаваемой мощностью из приведенного выше мощностного ряда, - проведение технико-экономических исследований в обоснование экономической эффективности разработки и внедрения энергоисточников малой и сверхмалой энергетики, включая анализ потребности, в т.ч. для специальных задач, - разработка и обоснование критериев сравнения и выбора концепций энергоустановок для дальнейшей разработки, - исследования перспективных технологий прямого преобразования энергии и обоснование создания энергоисточников с их применением, - исследования перспективных технологий механического преобразования энергии (двигатель Стирлинга, газотурбинные установки, в т.ч. на основе цикла Брайтона со сверхкритическим CO₂) и обоснование создания энергоисточников с их применени-

ем, - разработка концепции автономной энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии с водородным накопителем электрической мощностью 10–100 кВт, в т.ч. в транспортном варианте в виде гибридной дизель-водородной установки мощностью до 400 кВт.

Разработчик: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ЭНЕРГОТЕХНИКИ ИМЕНИ Н.А. ДОЛЛЕЖАЛЯ»

№ 122102000071-0, 20.10.2022

ИСПЫТАНИЯ БАТАРЕИ ПЛАНАРНЫХ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, НОМИНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТЬЮ 2 КВТ

Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) представляют собой устройства прямого преобразования химической энергии топлива в электрическую энергию. Благодаря исключению стадии сжигания топлива, коэффициент полезного действия таких устройств составляет не менее 45 %, а в случае использования выделяющегося тепла – не менее 80 %.

Установки на базе ТОТЭ имеют важное значение для распределенной энергетики. Они могут применяться для снабжения электрической и тепловой энергией потребителей, находящихся в удалении от инфраструктуры централизованного энергоснабжения, а также в условиях крайнего севера.

В качестве исходного топлива для ТОТЭ может использоваться чистый водород, а также синтез-газ, получаемый из углеводородов методами парциального окисления, паровой конверсии и др. Это расширяет области возможного применения топливных элементов, например, в качестве замены традиционным дизель-генераторам, обладающим коэффициентом полезного действия не более 10–15 % и требующим периодического обслуживания. В связи с изложенным работы, направленные на исследование эксплуатационных характеристик ТОТЭ, являются актуальными.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121111500205-7, 15.11.2021

РАЗРАБОТКА АВАНПРОЕКТА ПИЛОТНОЙ ВОДОРОДНОЙ ЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 60 КГ/ДЕНЬ

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ доступных и перспективных технологий получения и хранения водорода на заправочных станциях и технологий отгрузки потребителям водородного топлива (легковые автомобили, грузовики и автобусы); анализ потенциальных производителей и поставщиков оборудования с учетом проработки возможности локализации производства комплектующих и оборудования водородной заправочной станции на территории РФ; определение основных типоразмеров и технологических вариантов водородных заправочных станций по объемам поставляемого водородного топлива и сценарии их использования (автобусный парк, таксопарк, грузовой парк, общего назначения парк, парк горно-добычной, водный транспорт и т.п.) в том числе в составе автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС); разработаны схемные решения водородных заправочных станций различной производительности; проведение оценки эффективности и безопасности водородных заправочных станций,

определенных типоразмеров и технологических вариантов по разработанным схемным решениям в различных сценариях использования (359/700 бар) и определение наилучшего варианта водородной заправочной станции для реализации; проведение обоснования потребности разработки пилотной водородной заправочной станции; проведение оценки конкурентоспособности в сравнении с аналогами; проведение обоснования технико-экономических показателей пилотной водородной заправочной станции; проведение оценки затрат на создание пилотной водородной заправочной станции; проведение оценки эксплуатационных затрат пилотной водородной заправочной станции; проведение оценки показателей экономической эффективности; разработка основных технических решений по созданию и эксплуатации пилотной водородной заправочной станции с давлением заправки 350/700 бар.

Результат работы – аванпроект на пилотную водородную заправочную станцию.

Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития, при обосновании конкурентоспособности природного газа ПАО «Газпром», как продукта и его климатической безопасности в долгосрочной перспективе.

Разработчик: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ – ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122031700478-3, 14.03.2022

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА ПИЛОТНУЮ ВОДОРОДНУЮ ЗАПРАВОЧНУЮ СТАНЦИЮ

В процессе работы проводятся следующие исследования: разработка технических требований/характеристик/показателей, определяющих назначение, эксплуатационные характеристики, условия эксплуатации и применения пилотной водородной заправочной станции; определение основного оборудования пилотной водородной заправочной станции; определение требований к основным комплектующим и оборудованию, используемому на пилотной водородной заправочной станции с получением технико-коммерческих предложений от поставщиков; разработка требований к документации пилотной водородной заправочной станции; определение этапов разработки пилотной водородной заправочной станции; разработка технического задания на пилотную водородную заправочную станцию в соответствии с требованиями ГОСТ 15.016-2016 «Система разработки и постановки продукции на производство. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению».

Результат работы – техническое задание на создание пилотной водородной заправочной станции. Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития, экологической безопасности, управления, функционирования и развития Системы стандартизации ПАО «Газпром», при планировании и организации мероприятий по экспертизе и внедрению инновационных проектов в области водородной энергетики на объектах ПАО «Газпром».

Разработчик: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ – ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122080300072-5, 01.08.2022

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПЕРЕХОДА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО, ГИБРИДНЫЕ (В ТОМ ЧИСЛЕ НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ) АВТОМОБИЛИ И ЭЛЕКТРОМОБИЛИ В РЕГИОНАХ РОССИИ. АТЛАС

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ количества российского парка автомобильного транспорта по категориям транспорта и видам используемого топлива; анализ количества автомобильных заправочных станций по видам отпускаемого топлива в России; анализ потребления газомоторного топлива, энергоносителей гибридных (в том числе на водородных топливных элементах) автомобилей и электромобилей в автомобильном транспорте России; сравнительный анализ стоимости эксплуатации автотранспорта на газомоторном топливе, гибридных (в том числе на водородных топливных элементах) автомобилей и электромобилей в России; оценка потенциала снижения выбросов загрязняющих веществ в России при переходе автомобильного транспорта на газомоторное топливо, гибридные (в том числе на водородных топливных элементах) и электрические силовые установки (динамика, тенденции, количественные показатели снижения загрязнения воздуха по федеральным округам или субъектам Российской Федерации, в крупных российских городах с населением более одного миллиона человек); оценка потенциала снижения выбросов парниковых газов в России при переходе автомобильного транспорта на газомоторное топливо, гибридные (в том числе на водородных топливных элементах) и электрические силовые установки; прогноз выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов при переходе автотранспорта на газомоторные и гибридные силовые установки с учетом сценариев и горизонтов планирования государственных, региональных и корпоративных программ развития автотранспорта в России.

Результат работы – отчет о НИР «Оценка экологического эффекта перевода автомобильного транспорта на газомоторное топливо, гибридные (в том числе на водородных топливных элементах) автомобили и электромобили в регионах России. Атлас».

Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития экологической безопасности, управления, функционирования и развития системы стандартизации общества, при планировании и организации перехода автомобильного транспорта на газомоторное топливо, гибридные (в том числе на водородных топливных элементах) и электрические силовые установки.

Разработчик: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ – ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 121030100309-0, 02.02.2021

ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРЫ НА УГЛЕРОДНОЙ ОСНОВЕ, ПОЛУЧЕННЫЕ ИЗ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРОВ: СИНТЕЗ И СВОЙСТВА

Водородно-кислородные топливные элементы с протонообменной мембраной (PEMFC) и металл-воздушные батареи являются одними из наиболее эффективных и перспективных систем преобразования и хранения энергии. Как в PEMFC, так и в цинк-воздушных или алюминий-воздушных

батареях реакции восстановления и выделения кислорода, происходящие на катоде, являются основными электрохимическими процессами, определяющими производительность всей системы. Медленная кинетика таких реакций требует использования катализаторов, в качестве которых, как правило, выступают дорогостоящие металлы платиновой группы, что серьезно ограничивает дальнейшее применение и разработку источников энергии, использующих эти реакции. Производительность катализатора в значительной степени определяет общую производительность и эффективность устройств преобразования энергии, поэтому разработка катализаторов из материалов с низкой стоимостью, высокой активностью и высокой стабильностью является решающей для широкого применения этих новых энергетических технологий. В последние годы использование в электрокатализе углеродных материалов привлекает значительное внимание благодаря их типичным преимуществам, включая доступность сырья, высокую электропроводность, способность к настройке структуры и хорошую химическую стабильность. Критическое влияние на свойства таких электрокатализаторов оказывают состав и физико-химические свойства прекурсоров, используемых для пиролитического получения углеродного материала. Среди прекурсоров особенно выделяются азотсодержащие полимеры, направленный синтез которых предлагается в рамках текущего проекта. В результате пиролиза азотсодержащие полимеры превращаются в углеродные материалы, легированные азотом. Введение азота улучшает эксплуатационные качества углеродных материалов, поскольку при вхождении богатого электронами азота в углеродную решетку на вакансии атома углерода, гетероатом, не разрушая структуру sp^2 гибридизации графеновой плоскости, приносит дополнительную электронную плотность в делокализованную π -систему углеродных материалов. Благодаря избытку электронов увеличивается электропроводность. Включение азота также может изменить гидрофильность и гидрофобность катализатора и способствовать лучшему его контакту с электролитом и увеличению ионной проводимости. Структуру и состав азотсодержащих полимеров можно регулировать на молекулярном уровне. Это позволяет вводить большое количество гетероатомов, изменять электронную структуру углеродных материалов и способствовать образованию потенциально активных каталитических центров. Присутствие атомов азота также облегчает легирование углеродного материала металлами, образование координационной структуры металл-азот или закрепление металлических частиц, что увеличивает суммарную каталитическую активность. Кроме того, с использованием азотсодержащих полимеров возможно создание многомерного упорядоченного углеродного материала, что обеспечивает возможность конструирования высокоэффективных пористых углеродных электрокатализаторов. Следовательно, получение углеродных материалов с использованием азотсодержащих полимеров в качестве прекурсоров позволяет решить целый ряд критически важных задач в областях накопления энергии, адсорбции с улавливанием газа и электрохимическом катализе. Этот проект будет осуществляться в сотрудничестве с Харбинским технологическим институтом (Китай) и использовать обширный опыт китайской стороны в области разработки топливных элементов и воздушно-цинковых батарей для приготовления высокоэффективных катализаторов на основе недорогих металлов. Благодаря сотрудничеству в рамках этого проекта станет возможным значительно повысить уровень исследований в области катализаторов из недорогих металлов, и сократить разрыв с ведущими в этой области странами. Этот проект имеет также большое значение для содействия индустриализации топливных элементов и металл-воздушных батарей благодаря ожи-

даемому получению методик синтеза новых высокоэффективных катализаторов на основе недорогих металлов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121032500059-4, 16.03.2021

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ТВЕРДОФАЗНЫХ ПРОЦЕССОВ И ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ РЕАКЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ ТВЁРДЫХ ТЕЛ

Цели исследования и их актуальность:

1. Изучение механизма поверхностных реакций в электродных, мембранных и сорбционных материалах.

Оксиды со смешанной кислород-электронной проводимостью (СКЭП) находят свое применение в качестве: электродных материалов, замещающих дорогостоящую платину в твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ), которые генерируют электроэнергию с КПД ~60-70 %; мембранных материалов в каталитических мембранных реакторах (КМР), обеспечивающих одновременную сепарацию кислорода из воздуха и парциальное окисление легких углеводородов; например, метана в ценные продукты, что может снизить себестоимость синтез-газа ($\text{CO} + 2\text{H}_2$) на 30 %, а также катализаторов, твердооксидных электролизеров для получения водорода и датчиков парциального давления кислорода.

В последнее время повышенный интерес вызывают металлы и сплавы, которые могут заменить палладий в селективных водород-проницаемых мембранах для получения сверхчистого водорода, используемого в топливных элементах с полимерными мембранами. КМР с водород-проницаемыми мембранами представляют практический интерес в процессах конверсии метана (смещение равновесия) и гидрирования органических соединений.

Таким образом, изучение механизма обмена материалов с газовой фазой и факторов, определяющих кинетику поверхностных реакций в электродных, мембранных и сорбционных материалах является актуальной задачей.

2. Изучение влияния механических процессов, возникающих при химических реакциях, на их кинетику и микроструктуру продукта.

Характерной особенностью химических реакций в твердой фазе является возникновение напряжений из-за несоответствия структур и объема продуктов и реагентов. Релаксация напряжений приводит к образованию различных дефектов, которые оказывают значительное влияние на кинетику и микроструктуру продукта реакции. Между напряжениями и реакцией возникает обратная связь (реакция вызывает напряжения, а напряжения и дефекты влияют на реакцию). Данное направление проекта посвящено изучению различных проявлений этой обратной связи.

3. Изучение влияния предварительной механической и радиационной обработки нативных и резистентных крахмалов на изменение их физико-химических свойств и реакционной способности.

Крахмалы являются источником углеводов в питании человека и животных и субстратами для микробиологической промышленности, поэтому совершенствование кормов и эффективность производства субстратов важны для развития интенсивного животноводства и совершенствование методов

зеленой химии. Крахмалы являются сырьем для производства новых smart, гибридных и биоразлагаемых полимеров, создание и производство которых является приоритетным направлением химического промышленности. Для решения перечисленных задач необходимо уметь изменять физико-химические свойства крахмалов, а для оптимизации технологических процессов их переработки необходимо также контролировать реакционную способность крахмалов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121080400141-8, 02.08.2021

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ УСТРОЙСТВА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С МЕМБРАНАМИ ИЗ КИСЛЫХ СОЛЕЙ

Проект направлен на решение одной из наиболее важных задач водородной энергетики – создание среднетемпературных топливных элементов (ТЭ) нового типа. Значительный интерес к среднетемпературным ТЭ (130–350 °C) с мембранами из твердых электролитов обусловлен оптимальной рабочей температурой с точки зрения энергозатрат, чистоты топлива, водного менеджмента и использования недорогих конструкционных материалов. Однако использование ТЭ данного температурного диапазона сдерживается отсутствием разработанных материалов мембран, удовлетворяющих ряду требований: высокая протонная проводимость при низкой электронной составляющей, механическая прочность, низкая газопроницаемость, термическая и химическая устойчивость. Наиболее перспективными являются протонпроводящие мембраны на основе кислых солей щелочных металлов с общей формулой $\text{MxHy}(\text{AO}_4)_p$ ($\text{M}=\text{Cs}, \text{Rb}, \text{K}, \text{Na}, \text{Li}, \text{NH}_4$; $\text{A}=\text{S}, \text{Se}, \text{As}, \text{P}$), для которых характерен фазовый переход в суперионное состояние с высокой протонной проводимостью (~10-2 См/см). В 2001 г. была показана возможность создания ТЭ с мембранами из кислых солей Solid Acid Fuel Cell (SAFC). Для достижения более эффективной и стабильной работы водород-воздушных ТЭ на основе кислых солей необходимо увеличить газоплотность мембран, уменьшить толщину для снижения омических потерь, усовершенствовать состав электродных композиций, а также способов их нанесения, обеспечить эффективный отвод воды с катода. Исследования новых перспективных полимерных систем, проведенные в последнее время, позволили синтезировать тонкие прочные мембраны, сочетающие в себе гибкость и гидрофобность с высокой протонной проводимостью. Поиск эффективных электродных композиций и создание высокой и устойчивой во времени трехфазной границы «электролит-электрод-газ», обеспечивающей высокие электрохимические характеристики ТЭ, является исключительно важной и многофакторной задачей для развития технологии создания SAFC. Данный проект, направленный на оптимизацию состава мембран, исследование электродных композиций, механизмов процессов на межфазных границах, позволит создать не только базу фундаментальных знаний в области ионки твердого тела, но и приблизит эти системы к реальному использованию.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121070500025-1, 23.06.2021

НОВЫЕ ИОНООБМЕННЫЕ МЕМБРАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Среди систем для накопления энергии наиболее перспективными являются аккумуляторы и топливные элементы. Литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) отличает рекордно высокая энергоемкость на единицу объема и массы, длительный ресурс работы и высокий коэффициент полезного действия. В связи с малым содержанием лития в земной коре и рассеянностью его запасов в сфере большой энергетики более предпочтительно выглядят шансы натрий-ионных аккумуляторов.

Очевидным недостатком аккумуляторов являются большие потери при хранении энергии за счет саморазряда. Поэтому они становятся неэффективными, если речь идет об аккумулировании энергии на длительное время. В этом случае значительные преимущества имеют топливные элементы (ТЭ), в частности, водородно-воздушные ТЭ. Они являются экологически чистыми, имеют высокий КПД, и водород может храниться очень долго. Наконец, при получении из биомассы и рядом других способов водород можно рассматривать как возобновляемый источник энергии. Нельзя не отметить и тот факт, что Россия так же, как и целый ряд других стран, приняла решение о формировании программы по водородной энергетике. Это непременно скажется на ее востребованности экономикой России.

Одним из основных компонентов ТЭ и металл-ионных аккумуляторов является электролит или ион-проводящая мембрана, разделяющая катодное и анодное пространство и осуществляющая ионный перенос между ними. Правда, сейчас в большинстве ЛИА с этой целью используются высокопористые сепараторы, наполненные раствором солей лития, но взят активный курс на создание более безопасных полностью твердотельных аккумуляторов, в которых, пожалуй, наиболее перспективными являются полимерные ионпроводящие мембраны. Они также используются для перспективных устройств, получающих энергию при смешении речной и морской воды (обратный электродиализ). Наиболее важными характеристиками мембран, используемых в этих устройствах, являются ионная проводимость и селективность процессов переноса. Важнейшей задачей является получение мембран, обладающих как высокой проводимостью, так и селективностью. К сожалению, между этими свойствами объективно существует антагонизм – чем выше проводимость мембран, тем ниже их селективность. Эта закономерность, обнаруженная изначально для газоразделительных мембран, была затем развита и обоснована нами для ионообменных мембран. Тем не менее, существует ряд подходов, позволяющих улучшить селективность ионообменных мембран, не оказывающих значимого негативного влияния на их проводимость или даже, напротив, повышающих ее. В первую очередь речь идет о модификации поверхности мембран тонкими пленками или об интеркаляции в их структуру наночастиц. Эти подходы в мембранной науке имеют сравнительно короткую историю, но весьма активно развиваются именно в последние годы, о чем свидетельствуют работы, выполненные в данном направлении.

Для контроля за качеством синтезируемых материалов, визуализации наночастиц и наноразмерных слоев в них и анализа состава представляется важным использование широких возможностей центра коллективного пользования Института органической химии РАН (ЦКП ИОХ РАН) огромные возможно-

сти в области как просвечивающей, так и сканирующей электронной микроскопии, а также ЯМР и масс-спектроскопии.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.С. КУРНАКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121052400099-9, 14.05.2021

НОВЫЕ ПРОТОН-ПРОВОДЯЩИЕ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Разработка научных основ создания новых мембранных материалов для электрохимических источников энергии – когенеративных установок, топливных элементов, водных и газовых электролизеров, водородных насосов, эффективно работающих в области низких температур от 60 до 300 °С – является серьезной научной проблемой, связанной с устойчивым переходом к водородной энергетике. Широкое применение таких электрохимических устройств с протон-проводящими мембранами (полимерными, оксидными) сдерживаются рядом серьезных факторов: необходимостью снижения омических и поляризационных потерь (повышения плотности тока), улучшения химической и механической стабильности мембран при различных температурах и в присутствии влаги, а также необходимостью использования водородного топлива высокой чистоты. Полисульфоновая кислота (ПСК), предлагаемая в качестве материала мембран, характеризуются высокой протонной проводимостью порядка 10^{-3} – 10^{-2} См/см при температурах, близких к комнатным, и термической стабильностью до 400 °С, что позволяет рассматривать в качестве перспективных протонных проводников. Исследований, направленных на исследование потока ионов (протонов) через оксидные мембраны, а также явлений на интерфейсах для повышения плотности тока и снижения поляризации к настоящему моменту не проводилось. В связи с вышесказанным, целью проекта является разработка новых протон-проводящих мембранных материалов на основе ПСК, обладающих улучшенной стабильностью и высокой проводимостью при низких температурах (20–300 °С). Для этого будет проведено уточнение механизма проводимости в мембранах на основе кристаллической ПСК на основе комплексного изучения взаимосвязи их структуры и проводимости детальное изучение явлений на фазовых границах методами ЭДС в варианте хронопотенциометрии и импедансной спектроскопии.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121091400045-5, 02.09.2021

НОВЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Проект направлен на исследование и выявление закономерностей процессов получения новых углеродных и композиционных электродных материалов, производимых из отходов переработки возобновляемого растительного сырья, отходов сельского хозяйства и пищевой промышленности для современной экологически чистой и ресурсосберегающей энергетики. Научная новизна проекта заключается в решении проблемы создания востребованных материалов для современных систем распределенной энергетики. Важно, что для получения этих материалов будут использованы отходы переработки растительной биомассы (производство масла, соков, сахара, пивоварение, виноделие, производство фурановых

производных, биополимеров и т.д.), что решает проблему утилизации крупнотоннажных экологически небезопасных отходов. Такой комплексный подход внесет существенный вклад в развитие в РФ современной экологически чистой, в том числе водородной, и ресурсосберегающей энергетики.

В результате выполнения проекта будут получены новые фундаментальные знания о закономерностях превращения растительной биомассы и отходов ее переработки, которые послужат научными основами для разработки экологических малоотходных технологий создания современных электрохимических систем преобразования и накопления энергии с низким углеродным следом, таких как твердополимерные топливные элементы (ТПТЭ) и электролизёры, суперконденсаторы (СК), метал-ионные аккумуляторы (МИА) и проточные редокс батареи (ПРОБ). Будут разработаны научные основы создания электродных материалов нового поколения для энергетической промышленности на основе нативных и модифицированных гетероатомами, наночастицами металлов, оксидов/гидроксидов переходных металлов УМ, полученных в результате термохимической конверсии отходов пищевой промышленности, отходов переработки растительной биомассы в производные фурана и карбоновые кислоты (гумины). Будет проведено комплексное исследование физико-химических и электрохимических свойств всех типов полученных композитов в модельных и реально работающих системах преобразования и хранения энергии, на основании которых будут установлены основные закономерности, связывающие вид углеродного сырья, способ получения УМ, метод модифицирования, функциональные характеристики получаемого материала.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 121092300052-1, 16.09.2021

РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ЭЛЕКТРОЛИЗНУЮ БАТАРЕЮ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ОБРАЗЦА ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ УСТАНОВКИ С АСИММЕТРИЕЙ ДАВЛЕНИЯ. РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОБРАЗЕЦ ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ УСТАНОВКИ С АСИММЕТРИЕЙ ДАВЛЕНИЯ. ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Перспективным и современным решением для энергообеспечения общества является широкомасштабное внедрение природоподобных технологий генерации энергии, в частности, инновационных водородных энерготехнологий, основанных на применении топливных элементов (ТЭ), в первую очередь, на основе твердого полимерного электролита (ТПЭ). При этом проблема эксплуатации ТЭ с ТПЭ при отрицательных температурах является важной и не решенной практической задачей, требующей проведения дополнительных исследований, в том числе, фундаментального характера. Целью проекта является разработка фундаментальных основ функционирования твердополимерных топливных элементов с твердым полимерным электролитом (ТЭ с ТПЭ) на основе бинарного топлива, представляющего собой смесь водорода и спиртов, в условиях отрицательных температур, и создание научных основ технологии ТЭ этого типа. Новизна предлагаемого проекта состоит в применении бинарного топлива, представляющего собой смесь водорода и спирта (метанол,

этанол), для водородно-воздушных ТЭ с ТПЭ и исследовании морфологических, физико-химических и электрокаталитических свойств мембранно-электродных блоков и изменения этих свойств при циклировании температуры в интервале от -60 °С до +80 °С при использовании бинарного топлива. Междисциплинарность проекта обусловлена его выполнением на стыке гетерогенного катализа, электрохимии, коллоидной химии, материаловедения, кристаллографии, плазмохимии, химии поверхности и водородной энергетики. В результате выполнения проекта будут оптимизированы состав и структура мембраны, каталитических слоев и мембранно-электродных блоков, а также ячеек ТЭ с ТПЭ в целом для режимов эксплуатации водородно-воздушного ТЭ с ТПЭ в условиях низких температур, получены новые данные по кинетике процессов при низких температурах. Предполагается создание математической/физико-химической модели для определения оптимальных режимов эксплуатации ТЭ с использованием бинарного топлива переменного состава, включая холодный пуск/остановку. Будет разработана и исследована экспериментальная батарея ТЭ мощностью 100 Вт для эксплуатации при отрицательных температурах (включая холодный пуск/остановку). Полученные результаты позволят разработать научные основы отечественной технологии функционирования ТЭ с ТПЭ на основе бинарного топлива, эксплуатируемого в условиях низких температур.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

№ 121120100270-1, 29.11.2021

ИССЛЕДОВАНИЕ ФРОНТА ПЛАМЕНИ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ В КАНАЛАХ С ЭЛЕМЕНТАМИ ЯЧЕИСТОЙ И ВОЛОКНИСТОЙ СТРУКТУРЫ

Процесс распространения ламинарного горения с момента возникновения очага воспламенения нередко сопровождается ускорением фронта пламени и переходом горения в детонацию, что может привести к разрушениям конструкций, узлов и агрегатов. Воздействуя на распространение фронта пламени на начальном этапе ускорения, возможно исключить формирование детонации. В проекте предлагается изучение влияния пористых материалов как волокнистой, так и ячеистой структуры на скорость и структуру фронта пламени в пористом материале и канале. В качестве теплопоглощающих элементов будут использованы пористые покрытия и перегородки, изготовленные из материалов, отличающиеся по механическим и термодинамическим характеристикам: полиуретан, стальная медь, стальная шерсть. Использование современных средств регистрации процессов в инфракрасном (ИК) диапазоне позволит связать теплопередачу в пористом слое с динамикой фронта пламени. Будут получены ИК-изображения фронта пламени одновременно в свободном сечении канала и внутри пористого материала с высоким разрешением. Такой метод формирования изображений позволяет по-новому взглянуть на распространение фронта пламени в гомогенных и гетерогенных системах. Комплексный подход заключается в одновременном использовании средств скоростной теневой регистрации процессов, регистрации с помощью ИК-камеры и измерения давления. Будут получены экспериментальные данные о структуре и динамике фронта пламени внутри пористого материала и канала как при нормальном, так и тангенциальном распространении фронта пламени относительно пористого материала, а также значения скорости, давления, теплового потока. Будет установлено

влияние состава горючей смеси на скорость фронта пламени в канале с пористым материалом и получены параметры и геометрические характеристики пористых материалов, при которых достигается максимальное ослабление интенсивности действия продуктов горения по сравнению с каналом без пористого материала. С использованием сканирующего электронного микроскопа и энергодисперсионного анализа будет исследован пористый материал до и после прохождения фронта пламени.

Научная новизна проекта заключается в том, что будет решена комплексная задача взаимодействия ускоряющегося фронта пламени с пористым материалом, с учётом процессов тепло- и массопереноса как в газовой среде, так и в пористом теплопоглощающем материале. Полученные экспериментальные данные о динамике фронта пламени в пористой среде и канале будут обобщены, и будет получена полуэмпирическая зависимость предела тушения пламени. На основании существующих моделей неустойчивого ламинарного и турбулентного горения в свободном объёме, фильтрационного горения газов, теплообмена с пористой средой и экспериментально полученных данных по структуре и распространению пламени над слоем и через слой пористого материала различных свойств будет сформулирован набор уравнений, описывающий скорость горения в зависимости от свойств горючей смеси, пористого материала и пространственно-временных характеристик области горения. Будет выполнен аналитический расчет, и будут получены критерии, позволяющие определять пределы тушения на основе теплообмена между областью горения в свободном объёме и каркасом пористого материала, режима фильтрационного горения газов, турбулизации и торможения потока на границе с пористым материалом и неустойчивости пламени в свободном объёме. Полученные в данном проекте характеристики движения фронта пламени в пористой среде и канале могут быть актуальны для оценки вероятности развития различных сценариев ускорения фронта пламени и будут способствовать созданию эффективной и безопасной транспортной инфраструктуры с источниками энергии на основе горения и топливных элементов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122012500156-1, 25.01.2022

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Цели НИР: Разработка новых источников энергии (топливные элементы, пост-литиевые аккумуляторы, редокс-батареи, системы накопления на основе водородного цикла), способных эффективно работать в условиях Сахалинской области и Курильских островов.

Тематика производства и использования водорода особенно актуальна для Сахалинской области и является одним из стратегических приоритетов научно-технологического развития региона. Это связано с рядом факторов. Во-первых, Сахалинская область является пилотным регионом, задачей которого является достижение углеродной нейтральности к 2024 г. Во-вторых, регион имеет стратегически удобное положение для экспорта водорода в страны АТР. Кроме того, Сахалинская область имеет большой потенциал для создания пилотных проектов в сфере водородного транспорта: цены на бензин на 20 % выше, чем в других регионах России, что может сделать внедрение транспортных водородных проектов целесообразным с экономической точки зрения для конечных пользовате-

лей автомобильного транспорта; островная железная дорога о. Сахалин, обособленная от железнодорожной системы России, может быть переоборудована для пилотного проекта по водородному локомотиву.

Так, в Сахалинской области реализуется ряд проектов по тематике водородной энергетики, в частности: 1. Сахалинская область принимает активное участие в работе водородного кластера в рамках подписанного соглашения между Минвостокразвития России, Правительством Сахалинской области и ГК «Росатом». 2. В регионе запланировано строительство завода по производству водорода АО «Русатом Оверсиз» совместно с Air Liquide для экспорта водорода в Японию и другие страны АТР, в рамках трехстороннего меморандума с Правительством Сахалинской области. 3. В регионе запланирована реализация проектов по использованию водорода на железнодорожном транспорте в рамках Соглашения между АО «РЖД», ГК «Росатом», АО «Трансмашхолдинг» и Правительством Сахалинской области о создании железнодорожного сообщения на поездах с использованием водородных топливных элементов.

В результате выполнения исследовательских экспериментальных и расчетных работ планируется получение новых полимерных и твердых электролитов для электрохимических накопителей с протонной проводимостью и по ионам лития, натрия, калия, магния, а также электродных материалов для создаваемых литиевых и пост-литиевых аккумуляторов и топливных элементов, в том числе систем с несколькими накопителями энергии. Создание новых материалов для системы накопления энергии на основе водородного цикла и безопасного хранения водорода.

На основе данных изучения графиков генерации и потребления энергии, существующих на Сахалине и Курилах и планируемых к внедрению ветровых и солнечных электростанций, и моделирования работы каждой из выбранных станций планируется изготовить оптимальные системы хранения энергии с учетом местных особенностей для выбранных объектов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САХАЛИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122062400001-0, 23.06.2022

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ДЛЯ ПРЯМЫХ БОРГИДРИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Низкотемпературные топливные элементы в настоящее время рассматриваются в качестве одних из наиболее перспективных источников питания, которые наряду с аккумуляторами должны в ближайшем будущем занять значительную нишу в мировой экономике. Вместе с тем широкое распространение водород-кислородных топливных элементов сдерживается высокой стоимостью катализаторов, а также систем хранения и транспортировки водорода. В связи с этим в последние годы растет интерес к использованию топливных элементов на основе жидкого топлива и, в частности, боргидрида натрия. Данное соединение при нормальных условиях находится в твердом состоянии, что позволяет существенно сократить затраты на его хранение и транспортировку. Кроме того, боргидрид растворяется без разложения в сильнощелочных растворах, облегчая его дальнейшую эксплуатацию. Применение щелочных электролитов позволяет использовать электрокатализаторы на основе легко доступных и недорогих

неблагородных металлов, повышая тем самым конкурентоспособность прямых боргидридных топливных элементов в качестве стационарных и мобильных источников питания. В частности, значительный интерес представляет их использование в отдаленных районах, где отсутствует централизованное электроснабжение, а также на подводных лодках и летательных аппаратах ввиду высокой энергоэффективности боргидрида натрия на единицу массы. Примечательно, что прямое окисление боргидрида в топливном элементе, то есть исключая стадию его гидролиза с выделением водорода, позволяет получить дополнительный выигрыш в напряжении элемента в размере до 0.41 В по сравнению с водород-кислородными топливными элементами.

Согласно последним исследованиям в данной области, электрокатализаторы на основе никеля являются одними из наиболее перспективных анодов прямых боргидридных топливных элементов. Примечательно также, что никель по активности и стабильности превосходит электрокатализаторы на основе платины и палладия. Однако высокая активность никеля в реакции окисления боргидрида сопровождается интенсивным выделением водорода вследствие параллельно протекающего на поверхности катализатора гидролиза боргидрида. Это приводит к снижению фарадеевской эффективности процесса до 50 % (выделение 4 электронов вместо максимально возможных 8 на одну молекулу боргидрида), а также блокированию части активной поверхности катализатора образующимися пузырьками газа.

Целью текущего проекта является установление способов повышения фарадеевской эффективности электрокатализаторов на основе никеля в реакции окисления боргидрида в щелочной среде. Для достижения поставленной цели будет реализована стратегия, которая заключается в синтезе биметаллических NiM/C катализаторов (M = Cu, Au, Ru) оптимального состава и подборе оптимальных условий (соотношение концентраций NaOH и NaBH_4) их функционирования на основе разработанной в рамках проекта кинетической модели. Впервые исследование свойств никельсодержащих катализаторов будет проведено с тщательным контролем состояния их поверхности – параметра, который, как было недавно продемонстрировано, является ключевым для проявления высокой активности никеля в реакции окисления боргидрида.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122031700168-3, 14.03.2022

РАЗРАБОТКА СЕЛЕКТИВНОГО ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОГО СЕНСОРА ВОДОРОДА

Предполагается, что в ближайшем будущем водород станет одним из основных видов топлива в энергетике. Для этого будет создана необходимая инфраструктура, которая будет включать его производство, хранение, транспортировку, а также систему безопасного использования водорода в энергетике, промышленности и транспорте. При этом, несмотря на экологическую привлекательность, водород является более опасным в обращении, чем природный газ и другие углеводороды.

Поэтому необходима система мониторинга утечек водорода и контроль его концентрации в воздухе в диапазоне дозвзрывных концентраций (от 0 до 4 % об.), поскольку

в большей части остального диапазона концентрации (от 4 до 75 % об.) смеси водорода и воздуха взрывоопасны. До последнего времени селективным сенсорам водорода в диапазоне дозвзрывных концентраций не уделялось большого внимания. Существующие термокаталитические сенсоры рассчитаны для измерения всей совокупности горючих газов. Полупроводниковые сенсоры имеют еще худшую селективность, чем термокаталитические сенсоры. Электрохимические сенсоры рассчитаны на диапазон ppm концентраций. А оптические сенсоры не подходят для детектирования водорода в виду отсутствия полосы поглощения водородом инфракрасной энергии в ближней и средней области спектра. Исходя из сказанного, разработка селективных сенсоров водорода является масштабной задачей, требующей комплексного подхода как к созданию катализаторов, так и методик проведения измерений.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 122071200010-6, 01.07.2022

РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНОЙ ПРОТОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНЫ С НАНЕСЕННЫМ КАТАЛИТИЧЕСКИМ СЛОЕМ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ВОДОРОДНОМ ТОПЛИВНОМ ЭЛЕМЕНТЕ

Результатом выполнения данного проекта будет комплексная оценка функциональных характеристик каждого компонента в отдельности и мембранно-электродного блока в целом, что позволит получить новые знания о причинах и механизмах деградации перфторированных мембран при использовании различных видов катализаторов, и принципах отбора и предобработки платиноуглеродных электрокатализаторов. Для этого будут получены наноструктурные платиновые и биметаллические катализаторы, обладающие значительно более высокими функциональными характеристиками по сравнению с коммерческими аналогами. На основании изучения физико-химических характеристик различных модификаций отечественных перфторированных мембран будут найдены материалы, обладающие оптимальным сочетанием механической прочности, протонной проводимости в условиях ограниченной влажности, газопроницаемости и устойчивости к деградации в окислительной среде. Оценка эффективности работы мембранно-электродного блока с модифицированными перфторированными мембранами и синтезированными платиноуглеродными электрокатализаторами позволит сформулировать принципы создания перспективного для использования устройства на компонентах отечественного производства.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-А19-119013190062-7, 31.01.2019

РАЗРАБОТКА ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТИПОВ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ МОЩНОСТЕЙ С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНЫХ ГРАФИКОВ

ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ, ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, РЕСУРСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ДОЛГОСРОЧНЫХ ИНТЕРЕСОВ СТРАНЫ

Целью работы является изучение эффективных способов обеспечения переменных нагрузок энергосистем, повышение эффективности и безопасности АЭС и водородных технологий на АЭС, повышение эффективности использования возобновляемых источников энергии. Будут выполнены исследования направлений повышения энергоэффективности и конкурентоспособности при создании и использовании нетрадиционных установок на возобновляемых источниках энергии, в том числе при комбинировании с теплоэнергетическими установками на органическом топливе, а также с возможными системами аккумулирования энергии. Будут разработаны эффективные пути развития и обоснованы направления совершенствования энергогенерирующих мощностей с учетом надежности и безопасности их функционирования в условиях неравномерных графиков электропотребления и достигаемых ресурсных показателей. Будут созданы научные основы построения водородных циклов в интеграции с влажно-паровыми АЭС, обеспечивающие аккумулирование энергии и повышение коэффициента использования установленной мощности АЭС в энергосистемах. Будут рассмотрены альтернативные пути аккумулирования энергии на атомных электростанциях, включая разработку и обоснование схемно-параметрических и технологических решений на основе аккумуляторов фазового перехода. В условиях непрерывного повышения требований к безопасности атомных электростанций, вызванного ростом числа устанавливаемых реакторов и удельных капиталовложений в их системы безопасности, предполагается поиск рациональных путей безопасного расхолаживания реакторов в аварийных ситуациях с обесточиванием на основе разработок систем многофункционального резервирования.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ САРАТОВСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122070800006-6, 04.07.2022

РАЗРАБОТКА МАКЕТОВ КОМПОЗИТНЫХ БИПОЛЯРНЫХ ПЛАСТИН ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Одним из перспективных источников энергии являются топливные элементы, использующие водород в качестве топлива и кислород в качестве окислителя. Процесс производства электроэнергии в топливном элементе проходит в одну стадию без промежуточных преобразований химической энергии в тепловую, тепловой — в механическую, а затем уже в электрическую. Это делает системы энергоснабжения на основе топливных элементов значительно более эффективными по сравнению с традиционными источниками энергии. К тому же топливные элементы, использующие водород в качестве топлива, обеспечивают нулевую эмиссию CO_2 , так как единственным продуктом электрохимических реакций между молекулами водорода и кислорода является вода.

В настоящее время наибольшее распространение получили твердополимерные топливные элементы (ТПТЭ). В 2018 г. было реализовано более 74 тыс. шт. систем энергоснабжения на основе топливных элементов суммарной мощностью 803 МВт, из них более 56 % (42 тыс. шт.) были энергоустановками с ТПТЭ, общей мощностью 589 МВт. 2019 год стал знаменательным для мировой индустрии топливных элементов — объем совокупной мощности в данном сегменте энергетики достиг 1,1 ГВт, увеличившись на 40 % по сравнению с 2018 г.

Приведенные данные отражают существующую потребность в эффективных экологически чистых установках на основе топливных элементов различного мощностного диапазона.

Эффективность процесса преобразования химической энергии в электрическую в ТПТЭ зависит от многих факторов, в том числе от электропроводности между единичными ячейками ТПТЭ, равномерности распределения топлива и окислителя, отвода тепла от ячейки, механической прочности конструкции стека ТПТЭ. За выполнение всех указанных функций в ТПТЭ отвечает биполярная пластина (БП). К тому же БП составляет до 80 % веса ТПТЭ и около 30 % его стоимости. Требования к материалу и конструкции биполярных пластин очень высоки и должны учитывать электро- и теплопроводность, газопроницаемость, коррозионную стойкость, механическую прочность. В настоящее время в РФ производство любых БП для ТПТЭ отсутствует, что в том числе определяет импортозависимость нашей страны в области водородных технологий. Биполярные пластины во многом определяют эффективность работы топливного элемента с протоннообменной мембраной и на 30 % его стоимость. В настоящее время в РФ производство любых БП для ТПТЭ отсутствует, что определяет импортозависимость нашей страны в области водородных технологий. Термопластичные или терморезистивные композиты имеют ряд преимуществ перед металлическими и графитовыми материалами в отношении коррозионной стойкости, гибкости, веса и экономической целесообразности производства БП. Настоящий проект предусматривает создание макетов композитных БП, на основе композита разработанного состава для ТПТЭ с открытым катодом мощностью не менее 0,1 кВт и не менее 0,5 кВт.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 122082600060-3, 26.08.2022

МЕХАНИЗМЫ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА И МЕТАНО-ВОДОРОДНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

В соответствии с «дорожной картой» к 2024 году предусмотрена реализация ряда пилотных проектов в области водородной энергетики, одним из которых является разработка, изготовление и проведение испытаний газовых турбин на метано-водородном топливе. В настоящее время в мире существует множество различных программ по декарбонизации или переходу на водородное топливо. Согласно докладу Bloomberg «Перспективы водородной экономики», к 2050 году 24 % мировых потребностей в энергии будет покрывать водород, а его цена снизится до уровня сегодняшних цен на газ. По одному из сценариев интеграции водородных технологий в энергокомплекс США, водород к 2040 году станет вторым после электроэнергии всеобщим энергоносителем. При этом потребность в первичной энергии угля, газа и нефти упадет на 73 %, 34 % и 18 % соответственно, а доля возобновляемых источников энергии возрастет в 4–5 раз. Все это показывает актуальность исследований в области применения водорода, а также метано-водородных смесей в качестве топлива для газовых турбин, наземного транспорта и авиационных двигателей. Горение водорода и метано-водородных смесей отличается высокой скоростью распространения пламени и более высоким тепловыделением относительно горения метанового топлива. Все это приводит к возрастанию температуры во фронте пламени и скорости его распростра-

нения, что приведет к повышенным выбросам оксидов азота NO_x и может привести к прогару элементов двигателя. Для решения проблем, связанных с высокими выбросами оксидов азота, необходимо понимать механизмы их образования на фундаментальном уровне, а именно уточнять кинетические суб-механизмы образования NO_x и соответствующие константы скорости химических реакций, включать их в кинетические модели горения метано-водородных и водородных топливо-воздушных смесей. Также необходимо проверять полученные механизмы на собственных экспериментах по определению нормальной скорости распространения пламени и концентраций оксидов азота в продуктах сгорания. В связи с этим в рамках проекта планируется решить актуальные в настоящее время вышеизложенные задачи.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»

№ 122070800007-3, 05.07.2022

РАЗРАБОТКА ГРАФИТОПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ БИПОЛЯРНЫХ ПЛАСТИН ТВЕРДОПОЛИМЕРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Проект направлен на разработку состава композиционного материала для создания отечественного производства композитных биполярных пластин (БП) для применения в экологически чистых системах генерации электроэнергии из водорода на основе топливных элементов широкого мощностного спектра.

Перспективным источником энергии являются топливные элементы, использующие водород в качестве топлива и кислород в качестве окислителя и имеющие значительно более высокую эффективность и экологичность по сравнению с традиционными источниками энергии. Важнейшее перспективное использование водорода – транспорт на водородных топливных элементах, наибольшее распространение получили низкотемпературные твердополимерные топливные элементы (ТПТЭ). Эффективность процесса преобразования химической энергии в электрическую в ТПТЭ зависит от многих факторов, реализация которых обеспечивается биполярными пластинами, в том числе от электропроводности между единичными ячейками ТЭ, равномерности распределения топлива и окислителя, отвода тепла от ячейки, механической прочности конструкции стека ТПТЭ. Поэтому требования к материалу и конструкции биполярных пластин очень высоки и должны учитывать электро- и теплопроводность, газопроницаемость, коррозионную стойкость, механическую прочность. В настоящее время в РФ производство любых БП для ТПТЭ отсутствует, что в том числе определяет импортозависимость нашей страны в области водородных технологий.

Таким образом, исследования материалов для биполярных пластин под задачи и специфику конкретного потребителя уже сегодня являются лимитирующим фактором при массовом производстве систем генерации электроэнергии из водорода, на основе топливных элементов, способных конкурировать не только на российском, но и на мировом рынке.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 121052600153-6, 12.05.2021

ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЗАДЕЛА ПО СОЗДАНИЮ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ, СОВМЕЩЕННОЙ С КАТАЛИТИЧЕСКИМ РИФОРМЕРОМ И СОЧЕТАЮЩЕЙ КОМПАКТНОСТЬ, ВЫСОКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЫСТРОТУ ЗАПУСКА

Проект направлен на решение фундаментальной научной проблемы эффективного преобразования химической энергии органического топлива в электроэнергию с использованием электрохимических генераторов (ЭХГ). В проекте предполагается создание научно-технологического задела для преодоления имеющихся принципиальных технологических барьеров у современных автономных систем электропитания, обусловленных низкой удельной мощностью (в случае ЭХГ с ТОТЭ) и невысокой плотностью энергии (в случае аккумуляторных батарей – АКБ), путем разработки ЭХГ на основе микротрубчатых твердооксидных топливных элементов (МТ ТОТЭ), которые имеют ряд преимуществ перед планарными ТОТЭ: - высокая удельная мощность на единицу массы и объема; - устойчивость к термоциклированию и короткое время выхода на рабочий режим (менее 10 сек для отдельного элемента и до 20 минут для ЭХГ); - способность сохранять работоспособность при больших градиентах температуры; - высокая механическая прочность; - возможность работы в режимах комбинированного внешнего и внутреннего реформинга.

Научными задачами проекта являются: - повышение эффективности электрохимических процессов конверсии энергии топлива в электроэнергию на основе разработки новых электродных материалов для МТ ТОТЭ; - повышение эффективности преобразования топлив в водородсодержащие газовые смеси на основе разработки композитных каталитических материалов и устройств на их основе.

В проекте планируется проведение фундаментальных исследований кинетических и термодинамических характеристик новых материалов для эффективных ЭХГ на основе МТ ТОТЭ, сочетающих компактность (за счет создания новых технологий и материалов для изготовления МТ ТОТЭ), высокую эффективность (благодаря исследованию факторов, определяющих эффективность конверсии топлива в электроэнергию в ЭХГ), быстроту запуска (за счет оптимизации геометрии, микроструктуры МТ ТОТЭ и согласования термомеханических параметров новых материалов для батарей МТ ТОТЭ), высокую энергоемкость (за счет эффективного преобразования органического топлива в каталитических риформерах). В основу разработки электродных материалов заложены разрабатываемые участниками проекта представления о перовскитах как сегнетоэластиках, в которых допирование сегнетоактивными высокочargedными катионами приводит к формированию наноструктурированного состояния, положительно влияющего на транспортные и термомеханические характеристики электродных материалов. В проекте планируется изучение факторов, определяющих эффективность электрохимической конверсии топлива в электроэнергию, а также сравнительный анализ скорости кислородного обмена и электропроводности новых электродных материалов, анализ термодинамических и транспортных свойств, в том числе, исследование равновесия дефектов и переноса заряда в электродных материалах в широком интервале активности кислорода.

При создании лабораторного макета энергоустановки на основе МТ ТОТЭ будут использованы технологичные методы фазовой инверсии (phase inversion) и погружения (dip coating)

для получения несущих микротрубчатых анодов и нанесения на них различных функциональных слоев.

Для конверсии топлив в водородсодержащие смеси во внешнем риформере в проекте предполагается использовать композитные каталитические системы типа «наночастицы металлов/наночастицы активного оксида/структурный оксидный компонент/структурированная металлическая подложка». За счет этого обеспечивается достижение необходимых эксплуатационных свойств: быстрый отвод/подвод тепла для экзо-/эндотермических реакций, хорошие гидродинамические характеристики, различная геометрия и размер катализатора, что облегчает масштабирование для энергоустановок различной мощности; обеспечивается термическая устойчивость, высокая удельная поверхность и механическая прочность для наносимого каталитического покрытия в дополнение к защитной функции для металлической подложки. Активные оксидные наночастицы участвуют в активации молекул воды и кислорода, повышают устойчивость к зауглероживанию, за счет сильного взаимодействия металл-носитель поддерживают высокую дисперсность активатора молекул углеводородов – нанесенного металла (Pt, Rh, Pd).

Одно из направлений исследований будет связано с поиском перспективных материалов кислородных мембран для изучения возможности конверсии метана в синтез-газ в микротрубчатом каталитическом мембранном реакторе (МТ КМР). Топливо, полученное в устройствах данного типа, не содержит азота, поэтому позволит достигать большей удельной мощности ТОТЭ.

Для эффективного использования высокоэнергетических топлив в проекте будут проработаны два варианта каталитического риформинга топлив: внешний (в том числе, с помощью каталитического мембранного реактора) и внутренний (непосредственно в МТ ТОТЭ).

При выполнении проекта будут достигнуты следующие научно-практические результаты: - разработаны единичные МТ ТОТЭ с катодными и анодными материалами, обеспечивающими компактность, высокую удельную мощность, стабильность, устойчивость к термоциклированию и короткое время выхода на рабочий режим; - разработаны риформеры, позволяющие проводить конверсию природного газа/метана, пропан-бутановой смеси, бензина и метилала в газовые смеси с высоким содержанием водорода и монооксида углерода, пригодные для питания МТ ТОТЭ; - разработаны лабораторные макеты каталитических мембранных реакторов конверсии метана в синтез-газ; - разработаны макеты энергоустановок, как с внешней конверсией, так и с внутренней (непосредственно в МТ ТОТЭ) углеводородного топлива; - разработан лабораторный прототип энергоустановки на основе МТ ТОТЭ.

Таким образом, выполнение проекта позволит создать передовой научно-технологический задел для разработки эффективных компактных ЭХГ на основе МТ ТОТЭ.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122022800227-4, 08.01.2022

НОВЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ РЕАКЦИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КИСЛОРОДА И ОКИСЛЕНИЯ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ КООРДИНАЦИОННЫХ ПЕКТИНОВЫХ БИОПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ПРОТОНООБМЕННЫХ МЕМБРАННЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Топливные элементы (ТЭ) с протонообменными полимерными мембранами являются средством эффективного использования водорода в автономной энергетике, транспорте и других портативных применениях. Ядром протонообменного мембранного топливного элемента (ПОМТЭ) является мембранно-электродный блок (МЭБ): полимерный электролит с газодиффузионными и каталитическими слоями с обеих сторон. В ходе эксплуатации ПОМТЭ именно МЭБ является сменной частью.

Водород является перспективным носителем энергии возобновляемых источников: полученный из расщепления воды, в электролизерах или фотоэлектрохимических ячейках, он может быть по необходимости превращен обратно в электричество в ТЭ. ПОМТЭ с низким внутренним сопротивлением, высокой компактностью и стабильностью – это привлекательная технология, оптимизированная в течение десятилетий, предоставляющая высокий коэффициент полезного действия, быстрое время запуска и низкие рабочие температуры. Между тем, в ПОМТЭ для выработки электроэнергии происходят электрохимическое окисление топлива, например, реакция окисления водорода (РОВ), и реакция восстановления кислорода (РВК). благородные металлы высокоэффективны для РОВ и РВК. Однако для широкомасштабного развертывания этих технологий преобразования энергии остро востребованы недорогие и доступные катализаторы, не содержащие благородных металлов. Металлоорганические координационные полимеры (МОКП) можно рассматривать как полимеризованные формы молекулярных катализаторов. Они имеют несколько преимуществ в качестве электрокатализаторов – обладают значительной гибкостью дизайна, сверхбольшим отношением поверхности к объему и позволяют функционализацию мультивалентными лигандами и металлческими центрами. Известно, что кислородсодержащие радикалы для органики в процессе редокс процессов портят не только каталитический слой, но и деградируют перфорированную полимерную мембрану по боковой цепи. Поэтому важен поиск и синтез катализаторов, работающих через четырехэлектронный механизм восстановления кислорода, максимально исключая образование перекиси водорода. Комплексы природных пектиновых полисахаридов с ионами переходных металлов Ni(II), Co(II), Fe(II) и др. и их карбонизованные аналоги являются перспективными МОКП в качестве катализаторов для ПОМТЭ.

Металлоорганические координационные пектиновые биополимеры (МОКПБП) обладают дополнительными достоинствами по сравнению с уже упомянутыми выше преимуществами МОКП, прежде всего, они дешевы и доступны, так как одним из главных исходных реагентов в их синтезе является пектин, продукт переработки биологических отходов. Во-вторых, МОКПБП являются стабильными продуктами, прежде всего, стабильными в кислой среде, что немаловажно для применений в ПОМТЭ. Последнее обстоятельство обусловлено тем, что главную углеводную цепь пектиновых полисахаридов составляют 1, 4-связанные остатки α -D-галактуронозой кислоты, комплексы с ионами переходных металлов которых образуют пространственную сетку с плотным расположением ионов металлов. Пиролиз МОКПБП по специальным протоко-

лам отжига позволит модифицировать активные узлы. Также протестированы комплексы природных пектиновых полисахаридов, которые являются стабильными биополимерами в качестве кандидатов на роль перспективных катализаторов РОВ и РВК.

Процесс образования воды из протонов, электронов и кислорода в водной среде происходит на катоде ТЭ и, поэтому, первостепенное значение приобретает растворимость кислорода в воде. Скорость РВК в ПОМТЭ ограничивается, главным образом, низкой растворимостью газообразного кислорода в воде и требуется почти на порядок больше платины ($0.4 \text{ мг}\cdot\text{см}^{-2}$) на катоде, по сравнению с его количеством на аноде ($0.05 \text{ мг}\cdot\text{см}^{-2}$) для достижения приемлемых характеристик ТЭ. Поэтому большое внимание уделяется развитию металлоорганических катализаторов РВК с ионами металлов неплатиновой группы. Полученные научные результаты позволяют разработать перспективный класс неплатиновых катализаторов РВК для ПОМТЭ.

Гидрогеназы катализируют РОВ так же эффективно, как это делают наночастицы платины, что предполагает создание новых синтетических биомиметических анодных катализаторов без участия благородных металлов. Гидрогеназа портится в присутствии даже небольшого количества кислорода, что делает невозможным ее применение в реальных топливных элементах. Обнадеживающие результаты были получены в случаях, когда при синтезе будущих катализаторов использовался структурно-функциональный подход, т.е. приоритет отдавался функциям, выполняемым гидрогеназой, а не её структуре. Разработан новый бисдифосфиновый катализатор для ПОМТЭ – 1,4-диаза-3,7-дифосфациклооктановый металлоорганический бис-лигандный комплекс никеля (II) $[\text{Ni}(\text{PP}_2\text{N}_p\text{-Tol}_2)_2]^{2+}2[\text{BF}_4]^-$ на углеродной подложке Vulcan XC-72 $[\text{Ni}(\text{P}_p\text{-Tol})/\text{C}]$. В ПОМТЭ, используя $\text{Ni}(\text{P}_p\text{-Tol})/\text{C}$ на аноде и Pt/C на катоде, достигнута плотность мощности $14.66 \text{ мВт}\cdot\text{см}^{-2}$, являющаяся рекордной для металлоорганических катализаторов, содержащих только неблагородные металлы. Эти предварительные результаты придают уверенность в том, что дальнейший поиск и основательные исследования, несомненно, приведут к разработке более эффективных катализаторов РОВ и на базе металлоорганических каркасных структур.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А18-118102390007-8, 19.10.2018

ПРОЦЕССЫ ЭЛЕКТРО- И МАССОПЕРЕНОСА В ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРАХ НА ОСНОВЕ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ И СТРАТЕГИИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ

Высокотемпературные протонные электролиты (ВПЭ), обладающие высоким уровнем протонного транспорта во влажной атмосфере при повышенных температурах (более 300°C), успешно применяются в качестве электролитных мембран в среднетемпературных твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ). Функциональные особенности ВПЭ позволяют достигать более высоких мощностей ТОТЭ по сравнению с устройствами на униполярных кислород-ионных проводниках благодаря более высокому коэффициенту использования топлива. Весьма перспективным представляется применение данных материалов в твердооксидных электролизерах (ТОЭ) для получения сверхчистых газов – кислорода и водорода,

путем электролиза водяных паров. По сравнению с электролизерами на кислород-ионных проводниках, в устройствах на протонных электролитах возможно получение более высоких целевых характеристик, что обусловлено лучшими транспортными свойствами протонных электролитов в среднетемпературном диапазоне ($400\text{--}750^\circ\text{C}$). Особенность ячеек ТОЭ на протонных электролитах также состоит в возможности разделения получаемых газов в процессе электролиза, без дополнительных устройств, легко конденсируя содержащуюся в них влагу. В настоящее время не существует научных основ, касающихся выбора материалов оксидных электродов, способных стабильно функционировать в условиях сильно влажных атмосфер, а также работ, направленных на выявление особенностей проведения этого процесса с достижением наибольшей эффективности. В связи с вышеизложенными причинами в рамках настоящего проекта планируется выполнить комплексное исследование процессов электро- и массопереноса в твердооксидных системах с протонпроводящими электролитами с целью формирования научного базиса для создания твердооксидных электролизеров со стабильными характеристиками для получения водорода с высокой чистотой и эффективностью. Данные о индивидуальных физико-химических свойствах новых материалов оксидных электродов со структурой Раддлсдена-Поппера представляют также фундаментальный и практический интерес. Полученные в рамках проекта данные могут найти применение и в разработке среднетемпературных обратимых элементов, поскольку электролизная составляющая в таких устройствах является наименее изученной и увеличение ее эффективности будет определять успешное функционирование устройств в целом.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А20-120011490149-4, 14.01.2020

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА НА КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

Цель работы: разработать алгоритм применения водородного топлива с помощью электролиза воды без использования топливных резервуаров. Задачи проекта: – изучить специфику применения газового топлива на ДВС; – рассмотреть особые химические и физические свойства водорода; – определить экологическую эффективность; – рассчитать экономическую эффективность; – ознакомиться с необходимыми агрегатами топливной системы газобаллонного оборудования; – разработать алгоритм применения водородного топлива.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-А19-119102990012-5, 18.05.2022

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ПОВЫШЕНИЯ СИСТЕМНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЭС И АЭС

Проект направлен на: – исследование системной адаптации АЭС с водо-водяным энергетическим реактором (ВВЭР); – развитие научных основ построения водородных циклов в интеграции с влажно-паровыми АЭС; – исследование перспективных типов энергогенерирующих мощностей с учетом неравномерных графиков энергопотребления с целью повышения системной эффективности ТЭС; – исследование пу-

тей повышения системной эффективности использования и устойчивого развития ТЭС и АЭС в условиях конкуренции на энергетических рынках; – исследование путей повышения эффективности воздушно-аккумулирующих газотурбинных электростанций; – исследование системной эффективности использования высокотемпературного электролиза на АЭС с ВВЭР; – исследование эффективности тепловых схем энергетических комплексов на органическом и ядерном топливах; – исследование путей эффективного участия атомных электростанций в регулировании частоты тока в энергосистеме.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

№ 122101300013-0, 14.10.2022

РАСШИРЕНИЕ РЕГУЛИРОВОЧНОГО ДИАПАЗОНА ТЭЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АККУМУЛЯТОРОВ ЭНЕРГИИ

Неравномерность потребления электроэнергии требует повышения маневренности оборудования. Для расширения регулировочного диапазона ТЭЦ, при работе ее по тепловому графику, планируется использовать аккумуляторы сетевой воды, а также получение водорода в часы провала нагрузки методом электролиза.

Получение водорода методом электролиза обеспечит разгрузку оборудования в часы провала электрической нагрузки на 90 %. Водород, универсальный высокопотенциальный теплоноситель, с самой высокой теплотой сгорания. Он может быть использован для простого сжигания, получения энергии в часы пиковых нагрузок в топливных элементах с увеличением выдачи мощности до 15 %, а также в других отраслях, как товарная продукция.

В результате исследований будут разработаны технологические схемы включения аккумуляторов сетевой воды и схемы получения водорода для расширения регулировочного диапазона ТЭЦ при работе по тепловому графику, определенные технико-экономическая эффективность и пределы использования предлагаемых решений. Планируется увеличение верхней границы регулировочного диапазона на 10–15 %, а нижней – на 30 %.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ АААА-А16-116051810078-0, 17.05.2016

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВОДОРОДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Проект направлен на исследования горения в водородном парогенераторе, анализ перспективных направлений использования водородных парогенераторов в энергетике по результатам экспериментальных исследований процессов теплообмена в устройствах хранения и очистки водорода, исследований водородных систем аккумулирования энергии для возобновляемых источников энергии, распределенной и автономной энергетики.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А18-118050490038-5, 20.04.2018

ГИДРИРОВАНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА Me/CeO_2 ($Me = Fe, Co, Ni, Ru, Rh$) СИСТЕМАХ: КОРРЕЛЯЦИИ СТРУКТУРА – КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Проект направлен на решение актуальной проблемы, связанной с утилизацией CO_2 и вовлечением CO_2 в химические превращения для синтеза ценных химических соединений, таких как метан и легкие углеводороды. Диоксид углерода является перспективным сырьем для химической промышленности и энергетики. Реакция гидрирования может решить, как экологическую проблему – снижение выбросов CO_2 и его рециркуляции, так и энергетическую – хранение водорода в составе метана и легких углеводородов. Учитывая, что CO_2 термодинамически стабильная молекула, необходимо провести разработку и исследование катализаторов гидрирования диоксида углерода. Фундаментальной целью проекта является установление корреляций между составом, физико-химическими характеристиками Me/CeO_2 (где $Me = Fe, Co, Ni, Ru, Rh$) катализаторов и их свойствами в реакции гидрирования CO_2 . Практическая цель проекта заключается в разработке катализатора гидрирования CO_2 в ценные химические продукты. Особое внимание будет уделяться выявлению факторов, контролирующих активность, селективность и устойчивость катализаторов во время реакции. Таким образом, в ходе выполнения этого проекта будут получены новые результаты, важные как с точки зрения фундаментальной науки, так и практического применения.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-А18-118092190096-8, 21.09.2018

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ЛАТЕНТНОГО ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА

Целью НИОКР является разработка конструкторской документации и изготовление демонстрационного (лабораторного) образца портативного источника электрической энергии на основе системы хранения водорода в латентной форме (в виде промежуточного энергоносителя) и генерации водорода «на месте, по требованию» в процессе восстановления водорода из воды в процессе химического окисления алюминия. Ключевым элементом цели проекта является разработка технологии, комплексно решающей проблему эффективного и безопасного хранения/транспортировки водорода в сочетании с технологией генерации водорода «на месте, по требованию». Система хранения является основным инновационным компонентом комбинированного электрохимического источника энергии. Иными словами, предлагается разработка системы аккумулирования, хранения и транспортировки водорода в латентной форме в сочетании с электрохимическим источником энергии. Предлагаемое сочетание дает комплексное решение задачи создания распределенных, экологически чистых, ячеистых систем интеллектуальной энергетики различного уровня мощности. В силу хорошо известных технических и функциональных особенностей электрохимических источников энергии, их включение в интеллектуальные автоматизированные энергетические системы и последующее

техническое обслуживание отличаются наибольшей технологической простотой.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НПО ССК»

№ АААА-А18-118100490060-8, 03.10.2018

АВАНПРОЕКТ АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»

В работе приведены результаты технико-экономического и патентного обоснования целесообразности разработки ряда перспективных направлений ГНЦ РФ-ФЭИ в различных областях науки и техники, включая, ядерные данные, лазеры и космические ядерные энергетические установки, ЯЭУ, обращение с тяжелыми жидкометаллическими теплоносителями, стратегия замыкания ядерного топливного цикла, накопления и хранения водорода, аддитивные технологии. Сделан вывод о целесообразности дальнейшего продолжения работ.

РАЗРАБОТЧИК: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ – ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ А.И. ЛЕЙПУНСКОГО»

№ 121121000063-7, 08.12.2021

РЕДОКС-МЕДИАТОРНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ХЛОРАТОВ КАК КАТОДНЫЙ ПРОЦЕСС ДЛЯ НОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Целью проекта является изучение механизма процесса электрохимического восстановления хлорат-аниона для нахождения путей его существенного ускорения и создание на этой основе лабораторных образцов источников тока с хлоратной реакцией в качестве катодного процесса. Проведена работа по созданию лабораторного прототипа химического источника тока (ХИТ), использующего броматную реакцию, в ходе которой был пройден путь от теоретической модели электрохимического восстановления броматов до бромида в подкисленных водных растворах до демонстрации ячейки МЭБ с рекордными разрядными характеристиками. Теория этого процесса предсказала огромные скорости его протекания при определенных условиях даже на немодифицированных углеродных материалах благодаря редокс-медиаторному автокаталитическому механизму процесса. Эти предсказания были подтверждены экспериментальными данными, полученными в проточной ячейке, где ток при восстановлении бромата лития может достигать очень больших величин: $1 \text{ А} \cdot \text{см}^{-2}$ при перенапряжении на катоде в 0.1 В. Были продемонстрированы также очень высокие характеристики проточной ячейки гибридного источника тока водород-бромат лития, где плотность стационарного тока составляла $0.8 \text{ А} \cdot \text{см}^{-2}$ при напряжении 0.7 В и степени конверсии бромата более 90 %.

Использование хлоратов (как и броматов) в качестве окислителя в источнике тока имеет следующие преимущества: - возможность проведения этого процесса без использования атмосферного кислорода; - очень высокая растворимость в воде как этих реагентов (в виде солей лития, натрия, магния и кальция), так и продуктов их восстановления – бромидов и хлоридов; - возможность хранения растворов броматов и хлоратов при нейтральных pH (в частности, в резервуаре источника тока) в течение неограниченного времени; - отсутствие саморазряда источника тока в неработающем состоянии; - отсутствие взрыво- и пожароопасности; - отсутствие экологически опасных химических элементов; - нетоксичность продукта функционирования устройства – хлорида (как и бромида); - возможность быстрой и простой в техническом отношении механической перезарядки реагента; - коммерческая доступ-

ность окислителей в неограниченных количествах по относительно низкой цене; - наличие многотоннажных производств хлоратов и броматов в России (с их экспортом за рубеж).

Перед подачей в электрохимический реактор раствор хлората (стабильный при нейтральном pH) должен быть активирован подкислением (необходимая для этого кислота не расходуется в ходе разряда и может регенерирована для повторного использования) и, возможно, добавкой редокс медиаторов.

Использование хлората вместо бромата в качестве 6-электронного окислителя дает дополнительные преимущества: повышение удельных характеристик источника тока за счет увеличения рабочего напряжения источника (при оптимальном выборе медиаторного цикла) и более высокой растворимости реагента и продукта реакции (хлорида), снижение стоимости реагентов, отсутствие необходимости хранить использованный продукт катодной реакции (например, NaCl или CaCl_2) для последующей регенерации.

Концентрации насыщенных растворов хлоратов: LiClO_3 , NaClO_3 и $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ при комнатной температуре составляют, соответственно, 9.8, 4.7 и 6.3 моль ClO_3^- на 1 кг раствора, что дает для плотности заряда, соответственно, 1600, 760 и 1000 А-час/кг раствора, или 3100 А-час/дм³ раствора для LiClO_3 . Характеристики для повышенных температур еще выше. Концентрированные растворы хлоратов могут быть использованы и при отрицательных температурах (до -40°C). Разрабатываемый в настоящем проекте источник тока использует в качестве восстановителя газообразный водород, а в качестве окислителя подкисленный водный раствор хлората щелочного металла. Этот подход позволяет создать мощный и энергоемкий источник тока, пригодный для работы в условиях отсутствия или дефицита воздуха. Такое устройство является развитием исследований, направленных на создание источника тока водород-бромат.

Удельная энергоемкость резервуаров водородно-хлоратного гибридного источника тока определяется главным образом этим параметром для баллона с водородом. Даже при баллонном хранении водорода под давлением 700 атм. плотность газообразного водорода при комнатной температуре составляет 40 г/л, что дает (причем без учета объема, занимаемого самим баллоном) только 1070 А-час/дм³ для плотности заряда при его окислении.

В ходе выполнения проекта будут решаться следующие основные задачи: 1. Определение диапазона устойчивости и скорости разложения подкисленных растворов хлоратов (а также их смесей с добавками прекурсоров редокс-медиаторов). 2. Изучение кинетики электрохимического медиаторного восстановления хлоратов в подкисленных водных растворах на углеродных материалах при различных составах раствора. 3. Разработка проточных полужеек водородно-хлоратной (H_2 - ClO_3) батареи и ее мембранно-электродных блоков (МЭБ) с рабочей площадью мембраны в 4 см² и их тестирование. 4. Масштабирование разрядного блока: демонстрация экспериментального образца водородно-хлоратной батареи, имеющего площадь МЭБ 25-50 см².

Наши теоретические оценки и сделанные предварительные эксперименты с проточным электрохимическим реактором позволяют рассчитывать на успешное выполнение этого проекта.

Выбор водородной реакции на аноде в данном проекте определяется изученностью этого процесса для водородно-кислородных топливных элементов, что позволяет сконцентрировать внимание в ходе проекта на хлоратном процессе, проходящем на катоде. Успешная реализация данного

проекта позволит перейти к созданию других инновационных источников тока на основе хлоратного процесса, в которых водород будет заменен на более эффективные восстановители, специально адаптированные для конкретных приложений этих батарей.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ЭЛЕКТРОХИМИИ ИМ. А.Н. ФРУМКИНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122031400697-1, 05.03.2022

РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ФИЗИЧЕСКОГО И ХИМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ГАЗОДИНАМИКИ, ГОРЕНИЯ И ДЕТОНАЦИИ

Цель научного исследования: – разработка методов диагностики процессов горения и детонации; – построение аналитических и численных моделей процессов горения и детонации при физических и химических воздействиях; – построение статистических моделей развития газовых взрывов в условиях стохастической невоспроизводимости динамики ускорения неустойчивых фронтов химической реакции; – создание методов управления горением для повышения энергетической эффективности процесса сгорания; – создание фундаментальных основ для разработки эффективных методов повышения взрывобезопасности промышленных и энергетических объектов; – определение скоростей фронта пламени, скоростей горения и потоков газовых смесей как в закрытых химических реакторах, так и открытых и полукрытых, определение ударно-волновых воздействий на боковые поверхности реактора, определение условий ускорения и замедления фронта пламени в смесях водорода и углеводородов с воздухом при прохождении фронтом пламени пористого элемента; – повышение экологии процессов горения перспективных биотоплив на основе спиртов и эфиров, определение влияния добавок биотоплив на процессы образования в продуктах горения полиароматических углеводородов (ПАУ) и конденсированных углеродных наночастиц (сажи); – разработка кинетических механизмов образования ПАУ и сажи в процессах горения и пиролиза перспективных биотоплив; – получение численных данных о влиянии спонтанного дореагирования с воздухом струи водорода высокого давления (порядка 1 кБар) на параметры ведущей отошедшей ударной волны и тротильный эквивалент физического взрыва; – численное исследование влияния неустойчивости контактной поверхности на дореагирование водорода при расширении высокоскоростной струи, выяснение характерных зон ламинарного течения, турбулизации и последующей реакции водорода с воздухом; – влияние ударного нагрева окислителя на результирующие параметры взрыва (давление и импульс взрывной волны); – на основе полученных данных выработка мер защиты или минимизации последствий взрывной декомпрессии баллонов сверхвысокого давления при хранении водорода.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А18-118032690295-6, 26.03.2018

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ЭВОЛЮЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА В ОБОЛОЧКАХ ТВЭЛОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ КОРРОЗИИ В ВОДО-ВОДЯНЫХ РЕАКТОРАХ АЭС

Будет разработана математическая модель для описания эволюции пространственного распределения водорода в оболочках ТВЭлов в процессе их коррозии в водо-водяных реакторах АЭС.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119121390027-6, 13.12.2019

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ ПОЛИМЕРНЫХ МЕМБРАН, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Проект направлен на создание мембран для высокоэффективных водородных топливных элементов, для обеспечения возможности их промышленного внедрения в энергоустановки, работающие в условиях отрицательных температур. Расширение рабочего температурного интервала предлагаемых топливных элементов будет достигнуто благодаря разработке: – отечественных протонпроводящих мембран, стабильных в широком температурном интервале; – специальных алгоритмов работы и запуска/отключения топливных элементов. Конечным результатом проекта будет являться изготовление работающих прототипов топливных элементов с высокой удельной мощностью на базе инновационной отечественной протонпроводящей мембраны, обладающих расширенными рабочими температурными интервалами и улучшенными массово-габаритными характеристиками по сравнению с зарубежными аналогами. Проект будет выполняться совместно с ведущим в РФ производителем топливных элементов, профильной компанией ООО «ИнЭнерджи», с помощью которого планируется внедрение продукта в производственный цикл и вывод на международный и внутренний рынки РФ.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ АААА-А20-120070990052-9, 09.07.2020

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Разработка и изготовление энергосистемы для летательного аппарата (ЛА) коптерного типа, в которых основными источниками энергии являются водородные топливные элементы. Для повышения эффективности преобразования водорода в электрическую энергию и обеспечения максимальной длительности полета ЛА.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

№ АААА-А21-121011890010-2, 13.01.2021**РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ И АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОЙ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКОЙ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ НАГРУЗОК ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ РЖД**

Проект направлен на формирование новых теоретических знаний в области проектирования, управления и эксплуатации автономных гибридных системы электроснабжения для ОАО «РЖД». Функция гибридности достигается за счет комбинации в составе энергетического комплекса водородных топливных элементов и возобновляемой энергетики. Функция автономности – за счет вхождения в состав комплекса подсистемы накопления энергии, содержащей электрохимические элементы повышенной энергоемкости. Автономные гибридные энергоустановки (АГЭУ) планируется размещать в межподстанционных зонах теговой питающей сети ОАО «РЖД» для выравнивания ее нагрузок. АГЭУ является потребителем избыточной энергии рекуперации тягового состава, и одновременно дополнительным источником накопленной электроэнергии в периоды максимальных тяговых нагрузок. Система управления АГЭУ включает в себя модуль стыковки с системой логистического управления тяговым магистральным участком и на основе алгоритмов искусственного интеллекта оптимизирует работу внутреннего силового оборудования электроустановки. Реализация заявленного проекта позволит значительно оптимизировать процессы энергопотребления ОАО «РЖД», что приведет к повышению провозной способности железнодорожного транспорта и увеличению общего экономического эффекта.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122102800010-1, 20.10.2022**СОЗДАНИЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА МЕХАТРОННЫХ ТРАНСМИССИЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И АВТОБУСОВ КАМАЗ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ НАКОПИТЕЛЯМИ ЭНЕРГИИ И ВОДОРОДНЫМИ ТОПЛИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**

Цель работы – создание высокотехнологичного производства мехатронных трансмиссий перспективных грузовых автомобилей и автобусов КАМАЗ с электрическими накопителями энергии и водородными топливными элементами с целью импортозамещения, обеспечения высокой конкурентоспособности отечественного автотранспорта на мировом рынке и снижения углеродного следа, вырабатываемого на территории Российской Федерации.

РАЗРАБОТЧИК: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАМАЗ»

№ 122071800041-4, 14.07.2022**НИЛ «МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ «ЗЕЛеной» ЭНЕРГЕТИКИ»**

Проект направлен на разработку новых композитных материалов на основе углеродных наноструктур и металлов, используемых в качестве эффективных регенерируемых катали-

заторов в ряде химических и электрохимических процессов, в том числе, в водородных топливных элементах и в секвестрации углекислого газа. Основная научно-практическая цель – замена используемой в современных катализаторах платины и других драгоценных металлов более доступными элементами, повышение эффективности и стабильности каталитических систем на основе неблагородных металлов.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122122100169-1, 22.07.2022**ЛАБОРАТОРИЯ «АВТОНОМНЫЕ ГИБРИДНЫЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ»**

Деятельность лаборатории направлена на создание высокоэффективных автономных гибридных электроэнергетических комплексов на основе водородных топливных элементов, плавучих волновых электростанций, дизель-генераторных электростанций и др., а также на разработку и апробацию новых научно-технических решений проблем повышения энергетической гибкости и оптимального управления для локальных электроэнергетических систем с распределенной генерацией.

Для достижения цели проекта будут решены следующие взаимосвязанные задачи: 1) исследование и разработка научно-технических решений по созданию гибридных маневренных энергоустановок на основе водородных топливных элементов, плавучих волновых электростанций, дизель-генераторных электростанций переменной частоты вращения как источников энергетической гибкости для узлов с распределенной генерацией; 2) разработка многообмоточного генератора специального типа для гибридной маневренной энергоустановки; 3) разработка, изготовление и исследование экспериментального образца гибридной маневренной энергоустановки на основе дизель-генераторной электростанции переменной частоты вращения с генератором специального типа; 4) разработка, изготовление и исследование экспериментального образца гибридной плавучей волновой электростанции с системой накопления электроэнергии; 5) разработка, изготовление и исследование экспериментального образца модуля энергоустановки на основе водородных топливных элементов; 6) разработка методики выбора оптимального состава и параметров объектов в составе локальных энергетических систем с распределенной генерацией с учетом многовариантности систем и стохастического характера генерации.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

№ 122012000422-2, 18.01.2022**ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОТОННЫХ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА: КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТ**

Ионные жидкости рассматривают как «дизайнерские» растворители (designer solvents), потому что варьирование природы катионов и анионов в их составе, а также изменение длины алкильной цепи, ее разветвления и функционализации позволяет синтезировать соли с различными физико-химическими свойствами для конкретной области применения.

Интерес к протонным ионным жидкостям (ПИЖ) как подклассу ионных жидкостей, наблюдаемый в последнее время, обусловлен тем, что они имеют в своем составе «активный» (подвижный) протон, что и определяет их высокую протонную проводимость и позволяет использовать при создании протонпроводящих мембран для водородных топливных элементов. Несмотря на наличие в мировой научной литературе материала по синтезу и свойствам многочисленных классов ионных жидкостей, в том числе протонных, дизайн новых ионных жидкостей «целевого назначения» (task-specific) и модификация свойств уже известных материалов с целью улучшения их физико-химических и транспортных характеристик продолжает оставаться актуальной задачей. Дальнейшее развитие таких материалов зависит от фундаментального понимания взаимосвязи «структура–свойство», которое требует применение комплексного подхода, сочетающего экспериментальные и расчетные методы исследования. Несмотря на давний и обоснованный интерес исследователей к ионным жидкостям, детальное понимание особенностей их структурирования, а также установление связи микроскопических характеристик с параметрами, измеряемыми в эксперименте, пока не достигнуто. Данный проект направлен на установление корреляций «структура–свойство» для протонных ионных жидкостей с алкиламмониевыми катионами с целью выявления соединений, являющихся потенциальными допантами для мембран топливных элементов. На основе полученных расчетными и экспериментальными методами результатов и имеющихся литературных данных будет впервые проведено достаточно полное исследование взаимосвязи свойств широкого ряда протонных алкиламмониевых ионных жидкостей с их строением. Будут выявлены основные закономерности влияния катиона и аниона в составе ионных жидкостей на их структурные и физико-химические характеристики.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ РАСТВОРОВ ИМ. Г.А. КРЕСТОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 116020510069, 21.01.2016

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ И СОЗДАНИЕ НОВЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОТОН-ПРОВОДЯЩИХ МЕМБРАН И ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ В ВОДОРОДНОЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Протонпроводящие электролиты являются перспективными функциональными материалами для электрохимических устройств распределенной и водородной энергетики. Протонная проводимость проявляется при температурах заметно более низких по сравнению с кислород-ионной, что позволяет рассматривать протонпроводящие оксидные материалы как перспективные для создания электрохимических устройств водородной и возобновляемой энергетики (твердо-оксидные топливные элементы, электролизеры, риформеры, газовые сенсоры, насосы и др.). В настоящий момент в литературе накоплен довольно большой опыт по исследованию протонпроводящих оксидных электролитов, однако до сих пор нет устоявшейся точки зрения о природе водорода, интеркалированного в оксид, механизмах его переноса, влиянии протонов на дефектную и электронную структуру оксидных материалов. Сочетание электрохимических методик с физическими методами позволит комплексно описать свойства протонпроводящих материалов и процессы, происходящие с ними в результате работы электрохимических устройств. Будет получен ряд фундаментальных результатов, связанных с

изотопными эффектами растворимости и переноса водорода, с эффектами упорядочения-разупорядочения при интеркаляции водорода, с природой проводимости в исследуемых протонпроводящих оксидных материалах. В результате, как мы ожидаем, будет получена информация, которая позволит направленно модифицировать базовые составы для получения новых высокоэффективных протонпроводящих материалов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А16-116041350224-5, 07.04.2016

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПРОТОН-ПРОВОДЯЩИХ МЕМБРАН ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

Задачей проекта является разработка гибридных мембранных материалов на основе перфторированных сульфокатионитовых мембран отечественного производства МФ-4СК и электронных проводников (полианилина и дисперсии платины) для применения в качестве полимерного электролита в низкотемпературном водородно-воздушном топливном элементе. Создание полимера, обладающего протонной проводимостью и каталитической функцией является актуальным направлением современной науки о материалах. Планируется выполнить разработку метода матричного синтеза полианилина в структуре мембран отечественного производства с последующим химическим осаждением дисперсии платины на поверхности мембраны. Будет выполнено исследование образцов методами ИК-спектроскопии поверхностей мембран и мембранной вольтамперометрии в кислых растворах. Испытание композитных мембран в условиях работы низкотемпературного водородно-воздушного топливного элемента позволит подтвердить эффективность модифицирования мембран и выбрать образцы с оптимальным набором характеристик для целевого применения в качестве полимерного электролита.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-А16-116080310068-6, 21.07.2016

РАЗРАБОТКА НОВЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ СОВРЕМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА И ЭНЕРГОНАКОПИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Целью проекта является: разработка материалов для основных функциональных компонентов новых низкотемпературных водородно-воздушных твердополимерных топливных элементов и гибких полимерных суперконденсаторов, а именно: 1. Синтез и исследование нанокомпозитных каталитических слоев анода на основе титанатных фаз и материалов. Исследование морфологии поверхности и состава анодных каталитических слоев титанатов, а также материала анода после выщелачивания. 2. Синтез и исследование гибридной органо-неорганической мембраны в нанореакторе, который имитирует кремнеземная сетка полимерного золя, полученного на основе алкоксисоединений. Допирование мембраны неорганическими компонентами с учетом чередования гидрофобного и гидрофильного участка мембраны. 3. Разработка электродов и ионпроводящего геля для гибкого псевдо-

конденсатора (ПК): – синтез и модификация полимерных подложек (полиэтиленовые, фторопластовые, полисилоксановые пленки), как основа гибких электродов с высокой адгезивной поверхностью; – химический и электрохимический синтез на подложках, проводящих электроактивных полимерных пленок, допированных оксидами или комплексами переходных металлов; – синтез ионпроводящего геля.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ ХИМИИ СИЛИКАТОВ ИМ. И.В. ГРЕБЕНЩИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А16-116112950030-3, 25.11.2016

НОВЫЕ ПЕРФТОРИРОВАННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МОНОМЕРЫ И ПОЛИМЕРНЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОСТАВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Разработка технологии получения перфторированных функционализированных мономерных систем с различной длиной ответвлений с функциональными группами и новой экономичной и безопасной технологии получения перфторированных протонопроводящих полимерных мембран с улучшенными эксплуатационными свойствами (повышенная протонная проводимость, повышенные срок и температурный интервал эксплуатации в составе топливного элемента) водород-кислородных или водород-воздушных топливных элементов. Изучение характеристик и эксплуатационных свойств мембран в реальных условиях использования.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А16-116051810080-3, 28.04.2016

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ НЕОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ (В ТОМ ЧИСЛЕ СОЕДИНЕНИЯ АЛЮМИНИЯ, МАГНИЯ, ЖЕЛЕЗА, КРЕМНИЯ И Т.П.), А ТАКЖЕ СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СТАЦИОНАРНЫХ, ТРАНСПОРТНЫХ И ПОРТАТИВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Проект направлен на: - исследование работы транспортных энергоустановок на основе воздушно-алюминиевого генератора; - исследование влияния температуры на характеристики воздушно-алюминиевого топливного элемента; - разработка технологии изготовления электродов суперконденсаторов и катодов ВА ЭХГ; - исследование методов повышения характеристик суперконденсаторов; - разработка технологий получения наноматериалов на основе оксидов/гидроксидов алюминия; - оптимизация энергетических установок на основе реакторов окисления алюминия; - оптимизация состава водород-генерирующих композиций для источников тока; - исследование влияния структуры материала электрода на двойной электрический слой на границе с электролитом; - исследование полимерных материалов, созданных на основе пьезоэлектрических добавок для хранения энергии.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А16-116021550278-8, 09.02.2016

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИХ КРИТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ

В последнее время наблюдается активная тенденция поиска, развития и внедрения новых источников энергии и способов ее аккумуляции. Одними из самых перспективных систем в этой области являются электрохимические источники энергии (ЭХИЭ). Особый интерес представляет интеграция ЭХИЭ с альтернативными возобновляемыми источниками энергии, что позволит предоставить эффективные источники электрической энергии с высокой степенью автономности. Основным объектом исследования в рамках данного проекта является батарея водородных топливных элементов с протонообменной мембраной (ТЭПОМ). Недостатками ТЭПОМ являются недостаточные эксплуатационные характеристики в плане их надежности и долговечности, что препятствует их широкому и быстрому распространению. Данная проблема может быть решена посредством контроля и диагностики ТЭПОМ, позволяющих предсказывать и обнаруживать на ранних этапах возникновения неисправностей, а также предоставить информацию для автоматической системы управления или оператора для предотвращения выхода из строя и поддержания высоких эксплуатационных характеристик. Существующие на сегодняшний момент методы диагностики ТЭПОМ не обеспечивают полноценную диагностику в процессе его функционирования без существенного воздействия на рабочий режим. Для решения данной проблемы в рамках данного проекта предлагается использовать диагностические возможности электрических флуктуации и переходных процессов ТЭПОМ.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.Н. ТУПОЛЕВА– КАИ»

№ АААА-А16-116012510043-2, 14.01.2016

ДИЗАЙН ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ NiM/C ДЛЯ АНОДОВ ТВЕРДОЩЕЛОЧНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С АНИОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНОЙ: СОЧЕТАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И КИНЕТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Задачей данного проекта является разработка научных подходов для целенаправленного повышения эффективности катализаторов на основе никеля для анодов твердощелочных топливных элементов (ТЩТЭ) с анионообменной мембраной. Решение поставленной задачи будет осуществляться путем комбинирования исследования структуры и электрохимической активности никелевых катализаторов в реакции окисления водорода в щелочной среде с кинетическим моделированием. При этом использование кинетического моделирования поможет объяснить экспериментальные результаты, предложить реалистичные механизмы реакции адсорбции, в том числе выявить скорость-определяющую стадию процесса. Полученная информация будет в дальнейшем использована при разработке биметаллических NiM/C катализаторов с целью повышения активности никеля в реакции окисления водорода в щелочной среде. Для изучения механизма реакции и создания кинетической модели синтез никелевых катализаторов с контролируемой морфологией частиц будет осуществлен методом электроосаждения, тогда как реальные образцы катализаторов на основе никеля для анодов ТЩТЭ

будут также синтезированы с использованием методов химического осаждения.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А17-117011210057-4, 12.01.2017

СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНЫХ НИЗКО- И СРЕДНТЕМПЕРАТУРНЫХ ТВЕРДОПОЛИМЕРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЭНЕРГОАКОПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ МЕМБРАННЫХ, КАТАЛИТИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Задачами данного проекта являются: – изготовление и исследование мембранно-электродных блоков водородно-воздушных твердополимерных топливных элементов с использованием новых гибридных органо-неорганических протонопроводящих мембран на основе сульфированных ароматических и кремнийорганических полимеров; – тестирование твердополимерных топливных элементов в широком температурном диапазоне 25–250 °С; – разработка каталитических слоев с уменьшенным содержанием благородных металлов для твердополимерных топливных элементов; – вольтамперометрия и импедансометрия каталитических слоев электродов топливных элементов; изготовление мембранно-электродных блоков на их основе; – тестирование мембранно-электродных блоков твердополимерных топливных элементов на испытательном стенде; – разработка методов и подходов для улучшения физико-химических и электрофизических свойств протонопроводящих мембран типа «Нафйон»; – изготовление и тестирование мембранно-электродных блоков твердополимерных топливных элементов; – экспериментальные исследования и моделирование диффузионных, фарадеевских и тепловых процессов на границе раздела электрод/электролит в твердополимерных топливных элементах и псевдоконденсаторах; – исследование электрофизических, физико-химических и электрохимических свойств электропроводящих нанокompозитных материалов на основе проводящих полимеров и нанокристаллического углерода для электродов псевдоконденсаторов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ ХИМИИ СИЛИКАТОВ ИМ. И.В. ГРЕБЕНЩИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А17-117091850098-1, 18.09.2017

КАТОДНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОДОРОДНО-КИСЛОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Низкотемпературные водородно-кислородные топливные элементы являются перспективными химическими источниками тока, что позволяет отказаться от потребления традиционных исчерпаемых источников энергии при сохранении высокой эффективности. Несомненным преимуществом является тот факт, что вода является единственным побочным продуктом работы таких топливных элементов. Водород часто используется в качестве топлива. В настоящее время такие компании, как Toyota, Honda и Hyundai уже производят

автомобили, работающие на водороде. С конца 2014 года начались продажи гибридного автомобиля Toyota Mirai. Однако стоимость элементов в значительной степени остается высокой. В последние годы внимание научного сообщества было сосредоточено на каталитически активных пористых углеродных материалах, легированных неблагородными атомами металла (Fe, Co). Таким образом, создание каталитически активных пористых углеродных материалов позволяет приблизиться к переходу к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-А17-117071910081-6, 19.07.2017

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ НОВЫХ АНОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ФЕРРИТА СТРОНЦИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА ТВЕРДЫХ ЭЛЕКТРОЛИТАХ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Альтернативные, экологически чистые и ресурсосберегающие способы получения, преобразования, хранения и транспортировки электроэнергии являются одними из основных направлений развития науки и технологии. Хорошо зарекомендовавшим себя направлением в данной области является разработка топливных элементов (ТЭ) на основе твердых электролитов. В классических ТЭ в качестве анода используют композитные материалы на основе никеля и керамики. Такие ТЭ хорошо себя зарекомендовали при работе с водородом в качестве топлива. Однако, использование газообразных углеводородов (метан, пропан и т.п.), а также природного или синтез-газа в таких ТЭ затруднительно из-за образования углерода на никель содержащем аноде. В рамках выполнения проекта будут отработаны методы синтеза новых оксидных материалов с общей формулой $(\text{Sr},\text{A})(\text{Fe},\text{B})\text{O}_{3-\delta}$, впервые исследованы их физико-химические свойства, свойства границы раздела электрод/электролит, исследована кинетика электродных процессов и скорость определяющие стадии, предложены маршруты электродной реакции в атмосфере топливного газа, проведены долговременные испытания материалов, изготовлены и исследованы топливные элементы с высокоактивным катодом и анодом из исследуемых материалов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А17-117041110045-9, 11.04.2017

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ДИЗАЙНА НАНОКОМПОЗИТНЫХ/ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ОКСИДНЫХ И МЕТАЛЛ-ОКСИДНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ БУДУЩЕГО

С использованием уникальных методов будут разработаны фундаментальные основы контролируемого синтеза нанокристаллических сложных оксидов, сплавов и нанокompозитов на их основе, представляющих интерес как материалы для создания высокоэффективных катализаторов трансформации топлив в синтез-газ и водород, получения синтетических чистых топлив, нанесенных мембран для селективного выделения кислорода и водорода, композиционных адсорб-

ционных материалов. Характеристики материалов будут детально исследованы с помощью совокупности современных структурных, спектральных и кинетических методов, что обеспечит получение принципиально новых фундаментальных знаний о строении металлических, керамических, наноструктур и композитов и установление зависимостей состав-структура-текстура-межфазные границы-взаимодействие между нанодоменами-функциональные характеристики. Наноматериалы с оптимальными характеристиками будут использованы для изготовления адсорбентов, генераторов водорода, структурированных катализаторов, асимметричных нанесенных мембран и катодов/анодов твердооксидных топливных элементов с использованием новых технологий нанесения, спекания и обработки. Их тестирование в базовых процессах позволит выбрать наиболее перспективные материалы и подходы к дизайну. С использованием методов математического моделирования будут оптимизированы дизайн адсорбентов и реакторов со структурированными катализаторами, каталитическими мембранами и катодов/анодов твердооксидных топливных элементов, найдены оптимальные области рабочих параметров. Будут проведены длительные испытания разработанных изделий на их стабильность в реальных рабочих условиях.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ AAAA-A17-117020210074-3, 02.02.2017

РАЗРАБОТКА БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА САМОЛЕТНОГО ТИПА БОЛЬШОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОЛЕТА НА ОСНОВЕ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Разработка беспилотного воздушного судна (БВС) большой продолжительности полета, оснащенного в качестве основной электрической силовой установки электрохимическим генератором на основе водородно-воздушного топливного элемента. Основные технические параметры, определяющие количественные, качественные и стоимостные характеристики продукции: категория БВС – до 30 кг, в соответствии с Воздушным кодексом РФ, с учетом изменений от 21.06.2016 (законопроект № 891243-6); тип основной электрической силовой установки – электрохимический генератор на основе водородно-воздушного топливного элемента; топливо – газообразный водород по ГОСТ 3022-80 марка Номинальная мощность основной электрической силовой установки в диапазоне от 200 до 3000 Вт; продолжительность полета не менее 8 часов.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИНЭНЕРДЖИ»

№ AAAA-A17-117102070030-6, 20.10.2017

РАЗРАБОТКА НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ ПУТЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ МОЩНОСТНЫХ И МАССОГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БАТАРЕЙ ТОТЭ ПЛАНАРНОЙ КОНСТРУКЦИИ И СОЗДАНИЕ ТОПЛИВНОГО ПРОЦЕССОРА ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

В рамках выполнения договора проводятся работы по оптимизации массогабаритных характеристик батарей твердо-

оксидных топливных элементов (ТОТЭ) планарной геометрии электролит-поддерживающей и анод-поддерживающей конструкции. Для достижения указанного результата проводится оптимизация многослойных мембран и электродов мембранно-электродных блоков, а также улучшение конструкции биполярных токовых коллекторов. Помимо этого, в рамках данного договора проводится разработка топливного процессора для преобразования углеводородного топлива в сингаз, состоящий из монооксида углерода и водорода.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ AAAA-A17-117102740126-8, 27.10.2017

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ДОЛГОСРОЧНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

Целью работы является разработка новых технических решений по созданию эффективных накопителей энергии долгосрочного хранения. Исследование материалов и компонентов, обеспечивающих работоспособность эффективных накопителей энергии долгосрочного хранения в широком диапазоне рабочих температур. А также поиск конструктивных и технологических решений, направленных на повышение эффективности долгосрочного аккумулирования энергии. Создание экспериментального образца энергоустановки на основе водородного накопителя энергии и обратимого топливного элемента для систем автономного и индивидуального энергообеспечения мощностью до 200 Вт.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

№ AAAA-A17-117122890066-9, 28.12.2017

КОМПЛЕКСЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ПОДГРУППЫ ЖЕЛЕЗА С ЦИКЛИЧЕСКИМИ АМИНОМЕТИЛФОСФИНАМИ – НОВЫЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ МАЛЫХ МОЛЕКУЛ

Данный проект направлен на получение новых координационных соединений на основе переходных металлов подгруппы железа с циклическими аминотетрафосфинами, представляющими собой уникальный класс полидентатных гибридных лигандов. Взаимодействием этих Р, N-лигандов с различными производными железа и рутения будет получен широкий ряд комплексов, способных к активации (в том числе электрохимической) малых молекул (H_2 , N_2 , CO_2). Предлагаемые в проекте новые координационные соединения на основе переходных металлов подгруппы железа с циклическими аминотетрафосфинами должны стать перспективными кандидатами для конструирования высокоэффективных каталитических систем для превращения азота в аммиак, углекислого газа в производные муравьиной кислоты, электрохимического синтеза водорода, окисления водорода и восстановления кислорода, и в топливных элементах, как альтернативных способах получения энергии.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А17-117021650065-2, 16.02.2017

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ
НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕМБРАННО-
ЭЛЕКТРОДНЫХ БЛОКОВ ВОДОРОДНЫХ
И СПИРТОВЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ**

Разработка новых эффективных автономных источников электроэнергии является важнейшей предпосылкой для успешного освоения районов Крайнего Севера и Арктики. Топливные элементы (ТЭ), как устройства для прямой конверсии химической энергии топлива в электричество в результате электрохимических реакций, принадлежат к наиболее перспективным альтернативным технологиям получения электроэнергии. Целью настоящего проекта является разработка научных основ создания новых материалов (катализаторов и каталитических систем) для мембранно-электродных блоков (МЭБ) водородных/спиртовых ТЭ, работающих при низких температурах. В рамках проекта будет получено новое поколение катализаторов холодного горения водорода и низших спиртов в ТЭ на основе дешевых биомиметических комплексов переходных металлов, например, никеля и кобальта, с циклическими Р, N-содержащими лигандами. Разрабатываемые катализаторы для ТЭ будут обладать высокой эффективностью и обеспечат возможность применения в ТЭ незамерзающих до -45 °С неводных сред. Другой подход базируется на разработке новых методов нанесения платинового катализатора на полиэлектролитную мембрану с целью увеличения его рабочей поверхности и устойчивости к осыпанию. В результате будут созданы модельные МЭБ с уменьшенным содержанием драгоценного металла (платины) при одновременном увеличении вырабатываемой мощности и срока службы в условиях низких температур.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А18-118012490284-4, 24.01.2018

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
В НАКОПИТЕЛЯХ ЭНЕРГИИ НОВОГО
ПОКОЛЕНИЯ, ВКЛЮЧАЯ ЛИТИЙ-ИОННЫЕ,
ЛИТИЙ-ПОЛИМЕРНЫЕ И ЛИТИЙ-
ВОЗДУШНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ**

Цели проекта: – исследование влияния пористой структуры газодиффузионных электродов (ГДЭ) для среднетемпературного водородно-воздушного топливного элемента на полибензимидазольной мембране на характеристики среднетемпературных топливных элементов; – оптимизация газодиффузионного электрода; – исследование и разработка новых принципов создания источников энергии, энергетических установок и нагревательных элементов для арктических условий.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ЭЛЕКТРОХИМИИ ИМ. А.Н. ФРУМКИНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А18-118100290070-9, 02.10.2018

**РАЗРАБОТКА И МАСШТАБИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СПОСОБА
СИНТЕЗА ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ
ТВЕРДОПОЛИМЕРНЫХ ВОДОРОДНО-
ВОЗДУШНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.
РАЗРАБОТКА И ИСПЫТНИЯ ОПЫТНЫХ
ОБРАЗЦОВ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ С
РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ПЛАТИНЫ**

Разработанный способ синтеза, позволяет получать электрокатализаторы для твердополимерных водородно-воздушных топливных элементов с более высокими функциональными характеристиками по сравнению с аналогами, за счет сочетания оригинальной методики предобработки углеродного носителя и оптимизации условий синтеза. Для успешного выхода на рынок необходимо масштабировать данный способ синтеза и наладить производство катализатора. Цель работы – разработать хорошо воспроизводимую и технологичную методику синтеза катализаторов с производительностью не менее 50 грамм продукта в день и высоким выходом целевого продукта с низким содержанием примесей. Применение разработанных нами Pt/C электрокатализаторов позволит понизить содержание платины в каталитическом слое топливных элементов без снижения их удельных характеристик.

Разработчик: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПРОМЕТЕЙ РД»

№ АААА-А18-118101790084-8, 17.10.2018

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И
ИСПЫТАНИЕ ПРОТОТИПА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ
НА ВОДОРОД-ВОЗДУШНЫХ ТОПЛИВНЫХ
ЭЛЕМЕНТАХ С БЕЗОПАСНЫМ ИСТОЧНИКОМ
ВОДОРОДА ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

В проекте разрабатывается портативная энергосистема на водород-воздушных топливных элементах с химическим источником водорода на основе гидрида магния. Источник водорода характеризуется гравиметрической плотностью хранения водорода сопоставимой с водородными баллонами с рабочим давлением 300 бар, отсутствием избыточного давления, взрывобезопасностью и простотой перезаправки. Источник водорода характеризуется гравиметрической плотностью 7 % вес., что сопоставимо с плотностью хранения водорода в композитных сосудах под давлением 300 бар. Источник водорода основан на генерации водорода по требованию путем окисления водородного топлива парами воды. В качестве водородного топлива используется материал на основе гидрида магния, производимого in-house. Инновационность подхода заключается в высокотемпературном окислении гидрида магния, что повышает коэффициент использования воды. Инновационность конструкции портативной энергосистемы заключается в использовании уникальных решений по обеспечению стабилизации давления в системе, по термоменеджменту химического источника водорода и батарей топливных элементов, в алгоритме управления и обеспечения безопасной эксплуатации. Разрабатываемая энергосистема на топливных элементах с химическим источником водорода характеризуется удельной энергоемкостью более 400 Вт*ч/кг, что в 2,5 раза превышает удельный запас энергии широко распространенных литий-ионных аккумуляторных батарей, и предназначается в том числе для беспилотных лета-

тельных аппаратов, для которых критически важно иметь на борту максимальный запас энергии при минимальной массе источника питания.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ХИТЛАБ»

№ АААА-А18-118031290077-5, 05.03.2018

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ПРОТОННЫХ ПРОВОДНИКОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ N И P-ТИПОВ

Способ относится к нанотехнологиям, так как изменение структуры кристаллических материалов происходит в кристаллической решетке на атомарном уровне. Необходимость исследования способа получения n и p типов протонных полупроводников в кристаллических материалах обусловлена разработкой новых видов электроизоляционных и оптических материалов с заданной протонной проводимостью, используемых в микро и оптоэлектронике и лазерной технике, что важно при разработке новых нанотехнологий. Поэтому целью работы является исследование явления туннелирования протонов при низких температурах для ряда кристаллов, определение направления оптических осей в них и возможности получения n и p типов протонных полупроводников на основе кристаллических и электроизоляционных материалов. Проведённые комплексные исследования позволили показать природу и механизм диэлектрической релаксации, транспорта и туннелирования протонов через наноструктуру ряда кристаллов с водородными связями при низких температурах, где показано, что чистой протонной проводимости, аналогичной электронной, не существует. Имеет место сильная корреляция между транспортом за счет прыжковой диффузии протонов посредством как термоактивационных, так и туннельных переходов через кристаллическую решётку и изменением ориентации протонированных анионов HSiO_4^{3-} (силикаты), HSO_4^- (сульфаты) или HIO_3^- (иодаты). Постоянно растущее энергопотребление и ограниченность запасов ископаемого топлива вынуждают многие развитые страны вести активный поиск альтернативных источников энергии. Высокотемпературные и низкотемпературные протонные проводники и полупроводники являются перспективными материалами для использования в топливных элементах, водородных датчиках и насосах, электролизерах и др. и определяют перспективность их практического использования на объектах транспортного комплекса и атомной энергетики.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АДМИРАЛА Ф. Ф. УШАКОВА»

№ АААА-А18-118021390029-4, 12.02.2018

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ВОДОРОДО-ВОЗДУШНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ КОНДЕНСАТОРЫ С ВЫСОКОЙ РАЗРЯДНОЙ ЕМКОСТЬЮ

Настоящая работа направлена на разработку новых отечественных материалов и устройств, превосходящих импортные аналоги и необходимых для создания: а) низкотемпературных водородо-воздушных топливных элементов с полимерной мембраной (НТЭ), в первую очередь – водородо-воздушных и метанольных НТЭ, и б) электрохимических конденсаторов с высокой удельной емкостью. В основе первой части рабо-

ты – разработка технологичного (масштабируемого) способа синтеза и получение нанесенных наноструктурных платиносодержащих электрокатализаторов на углеродном и/или неуглеродном носителе, превышающих по активности и стабильности зарубежные коммерческие аналоги с аналогичным содержанием платины (Johnson Matthey, E-TEK, TEC). Целевыми характеристиками для Pt/C катализаторов с загрузкой платины от 20 до 40 мас.% являются: площадь электрохимически активной поверхности от 60 до 120 м²/г(Pt); активность в реакции электровосстановления кислорода в кислых средах (в $A \cdot g^{-1}(Pt)$) – не ниже коммерческих Pt/C образцов сравнения; устойчивость в стресс-тестах (многократное повторение циклов развертки потенциала в разных диапазонах значений) – не ниже коммерческих Pt/C образцов сравнения (оценка стабильности будет проведена по результатам длительно-го вольтамперометрического циклирования в полужайках в нескольких диапазонах потенциалов по определению % потери электрохимически активной площади поверхности и активности катализатора); мощностные характеристики при испытании в мембранно-электродном блоке – не ниже, чем для коммерческих Pt/C образцов сравнения; стабильность при испытании в мембранно-электродном блоке – не ниже, чем для коммерческих Pt/C образцов сравнения. Цель второй части работы – изготовление прототипа (опытного образца) углерод/углеродного суперконденсатора на водном нейтральном электролите с высокими рабочими характеристиками. Целевые характеристики суперконденсатора, который должен быть получен в результате выполнения проекта: удельная энергия конденсатора составит 6-10 кДж/кг, удельная мощность – 1-1,5 кВт/кг, что значительно превышает характеристики коммерческого аналога – суперконденсатора на водном электролите.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-А18-118082990036-7, 27.08.2018

НОВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ РЕДОКС-АКТИВНЫХ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ КООРДИНАЦИОННЫХ ПОЛИМЕРОВ, ВКЛЮЧАЮЩИХ ФЕРРОЦЕНИЛ-, АРИЛФОСФИНОВЫЙ И МЕТАЛЛО-ДИПИРИДИНОВЫЙ БЛОКИ

Конструирование катализаторов из недорогих металлов с высокими активностью и стабильностью, низкой стоимостью для электрокаталитической реакции выделения водорода имеет решающее значение для альтернативной энергетики. Разработка экологически чистых энергетических материалов в качестве альтернативы ископаемому топливу рассматривается как потенциальное решение загрязнения окружающей среды и нехватки энергии. Настоящий проект направлен на разработку новых перспективных катализаторов для водородной энергетики на основе оригинальных редокс-активных металлорганических координационных полимеров (MOF), на основе ферроценил-, арилфосфинового и металло (Ni, Co, Zn)-дипиридинового блоков. Проект направлен на решение фундаментальной проблемы по созданию синтетических подходов, позволяющих управлять эффективностью биметаллических гетерогенных катализаторов выделения водорода/его окисления на матрице MOF, а также установление реакционной способности, количественную оценку эффективности блоков, составляющих MOF, последующее использование лидеров в важных для водородной энергетики процессах. Будет осуществлено целенаправленное кон-

струирование и оптимизация характеристик катализаторов из редокс-активных MOF на основе ферроценил-, арилфосфинного и металла (Ni, Co, Zn и др.)-дипиридинового блоков, выбраны наиболее удачные с точки зрения ТОГ, ТОН и регенерируемости системы для испытаний в составе мембранно-электродных блоков топливных элементов. Проект носит междисциплинарный характер.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А18-118110990065-7, 07.11.2018

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ МОДЕРНИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ СРЕДНТЕМПЕРАТУРНОГО ВОДОРОДНО- ВОЗДУШНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЕГО ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ

С помощью современных нанотехнологий и методов исследования вещества будут созданы совершенно новые наноконпозиционные материалы для компонентов высокотемпературного топливного элемента (ВТТЭ) на новой, более эффективной полибензимидазольной (ПБИ) мембране и газодиффузионном электроде нового типа с целью улучшения электрохимических характеристик ВТТЭ на ПБИ мембране, его устойчивости и способности к долговременной работе. С учетом большого опыта работы и высокой квалификации участников проекта в области фундаментальных основ синтеза и исследования мономеров и полимеров, электроформования, исследований пористости наноматериалов их структуры и морфологии, дизайна, сборки и тестирования высокотемпературных мембранно-электродных блоков водородно-воздушных топливных элементов на протонпроводящей полибензимидазольной мембране, а также наличия современного оборудования для физико-химических исследований, как в ИНЭОС РАН, так и в остальных организациях участниках проекта (ИК РАН, ЯрГТУ, ИФХЭ РАН), есть все основания полагать, что поставленная задача достижима, запланированные результаты будут получены и опубликованы в рейтинговых научных журналах.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИМ. А.Н. ЕСМЕЯНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А18-118112290069-6, 21.11.2018

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ХИМИКО-ФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ, НЕТРАДИЦИОННОЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ, И РАЗРАБОТКА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭТИХ ОБЛАСТЕЙ

Цели проекта: – разработка протон-проводящих мембран для топливных элементов в водородной энергетике; – экспериментальные исследования структур, создаваемых в сверхтекучем гелии для новых методов запасаения энергии; – изучение электрофизических свойств углерод-графеновых композитов для их использования в радиопоглощающих материалах; – экспериментальное исследование и моделирова-

ние электронных процессов в органических полупроводниках, нашедших применение в органической электронике

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.Н. СЕМЕНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119021890032-8, 18.02.2019

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВОДОРОДНЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ И НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ

Целью исследования является разработка научных и технических основ использования водорода в традиционной, автономной, распределенной и возобновляемой энергетике. В киловаттном уровне мощностей, где очевидно доминирование в ближайшем будущем электрохимических систем генерации, целью исследования является разработка высокоэффективной и безопасной технологии обратимого твердофазного хранения водорода в металлгидридных устройствах и их системная интеграция с устройствами производства водорода и топливными элементами. На уровне мощностей 100 кВт и выше предлагается технология высокоманевренных, экологически чистых водородо-кислородных и водородо-воздушных паро/газогенераторов, как ключевых элементов энергоустановок и накопителей энергии.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119030590118-4, 05.03.2019

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ ПРОТОТИПА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА ВОДОРОД-ВОЗДУШНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ С БЕЗОПАСНЫМ ИСТОЧНИКОМ ВОДОРОДА ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Цель работы заключается в разработке, изготовлении и демонстрации работы прототипа энергосистемы, основанной на химическом генераторе водорода и батареи топливных элементов. Разрабатываемая энергосистема характеризуется повышенной удельной энергоемкостью и предназначена для использования в беспилотных летательных аппаратах.

Разработчик: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ХИТЛАБ»

№ АААА-А19-119092690026-9, 26.09.2019

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

На морских судах в электроэнергетических системах с целью улучшения качества электроэнергии, повышения экономической эффективности, снижения массогабаритных показателей все шире используются полупроводниковые преобразователи, многофазные генераторы, электрохимические генераторы и др. В работе рассматриваются электрические схемы и параметры электроэнергии судовых электроэнергетических систем с многофазными и вентильными генераторами. Рассматриваются электрохимические установки из батарей топливных элементов с протонообменными мембранами, работающие на синтез-газе (водороде) и воздухе. Рассматриваются вопросы параллельной работы судовых дизель-генераторов с водородными источниками электроэ-

нергии. Рассматриваются гибридные энергоустановки на базе новых аккумуляторных батарей, солнечных панелей в комбинации с традиционными машинными преобразователями.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА ИМЕНИ АДМИРАЛА С.О. МАКАРОВА»

№ АААА-А19-119012590226-2, 25.01.2019

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОПОЛИСОЕДИНЕНИЙ И КАЛИКСАРЕНОВ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ НА ВОДОРОД И МОНООКСИД УГЛЕРОДА И ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Целью работы является получение твердых протонпроводящих материалов на основе гетерополисоєдинений со структурой Кеггина, в том числе в наноструктурированном состоянии, и каликсаренсульфокислот, исследование их молекулярной структуры, строения сетки водородных связей и моделирование процессов протонного переноса в таких системах с целью их использования в качестве протонпроводящих мембран в водородно-воздушных топливных элементах и твердотельных потенциометрических сенсорах на водород и монооксид углерода при взаимном присутствии. В ходе выполнения Проекта будут получены новые материалы, в том числе композитные органо-неорганические, на основе гетерополисоєдинений и каликсаренов, исследован их фазовый состав, строение протонгидратной оболочки, протонпроводящие и электрокаталитические свойства, предложена модель протонного транспорта в полученных распределенных системах. Будет установлено влияние условий синтеза на структуру гетерополисоєдинений и установлено влияние состава и морфологии твердого электролита на быстродействие, чувствительность и селективность потенциометрических сенсоров на водород и монооксид углерода, а также на электрокаталитические свойства полученных материалов и мощностные характеристики низкотемпературных водородно-воздушных топливных элементов. На основе полученных данных будут предложены оптимальные составы электролита и электрода для использования в надежных, чувствительных и компактных потенциометрических твердотельных сенсорах на монооксид углерода, обладающих высокой селективностью в атмосфере с высокими (соизмеримыми с содержанием монооксида углерода) концентрациями водорода и возможности использования в низкотемпературных топливных элементах.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119121690073-0, 16.12.2019

РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРОТОННОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ И ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА

С того момента, как японские исследователи во главе с Iwahara показали наличие значимой протонной проводимости в оксидах (начало 1980-х годов), такие системы стали привлекать повышенное внимание как с фундаментальной, так и прикладной точек зрения. Мировое развитие науки и техники в рамках последних нескольких лет показало, что твер-

дооксидные электрохимические устройства на основе высокотемпературных протонпроводящих электролитов могут функционировать в области низкотемпературного диапазона (350–500 °С), имея при этом высокие характеристики. Стоит отметить, что они достигнуты за счет снижения омических и поляризационных сопротивлений, что в технологическом плане отражено в разработке единичных ячеек с протонным электролитом в несколько микрон и высокоактивными электродными материалами, соответственно. Ставя на передний план удельные характеристики твердооксидных топливных элементов или электролизеров, многие исследователи не обсуждают (или даже игнорируют) их КПД, который определяется транспортными свойствами электролитной мембраны и является не менее значимой выходной характеристикой. На основе ранее полученных результатов в продолжающемся проекте планируется уделить внимание фундаментальным аспектам функционирования электрохимических устройств в обратимом режиме, состоящим в выявлении корреляций между внешними факторами (температура, парциальные давления газовых компонентов) и режимами работы (топливный элемент или электролизер) устройств и транспортными свойствами протонпроводящих мембран. Выполнение данных задач позволит выявить условия реализации максимальной эффективности, применение которых к электрохимическим ячейкам будет способствовать созданию базиса для их коммерциализации, а также развитию водородной и электрохимической энергетики в России.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119083090069-0, 30.08.2019

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ АНОДНЫХ ПОДЛОЖЕК НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕДИНИЧНЫХ АНОД-ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ ТОТЭ

Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) являются высокоэффективными генераторами электрической энергии и высокопотенциального тепла, напрямую преобразующими химическую энергию окисления топлива (водорода или газобразных углеводородов). Конструкция единичных элементов ТОТЭ предполагает наличие несущего элемента, отвечающего за механическую стабильность системы во время её сборки и в течение всего срока эксплуатации. В настоящее время в России активно ведутся разработки в области электролит-поддерживающих ТОТЭ, батарей и энергетических установок (ЭУ) на их основе. В 2016 году в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте физики твердого тела Российской академии наук (ИФТТ РАН) были разработаны, созданы и испытаны батареи на основе электролит-поддерживающих ТОТЭ мощностью 500–600 Вт. Планарные ТОТЭ анод-поддерживающей конструкции являются более перспективными в связи с возможностью существенного (2–3 раза) увеличения удельных мощностных характеристик, за счет снижения полного внутреннего сопротивления, а также в связи с уменьшением рабочей температуры топливного элемента с 850 °С для электролит-поддерживающих ТОТЭ до 650–700 °С за счет использования тонкопленочного электролита. Использование анод-поддерживающих ТОТЭ в энергоустановках (ЭУ) на их основе позволит улучшить массогабаритные характеристики ЭУ, уменьшить стоимость, что позволит расширить область применения ЭУ на ТОТЭ. В рамках данного проекта будет изучено влияние пористости, состава анодных

подложек, их морфологических особенностей, а также микро-структуры и геометрии тонкого электролита на электрохимические характеристики топливного элемента. Будет изучена структура электрического сопротивления элемента с целью его оптимизации за счет улучшения состава и микро-структуры многослойных керамических топливных элементов. В результате работы будет разработана лабораторная масштабируемая технология изготовления высокоэффективных ТОТЭ анод-поддерживающей конструкции. Ожидаемая плотность мощности при рабочей температуре 750 °С составит не менее 300 мВт/см².

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119022190175-6, 21.02.2019

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Представленный проект направлен на решение фундаментальных и прикладных задач, которые ставит перед исследователями современное развитие энергоэффективных технологий, включая водородную энергетику. Объекты изучения – кристаллические материалы с высокой протонной проводимостью, что обуславливает их перспективность для разработки различных электрохимических устройств, в том числе топливных элементов с протонообменными мембранами. Определение взаимосвязи химического состава кристаллических материалов, их структуры и физических свойств является фундаментальной научной проблемой, для решения которой необходимы комплексные исследования в области синтеза и выращивания кристаллов, определение атомного строения и изучение изменения физико-химических параметров в различных термодинамических условиях. Только при таком комплексном подходе можно успешно решать задачи получения новых функциональных материалов с прогнозируемыми свойствами. Для получения новых соединений и материалов планируются исследования сложных ростовых водно-солевых систем $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 - \text{Rb}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$, включая развитие методик исследования более сложных пятикомпонентных систем. Результаты таких исследований позволят выращивать кристаллы надлежащего качества, необходимого для исследований свойств и структуры. Для характеристики материалов будут использованы методы дифференциальной сканирующей калориметрии/термогравиметрического анализа (ДСК/ТГА), импедансной спектроскопии (ИС), температурной оптической микроскопии кристаллов, рентгенофазового анализа (РФА), температурные электрохимические исследования в водородной среде, а также структурный анализ. Для решения поставленных задач важное значение имеет методологическая часть проекта. При установлении механизмов изменения функциональных свойств водородсодержащих соединений особое внимание уделяется системам водородных связей, наиболее эффективным методом изучения которых является нейтронография. Наряду с получением данных о новых материалах с высокой протонной проводимостью, в рамках проекта будут внедрены и апробированы методики исследования структуры монокристаллов с помощью дифракции нейтронов на горизонтальном канале реактора ИР-8 (НИЦ КИ). С целью достижения наиболее высокого качества экспериментальных данных будет выполнено сравнительное тестирование характеристик монокристалльных нейтронных дифрактометров, установленных на горизонтальных каналах реакторов ИР-8

(НИЦ КИ) и ВВР-ц (АО НИФХИ). Такие экспериментальные методики будут востребованы, несомненно, в дальнейшем для изучения различных водородсодержащих соединений, учитывая увеличение числа таких неорганических и биологических материалов и процессов, в которых водородные связи играют значительную роль. Сравнение экспериментальных возможностей аналогичных по назначению установок будет способствовать развитию метода монокристалльной нейтронной дифракции в соответствии с современными требованиями MEGA-Science, обеспечивая возможность проведения нейтронографических структурных исследований высокого уровня в нашей стране.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И ФОТОНИКА» РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А19-119091290057-0, 12.09.2019

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

Водородная энергетика – одна из наиболее перспективных технологий для освоения удаленных районов Крайнего Севера и Арктики, учитывая доступность, низкую стоимость, легкость хранения и транспортировки водорода, который может быть получен путем риформинга углеводородов, электролизом воды с использованием атомной энергии, энергии ветра и т.п. Полимер-электролитные топливные элементы (ТЭ) – это привлекательная технология автономной энергетики с потенциалом для использования в условиях Арктики. Реакция окисления водорода на платиноуглеродных катализаторах на анодной стороне происходит эффективно и не имеет серьезных кинетических ограничений. Однако, для ее осуществления используются дорогая и ресурсно-дефицитная платина или другие платиноиды, склонные к агрегированию, деградации. Использование «неблагородных» металлоорганических катализаторов имеет такие преимущества, как возможность достаточно легко варьировать физико-химические и механические свойства, изменяя молекулярный дизайн и технику синтеза, возможность иммобилизации молекул на различных субстратах и подложках. В рамках проекта будет исследовано новое поколение металлоорганических катализаторов холодного горения водорода на основе биомиметических комплексов переходных металлов. Таким образом, целью настоящего проекта является разработка научных основ создания материалов (катализаторов и каталитических систем) МЭБ водородных ТЭ и создание экономически целесообразных прототипов ТЭ, работающих при низких температурах.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А19-119121990090-4, 19.12.2019

МОБИЛЬНЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КИЛОВАТТНОГО КЛАССА МОЩНОСТИ: РАЗРАБОТКА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ, ТЕХНОЛОГИЙ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Целью проекта является получение значимых научных результатов и разработка новых технологий мирового уровня

в области экологически безопасной энергетики, в частности технологии твердополимерных топливных элементов, позволяющих создать технологическое оборудование и вывести на рынок мобильные энергетические установки киловаттного класса мощности для беспилотных авиационных систем и робототехники.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ АААА-А19-119121690074-7, 16.12.2019

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ И СОЗДАНИЕ НОВЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОТОН-ПРОВОДЯЩИХ МЕМБРАН И ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ В ВОДОРОДНОЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Результаты работы за первые три года проекта позволили сформулировать следующие новые направления исследований, требующие, на наш взгляд, более детальной проработки: 1) Выявление природы дефектов в глубоко восстановительных атмосферах, в которых нами впервые в рамках данного проекта обнаружен новый механизм инкорпорирования протонов из атмосферы молекулярного водорода. Была разработана феноменологическая теория процессов, протекающих при взаимодействии молекулярного водорода с протонпроводящим оксидом, с учетом изотопных эффектов, получен ряд экспериментальных закономерностей, показывающих отличие протекающих процессов от общепринятого механизма инкорпорирования протонов из атмосфер, содержащих водяной пар. Показан ряд эффектов, указывающих на иную электронную и дефектную структуру оксидов, подвергшихся обработке в сухом водороде, с помощью оптических методов. В этом направлении в дальнейшем планируется провести исследования: а) влияния электронных дефектов на механизм инкорпорирования протонов в оксидных системах ($\text{La,Sr}(\text{Sc,Ce})\text{O}_3$, (La,Sr)(Sc,Fe)O_3 , (La,Sr)(Sc,Co)O_3 ; б) детальный анализ форм и динамики дефектов с помощью магниторезонансных методов, в том числе на ядре протона и кислорода ^{17}O , а также исследования структуры с использованием метода дифракции нейтронов; в) для новой оксидной системы на основе $\text{Sr}(\text{La})\text{Ce}(\text{Sc})\text{O}_3$, показавшей свою перспективность в качестве электролитной добавки в материал топливного электрода, провести более детальное изучение дефектообразования и кинетики взаимодействия с компонентами газовой фазы (водород, метан, вода, кислород, диоксид углерода) с помощью методов термического анализа и изотопных методов исследования, а также явлений переноса с использованием электрохимических методов измерения электропроводности и чисел переноса, а также дефектной структуры запрещенной зоны с помощью оптических методов исследования. 2) Выявление роли процессов сегрегации на поверхности оксидных материалов в явлениях переноса через границу с газовой фазой. Впервые в рамках выполнения проекта за прошедшие три года было сформулировано новое направление исследований, связанное с изучением влияния дефектной структуры поверхности оксидов на кинетику взаимодействия с кислородом и водородом газовой фазы: получены закономерности влияния процессов блокировки активных центров диссоциативной адсорбции на скорость межфазного обмена, а также влияния зарядовых форм ионов на скорость инкорпорирования кислорода. Дальнейшее развитие данного направления предполагает установление закономерностей

деградации поверхности оксидных материалов в зависимости от температуры, более широкого выбора компонентов состава газовой фазы, направления протекания электрического тока, а также времени выдержки, и разработка в связи с этим способов модификации поверхности для повышения активности взаимодействия выбранных оксидных материалов с потенциалопределяющими компонентами газовой фазы (газобразные водород, кислород, оксиды углерода, вода, метан). В этом направлении планируется изучение: а) процессов деградации поверхности выбранных электродных материалов, показавших эффективность работы в составе протонно-керамического топливного элемента на основе протонного электролита $\text{La}(\text{Sr})\text{ScO}_3$; б) выявление скоростьопределяющих стадий процесса обмена с компонентами газовой фазы, а также скоростей стадий электродного процесса; в) разработка способов модификации поверхности электродных материалов для повышения электрохимической активности и устойчивости электродов в соответствующих газовых смесях и температурах работы. 3) Выявление механизма деградации функциональных слоев протонно-керамического топливного элемента на основе $\text{La}(\text{Sr})\text{ScO}_3$. Данное направление связано с изучением в условиях длительных испытаний электрических и электрохимических свойств функциональных материалов и электрохимических ячеек на их основе с последующим пост-анализом микроструктуры. Полученные данные по микроструктуре могут быть использованы для разработки прогностических методов оценки времени жизни протонно-керамических электрохимических устройств. В данном направлении планируются испытания следующих материалов и электрохимических ячеек: а) протонных электролитов ($\text{La,Sr}(\text{Sc,Ce})\text{O}_3$ в атмосферах водород- и кислородсодержащих газов; б) электродных материалов, в том числе в составе электрохимических ячеек в соответствующих газовых атмосферах в бестоковом режиме и под током для выявления роли микроструктуры в электрохимической активности электродных материалов; в) изучение деградации функциональных материалов, контактирующих, в том числе и через газовую фазу, с материалами интерконнекторов и стеклогерметиков, выявление роли процессов отравления функциональных материалов летучими компонентами и разработка способов защиты. 4) Отработка оптимальных режимов работы протонно-керамических устройств на основе протонного электролита $\text{La}(\text{Sr})\text{ScO}_3$: а) изучение режимов работы топливного элемента и электролизера, в том числе в условиях прямой конверсии углеводородов; б) изучение циклов «нагрев-охлаждение» для отработки режимов выхода протонно-керамического электрохимического устройства на заданный режим работы генерации или накопления энергии; в) ресурсные испытания протонно-керамического топливного элемента, в том числе батареи единичных топливных элементов для оценки перспективы внедрения нашей разработки для нужд распределенной энергетики.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119020690088-0, 06.02.2019

РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТВЕРДОПОЛИМЕРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИНАРНЫХ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ТОПЛИВ

Перспективным и современным решением для энергообеспечения общества является широкомасштабное вне-

дрение природоподобных технологий генерации энергии, в частности, инновационных водородных энерготехнологий, основанных на применении топливных элементов (ТЭ), в первую очередь, на основе твердого полимерного электролита (ТПЭ). При этом проблема эксплуатации ТЭ с ТПЭ при отрицательных температурах является важной и не решенной практической задачей, требующей проведения дополнительных исследований, в том числе, фундаментального характера. Целью проекта является разработка фундаментальных основ функционирования твердополимерных топливных элементов с твердым полимерным электролитом (ТЭ с ТПЭ) на основе бинарного топлива, представляющего собой смесь водорода и спиртов, в условиях отрицательных температур, и создание научных основ технологии ТЭ этого типа. Новизна предлагаемого проекта состоит в применении бинарного топлива, представляющего собой смесь водорода и спирта (метанол, этанол), для водородно-воздушных ТЭ с ТПЭ и исследовании морфологических, физико-химических и электрокаталитических свойств мембранно-электродных блоков и изменения этих свойств при циклировании температуры в интервале от -60 °С до +80 °С при использовании бинарного топлива. Междисциплинарность проекта обусловлена его выполнением на стыке гетерогенного катализа, электрохимии, коллоидной химии, материаловедения, кристаллографии, плазмохимии, химии поверхности и водородной энергетики. В результате выполнения проекта будут оптимизированы состав и структура мембраны, каталитических слоев и мембранно-электродных блоков, а также ячеек ТЭ с ТПЭ в целом для режимов эксплуатации водородно-воздушного ТЭ с ТПЭ в условиях низких температур, получены новые данные по кинетике процессов при низких температурах. Предполагается создание математической/физико-химической модели для определения оптимальных режимов эксплуатации ТЭ с использованием бинарного топлива переменного состава, включая холодный пуск/остановку. Будет разработана и исследована экспериментальная батарея ТЭ мощностью 100 Вт для эксплуатации при отрицательных температурах (включая холодный пуск/остановку). Полученные результаты позволят разработать научные основы отечественной технологии функционирования ТЭ с ТПЭ на основе бинарного топлива, эксплуатируемого в условиях низких температур.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

№ АААА-А20-120060290054-1, 02.06.2020

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АНОД-ПОДДЕРЖИВАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

Проводится разработка и изготовление батарей твердооксидных топливных элементов с поддерживающим анодом: изготовление 2-слойных подложек несущего анода, разработка технологии нанесения тонкопленочного электролита, разработка технологии нанесения композиционного катода, изготовление модельных образцов твердооксидных топливных элементов в виде дисков диаметром 21 мм и размером 100x100 мм, исследовательские испытания твердооксидных топливных элементов, разработка эскизная конструкторская документация на батарею анод-поддерживающей конструкции по результатам компьютерного моделирования, изготов-

ление сборки из 3–5 твердооксидных топливных элементов размером 100x100 мм, исследовательские испытания сборки.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А20-120011490185-2, 14.01.2020

РАЗРАБОТКА БАТАРЕЙ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АНОД-ПОДДЕРЖИВАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ГЕНЕРАТОРА ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Целью работы является разработка научно-технологических основ создания батарей твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) с поддерживающей анодной подложкой для высокоэффективного генератора электрической и высокопотенциальной тепловой энергии для водородной энергетики. Объектом исследования являются твердооксидные топливные элементы анод-поддерживающей конструкции диаметром 21 мм и размером 100x100 мм, сборки из 3–5 ТОТЭ анод-поддерживающей конструкции размером 100x100 мм. В результате выполнения проекта будут разработаны и исследованы научно-технологические основы создания батарей твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) с поддерживающей анодной подложкой для высокоэффективного генератора электрической и высокопотенциальной тепловой энергии для водородной энергетики; экспериментальный образец сборки ТОТЭ анод-поддерживающей конструкции из 3–5 единичных ТОТЭ.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ АААА-А20-120031890055-2, 18.03.2020

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРАВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА КАТИОНАМИ D-ЭЛЕМЕНТОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕГРАДАЦИИ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ МЕДНО-ПЛАТИНОВЫХ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ

Проект направлен на исследование процесса деградации свойств мембранно-электродного блока водородно-воздушного топливного элемента с полимерным электролитом и биметаллическим электрокатализатором. Для этого планируется выполнение комплексного исследования, которое включает получение электрокатализаторов для низкотемпературных топливных элементов на основе биметаллических наночастиц PtCu с разным составом металлической компоненты и архитектурой, характеристика их структурных и электрохимических характеристик, а также изучение транспортных свойств перфторированной мембраны с различной степенью отравлении катионами меди. Данная информация будет дополнена результатами исследования электрохимического поведения мембранно-электродного блока водородно-воздушного топливного элемента с экспериментальными образцами электрокатализаторов. Указанный комплекс исследований позволит выявить механизм отравления перфторполимера ионами двухзарядных металлов, что является фундаментальной проблемой электрохимии. Оценка влияния степени отравления на характеристики мембранно-электродного блока

позволит обосновать выбор биметаллического катализатора для твердополимерного водородно-воздушного топливного элемента с оптимальным набором свойств.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-А20-120082090011-8, 20.08.2020

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТВЕРДОФАЗНЫХ РАВНОВЕСИЙ В СИСТЕМАХ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ Ni-Ir И Ni-Pt

Биметаллические сплавы на основе никеля интересны из-за своих каталитических свойств, которые зависят как от соотношения компонентов, так и от структуры сплава. На ряде примеров показано, что введение платинового металла в решетку никеля приводит к усилению свойств полученного сплавного катализатора в таких реакциях, как гидрирование непредельных органических соединений; окисление спиртов; разложение углеводородов; электрохимические процессы. В последнее время активно развивается направление исследований, в которых исследуется катализ на наноразмерных биметаллических сплавах со структурой интерметаллидов (сверхструктурой). При сверхструктурном упорядочении в решетке сплавных частиц происходит изменение геометрических и электронных свойств их поверхности, способных значительно влиять на активность и селективность катализатора. Для выбора условий синтеза сплавных катализаторов с требуемой кристаллической структурой необходимо опираться на достоверные данные о положении границ областей существования тех или иных фаз на диаграмме состояния. Представляется важным изучение системы Ni-Ir из-за способности катализировать разложение гидразина для получения водорода или гидрирование различных классов органических соединений, содержащих ненасыщенные связи. Система Ni-Pt интересна, прежде всего, в качестве катализаторов электрохимических процессов и применения в топливных элементах.

Цель данного исследования – уточнение диаграмм состояния систем Ni-Ir и Ni-Pt с привлечением современных методов исследования. В работе будет применен специальный подход к синтезу биметаллических сплавов, заключающийся в восстановительном термоллизе специально приготовленных многокомпонентных предшественников с образованием наносплавов, которые обладают избыточной поверхностной энергией из-за некомпенсированности межатомных взаимодействий металлов на поверхности частицы. Именно за счет поверхностной энергии диффузионные процессы в кристаллической решетке таких наносплавов протекают быстрее, что позволяет достигнуть состояния термодинамического равновесия за более короткий временной интервал. При проведении исследования образцы исходных неравновесных наносплавов будут выдерживаться при заданных температурах до достижения равновесного состояния. Методами рентгенофазового анализа, атомно-эмиссионной спектрометрии, сканирующей электронной микроскопии будет проведено исследование фазового состава и структуры полученных порошков. Планируемое в проекте исследование позволит установить термодинамически равновесные границы областей существования фаз в системах Ni-Ir и Ni-Pt, что обеспечит возможность

целенаправленного синтеза катализаторов на основе интерметаллидов и твердых растворов.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А20-120101590058-6, 15.10.2020

«ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ДЛЯ МАЛЫХ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ: МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА, ИССЛЕДОВАНИЯ» (ШИФР «FENN-2020-0020»)

В рамках проекта будут разработаны материалы, технологические решения и система управления для энергоустановок на топливных элементах с протонообменной мембраной мощностью до 1,5 кВт для малых беспилотных летательных аппаратов с применением методов математического, имитационного и параметрического моделирования, комплекса современных методов исследования материалов и процессов с учетом влияния экстремальных климатических условий.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ АААА-А20-120111890051-3, 18.11.2020

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ НА ОСНОВЕ БРОМИД-БРОМАТНОЙ РЕАКЦИИ (РФФИ 20-33-90315)

В последнее десятилетие в мире стали говорить о переходе от получения энергии посредством сжигания ископаемых углеводородов к альтернативным источникам энергии, использующим возобновляемые энергетические ресурсы, в первую очередь, световую энергию, ветер, приливы и геотермальную теплоту. В настоящее время ведутся разработки целого ряда химических источников тока (далее – ХИТ), предназначенных для этой цели. Одним из перспективных направлений является использование гибридных ХИТ, например, комбинирующих компоненты топливного элемента и проточной редокс-батареи в виде гибридной проточной водородно-бромной редокс-батареи. Замена кислородной реакции топливного элемента на катоде существенно упрощает достижение высоких мощностей в течение длительного промежутка времени, поскольку протекание реакции электровосстановления брома, в отличие от катодной реакции восстановления кислорода, не требует использования платины в качестве катализатора, причем реакция остается достаточно быстрой для получения значительной удельной мощности даже на недорогих углеродных электродах. Несколько лет назад в работах группы М.А. Воротынцева было показано, что возможно проводить процесс восстановления бромат-иона за счет медиаторной редокс-пары Br_2/Br , т.е. благодаря восстановлению Br_2 до Br на электроде с последующей регенерацией Br_2 по реакции конпропорционирования внутри раствора: $\text{BrO}_3^- + 5\text{Br}^- + 6\text{H}^+ = 3\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА»

№ АААА-А20-120122290027-0, 22.12.2020

**ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ
ПРОТОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ В КРИСТАЛЛАХ
И ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ
(ТРЕТИЙ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ОТЧЁТ)**

Аннотация к научно-исследовательской работе «Физические основы технологии получения и диагностики протонных проводников и полупроводников n- и p-типов» по теме «Исследование способа получения протонной проводимости в кристаллах и электроизоляционных материалах (третий заключительный этап)». Способ относится к нанотехнологиям, так как изменение структуры кристаллических материалов происходит в кристаллической решетке на атомарном уровне. Необходимость исследования способа получения n- и p- типов протонных полупроводников в кристаллических материалах обусловлена разработкой новых видов электроизоляционных и оптических материалов с заданной протонной проводимостью, используемых в микро и оптоэлектронике и лазерной технике, что важно при разработке новых нанотехнологий. Поэтому целью работы является исследование возможности получения n- и p- типов протонных полупроводников на основе кристаллических и электроизоляционных материалов. Технология получения и диагностики n- и p- типов протонных полупроводников, заключающийся в определении вида дефектов, их количества и энергии активации за счёт измерения термостимулированных токов деполяризации и удельной электрической проводимости, для чего создаётся избыточная концентрация протонов и протонных дефектов при легировании кристаллических материалов кислотами типа HCl, HI, HF (с преимущественной H⁺ и H₃O⁺ проводимостью, то есть p-типа) или щелочами типа NH₄OH (с преимущественной OH⁻ проводимостью, то есть n-типа) и определении вида, концентрации и величины энергии активации релаксаторов для более широкого набора кристаллических материалов, для чего образец термостатируется при определенной температуре, не превышающей температуру плавления, поляризованный объект охлаждается без отключения электрического поля E_p до T₀ = 77 K и поляризованное состояние «замораживается», затем электрическое поле отключается, образец замыкается на измерительный прибор и при нагревании происходит разрушение гетерозаряда, то есть появление токов термостимулированной деполяризации, заключающейся в появлении релаксационных максимумов, величина и смещение которых по шкале температуры позволяет определить вид полупроводника, концентрацию n- и p- типов носителей заряда и их энергию активации. Проведенные комплексные исследования позволили показать природу и механизм диэлектрической релаксации, транспорта и туннелирования протонов через наноструктуру ряда кристаллов с водородными связями при низких температурах, где показано, что чистой протонной проводимости, аналогичной электронной, не существует. Имеет место сильная корреляция между транспортом за счет прыжковой диффузии протонов посредством как термоактивационных, так и туннельных переходов через кристаллическую решетку и изменением ориентации протонированных анионов HSiO₄³⁻ (силикаты), HSO₄⁴⁻ (сульфаты) или HIO₃³⁻ (иодаты). Постоянно растущее энергопотребление и ограниченность запасов ископаемого топлива вынуждают многие развитые страны вести активный поиск альтернативных источников энергии. Высокотемпературные и низкотемпературные протонные проводники и полупроводники

являются перспективными материалами для использования в топливных элементах, водородных датчиках и насосах, электролизерах и др. Широкий диапазон рабочих температур твердых проводников и полупроводников n- и p- типов даст возможность их использования в качестве рабочего тела датчиков водорода и его изотопов определяют перспективность их практического использования на объектах атомной энергетики при решении проблем обеспечения водородовзрывобезопасности.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АДМИРАЛА Ф.Ф. УШАКОВА»

№ 122101100047-7, 10.10.2022

**РАДИАЦИОННО-МОДИФИЦИРОВАННЫЕ
ПРОТОНООБМЕННЫЕ МЕМБРАНЫ ДЛЯ
ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ**

Топливный элемент (далее – ТЭ) обладает рядом преимуществ с точки зрения высокой плотности мощности и получения воды в качестве побочного продукта, что делает его экологически чистой альтернативой для генерации энергии. Полимерная электролитическая мембрана (далее – ПЭМ) в ТЭ обеспечивает перенос протонов от анода к катоду, одновременно являясь газоразделителем. Для функционирования ТЭ необходимы мембраны с хорошей механической прочностью, высокой химической стабильностью и протонной проводимостью $>10^{-2}$ См*см⁻¹. При современном уровне технологий перфторированные мембранные материалы, такие как Nafion® (DuPont, США), Flemion (Asahi Glass, Япония) и Aciplex (Asahi Kasei, Япония), используются преимущественно в ТЭ с полимерным электролитом из-за их хорошей проводимости и химической стабильности.

Однако они имеют ряд недостатков: плохую протонную проводимость при низкой влажности и высокую стоимость, которая сдерживает внедрение ТЭ в экономику. Следовательно, поиск новых мембранных материалов с низкой стоимостью и требуемыми электрохимическими характеристиками, наряду с характеристиками, не уступающими Nafion, продолжается и стал наиболее актуальным в настоящее время.

Проект направлен на исследование радиационного модифицирования существующих коммерчески доступных полимерных пленок, с целью получения заданных рабочих характеристик. В процессе выполнения проекта будут выполнены: Исследование процессов радиационной модификации полимеров пучками высокоэнергетических ионов гелия; Исследование процессов радиационной прививочной полимеризации для синтеза и модификации мембран и функциональных материалов для ТЭ; Исследование микроструктуры модифицированных мембран их электрохимических свойств, селективности и устойчивости к отравлению компонентами; Исследование методов нанесения и материалов каталитических слоев на модифицированные протоннообменные мембраны. По результатам работ будет создан экспериментальный топливный элемент с мембранно-электродным блоком на основе радиационно-модифицированных ПЭМ.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122102800004-0, 15.07.2022

**ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ В ГИБРИДНОЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ ТОПЛИВНЫЙ
ЭЛЕМЕНТ–ГАЗОВАЯ ТУРБИНА**

Предлагается создание технологии полного цикла утилизации газообразных органических водородосодержащих отходов нефтехимических и др. производств для получения электроэнергии на тепловых электрических станциях на основе цифрового моделирования процессов в гибридных установках с твердооксидным топливным элементом. Наиболее важной проблемой, на решение которой направлен проект, является создание цифровых моделей электрохимических и теплообменных процессов в гибридной энергоустановке топливный элемент–газовая турбина с последующей разработкой на основе расчетов по цифровой модели технологий и установок экологичной и высокоэффективной утилизации водородосодержащих отходов предприятий нефтепереработки и химкомбинатов, содержащих углеводороды, оксиды углерода и водород, т.е. топливную смесь, пригодную для электрохимических превращений в топливном элементе с предварительным риформингом с получением электроэнергии.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122011200122-2, 11.01.2022

**НОВЫЙ ТИП ПРОТОЧНОЙ БАТАРЕИ
С РЕГЕНЕРУЕМЫМ РЕДОКС–
МЕДИАТОРНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ**

Проект направлен на создание экономичных стационарных систем временного запаса энергии в (электро)химической форме с ее последующей регенерацией, а также на создание дешевых и энергоемких источников тока для различных приложений. Проблема истощения ископаемых углеводородов и необходимость снижения выброса вредных веществ и парниковых газов обуславливают актуальность замены традиционной силовой установки для мобильных приложений – двигателя внутреннего сгорания – на электродвигатель в комбинации с химическим источником тока (далее – ХИТ). В настоящее время ведущие автостроительные концерны уже вывели на рынок полностью электрические автомобили, источником энергии для которых является либо вторичный ХИТ – литий-ионная аккумуляторная батарея, либо первичный ХИТ – водородно-воздушный топливный элемент. Вторичные (перезаряжаемые) ХИТ в качестве энергоустановки для мобильных приложений, безусловно, имеют свою обширную нишу (автотранспорт для городских условий, относительно небольших пробегов, сравнительно мягкого климата), однако за пределами этой ниши широкое использование перезаряжаемых ХИТ в автотранспорте сталкивается с серьезными препятствиями. Причем, если часть из них преодолима путем совершенствования технологий изготовления вторичных ХИТ (проблема стоимости и срока службы), а также развития инфраструктуры (сеть зарядных станций), то такой параметр как удельная энергоемкость – фактический «перевозимый энергозапас» (и связанная с ней длина пробега на одной заправке – обречена на отставание от технологий первичных ХИТ. Химические источники тока, в частности, проточные редокс-батареи и водородно-воздушные топливные элементы представляют собой самую сильную альтернативу ДВС, однако также имеют ряд ограничений, среди которых наибо-

лее значимыми считаются: ресурсные ограничения (необходимость использования катализатора) и деградация каталитических слоев, высокая стоимость полимерного электролита, вытекающая в том числе, из требований высокой химической стабильности по отношению к агрессивным интермедиатам, а также ряд проблем, связанных с получением и хранением реагентов. В качестве подходов к решению вышеизложенных проблем предлагаются различные гибридные устройства, в том числе, замена прямого электровосстановления реагентов на опосредованное посредством редокс-медиаторного процесса на электроде, с последующей химической регенерацией редокс-медиатора путем окисления. Такие электроды получили название «химически регенерируемые редокс-электроды». Таким образом, разработка в рамках данного проекта системы, содержащей медиаторный редокс-электрод, является перспективной задачей для создания более дешевых и энергоемких источников тока.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»

№ 122080100033-8, 29.07.2022

**ДИЗАЙН ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ
АНОДНЫХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ
НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ ПЕРЕХОДНЫХ
МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ПРЯМЫХ БОРГИДРИДНЫХ
ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

В настоящее время низкотемпературные топливные элементы рассматриваются в качестве перспективных источников тока, позволяющих реализовать переход от ископаемых ресурсов (нефти и газа) к возобновляемым. При этом КПД наиболее развитых водородно-кислородных топливных элементов достигает 70 %. В сочетании с экологичностью данного типа топливных элементов это мотивирует ведущие автоконцерны к разработке автомобилей на водородном топливе. В частности, уже на протяжении 4 лет ведутся продажи серийного автомобиля Toyota Mirai. Однако широкое распространение технологии водородно-кислородных топливных элементов сдерживается высокой стоимостью используемых в них катализаторов (преимущественно на основе платины), а также проблемами хранения и безопасной транспортировки водорода. В качестве альтернативы в последние годы активно развивается направление топливных элементов, использующих жидкое топливо вместо водорода. Наиболее привлекательным в данном направлении является использование бор-содержащих соединений и, в частности, боргидрида натрия, который обладает высоким массовым содержанием водорода (10.6 вес.%) и не содержит в продуктах реакции CO и CO₂. При этом теоретический максимальный потенциал разомкнутой цепи в случае использования кислорода на катоде составляет 1.64 В отн. НВЭ, что на 0.41 В выше по сравнению с водородно-кислородными топливными элементами. Кроме того, использование щелочных электролитов в боргидридных топливных элементах позволяет использовать катализаторы на основе неблагородных металлов, что также ведет к уменьшению стоимости всей системы. Тем не менее в настоящее время большинство катализаторов анодного процесса окисления боргидрида содержат в своем составе благородные металлы, такие как платина, и палладий (реже золото). Это обусловлено их высокой активностью при значениях потенциала близких к теоретическому. Однако в последние годы был достигнут существенный прогресс в разработке стабильных и активных катализаторов реакции окисления водорода в

щелочной среде на основе никеля. Согласно данным теоретических расчетов, никель также должен проявлять высокую активность в реакции окисления боргидрида, что подтверждается рядом публикаций. В то же время в некоторых работах сообщается о незначительной активности данного металла. Для разрешения данного противоречия необходимо более детальное исследование кинетики реакции окисления боргидрида на никелевых электродах, что будет реализовано в рамках данного проекта.

Согласно литературным данным, одной из ключевых стадий реакции окисления боргидрида является окисление адсорбированных на поверхности электрода атомов водорода. Для последнего процесса было установлено, что сочетание на поверхности Ni катализатора металлических и оксидных центров приводит к существенному увеличению его активности. В текущем проекте данная гипотеза будет впервые проверена применительно к реакции окисления боргидрида. Кроме того, в рамках проекта будут синтезированы и исследованы в реакции окисления боргидрида биметаллические NiAu/C и впервые NiOs/C катализаторы. Поскольку наличие металлических центров на поверхности никеля является критическим условием для протекания реакции при низких потенциалах, их стабилизация устойчивыми к окислению элементами (Au, Os) должна положительно сказаться на активности и стабильности катализатора. Кроме того, теоретические расчеты показывают, что осмий является перспективным анодным материалом для прямых боргидридных топливных элементов. Тем не менее к настоящему времени он практически не изучен. Оценка каталитической активности разработанных в рамках проекта электрокатализаторов будет проведена в трехэлектродной электрохимической ячейке методами циклической вольтамперометрии и хронопотенциометрии с применением вращающегося дискового электрода. Лучшие образцы будут также исследованы в реальных условиях функционирования прямых боргидридных топливных элементов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ AAAA-A20-120100990046-2, 27.06.2022

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ДЕГРАДАЦИИ ПЕРФТОРИРОВАННЫХ МЕМБРАН, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПЛАТИНОЙ, ПРИ ИХ РАБОТЕ В ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНОМ ТОПЛИВНОМ ЭЛЕМЕНТЕ С БИМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ КАТАЛИЗАТОРАМИ

Исследование направлено на изучение влияния объемного модифицирования перфторированных мембран платиной и применения биметаллических катализаторов в составе мембранно-электродного блока топливного элемента на физико-химические характеристики полимерного электролита и степени его деградации в процессе работы в топливном элементе. Будет выполнено комплексное исследование, включающее получение мембран, объемно-модифицированных дисперсией платины, изучение транспортных и структурных свойств исходной и объемно-модифицированных мембран с применением ряда экспериментальных методов: мембранная кондуктометрия и вольтамперометрия, контактная эталонная порометрия, ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия. На основании результатов, полученных для мембранно-электродного блока с исходной мембраной МФ-4СК и коммерческим катализатором, будут выбраны наиболее информативные методы для оценки степени деграда-

ции мембраны на различных этапах ее работы в топливном элементе. Будет выполнена оценка влияния высушивания, термического и механического воздействия на свойства мембраны МФ-4СК при изготовлении мембранно-электродного блока. Данная информация будет дополнена результатами исследования электрохимического поведения мембранно-электродного блока водородно-воздушного топливного элемента с применением объемно-модифицированных мембран и исходной мембраны в сочетании с различными катализаторами. Обобщение результатов комплексного исследования транспортных, структурных и эксплуатационных параметров позволит определить степень деградации полимера на каждом этапе получения и эксплуатации мембранно-электродного блока, что имеет не только фундаментальный характер, но и важное прикладное значение.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122070800005-9, 05.07.2022

РАЗРАБОТКА СТЕКА ТВЕРДОПОЛИМЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Проект направлен на создание эскизной конструкторской документации макетов стеков твердополимерных топливных элементов (далее – ТПТЭ) обеспечивающих номинальную мощность не менее 0,1 кВт и не менее 0,5 кВт создание макетов стеков ТПТЭ.

ТПТЭ являются наиболее перспективными источниками энергии, использующими в качестве топлива водород и в качестве окислителя – кислород воздуха. Такие источники энергии уже широко востребованы рынками Аэронет, Автонет, Маринет Технэт, Сэйфнет. Процесс получения электроэнергии в ТПТЭ проходит в одну стадию без промежуточных преобразований химической энергии в тепловую, тепловой — в механическую, а затем уже в электрическую, благодаря чему энергоустановки на ТПТЭ значительно более эффективны и экологически чистые по сравнению с традиционными источниками энергии, использующими ископаемое топливо. Единственным продуктом электрохимических реакций между молекулами водорода и кислорода является вода.

Основным элементом энергоустановок на ТПТЭ является стек топливного элемента, включающий в себя такие основные компоненты, как мембранно-электродный блок (МЭБ), обеспечивающий осуществление анодных и катодных процессов, разделение зарядов (электроны и протоны); bipolarные пластины, обеспечивающие подвод реагентов к МЭБ, газораспределение, токоотвод, температурный и водный балансы в системе.

Сегодня развитию рынка энергоустановок на ТПТЭ в России препятствует не только их высокая стоимость, но и отсутствие российских технологий создания элементов ТПТЭ и их сборки. В связи с чем необходимы развитие массового производства, расширение рынка с опорой на отечественные технологии, позволяющих адаптировать эксплуатационные характеристики энергоустановок под задачи и специфику конкретного потребителя, что в свою очередь не толькократно снизить стоимость изделий, но и обеспечить импортнезависимость России в области водородных технологий.

В настоящем проекте будут впервые предложены технологические подходы к созданию стеков ТПТЭ с открытым катодом на основе композитных bipolarных пластин. Решение поставленных в проекте задач помогут обеспечить переход современной энергетики РФ к экологически чистой и ресурс-

собирающей энергетике, обеспечат формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 122022600117-0, 16.02.2022

МАТЕРИАЛЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АВТОНОМНО ИЗОЛИРОВАННЫХ СИСТЕМ АРКТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Создание физико-химических основ направленного жидкофазного синтеза новых функциональных электроактивных и ионопроводящих оксидных, композиционных органо-неорганических, керамических материалов и покрытий на их основе с заданными физико-механическими, физико-химическими, электрохимическими и электрофизическими свойствами для повышения производительности и ресурса, уменьшение стоимости электрохимических устройств с внешней подачей топлива – низкотемпературных водородно-воздушных твердополимерных (далее – ТПТЭ) и среднетемпературных твердооксидных топливных элементов (далее – ТОТЭ), в том числе ТОТЭ с внутренним риформингом метана. Разработка научных основ жидкофазного синтеза керамических электролитных и электродных наноматериалов с улучшенными механическими и электротранспортными свойствами в качестве компонентов современных энергоэффективных ТОТЭ, позволяющих снизить рабочую температуру топливной ячейки на 300–400 °С, тем самым повысить ресурс ее работы, снизить стоимость производимой электроэнергии.

На основе комплекса теоретических, материаловедческих и экспериментальных исследований влияния физико-химических свойств материалов на выбор конструкций современных электромеханических преобразователей и накопителей энергии, гибридной электростанции (источники энергии – ветро-и гидропотоки), автономной экологически чистой транспортной энергетики с использованием топливных элементов; служебных характеристик топливных элементов разработка конструкций, новых материалов и покрытий для повышения надежности функционирования изолированных энергосистем, надежного электроснабжения объектов с целью создания более комфортных условий для жизни населения, снижения техногенной нагрузки на окружающую среду в климатических условиях Арктики. Достижение поставленных задач будет способствовать решению экологических проблем, поскольку позволит первоначально снизить, а затем отказаться от доставки топлива для дизель-генераторных установок, наиболее распространённых в настоящее время в регионе. Разработка технологий модифицирования цемент содержащих материалов и других вяжущих материалов нанокремнием для повышения физико-химических и реологических свойств, что позволит снизить расход вяжущих материалов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ ХИМИИ СИЛИКАТОВ ИМ. И.В. ГРЕБЕНЩИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А20-120082890024-0, 12.07.2022

ВЛИЯНИЕ ЭВОЛЮЦИИ СОСТАВА/СТРУКТУРЫ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ НА КАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ

Электрокатализаторы на основе платиносодержащих наночастиц – важнейшие материалы, необходимые для создания твердополимерных топливных элементов и электролизеров – востребованных компонентов грядущей водородной энергетики. Повышение функциональных характеристик электрокатализаторов может быть решена на базе фундаментальных исследований, выясняющих взаимосвязь их состава и структуры с активностью и стабильностью. Настоящий проект направлен на изучение особенностей реорганизации структуры биметаллических PtM наночастиц (далее – НЧ) в результате их естественной или искусственно организованной эволюции и изменений основных функциональных характеристик – активности и стабильности нанесенных Pt-содержащих электрокатализаторов для низкотемпературных топливных элементов, обусловленных этой реорганизацией. Возможность управления составом, размером, пространственным и размерным распределением наночастиц Pt или Pt-M, их формой и тонкой структурой (архитектурой) в ходе синтеза и дальнейшей постобработки открывает путь к получению нового поколения электрокатализаторов. Такие катализаторы должны содержать пониженное по сравнению с коммерческими аналогами количество платины в сочетании с высокими стабильностью и/или активностью, в первую очередь, в реакции электровосстановления кислорода. В результате реализации заявляемого проекта будут получены новые знания о характере связи состава/структуры фактически «работающих» в электрокатализе «превращенных» PtM наночастиц, а также определяемых ими стабильности и активности в токообразующих реакциях, с исходными (состояние «как получено») составом/структурой наночастиц и условиями их предобработки. Будут разработаны новые способы управления составом/структурой de-alloyed PtMx-y/C электрокатализаторов посредством их предобработки, следствием чего станет развитие поверхности наночастиц, обладающих высокой стабильностью и активностью в электрохимических реакциях восстановления кислорода, окисления водорода и метанола. Важным компонентом работы станет аттестация тонкой структуры (архитектуры) биметаллических наночастиц, на поверхности которых происходят токообразующие реакции. Заявляемая научная работа будет обладать существенной новизной, обусловленной: 1) новым подходом к получению электрокатализаторов, заключающемся в первоначальном синтезе PtM(x) наночастиц с высоким содержанием легирующего компонента и последующем селективном растворении значительной части этого компонента, приводящим к получению (нанопористых) PtM(x-y) структур с высокими стабильностью и активностью в электрохимических реакциях; 2) в работе будут использованы оригинальные (впервые предложенные именно нашим коллективом) способы воздействия на состав/структуру PtM НЧ при синтезе и обработке электрокатализаторов, а именно – получение биметаллических НЧ с градиентной структурой, использование атмосферы СО при синтезе/обработке наночастиц; 3) при изучении состава/архитектуры de-alloyed НЧ и анализе их размерного и пространственного (по поверхности носителя) распределения будет использован комплексный подход, связанный с сочетанием взаимодополняющих друг друга методов: рентгенофлуоресцентного анализа, просвечивающая электронная микроскопия (с элементным карти-

рованием), синхротронной рентгенографии и окислительной термогравиметрии.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122042600094-2, 19.04.2022

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ МОБИЛЬНОЙ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА БАЗЕ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Проект направлен на разработку универсального модуля системы накопления энергии – Автономной Мобильной Гибридной Энергосистемы с Топливными Элементами на базе протонообменных Мембран (далее – АМГЭ ПОМТЭ) и водородными баллонами в качестве накопителя. АМГЭ устроена по модульному принципу и может быть масштабируема как в части генерируемой мощности за счет объединения топливных элементов (далее – ТЭ) в батарею, так и за счет объединения водородных баллонов в рампу. Для АМГЭ разрабатывается интеллектуальная система управления, повышающая эффективность работы за счет поиска точек максимальной мощности, оптимизации температурных режимов ТЭ и обеспечивающая безопасность пневмосистем.

Технология адаптирована для применения на наземных и морских беспилотных носителях, разработанных ЦТП СПбПУ, а также может быть применена в перспективных разработках – в стационарных системах мощностью от 1 до 100 кВт (в случае использования нескольких модулей) для сглаживания пиков мощности и резервного источника длительной подзарядки в проектах промышленных партнеров СПбПУ, а также в качестве лабораторного стенда для исследования режимов работы ТЭ и водородных систем. АМГЭ может работать в составе гибридных солнечно- и ветроводородных генераторов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ АААА-А19-119122590016-5, 23.08.2022

ДИЗАЙН НОВЫХ Sn-СОДЕРЖАЩИХ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ С ПОВЫШЕННЫМИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ И СТАБИЛЬНОСТЬЮ ДЛЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ

Твердоокисные протонные электролиты представляют собой уникальный класс оксидных материалов, обладающих кислородионной, а также протонной проводимостью в H_2 и H_2O -содержащих атмосферах. Эта особенность позволяет использовать их в таких электрохимических устройствах, как твердоокисные топливные элементы (далее – ТОТЭ), электролизеры (далее – ТОЭ) и сенсоры, что способствует развитию водородной и электрохимической энергетики. Наиболее исследованными протонпроводящими электролитами являются системы на основе $BaCeO_3$ и $BaZrO_3$. Однако они имеют определенные недостатки, например, наличие существенного вклада дырочной составляющей проводимости в окислительных атмосферах, недостаточную термодинамическую устойчивость в парах воды и CO_2 и/или высокое зернограничное сопротивление из-за низкой способности к спеканию. В связи с этим актуальным является поиск новых протонпроводящих электролитов, обладающих высокой химической ста-

бильностью, значимой проводимостью и широкой электролитической областью. Материалы на основе олова (Sn) могут рассматриваться в качестве сравнительно новой альтернативы цератам и цирконатам бария с точки зрения достижения компромисса между их термодинамической устойчивостью и высокой ионной проводимостью. В рамках настоящего проекта планируется получить новые (ранее не исследованные) оксидные композиции как со структурой перовскита, так и слоистой структурой (фазы Раддлсдена-Поппера), а также проанализировать возможность их использования в качестве протонпроводящих электролитов для электрохимических устройств различного назначения (ТОТЭ, ТОЭ, сенсоры).

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122111500098-4, 11.11.2022

МАКЕТИРОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Направлением исследований в рамках проекта является разработка конструкций, моделирование и оптимизация режимов работы электрохимических устройств, включая твердоокисные топливные элементы, работающие на водороде и углеводородных топливах, электролизеры для получения чистого водорода и синтез-газа, датчики состава газовой фазы, кислородные насосы, а также разработка и создание установок на их основе.

Основной задачей является разработка энергоустановок и электролизных установок на уровне мировых эксплуатационных характеристик и выше на основе отечественных компонентов. Для этого предстоит решение ряда отдельных задач: - разработка технологии получения единичных элементов планарной конструкции заданной геометрии; - исследование микрокинетических процессов, протекающих на границах электрод-электролит в единичных элементах; - исследование свойств единичных элементов; - разработка материалов интерконнекторов; - исследование зависимости эксплуатационных свойств материалов интерконнекторов от химического состава, структурно-фазового состояния и режимов обработки; - разработка технологий нанесения защитных покрытий на интерконнекторы; - исследование коррозионного поведения интерконнекторов в условиях электролиза; - создание герметизирующих материалов и разработка технологий их нанесения; - разработка конструкций стеков ТОТЭ и ТОЭ и моделирование макрокинетических процессов в них; - создание макетов установок на базе ТОТЭ и ТОЭ и отработка режимов эксплуатации.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122052600049-1, 16.05.2022

ВОДОРОДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ С БОЛЬШИМ СРОКОМ СЛУЖБЫ

Впервые будут получены новые знания об особенностях миграции Nafion в МЭБ в процессе их функционирования и зависимости этих процессов от структуры электрода. Впервые будет использован прием пространственной стабилизации Nafion в МЭБ посредством ограничения его электро-

форетической миграции ячеистым каркасом стабилизирующей сетки.

В настоящем проекте с целью предотвращения деградации структуры Nafion в МЭБ (как электродов, так и мембраны) будет использован прием пространственной его стабилизации путем введения пространственных ограничений в виде сетки наноструктурированных материалов: перфторированного полиэтилена (далее – ПТФЭ) и углеродных нанотрубок с различной морфологией и, соответственно размерами ячеек. Будет подобрана структура с эффективным размером ячеек, препятствующим миграцию частиц Nafion. Для этого планируется три части работы: 1. исследование миграции частиц Nafion в работающем, не стабилизированном МЭБ; 2. создание МЭБ, содержащих в структуре электродов и на поверхности мембраны стабилизирующую добавку ПТФЭ и/или УНТ различной морфологии в различных количествах; 3. ресурсные испытания стабилизированных МЭБ и подбор оптимальных параметров состава и структуры стабилизатора.

Стабилизирующие материалы будут вводиться в структуру электрода путем добавления в каталитическую дисперсию в необходимых количествах, которая впоследствии будет наноситься на поверхность мембраны.

Для исследования процессов миграции Nafion в работающем МЭБ будут использованы электрохимические методы, метод динамического рассеяния света, микроскопические методы исследования, совмещенные с методом элементного анализа (EDX), атомная силовая микроскопия. МЭБ будет подвергаться электрохимическому состариванию в стандартной ячейке в различных режимах. Для исследования миграции Nafion будут использованы потенциостатический и гальваностатический режимы с целью исследования миграции в постоянном электрическом поле и при постоянной плотности тока. В дальнейшем при окончательной оценке стабильности МЭБ будет использована следующая общепринятая методика. Электродные материалы будут исследованы на дисковом электроде в трехэлектродной ячейке в различных режимах электрохимического воздействия. Старение МЭБ будет проводиться при комнатной температуре и атмосферном давлении при заданном количестве циклов (0, 100, 300, 1000 и т.д.) развертки напряжения в диапазоне 0.6–1.0 В со скоростью развертки потенциала 50 мВ·с⁻¹. На электроды будут подаваться влажные (≈100 %) N₂ и H₂. На электрод, который подвергается старению, будет подаваться N₂.

Для оценки размера и концентрации частиц, мигрирующего Nafion будет использован анализ воды, вырабатываемой при функционировании МЭБ, методом динамического рассеяния света. Изменение структуры и компонентного состава электродов в процессе того или иного электрохимического воздействия будут оцениваться микроскопическими методами и методом элементного анализа. Структура стабилизирующих сеток и частиц Nafion будет исследована методом атомной силовой микроскопии. Динамика ионного сопротивления электродов будет исследована методом спектроскопии электрохимического импеданса.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А. Ф. ИОФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122042600012-6, 20.04.2022

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА (МЭБ) ТВЕРДООКСИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА (ТОТЭ)

Электроустановки (далее – ЭУ) на ТОТЭ – высокоэффективные генераторы электрической энергии и тепла, напрямую преобразующие химическую энергию окисления газообразных углеводородов.

Энергоустановки на основе топливных элементов имеют следующие достоинства: - высокий КПД (40-70 %); - количество удельных выбросов вредных компонентов на 1,5-2,5 порядка ниже, чем у традиционных, а количество таких выбросов как CO и NOx в сотни раз ниже, чем значения, указанные в экологических стандартах Euro-6 и Tier-4; - возможность использования различных видов топлива; - высокий ресурс работы; - высокий межсервисный интервал.

Эти достоинства обеспечивают большой интерес к разработке и применению ЭУ с ТЭ во многих странах. Для повышения экономической конкурентоспособности энергоустановок на основе ТОТЭ необходимо преодолеть ряд технических и технологических проблем. В первую очередь требуется снизить рабочую температуру ТОТЭ до 500–600 °С, обеспечив при этой температуре высокую ионную проводимость используемых твердых электролитов. Также интерес представляет проблема масштабирования (увеличения геометрических размеров ТОТЭ) при сохранении характеристик ТОТЭ на необходимом уровне и обеспечение воспроизводимости процесса для получения ТОТЭ различного масштаба.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 122101300008-6, 10.10.2022

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И МАНЕВРЕННОСТИ КИСЛОРОДНО-ТОПЛИВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В ходе первого полугодия 1 года будут: - разработаны тепловые схемы, математические модели и алгоритмы расчета вариантов кислородно-топливных энергетических комплексов с углекислотной и паровой конверсией природного газа, с интегрированными циклами на низкокипящем теплоносителе и с газификацией угля, КПД нетто по отпуску электроэнергии которых должен превышать 50 % с учетом затрат энергии на производство кислорода и захоронение избыточного диоксида углерода; - проведены расчеты тепловых схем кислородно-топливных энергетических комплексов.

В ходе второго полугодия 1 года будут: - проведены конструкторские расчеты энергетического оборудования кислородно-топливных энергетических комплексов, включая газовую турбину для выработки пиковой мощности, теплообменный аппарат, работающий на низкокипящем теплоносителе и хранилищ продуктов газификации угля; - проведены численные расчеты тепловых и газодинамических процессов, протекающих в проточной части энергетического оборудования кислородно-топливных энергетических комплексов, включая газовую турбину для выработки пиковой мощности, теплообменный аппарат, работающий на низкокипящем теплоносителе; - разработан метод повышения газодинамической эффективности газовой турбины для выработки пиковой

мощности, обеспечивающий снижение газодинамических потерь не менее чем на 10 %; - разработана эффективная поверхность нагрева для теплообменного аппарата, работающего на низкокипящем теплоносителе, обеспечивающая повышение интенсивности протекающих теплообменных процессов не менее чем на 10 %; - сформулированы технические требования в виде проектов технических заданий на проведение ОКР по созданию хранилищ продуктов газификации угля, пиковой газовой турбины и теплообменного аппарата на низкокипящем теплоносителе для кислородно-топливных энергетических комплексов мощностью 100–300 МВт; - разработаны 3D модели и чертежи энергетического оборудования кислородно-топливных энергетических комплексов мощностью 100–300 МВт, включая хранилища продуктов газификации угля, пиковую газовую турбину и теплообменный аппарат на низкокипящем теплоносителе; - подготовлены 2 заявки на изобретения.

В ходе первого полугодия 2 года будут проведены: - разработка методики размещения КТЭК, а также разработаны рекомендации по выбору ее расположения; - исследование влияния температуры воздуха на энергетическую эффективность ВРУ и КТЭК; - проведен одномерный тепловой и конструкторских расчет углекислотной турбины, углекислотного компрессора и рекуператора; - разработаны методика и рекомендации к выбору оптимальной стратегии изменения режима КТЭК; - построены режимные карты и проведено исследование эффективности КТЭК при изменении режимов работы.

В ходе второго полугодия 2 года: - разработано технико-экономическое обоснование выбора конструктивных особенностей теплообменных аппаратов, работающих на углекислотном теплоносителе; - исследовано влияния величины недогрева для углекислотных теплообменников, служащих для регенерации теплоты, промежуточного охлаждения рабочей среды и утилизации источников низкопотенциальной теплоты, на эффективность и на площадь кислородно-топливного энергетического комплекса; - разработаны модели оценки стоимости углекислотных теплообменных аппаратов; - разработано технико-экономическое обоснование выбора конструктивных параметров и характеристик углекислотных радиальных турбомашин для установки на низкокипящем теплоносителе; - обосновано границы перехода от радиальных к осевым углекислотным турбинам с учетом массогабаритных и газодинамических характеристик конструкций; - исследовано влияния ключевых параметров на массогабаритные и газодинамические характеристики радиальных углекислотных турбин; - разработана модель оценки стоимости радиальной турбины, работающей на углекислотном рабочем теле; - обосновано границы перехода от радиальных к осевым углекислотным компрессорам с учетом массогабаритных и газодинамических характеристик конструкций; - исследовано влияния ключевых параметров на массогабаритные и газодинамические характеристики радиальных углекислотных компрессоров; - разработана модель оценки стоимости радиального компрессора, работающей на углекислотном рабочем теле; - разработано технико-экономическое обоснование использования цикла на низкокипящем теплоносителе в составе кислородно-топливного энергетического комплекса для полезной утилизации низкопотенциальной теплоты; - разработаны модели оценки стоимости энергетических установок на низкокипящем теплоносителе; - исследовано влияние ключевых параметров на финансово-экономические показатели проекта модернизации кислородно-топливного энергетиче-

ского комплекса за счет надстройки цикла на низкокипящем теплоносителе.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 121031700339-8, 09.03.2021

ПРОВЕДЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ «ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СВОЙСТВ ПОРИСТЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СЛОЕВ В ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЕ ВОДЫ С ТВЕРДЫМ ПОЛИМЕРНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ» В РАМКАХ РОССИЙСКО-ГЕРМАНСКИХ ПРОГРАММ «МИХАИЛ ЛОМОНОСОВ» И «ИММАНИУЛ КАНТ»

Агрессивная кислотная среда и высокое напряжение обуславливают использование дорогостоящих материалов в составе мембранно-электродного блока (далее – МЭБ) электролизера воды (далее – ЭВ) с твердым полимерным электролитом (далее – ТПЭ) – Pt, Ir или Ru в качестве катализаторов и Ti – в качестве материала пористых транспортных слоев (далее – ПТС) и биполярных пластин. ПТС расположен между каталитическими слоями и соответствующими биполярными пластинами с обеих сторон МЭБ, а к его основным функциям относится обеспечение электронной проводимости между слоями, а также эффективного переноса газов и воды. Вода и кислород переносятся в анодном ПТС в противоположных направлениях, и его пористая структура имеет большое значение, поэтому необходима оптимизация с точки зрения сбалансированного массопереноса. Структура ПТС играет большую роль в возникновении ограничений массопереноса: она оказывает влияние на скорость роста и отрыва пузырьков кислорода, а также определяет режим течения. Для повышения эффективности работы электролизеров и снижения энергозатрат на получение водорода необходимо более глубокое исследование влияния структуры и морфологии ПТС на характеристики МЭБ в широком диапазоне плотностей тока и давлений.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ АААА-А21-121011390006-0, 11.01.2021

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ЗАПАСАНИЯ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Цель работы – расширение фундаментальных знаний об аккумулировании и преобразовании энергии в каталитических и адсорбционных процессах с участием альтернативных источников энергии, направленных на разработку научных основ для создания технологий низкоуглеродной экономики. Основные исследования сосредоточены на вовлечении в цикл запасаения энергии CO_2 , гидридных соединений, воды, метанола, органических загрязнителей, а также углеродных материалов, полученных из биомассы. Для повышения эффективности процессов преобразования энергии с участием выбранных объектов исследования необходимо: 1. Определить основные закономерности гидрирования углекислого газа, в том числе в условиях адсорбционно-каталитического цикла с использованием катализаторов на основе сложных оксидов, получаемых из энергоемких органометаллических

соединений; 2. Разработать новые материалы для перспективных технологий электрохимического преобразования энергии с целью экономичного производства промышленно значимых соединений и снижения уровня загрязнения окружающей среды, а также выработки электричества. 3. Установить факторы, определяющие низкотемпературную генерацию водорода из материалов различных составов на основе борсодержащих гидридных соединений. 4. Разработать новые перспективные углеродные материалы на основе нанопористых углеродных носителей с высокоразвитой удельной поверхностью, полученных из растительной биомассы, для процессов запасаения энергии в суперконденсаторах и для концентрирования ионов в процессе емкостной деионизации воды; развить методы фотоэлектрокатализа для диагностики полупроводниковых фотокатализаторов и применения их в процессах преобразования энергии химических связей с целью экономичного производства промышленно значимых соединений и снижения уровня загрязнения окружающей среды, а также выработки электричества. 5. Исследовать равновесие и динамику адсорбции воды и метанола на новых и классических адсорбентах, эффективных для систем адсорбционного преобразования/запасаения теплоты (АПЗТ) в условиях, максимально близких к реальным условиям АПЗТ (температура, давление, конфигурация слоя адсорбента, способ инициирования адсорбции и пр.). 6. Развить методы дизайна новых наноконструктивных фотокатализаторов, полученных путём комбинирования различных полупроводниковых материалов и модифицированных дополнительными соединениями металлов и неметаллов, для эффективного использования энергии солнечного света за счет обеспечения возможности активации в широком спектральном диапазоне, пространственного разделения фотогенерированных зарядов и их использования в окислительно-восстановительных реакциях, направленных на получение ценных химических продуктов и проведение полезных химических превращений, а именно, фотовосстановления CO_2 , фотофиксации азота и фотокаталитической деструкции органических загрязнителей под действием видимого света, для получения синергетического эффекта от разных компонентов и значительного повышения эффективности этих процессов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

ДИССЕРТАЦИИ

№ АААА-В16-416012630062-3, 26.01.2016

МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ КРИТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ИХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ФЛЮКТУАЦИОННЫХ И ШУМОВЫХ СИГНАЛОВ

Цель: разработка методики контроля повышенной оперативности критических режимов работы высокоэнергетических установок методами вейвлет-анализа. Предложенные методика и алгоритм контроля критических режимов работы высокоэнергетических установок позволяют оперативно определять техническое состояние оборудования без внесения возмущения в его работу. Результаты исследований могут быть применены при построении систем контроля и мониторинга состояния роторных машин, гидроагрегатов, систем

контроля технического состояния водородного топливного элемента. Теоретические и практические результаты использованы при выполнении НИР кафедрой радиоэлектроники и информационно-измерительной техники КНИТУ – КИИ, в научных разработках исследовательской лаборатории CNRS UPR 3346 университета г. Пуатье (Франция), учебном процессе Чистопольского филиала КНИТУ – КИИ.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.Н. ТУПОЛЕВА – КИИ»

№ АААА-В17-417041060034-6, 10.04.2017

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ЛОКАЛЬНОЙ ПРОВОДИМОСТИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Объект исследования – водородные топливные элементы (ТЭ), тонкие сегнетоэлектрические (СЭ) пленки $\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$, пленки high-k диэлектриков SmScO_3 . Цель исследования – изучение локальной проводимости и особенностей распределения областей протекания тока, а также пространственного распределения зарядов с нанометровым разрешением методами атомно-силовой микроскопии («Интегра Аура», NT-MDT). Разработан и применен метод полуконтактной микроскопии сопротивления растекания для исследования проводимости ТЭ. Впервые получены карты распределения электронного и протонного тока, позволяющие добиться максимальной эффективности ТЭ. Показано, что при построении ячейки СЭ памяти надо учитывать проводимость границ зерен и исходное направление поляризации в пленке. Для пленок SmScO_3 установлено, что время удержания заряда определяется количеством ловушечных центров в слое. Впервые определены значения коэффициентов диффузии, энергии активации и подвижности инжектированных зарядов, значимых при построении транзисторных структур.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-В20-420122490064-0, 24.12.2020

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ И ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОДОВ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА С НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ МОДИФИКАТОРАМИ ПОРИСТОСТИ

Созданы физико-химические основы технологии структурно-модифицированных электродов водородного топливного элемента с заданными свойствами и улучшенными электрохимическими характеристиками. Разработаны научно-технологические основы управления массовым и зарядовым транспортом, а также изучено строение пористого катода со смешанной проводимостью, состоящего из электрохимически активного материала (наночастицы платины), функциональных каркасообразующих углеродных материалов, Nafion.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 422011200049-9, 12.01.2022

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ДЛЯ МАЛЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАЮЩИХ АППАРАТОВ

Объект исследования: электротехнический комплекс энергетической установки на основе топливных элементов. Цель работы: разработка электротехнической системы для автономной энергетической установки на водородных топливных элементах на основе применения предложенных новых компьютерных и математических моделей и алгоритмов проектирования. В работе использованы методы схемотехнического проектирования, математического анализа, теории электрических цепей, методы математического и численного моделирования и экспериментальных исследований, инструменты программного комплекса Ltpise. В работе изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки по созданию электротехнических комплексов энергетических установок беспилотных летающих аппаратов, обеспечивающих требуемые энергетические показатели, способствующие увеличению длительности полета.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

ПАТЕНТЫ

№ 2531290, 30.09.2009

СПОСОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ IGCC С ИНТЕГРИРОВАННЫМ УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ CO₂

Изобретение относится к способу эксплуатации электростанции IGCC с интегрированным устройством для отделения CO₂. При этом способе технологический газ с содержанием H₂ и CO₂ разделяют посредством адсорбции с переменным давлением (PSA) на технически чистый водород и фракцию с высоким содержанием CO₂, причем фракция с высоким содержанием CO₂ выделяется в результате снижения давления в виде отходящего газа установки PSA. Образующийся водород сжигается по меньшей мере одной газовой турбине, предназначенной для генерации тока. Отработавший газ газовой турбины используется в котле-утилизаторе для производства водяного пара, расширяющегося в паровой турбине, также предназначенной для генерации тока. Отходящий газ установки PSA сжигается в отдельном котле с использованием технически чистого кислорода, причем образуется дымовой газ с температурой свыше 1000 °С. Дымовой газ используется для перегрева подаваемого в паротурбинный процесс пара и/или для производства пара с большим давлением для паротурбинного процесса. При использовании отходящего тепла газовой турбины и отходящего тепла дымового газа получают перегретый пар с давлением свыше 120 бар и температурой более 520 °С для паротурбинного процесса. Изобретение позволяет повысить общий КПД электростанции IGCC с интегрированным устройством отделения CO₂.

РАЗРАБОТЧИК: ТИССЕНКРУПП УДЕ ГМБХ (DE)

№ 2803371, 13.04.2023

ВОДОРОДНАЯ ЗАПРАВОЧНАЯ СТАНЦИЯ С АВТОНОМНЫМ МОДУЛЕМ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Изобретение относится к области энергетики, а именно к энергетическим комплексам, осуществляющим производство водорода гидролизным способом. Водородная заправочная станция с автономным модулем получения водорода включает блок хранения компонентов в виде порошка алюминия и воды, связанный с автономным модулем получения водорода и сборником водной суспензии бемита; автономный модуль получения водорода, содержащий узел смешения порошка алюминия и очищенной воды, реактор гидротермального окисления, линию вывода пароводородной смеси и линию вывода водной суспензии бемита, узел разделения пароводородной смеси, ресивер водорода, турбинную энергоустановку; сборник водной суспензии бемита, связанный линией вывода водной суспензии бемита с автономным модулем получения водорода; компрессорно-заправочный модуль, связанный с ресивером водорода автономного модуля получения водорода; блок дистанционного контроля и управления водородной заправочной станцией с пусковым энергетическим модулем и системой согласования параметров электропитания, при этом турбинная энергоустановка имеет независимый контур с теплоносителем, на котором установлены теплообменник, выполненный с возможностью съема тепла с линии вывода пароводородной смеси и линии вывода водной суспензии бемита, и турбина с электрогенератором, подключенным к блоку дистанционного контроля и управления водородной заправочной станцией с возможностью подачи в него электроэнергии, а в качестве ресивера водорода, использован ресивер водорода высокого давления. Технический результат изобретения заключается в повышении автономности водородной заправочной станции, понижении расхода энергии на компримирование водорода, повышении безопасности за счет исключения утечек водорода в процессе производства водорода, повышении мощности производства водорода.

РАЗРАБОТЧИК: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ» (RU)

№ 2367065, 30.05.2008

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ПЛАНАРНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА

В ТОТЭ (твердооксидный топливный элемент) реализован принцип прямого преобразования химической энергии топлива в электрическую, что повышает КПД энергоустановки на ТОТЭ до 80 % при использовании вырабатываемой электроэнергии и выделяемого тепла. В качестве топлива могут быть использованы водород и любые углеводороды (природные топлива уголь, нефть, газ и продукты технической деятельности человека, отходы промышленного производства, сельского хозяйства). Разработана новая элементная база энергоустановок мощностью 5–10 кВт для распределенной (водородной) энергетики, которые приведут к увеличению энергоэффективности, к сохранению энергоресурсов (энергосбережение), к существенному сокращению выбросов в атмосферу Земли (к улучшению экологии). Модифицированный планарный элемент электрохимического устройства конструктивно объединяющий преимущества планарной и трубчатой конструкций, отличающийся тем, что элемент состоит из двух типов планарного электрохимического элемента, гофрированной и плоской, соединенных таким образом, что од-

ноименные внутренние электроды формируют несущий слой и образуют внутреннюю полость элемента, закрытую с одного торца, а противоположные внешние электроды находятся на внешней поверхности элемента, при этом токопровод. линейный или дискретный, выводящий внутренний электрод во внешнюю электродную полость, расположен на гребнях гофрированной части вдоль гофров. Поскольку КПД энергоустановки на ТОТЭ в 2–3 раза выше традиционного получения электроэнергии (тепловые электростанции) и в случае использования их в распределенной энергетике (нет необходимости в малоэффективных передающих электроэнергию сетях), то для получения такого же требуемого количества электроэнергии необходимо в 8–9 раз меньшее количество топлива. Стоимость сэкономленного топлива (в рублях) и даст экономический эффект. Это реально энергоэффективная энергосберегающая экологически чистая технология получения электрической энергии, сохраняющая энергоресурсы страны. Экономическая эффективность при замене централизованной энергетике РФ на распределенную в основе которой лежат твердооксидные топливные элементы огромна. Энергоустановки на ТОТЭ обладают автономностью, минимальным обслуживанием, высоким ресурсом работы.

РАЗРАБОТЧИК: ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОФИЗИКИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

№ 2311544, 18.04.2005

ЭНЕРГОУСТАНОВКА НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ И СПОСОБ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Энергоустановка на топливных элементах, содержащая риформер парциального окисления метана, щелочной электрохимический генератор (далее – ЭХГ) с подключенным к нему блоком очистки воздуха от углекислого газа и дожигатель горючих газов, отличающаяся тем, что в нее введены последовательно соединенные блок очистки метана от углекислого газа, блок осушки, дозатор и смеситель газов, подключенный к блоку очистки воздуха от углекислого газа, выход которого сообщается со входом риформера парциального окисления метана, выход которого соединен со входом щелочного электрохимического генератора через блок очистки газов от углекислого газа, при этом дожигатель горючих газов подключен к выходу электрохимического генератора по линии горючего.

В данном устройстве предлагаемый способ реализуется следующим образом. Метан сначала очищают от примесей CO_2 и затем осушают в блоке очистки метана от CO_2 и блоке осушки соответственно, затем дозируют его расход в дозаторе таким образом, чтобы его концентрация в смесителе газов была по крайней мере вдвое больше концентрации воздуха, подаваемого в этот же смеситель газов. В результате на выходе смесителя получается однородная метановоздушная смесь, объединенная кислородом и очищенная от примесей CO_2 и паров воды. Эта смесь поступает в риформер парциального окисления метана, где происходит парциальное окисление метана. Полученная водородосодержащая газовая смесь вновь очищается от углекислого газа (он может синтезироваться при риформинге из-за некоторой неоднородности смеси, то есть локальной избыточной концентрации кислорода) и подается в щелочной ЭХГ. Здесь часть водорода вступает в реакцию с кислородом воздуха, который поступает в щелочной ЭХГ из блока очистки воздуха от CO_2 , а оставшиеся газы направляются в дожигатель горючих газов. Здесь оставшийся водород и окись углерода догорают, а полученная высокотемпературная газовая смесь направляется на

утилизацию (например, на лопатки газовой турбины). Таким образом, в дополнение к электроэнергии, генерируемой ЭХГ, можно получить дополнительную тепловую, механическую или электроэнергию (если вместе с турбиной использовать электрический генератор). Следует отметить, что в отличие от обычного применения щелочного ЭХГ в данной схеме он работает в проточном режиме, с большими расходами газов. Это принципиально новый способ использования ЭХГ данного типа, позволяющий в перспективе существенно упростить его конструкцию (например, за счет упрощения схемы теплоотвода). Кроме того, при работе ЭХГ с большими расходами газов возникает принципиальная возможность улучшения вольтамперной характеристики ТЭ за счет интенсификации массообмена в пограничном слое мембраны. В этом случае погранслой становится турбулентным, и коэффициент тепло-массообмена увеличивается на несколько порядков.

РАЗРАБОТЧИК: ОАО «РКК-ЭНЕРГИЯ» ИМ. С.П. КОРОЛЕВА»

ГОСТ

№ 62282-4-101-2017, 01.03.2019

ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ЧАСТЬ 4-101. ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ, ОТЛИЧНЫЕ ОТ АВТОМОБИЛЬНЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ. БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АВТОПОГРУЗЧИКОВ

Требования безопасности к энергоустановкам, предназначенным для автопогрузчиков с электрическим приводом. Автопогрузчики с электрическим приводом, а также подъемно-транспортное оборудование, например, вилочные погрузчики. Энергоустановки на топливных элементах, использующие газообразный водород в качестве топлива и энергоустановки на топливных элементах с прямым окислением метанола для автопогрузчиков с электрическим приводом. Настоящий стандарт распространяется на оборудование, использующее следующие виды топлива: – газообразный водород; – метанол.

Энергоустановки на топливных элементах постоянного тока с номинальным выходным напряжением не более 150 В для использования внутри помещений и на открытом воздухе. Энергоустановки на топливных элементах, в которых система хранения топлива стационарно установлена на автопогрузчике либо на энергоустановке на топливных элементах. Требования к электрическому погрузочно-разгрузочному промышленному транспорту не регулируются настоящим стандартом при наличии в его конструкции следующих компонентов: – топливные контейнеры съемного типа; – гибридные транспортные средства, включающие двигатель внутреннего сгорания; – энергоустановки на топливных элементах, оборудованные установками риформинга топлива; – энергоустановки на топливных элементах, предназначенные для работы во взрывоопасных средах; – оборудование, оснащенное системой хранения жидкого водорода.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КВТ» (ООО «КВТ»); НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП «НАВЭ»)

№ 62282-7-1-2016, 01.09.2017

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНЫХ БАТАРЕЙ. ЧАСТЬ 7-1. ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ С ПОЛИМЕРНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ЕДИНИЧНОГО ЭЛЕМЕНТА

Настоящий стандарт распространяется на соединения элементов, испытательную аппаратуру, измерительные приборы, методы измерений, методы проверки технических характеристик, протоколы (отчеты) испытаний единичных топливных элементов с полимерным электролитом (далее – ТЭПЭ) и может быть использован для оценки: а) рабочих характеристик мембранно-электродного блока (МЭБ) для ТЭПЭ; материалов или конструкций других компонентов ТЭПЭ; влияния примесей, находящихся в топливе и/или в воздухе, на работу топливных элементов.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КВТ» (ООО «КВТ»); НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП «НАВЭ»)

№ 12619-3-2017, 01.03.2019

ТРАНСПОРТ ДОРОЖНЫЙ. СЖАТЫЙ ВОДОРОД И КОМПОНЕНТЫ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ВОДОРОДА/ПРИРОДНОГО ГАЗА. ЧАСТЬ 3. РЕГУЛЯТОР ДАВЛЕНИЯ

Настоящий стандарт содержит общие требования к регулятору давления, как к одному из компонентов топливной системы для подачи сжатого водорода (CGH_2) или смеси водорода и природного газа в качестве топлива для дорожных транспортных средств, типы которых определены в ISO 3833. Стандарт применяется к дорожным транспортным средствам, использующим в качестве топлива CGH_2 , соответствующий требованиям ISO 14687-1 или ISO 14687-2, а также топливные смеси водорода и природного газа, соответствующие требованиям ISO 15403-1 и ISO/TR 15403-2. Требования настоящего стандарта не распространяются на следующее оборудование: – компоненты топливной системы, использующей сжиженный водород (LH_2); – топливные баки; – стационарные газовые двигатели; – элементы крепления топливных баков; – электронную систему управления подачей топлива; – запасные емкости.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КВТ» (ООО «КВТ»); НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП «НАВЭ»)

№ 14687-3-2016, 01.09.2017

ТОПЛИВО ВОДОРОДНОЕ. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ПРОДУКТ. ЧАСТЬ 3. ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРОТОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНОЙ СТАЦИОНАРНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

Настоящий стандарт определяет технические требования к водородному топливу для стационарных энергоустановок на основе топливных элементов с протонообменной мембраной (ПОМ).

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ООО КВТ» И НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП НАВЭ)

№ 23273-2015, 01.05.2017

ДОРОЖНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ. ЗАЩИТА ОТ ОПАСНОСТЕЙ, СВЯЗАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЖАТОГО ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТОПЛИВА

Настоящий стандарт устанавливает требования к транспортным средствам на топливных элементах (ТСТЭ), касающиеся защиты людей и окружающей среды внутри и снаружи транспортного средства от опасностей, связанных с использованием водорода. Настоящий стандарт применяется только к конструкции ТСТЭ, в которых водород используется в качестве топлива для энергоустановки и не распространяется на производство, техническое обслуживание и ремонт транспортных средств на основе топливных элементов. Требования настоящего стандарта относятся как к условиям нормальной (безотказной) работы, так и к условиям единичного отказа в работе транспортного средства.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КВТ» (ООО «КВТ») И НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП НАВЭ)

№ 11954-2016, 01.09.2017

ТРАНСПОРТ ДОРОЖНЫЙ НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ. ИЗМЕРЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ

К транспортным средствам на топливных элементах (ТСТЭ) относятся следующие типы транспортных средств (ТС): – ТСТЭ-М, электрические транспортные средства (ЭТС), в которых энергоустановка (ЭУ) на топливных элементах (ТЭ) является единственным (моно) источником энергии для силовой и вспомогательных систем; – ТСТЭ-К, электрические транспортные средства (ЭТС), оснащенные комбинированной энергоустановкой на топливных элементах (ТЭ), в которых система топливных элементов объединена с бортовой подзаряжаемой системой аккумулирования энергии (ПСАЭ) для подачи электроэнергии на силовую и вспомогательные системы

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КВТ» (ООО КВТ); НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП НАВЭ)

№ 51673-2000, 01.01.2002

ВОДОРОД ГАЗООБРАЗНЫЙ ЧИСТЫЙ. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Настоящий стандарт распространяется на газообразный чистый водород, применяемый в ракетно-космической технике, в хроматографии, в процессах термообработки металлопродукции, при получении ультрадисперсных металлических порошков и особо чистых металлов, спекании изделий из порошковых материалов, изготовлении изделий электронной техники, нейтрализаторов выхлопных газов автомобилей и других отраслях промышленности, и научных исследованиях.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ» (ФГУП НИИХИММАШ); ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО «НАУКА» (ЗАО НТА «НАУКА»); АКЦИОНЕР-

НОЕ ОБЩЕСТВО «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ АЗОТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ» (АО «ГИАП»)

№ 53679-2009, 01.01.2011

НЕФТЯНАЯ И ГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СРЕДАХ, СОДЕРЖАЩИХ СЕРОВОДОРОД, ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ И ГАЗА. ЧАСТЬ 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА МАТЕРИАЛОВ, СТОЙКИХ К РАСТРЕСКИВАНИЮ

Настоящий стандарт устанавливает общие требования и содержит рекомендации по выбору и квалификации металлических материалов, предназначенных для оборудования для добычи нефти и газа в средах, содержащих сероводород, а также для оборудования для очистки сероводородсодержащего природного газа. Требования стандарта дополняют, но не заменяют требований к материалам, содержащихся в соответствующих стандартах на оборудование. Настоящий стандарт не противоречит Правилам промышленной безопасности (ПБ 08-624/03). В настоящем стандарте рассмотрены следующие механизмы растрескивания, которые могут быть вызваны действием сероводородсодержащих сред: – сероводородное растрескивание под напряжением (SSC); – водородное растрескивание (HIC); – водородное растрескивание, ориентированное по напряжению (SOHIC); – растрескивание мягких зон (SZC); – ступенчатое растрескивание (SWC); – коррозионное растрескивание под напряжением (SCC).

РАЗРАБОТЧИК: ОАО «ВНИИНЕФТЕМАШ»; ДОО «ЦКБН»; ЗАО «ПЕТРОХИМ ИНЖИНИРИНГ»; ООО «ВНИИГАЗ»; ЦТСК ЦНИИ-ЧЕРМЕТ; ОАО «РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТРУБНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

№ 54111.3-2011, 01.07.2012

ДОРОЖНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ. ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ. ЧАСТЬ 3. ЗАЩИТА ЛЮДЕЙ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Настоящий стандарт распространяется на бортовые электрические системы рабочим напряжением от 25 до 1000 В переменного тока или от 60 до 1500 В постоянного тока. Настоящий стандарт устанавливает основные требования для транспортных средств на топливных элементах в отношении опасности для людей и окружающей среды внутри и вне транспортного средства, связанной с поражением электрическим током. Стандарт не распространяется на: – транспортные средства на топливных элементах, работающие от внешнего источника электропитания; – изготовление, техническое обслуживание и ремонт транспортных средств на топливных элементах

РАЗРАБОТЧИК: НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП НАВЭ)

№ 55466-2013, 01.01.2014

ТОПЛИВО ВОДОРОДНОЕ. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ПРОДУКТ. ЧАСТЬ 2. ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОРОДА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРОТОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНОЙ ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Настоящий стандарт устанавливает требования к качеству водородного топлива, предназначенного для использования в дорожные транспортные средства с топливными элементами (ТСТЭ) на базе протоннообменных мембран (РЕМ).

РАЗРАБОТЧИК: НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ (НП НАВЭ)

№ 56188.1-2023, 31.05.2023

ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ЧАСТЬ 1. ТЕРМИНОЛОГИЯ

Настоящий стандарт устанавливает термины и определения, используемые в технологиях топливных элементов, а также общие термины, относящиеся к конкретным видам применения и смежным технологиям. Терминология, представленная в настоящем стандарте, соответствует терминологии, разработанной в других специализированных частях МЭК. Настоящий стандарт предназначен для использования техническими комитетами при подготовке стандартов в соответствии с принципами.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ФГБУ «ИНХС РАН»), ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ СТАНДАРТИЗАЦИИ» (ФГБУ «ИНСТИТУТ СТАНДАРТИЗАЦИИ»)

№ 56248-2014, 01.09.2015

ВОДОРОД ЖИДКИЙ. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Настоящий стандарт распространяется на жидкий водород, производимый при избыточном давлении не ниже 0,03 МПа (0,3 кгс/см²) ожижением очищенного газообразного водорода, предназначенный для использования в качестве горючего в ракетно-космической технике, двигательных и энергетических установках, авиации и наземных транспортных средствах; как хладагент в экспериментальной физике при исследованиях материалов и измерительной техники; в качестве источника чистого газообразного водорода для процессов термообработки металлопродукции, получения особо чистых металлов, порошковой металлургии, при изготовлении изделий электронной техники, нейтрализаторов выхлопных газов, в нанотехнологиях.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ КАЗЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «НАУЧНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ» (ФКП «НИЦ РКП»)

№ 14687-1-2012, 01.07.2013**ТОПЛИВО ВОДОРОДНОЕ. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ПРОДУКТ. ЧАСТЬ 1. ВСЕ СЛУЧАИ ПРИМЕНЕНИЯ, КРОМЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ С ПРОТОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНОЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ**

В настоящем стандарте установлены параметры водородного топлива, определяющие его характеристики и особенности применения, связанные с производством, хранением, транспортированием и заправкой транспортных средств, эксплуатацией бытовых электроприборов и других устройств и систем, предназначенных для работы на этом виде топлива. Настоящий стандарт может применяться для всех видов транспорта за исключением транспортных средств с электрохимическими генераторами на основе топливных элементов с протоннообменной мембраной (РЕМ).

РАЗРАБОТЧИК: НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП НАВЭ)

№ 15859-2-2010, 01.01.2012**СИСТЕМЫ КОСМИЧЕСКИЕ. ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОТБОР ПРОБ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ТЕКУЧИХ СРЕД. ЧАСТЬ 2. ВОДОРОД**

Настоящий стандарт распространяется на водород, используемый в летательных аппаратах и средствах, системах и оборудовании наземного базирования, следующих типов и марок: тип I газообразный: – марка А: топливо (горючее); – марка F: топливо (горючее); тип II жидкий: – марка А: топливо (горючее); – марка F: топливо (горючее). Настоящий стандарт распространяется только на входящие потоки водорода и устанавливает их пределы. Настоящий стандарт распространяется на отбор проб, необходимый для того, чтобы удостовериться, что водород при поступлении в средство выведения на орбиту или космический аппарат, или корабль по составу соответствует пределам, установленным в настоящем стандарте или технической документации, согласованных для конкретного применения. Настоящий стандарт устанавливает предельные значения содержания компонентов водорода и требования к методам отбора проб и методам анализа для контроля состава водорода.

РАЗРАБОТЧИК: ФГУП «ВНИЦСМВ»

№ 56188.2-2023, 31.05.2023**ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ЧАСТЬ 2. МОДУЛИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. БЕЗОПАСНОСТЬ**

Настоящий стандарт устанавливает требования безопасности для конструкции, работы в штатных и нештатных режимах, а также для испытаний модулей топливных элементов. Они относятся к модулям топливных элементов со следующими типами электролитов: – щелочными; – полимерными (включая топливные элементы с прямым окислением метанола); – фосфорнокислотными; – расплав-карбонатными; – твердоокисными.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ «ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОП-

ЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ФГБУ «ИНХС РАН»), ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ СТАНДАРТИЗАЦИИ» (ФГБУ «ИНСТИТУТ СТАНДАРТИЗАЦИИ»)

№ 62282-3-300-2015, 01.05.2017**ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ЧАСТЬ 3-300. СТАЦИОНАРНЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ. МОНТАЖ**

Настоящий стандарт содержит минимальные требования безопасности при монтаже стационарных энергоустановок на топливных элементах внутри и вне помещения, соответствующих IEC 62282-3-100. Требования стандарта относятся к монтажу следующего оборудования: – энергоустановки, предназначенные для электрического подключения к сети электроснабжения напрямую или при помощи легкодоступных управляемых вручную переключателей или автоматических выключателей; – энергоустановки, предназначенные для автономной системы распределения энергии; – энергоустановки, предназначенные для выработки энергии переменного или постоянного тока; – энергоустановки имеющие функцию рекуперации полезного тепла, так и не имеющие такую функцию. Область действия настоящего стандарта ограничивается условиями, которые могут возникать в процессе монтажа энергоустановки на топливных элементах, вызывающие опасность для персонала, приводящие к повреждению оборудования самой энергоустановки или имущества, находящегося за ее пределами.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КВТ» (ООО «КВТ») И НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП НАВЭ)

№ 54111.1-2010, 01.07.2011**ДОРОЖНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ. ЧАСТЬ 1. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

Настоящий стандарт устанавливает основные требования к функциональной безопасности транспортных средств на топливных элементах в отношении опасности для людей и окружающей среды внутри и вне транспортных средств на топливных элементах, связанной с работой электрической энергосистемы на топливных элементах. Требования стандарта распространяются как на безотказную работу транспортных средств, так и на работу с единичными отказами. Стандарт распространяется на транспортные средства на топливных элементах, в которых максимальное рабочее напряжение бортовых электрических сетей меньше 1000 В переменного тока или 1500 В постоянного тока в соответствии с национальными или международными стандартами и/или требованиями законодательства. Стандарт устанавливает основные требования к транспортным средствам на топливных элементах. Требования этого стандарта распространяются как на нормальную эксплуатацию транспортных средств (без сбоев), так и на эксплуатацию при наличии отдельных неисправностей в их работе. Стандарт не применяется к производству, техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств.

РАЗРАБОТЧИК: НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП НАВЭ)

№ 56188.3.200-2023, 31.05.2023**ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ЧАСТЬ 3-200. СТАЦИОНАРНЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Настоящий стандарт охватывает эксплуатационные и экологические характеристики работы стационарных энергетических систем – энергоустановок на основе топливных элементов. Применяются следующие методы испытания: – оценка выходной мощности при определенных условиях эксплуатации и их изменении; – коэффициент полезного действия (КПД) электрической и тепловой рекуперации при определенных условиях эксплуатации; – экологические характеристики при определенных условиях эксплуатации и их изменении, например, выбросы отработавших газов, шум и т. д.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ФГБУ «ИНХС РАН»)

№ 56188.5.100-2023, 31.05.2023**ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ЧАСТЬ 5-100. ПОРТАТИВНЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. БЕЗОПАСНОСТЬ**

Настоящий стандарт устанавливает требования к конструкции, маркировке и испытаниям портативных энергоустановок на основе топливных элементов. Эти системы на основе топливных элементов являются подвижными и не имеют стационарного крепления или иного закрепления в определенном месте. Назначение портативной энергоустановки на основе топливных элементов – выработка электроэнергии.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ИНХС РАН)

№ 56188.3.100-2023, 31.05.2023**ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ЧАСТЬ 3-100. СТАЦИОНАРНЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. БЕЗОПАСНОСТЬ**

Настоящий стандарт применим к стационарным автономным или иным энергоустановкам на основе топливных элементов, состоящих из согласованных на заводе пакетов интегрированных систем, вырабатывающих электричество посредством электрохимических реакций. Это относится к системам: а) предназначенным для подключения к электросети напрямую или с помощью безобрывного переключателя, а также к автономным системам распределения электроэнергии; б) предназначенных для подачи питания на переменном или постоянном токе; в) с возможностью рекуперации полезного тепла или без нее; г) предназначенных для работы на следующих видах топлива: 1) природный газ и другие газы с высоким содержанием метана, полученные из возобновляемых источников или ископаемого топлива; 2) топливо,

полученное при переработке нефти, например дизельное топливо, бензин, керосин и сжиженные нефтяные газы, такие как пропан и бутан; 3) спирты, сложные и простые эфиры, альдегиды, кетоны, жидкости, полученные в процессе Фишера-Тропша, и другие подходящие богатые водородом органические соединения, полученные из возобновляемых (биомасса) или ископаемых источников топлива, например метанол, этанол, диметиловый эфир, биодизель; 4) водород, и газовые смеси, содержащие водород, например синтез-газ, городской газ и др.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ФГБУ «ИНХС РАН»), ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ СТАНДАРТИЗАЦИИ» (ФГБУ «ИНСТИТУТ СТАНДАРТИЗАЦИИ»)

№ 17268-2014, 01.07.2015**УСТРОЙСТВА СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ДЛЯ ЗАПРАВКИ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ГАЗООБРАЗНЫМ ВОДОРОДНЫМ ТОПЛИВОМ**

Настоящий стандарт устанавливает требования безопасности к конструкции и эксплуатационным характеристикам соединительных устройств для заправки наземных транспортных средств сжатым водородом.

РАЗРАБОТЧИК: НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП «НАВЭ»)

№ 54113-2010, 01.07.2011**СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ МНОГОКРАТНОЙ ЗАПРАВКИ СЖАТЫМ ВОДОРОДОМ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Настоящий стандарт распространяется на разработку, изготовление и эксплуатацию соединительных устройств для заправки наземных транспортных средств, работающих на сжатом водороде. Заправочные устройства для транспортных средств на сжатом водороде (ТССВ) состоят из: – заправочного приемника и защитной крышки (устанавливаются на транспортном средстве); – заправочного вентиля. Настоящий стандарт распространяется на устройства с рабочими давлениями 25 МПа и 35 МПа, обозначаемые как: – Н25 – 25 МПа при 15 °С; – Н35 – 35 МПа при 15 °С. Настоящий стандарт распространяется на заправочные вентили и заправочные приемники, которые: – не допускают заправку транспортных средств водородом на заправочных станциях, рабочее давление которых выше, чем у транспортного средства; – допускают заправку транспортных средств водородом на заправочных станциях, рабочее давление которых совпадает или ниже рабочего давления в топливной системе транспортного средства; – не допускают заправку транспортных средств водородом на заправочных станциях с другим сжатым газом (газами); – не допускают заправку транспортных средств, заправляемых другим газом (газами), на водородных заправочных станциях. Все размеры, приводимые в настоящем стандарте, выражены в метрических единицах Международной системы единиц (СИ). Все методики испытаний, перечисленные в данном стандарте, предназначены для проверки правильности проектирования и изготовления, если не указано другое. Изделие может считаться соответствующим нормам проектирования,

предусмотренным настоящим стандартом если оно прошло все установленные испытания.

РАЗРАБОТЧИК: НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП НАВЭ)

№ 70677-2023, 01.05.2024

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КАТЕГОРИЙ МЗ, НЗ. ПРОТОКОЛЫ ЗАПРАВКИ ГАЗООБРАЗНЫМ ВОДОРОДОМ

Настоящий стандарт устанавливает требования к эксплуатационным характеристикам для водородных заправочных систем, применяемых для топливной заправки (далее – заправка) давлением до 35 МПа автобусов категории МЗ и транспортных средств категории № 3 (транспортных средств большой грузоподъемности, работающих на газообразном водороде с большой емкостью хранения водорода (более 10 кг)). Настоящий стандарт устанавливает условия для безопасной заправки и требования к рабочим характеристикам топливораздаточных колонок, используемых для заправки автобусов и транспортных средств большой грузоподъемности, работающих на газообразном водороде. Настоящий стандарт не распространяется на заправку транспортных средств малой грузоподъемности.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ И АВТОМОТОРНЫЙ ИНСТИТУТ «НАМИ» (ФГУП «НАМИ»)

№ 70679-2023, 01.05.2024

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ. ПОРЯДОК ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЩЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Настоящий стандарт устанавливает требования к безопасной интеграции систем топливных элементов, систем хранения водородного топлива и систем обработки по ГОСТ Р 70680 и общих высоковольтных электрических систем транспортных средств на топливных элементах. Настоящий стандарт также может применяться к водородным транспортным средствам с двигателем внутреннего сгорания. Настоящий стандарт распространяется на проектирование, конструкцию, эксплуатацию и техническое обслуживание транспортных средств на топливных элементах.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ И АВТОМОТОРНЫЙ ИНСТИТУТ «НАМИ» (ФГУП «НАМИ»)

№ 70680-2023, 01.05.2024

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ. ТОПЛИВНЫЕ СИСТЕМЫ. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Настоящий стандарт устанавливает требования, касающиеся ударопрочности и интеграции систем топливных элементов на транспортных средствах, определяет методы испыта-

ний, связанные с интеграцией систем хранения водорода и обработки водорода, системы топливных элементов и электрических систем в транспортных средствах на топливных элементах.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ И АВТОМОТОРНЫЙ ИНСТИТУТ «НАМИ» (ФГУП «НАМИ»)

№ 21087-2023, 31.03.2023

ГАЗОВЫЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРОТОНООБМЕННЫМИ МЕМБРАНАМИ

Настоящий стандарт устанавливает порядок проверки соответствия установленным требованиям (валидации) методов, используемых для обеспечения качества газообразного водорода (H_2) на объектах распределения водорода и водородных заправочных станциях для дорожных транспортных средств на топливных элементах с протонообменными мембранами (РЕМ). В настоящем стандарте приведены рекомендации по расчету примесей в водородном топливе. Настоящий стандарт применим для методов анализа проб отобранного водорода в лабораториях на объектах распределения водорода или на водородных заправочных станциях. Требования к непрерывному мониторингу в настоящем стандарте не рассматриваются. В настоящем стандарте приведен перечень методов анализа, используемых для определения примесей в водородном топливе, в соответствии с техническими требованиями к водороду сорта D, установленными в ИСО 14687. Кроме того, даны рекомендации по обеспечению качества измерения и приведены требования к протоколу испытаний.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИНХС РАН), ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ СТАНДАРТИЗАЦИИ» (ФГБУ «ИНСТИТУТ СТАНДАРТИЗАЦИИ»)

№ 70684-2023, 01.05.2024

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ. СИСТЕМЫ БАТАРЕЙ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРОТОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНОЙ. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ

Настоящий стандарт устанавливает процедуры проверки эксплуатационных характеристик системы батарей топливных элементов с протонообменной мембраной (ПОМ) для автомобильных транспортных средств (ТС), включающих оценку выходных электрических параметров и контроль потребляемых и выходных потоков жидкости в рамках испытаний, определенных в настоящем стандарте.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ И АВТОМОТОРНЫЙ ИНСТИТУТ «НАМИ» (ФГУП «НАМИ»)

№ 70557-2022, 01.06.2023

**СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СУДОВЫЕ
НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.
БАТАРЕИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.
ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

Настоящий стандарт устанавливает общие технические требования, предъявляемые к конструкции, стойкости к внешним факторам, надежности, безопасности, транспортабельности, маркировке, утилизации низкотемпературных, среднетемпературных и высокотемпературных батарей топливных элементов, используемых в качестве источника энергии в судовых электроэнергетических системах (ЭЭС) на морском и внутреннем водном транспорте.

РАЗРАБОТЧИК: НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ «ЛОТ» ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «КРЫЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР» (НИИ «ЛОТ» ФГУП «КРЫЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»)

СПРАВОЧНИКИ

№ 107-87, 23.06.1987

**ВОДОРОД И ЕГО ИЗОТОПЫ.
ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ**

Стандартные справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов. Настоящие таблицы стандартных справочных данных содержат значения поверхностного натяжения водорода и его изотопов в диапазоне температур от тройной точки до близких к критической.

РАЗРАБОТЧИК: ОТДЕЛ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГЕТИКИ УРАЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА АН СССР

РУКОВОДЯЩИЕ ДОКУМЕНТЫ (РД)

№ 040-02, 01.09.2003

**ПРАВИЛА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОРОДНОЙ
ВЗРЫВОЗАЩИТЫ НА АТОМНОЙ СТАНЦИИ**

Правила обеспечения водородной взрывозащиты на атомной станции устанавливают основные принципы взрывозащиты и требования к взрывозащите, реализуемые при проектировании и эксплуатации с целью предупреждения и ослабления проектных и запроектных аварий, сопровождающихся взрывом водородсодержащих смесей. Правила разработаны с учетом рекомендаций МАГАТЭ. Правила распространяются на энергоблоки атомной станции с реакторами различного типа.

Правила не распространяются на взрывозащиту от внешних техногенных воздействий, а также от водорода и водородсодержащих смесей, используемых в системах и элементах для их нормальной эксплуатации.

РАЗРАБОТЧИК: НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСАТОМНАДЗОРА РОССИИ ПРИ УЧАСТИИ АНТОНОВА С.С., АНТОШИНА В.В., КАЛИБЕРДЫ И.В., СЛУЦКЕРА В.П., СОЛОВЬЕВА Л.П., ТИБЕНКО К.Л. (НТЦ ЯРБ), ДАВЫДОВА Ю.Г. (ФГУП «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ»), ЕФИМЕНКО А.А. (РНЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»)

№ 162.1330610.2014, 01.03.2015

**ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ, ХРАНЕНИИ,
ТРАНСПОРТИРОВАНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ЖИДКОГО ВОДОРОДА**

Свод правил устанавливает требования по безопасности к разработке, устройству и эксплуатации криогенных систем ожижения, хранения, транспортирования и использования жидкого водорода в наземной инфраструктуре космических и аэродромных заправочных комплексов, испытательных комплексов и других систем потребителей, обеспечению пожарной безопасности и охраны окружающей среды. Свод правил распространяется на все вновь создаваемые производства, установки, хранилища, заправочные станции, испытательные и стартовые комплексы, а также на вновь разрабатываемые проекты реконструкции действующих производств и объектов.

РАЗРАБОТЧИК: ФКП НИЦ РКП ГНЦ ФГУП ЦЕНТР КЕЛДЫША ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ОАО КБХА ОАО ИПРОМАШПРОМ ОИВТ РАН ФГБУ ВНИИПО МЧС РОССИИ ФГУП РНЦ ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ ФИЛИАЛ ФГУП ЦЭНКИ – НИИСЦ ЦЕНТР ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОХРАНЫ ТРУДА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ КРТ ФГУП ЦЭНКИ ЦКБ ОАО ТУПОЛЕВ

ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА

НИОКТР

№ 121041500221-7, 02.04.2021

**ДИЗАЙН И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ
ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ
РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ В
ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ**

Проект посвящен решению проблем формирования новых возобновляемых источников энергии и сырья на базе химических соединений, получаемых из растительных полисахаридов (сорбитол, ксилитол, муравьиная кислота, этиленгликоль, пропиленгликоль). Сорбитол и ксилитол рассматриваются как ключевые интермедиаты для производства жидких биотоплив. Использование муравьиной кислоты в качестве источника водорода позволит решить проблемы хранения и транспортировки водорода, являющиеся актуальными в области водородной энергетики. Этиленгликоль и пропиленгликоль широко применяются во многих отраслях, в частности, в энергетике в качестве антифризов в системах отопления и кондиционирования. Проект направлен на решение актуальной проблемы разработки новых катализаторов и каталитических методов для переработки возобновляемой растительной биомассы в востребованные химические продукты и сырье для производства компонентов топлив. Научной задачей проекта является разработка фундаментальных основ целенаправленного дизайна би- и полифункциональных катализаторов на основе наноструктурированных мезопористых носителей, содержащих кислотные и основные центры, а также наноразмерные частицы металлов, для процессов переработки растительных полисахаридов. Разработка эффективных би- и/или многофункциональных катализаторов, способных осуществлять в один этап многостадийные превращения, позво-

лит решить актуальные проблемы комплексной переработки растительного сырья.

В проекте впервые предлагается использовать приготовленные оригинальными методами би- и многофункциональные наноразмерные Ru-содержащие катализаторы на анонструтурированных носителях (мезопористый графитизированный углерод (Сибунит, СМК-3), мезопористый силикат SBA-15) с кислотными (получены окислением и сульфированием углеродных носителей и модификацией добавками ZrO_2 и Nb_2O_5 оксидного носителя SBA-15) и с основными активными центрами (получены модификацией носителей добавками Ca, Mg, La и др.) для осуществления одностадийных (one-pot) процессов гидролиза-гидрирования полисахаридов (целлюлозы и гемицеллюлозы) в сорбитол и ксилитол, гидролиза-гидрогенолиза полисахаридов в этиленгликоль и пропиленгликоль. Акцент в работе будет сделан на использование экологически безопасного и перспективного донора водорода – муравьиной кислоты, получаемой из растительных полисахаридов. Впервые, с применением широкого круга самых современных физико-химических методов (оборудование последнего поколения ЦКП НЦИК (ПЭМ, РФЭС, РФА, РФС, ИК-Фурье с молекулами зондами, адсорбция CO и N_2), квантовая химия), будет выполнено систематическое научное исследование, направленное на: 1) установление взаимосвязей между физико-химическими свойствами би- и полифункциональных наноразмерных наноструктурированных катализаторов (кислотно-основными свойствами, текстурой и морфологией носителя, дисперсностью и электронным состоянием активного компонента, взаимным расположением кислотных и металлческих центров) и их каталитическими свойствами в изучаемых процессах; 2) установление кинетических закономерностей процессов одностадийной конверсии полисахаридов и их экспериментальную и математическую оптимизацию; 3) выявление механизма действия катализаторов в изучаемых процессах, в том числе, природы каталитически активных центров и ключевых промежуточных соединений.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121121300072-6, 08.12.2021

НОВЫЕ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ И БИОМАССЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Разработка новых и совершенствование существующих каталитических технологий глубокой квалифицированной переработки тяжелого углеводородного сырья, природного и попутного газов, а также биомассы с получением востребованных химических продуктов является фундаментальной научной проблемой и одновременно имеет большую практическую значимость для решения задач экологически чистой и ресурсосберегающей энергетики. Целью настоящего проекта является формирование научных и технологических заделов по следующим направлениям фундаментальных исследований:

Направление 1 – Поиск возможностей глубокой безводородной переработки тяжелых углеводородных нефтяных остатков с использованием каталитических процессов и разработка научных основ процесса пиролиза тяжелых продук-

тов вторичной нефтепереработки с высоким содержанием парафинов в условиях селективного СВЧ нагрева катализаторов;

Направление 2 – Разработка научных основ каталитических технологий синтеза муравьиной кислоты из возобновляемого сырья и компонентов попутных нефтяных газов и ее последующей переработки в водород;

Направление 3 – Разработка подходов к получению биомассы микроводорослей, применимой для получения продуктов с высокой добавленной стоимостью;

Направление 4 – Развитие научно-технологических основ экологически чистого сжигания различных органических отходов, в том числе сырой биомассы микробиологического происхождения, в каталитических генераторах тепла с получением тепловой энергии.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121120700179-1, 03.12.2021

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОГИДРИДНЫХ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И 3D ПРОТОТИПИРОВАНИЯ

Проект направлен на разработку научных основ проектирования металлгидридных систем хранения водорода с применением современных методов цифрового моделирования и аддитивных технологий. В рамках проекта будет проведено моделирование влияния геометрии теплообменника на свойства металлгидридных систем хранения, будут проведены исследования закономерностей изменения характеристик металлгидридных аккумуляторов с композиционным материалом на основе магния в зависимости от вида теплообменника. Проведен выбор и обоснование наиболее оптимальной геометрии теплообменников, полученных с применением методов цифрового моделирования и 3D прототипирования, для металлгидридных аккумуляторов. Полученные результаты могут быть востребованы при разработке новых методов аддитивного производства высокоэффективных систем хранения водорода.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122080100026-0, 29.07.2022

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ ГЕТЕРОСТРУКТУР НИТРИД БОРА-ГРАФЕН ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ АДСОРБЦИИ ВОДОРОДА

Определение оптимальных параметров и прогнозирования новых вариантов гетероструктур на основе графена и гексагонального нитрида бора-перспективных сред для хранения водорода по результатам квантово-химических расчетов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122012000473-4, 20.01.2022

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ ГЕНЕРАТОРОМ С ВОДОРОД-ВОЗДУШНЫМ ТОПЛИВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ И НАКОПИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ, ЛЕГКОВЫХ И МАЛОТОННАЖНЫХ КОММЕРЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Разрабатывается новая система хранения водорода в сжатом виде, которая отличается повышенной безопасностью, за счет применения диссипативного (многополостного) баллона и повышенным давлением до 120 МПа. Результат достигается за счет создания баллона с намоткой из углеволокна, внутренний объем которого представляет собой пористое тело, с правильной, математически заданной структурой пор, выполненное зацело с лейнером (герметичной оболочкой баллона) методом 3D печати. Пористое тело не позволяет газу мгновенно расширяться при повреждении баллона и тем самым предотвращает взрыв. При этом пористое тело может иметь несколько независимых систем пор, часть из которых заполняются смолой, для повышения прочности и герметичности.

Результатом работы будут две системы – для наземного и для воздушного транспорта. Системы позволят обеспечить безопасное использование водорода на транспорте, и улучшить экономические показатели. Основные потребители результатов – компании, занимающиеся разработкой и изготовлением водородных энергетических установок, водородного транспорта и других систем, использующих сжатый водород.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПОЛИФЕМ»

№ 121120700050-3, 07.12.2021

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОГИДРИДНЫХ ПЛЕНОК И ОЦЕНКА ИХ СОРБЦИОННЫХ И ДЕСОРБЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПО ВОДОРОДУ

Проект направлен на выбор и обоснование выбора гибких неметаллических подложек, подбор оптимальных параметров формирования покрытий на основе магния и алюминия на гибких подложках. Определение закономерностей накопления и распределения водорода, установление температурной зависимости максимальной емкости по водороду покрытий на основе магния и алюминия на гибких подложках в зависимости от элементного состава и структуры покрытий, условий формирования покрытий, параметров газофазного наводороживания. Определение закономерностей накопления и распределения водорода, температурной зависимости скорости сорбции водорода и энтальпии фазообразования в покрытиях на основе магния и алюминия в зависимости от элементного состава и структуры покрытий, условий формирования покрытий.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121111100072-9, 10.11.2021

ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА ВОДОРОДА В ОРГАНИЧЕСКИХ НОСИТЕЛЯХ

Цель научного исследования: разработка научных основ и технологических решений применения органических соединений в качестве аккумуляторов водорода и создание перспективных материалов для водородной энергетики. Задачи: 1. Изучение термодинамических характеристик потенциальных органических носителей водорода. Определения условий исчерпывающего гидрирования и исчерпывающего дегидрирования для потенциальных носителей водорода. Разработка рецептуры и тестирование органических носителей водорода в широком диапазоне ёмкостей. 2. Синтез и определение текстурных и физико-химических характеристик катализаторов гидрирования/дегидрирования. Определение каталитической активности синтезированных катализаторов в реакции гидрирования и дегидрирования потенциальных носителей водорода. Установление взаимосвязи «структура-свойство». Разработка рецептуры и тестирование каталитических композиций для процессов накопления и извлечения водорода в органических носителях. 3. Синтез и определение текстурных и физико-химических характеристик электрокатализаторов для топливных элементов. Определение каталитической активности синтезированных электрокатализаторов в реакциях восстановления кислорода. Установление взаимосвязи «структура-свойство». Разработка рецептуры и тестирование электродных материалов для топливных элементов. 4. Подготовка научных и инженерных кадров, обладающих компетенциями в области водородной энергетики.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-А16-116110310062-8, 19.10.2016

РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ АККУМУЛИРОВАНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ АВТОНОМНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ РОССИИ

Проект направлен на получение новых научных знаний и формирование на их основе научно-технического обоснования использования комбинированных систем аккумуляции и преобразования электрической энергии (КАПЭ) в составе автономных фотоэлектрических установок с целью улучшения их технико-экономических показателей и расширения областей возможного применения. Под комбинированным накопителем электрической энергии в рамках данного проекта подразумевается комбинация нескольких электрохимических источников, включая суперконденсаторы и проточные редокс-батареи между собой или с устройствами для прямого и обратного преобразования электрической энергии в водород, а также для ее преобразования в полезную тепловую энергию. Для формирования такого обоснования будет проведено математическое и физическое моделирование работы энергоустановок, содержащих такие накопители. Будут разработаны численные методы динамики

ческого моделирования и инженерные методики расчета комбинированных систем аккумуляции и преобразования электрической энергии и проанализированы режимы работы типовых потребителей автономных фотоэлектрических систем в условиях регионов РФ. Для формирования массива исходных актинометрических и климатических данных будет актуализирована и верифицирована создаваемая в ОИВТ РАН база климатических данных на основе 30-летних спутниковых (NASA) и наземных наблюдений, а также обобщены результаты измерений актинометрических показателей на солнечных установках, созданных коллективом в ходе реализации предыдущих проектов. Для верификации расчетных моделей и методик, а также с целью сбора исходных данных о работе ключевых компонентов установок в различных режимах и условиях будет создан стенд для экспериментальных исследований автономных фотоэлектрических установок с различными модификациями КСАПЭ и будут проведены экспериментальные исследования. На основе результатов экспериментальных исследований будут сформулированы рекомендации по оптимизации алгоритмов управления комбинированными накопителями энергии. Будут созданы опытно-экспериментальные образцы автономных фотоэлектрических установок и разработаны рекомендации по их практическому использованию и потенциальным потребителям в различных регионах страны.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119011790170-9, 17.01.2019

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ

Цель проекта – разработка экологически чистой и безопасной технологии хранения и транспортировки водорода для сглаживания естественных колебаний в объемах производства и потребления электрической энергии, в том числе получаемой за счет ВИЭ. Создание научных основ экологически чистой и ресурсосберегающей технологии аккумуляции электроэнергии с использованием водорода в качестве энергоносителя.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А16-116011910131-5, 11.01.2016

ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕРМЕДИАТОВ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ АМИН-БОРАНОВ ПРИ ИХ АКТИВАЦИИ КОМПЛЕКСАМИ МЕДИ

Задача установления механизма дегидрирования и последующего за ним сочетания продуктов дегидрирования амин-боранов – одна из актуальных и сложных проблем современной металлоорганической химии. Амин-бораны рассматриваются как основной компонент в рамках создания новых обратимых химических систем для хранения водорода в топливных элементах, а реакция дегидросочетания – как основной химический процесс генерации H_2 . Для исследования межмолекулярных взаимодействий амин-боранов с комплексами меди планируется использовать комплексный подход с

комбинацией спектральных методов (колебательной и электронной спектроскопии, спектроскопии ЯМР и РСА) и квантово-химических расчетов различного уровня сложности. На основании результатов экспериментального и квантово-химического исследования будут установлены интермедиаты реакции дегидрирования амин-боранов, получены термодинамические характеристики и кинетические параметры стадии реакции дегидросочетания, представлен энергетический профиль реакции. Анализ полученных результатов позволит выявить влияние лигандного окружения, температуры и растворителя на процессы выделения водорода. Будет установлена роль межмолекулярных взаимодействий (водородных связей, люисовых комплексов и т.д.) в снижении активационного барьера реакции дегидрирования и пути протекания реакции. Понимание общего механизма фундаментально важной для этой области химии реакции – дегидрирования/сольволиза амин-боранов комплексами меди – позволит предложить подход к целенаправленному созданию гомогенных и гетерогенных катализаторов дегидрирования амин-боранов и систем получения водорода на их основе.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИМ. А.Н. НЕСМЕЯНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А16-116012050360-3, 14.01.2016

РЕОРИЕНТАЦИОННОЕ ДВИЖЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ BH_4 В БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ БОРОГИДРИДАХ $AAI(BH_4)_4$ ($A = Na, K, Rb$ И Cs)

Борогидриды металлов – комплексные соединения, содержащие анионные группы BH_4^- – вследствие высокого содержания водорода являются одним из перспективных классов материалов для хранения водорода. Тем не менее, их практическое применение ограничивается высокими температурами десорбции водорода и трудностями реализации обратимого цикла десорбция – абсорбция. Модификация свойств этих соединений и целенаправленное воздействие на кинетику процессов десорбции требует информации об атомной подвижности (динамике водорода). Цель работы – экспериментальное исследование методами ядерного магнитного резонанса механизмов и параметров движения водорода в биметаллических борогидридах $AAI(BH_4)_4$ ($A = Na, K, Rb$ и Cs) в зависимости от температуры, структурных особенностей и химического состава исследуемых систем, поиск связи между параметрами движения атомов H и структурой этих соединений. Предполагаемые результаты: – будут впервые определены особенности динамики водорода (реориентационного движения групп BH_4^-) в борогидридах $AAI(BH_4)_4$ ($A = Na, K, Rb$ и Cs); – установлена связь между параметрами атомного движения и структурой ближайшего окружения групп BH_4^- ; – выявлены закономерности изменения параметров атомного движения в зависимости от структурных особенностей и химического состава исследованных систем. Эти сведения могут быть использованы при разработке новых материалов для хранения водорода, которые применяются при создании мобильных, рентабельных и экологически чистых топливных элементов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ ИМЕНИ М.Н. МИХЕЕВА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А16-116031150018-3, 03.03.2016

**ДИНАМИКА ВОДОРОДА ВО
ФРАГМЕНТИРОВАННОЙ МАГНИЕВОЙ
МАТРИЦЕ: МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ
МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ**

Водородная энергетика – перспективная на сегодняшний день отрасль экономики, однако имеющая преимущества и недостатки. В связи с этим остро встает проблема поиска материалов для эффективного хранения водорода. Магний, благодаря способности связывать до 7,6 % водорода (в расчете на единицу массы), высокой распространенности в природе и экономической выгоды, является одним из наиболее перспективных материалов для хранения водорода, и на настоящий момент нашел применение в ряде проектов. Однако недостаточно быстрая кинетика поглощения и высвобождения водорода, а также высокая температура выхода водорода (порядка 300 °C) значительно ограничивают применение магния в водородной энергетике. В рамках общей проблемы взаимодействия водородных кластеров с металлами на атомном уровне, данный проект направлен на исследование, в частности, динамики водорода в магнии, насыщенном дефектами кристаллического строения. Ранее было показано, что измельчение структуры магния за счет размола в шаровых мельницах, а также легирование переходными металлами и их оксидами, ускоряет кинетику сорбции водорода. Но имеющиеся литературные экспериментальные данные нельзя назвать исчерпывающе полными и обобщенными. В частности, на сегодняшний день нет сведений о взаимодействии атомов водорода с дефектами дисклинационного типа в кристаллической решетке магния, а также с фрагментами. Дефекты кристаллического строения могут выступать в качестве инструмента управления диффузионной подвижностью водорода в кристаллах: создавая требуемую дислокационную (дисклинационную) структуру, можно создавать направленный диффузионный поток водорода. Данная задача при успешном решении на стадии моделирования, может перерасти в решение практической проблемы направленной аккумуляции и фильтрации водорода.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ ИМЕНИ М.Н. МИХЕЕВА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А16-116021010039-2, 19.01.2016

**МОДИФИКАЦИЯ СТРУКТУРНЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ
СВОЙСТВ ДВУМЕРНЫХ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ
ИЗОЛЯТОРОВ ПУТЕМ АДсорбЦИИ ВОДОРОДА**

Проект направлен на экспериментальное и теоретическое исследование процессов формирования силицена и германена на поверхности металлов и изучение влияния адсорбции водорода на их структурные и электронные свойства. В рамках предлагаемого проекта будут детально исследованы процессы создания поверхностных наноструктур, сформированных на базе силицена и германена. Будут проведены исследования адсорбции атомарного водорода на поверхностях силицена и германена с целью выявления возможности их использования в качестве потенциальных материалов для хранения водорода и применения в качестве составных элементов в новых устройствах наноэлектроники.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА»

№ АААА-А16-116012210299-6, 12.01.2016

**МЕХАНИЗМЫ ДИФФУЗИИ ВОДОРОДА В
ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВАХ ПО ДАННЫМ
ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА И
ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ**

Проект направлен на комплексное исследование структуры и механизмов диффузии водорода в интерметаллических сплавах переходных металлов (Ti-V, Ti-V-Cr). Исследования направлены на решение одной из важнейших задач водородной энергетики, связанной с эффективным хранением водорода. К настоящему моменту накоплен большой экспериментальный опыт по синтезу интерметаллических соединений для хранения водорода в связанном состоянии, часть из которых уже используется в промышленных и опытных аккумуляторах. Однако механизмы диффузии водорода в подобных соединениях полностью не изучены. Также полностью не раскрыта корреляция между составом и структурными особенностями многокомпонентных сплавов переходных металлов и их термодинамическими и кинетическими характеристиками. В качестве основных методов исследования выбраны методы ядерного магнитного резонанса и компьютерного моделирования (теория функционала плотности: приближение виртуального кристалла). Изучаемыми характеристиками являются структурные особенности исследуемых материалов, фазовые переходы, вызванные вхождением водорода в решетку металла, распределение электронной плотности, локализация, характер распределения и подвижность водорода в решетке, энергия формирования гидрида. Результаты проекта помогут сфокусировать направление разработок новых аккумуляторов водорода на основе интерметаллических сплавов переходных металлов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-А16-116061010008-4, 09.06.2016

**КОМПОЗИТЫ С 2D-ГРАФЕНОВЫМИ
СТРУКТУРАМИ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ,
АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И
КАТАЛИЗА ПРОЦЕССОВ С УЧАСТИЕМ ВОДОРОДА**

Одним из основных проблем преобразования и накопления энергии с использованием водорода в качестве энергоносителя является создание компактного и безопасного обратимого хранения водорода, никель-металлогидридных перезаряжаемых батарей нового поколения и высокоэффективных катализаторов получения и окисления водорода для топливных элементов. Эту проблему предлагается решить путем разработки новых функциональных материалов на основе 2D-наноразмерных структур. Имеющийся у коллектива исполнителей многолетний опыт разработки материалов для водородной энергетики позволяет полагать, что технико-эксплуатационные характеристики аккумуляторов и генераторов водорода, водородных систем резервирования и аккумуляирования электроэнергии и NiMH электрохимических источников тока можно значительно улучшить путем создания композитов с 2D-графеновыми структурами. Так, лимитирующими стадиями процессов «зарядки» (поглощение водорода порошком металлической фазы) и «разрядки» (выделение водорода из порошка гидрида) металлогидридного аккумулятора водорода многократного действия являются процессы теплообмена между гидридообразующими порошками, а покрытием порошков теплопроводящими графеновыми слоями можно ускорить теплообменные процессы, что улучшит

технично-эксплуатационные характеристики аккумулятора. К тому же, на графеноподобные материалы легко наносить металлические катализаторы гидрирования, что еще больше ускорит процессы гидрирования и дегидрирования. При создании генераторов водорода термолитического типа используются плохо проводящие тепло порошки гидридов (AlH_3 , MgH_2 , NaBH_4 , LiAlH_4 и др.), которые при покрытии графеновыми слоями будут образовывать теплопроводящие композиты, что позволяет управлять кинетикой выделения водорода путем регулирования скорости нагрева генератора. В случае генераторов гидролизного типа покрытие графеновыми слоями порошков легких металлов и гидридов позволит сохранить высокую дисперсность водо-реагирующих порошков, из-за чего легче организовать регулируемую скорость выделения водорода. В никель-металлогидридных батареях используются композиты из высокодисперсных порошков гидридов и оксидов с добавками электропроводящего графита и полимерного связующего, а покрытие анодных и катодных материалов электропроводящими и связующими графеновыми слоями позволит существенно уменьшить количество специальных добавок и, соответственно, улучшить характеристики NiMH источников тока. В ходе выполнения проекта будут проверены предложенные гипотезы, разработаны различные 2D-наноразмерные графеноподобные структуры и новые металлогидридные материалы с высоким содержанием обратимого водорода, выявлены оптимальные способы формирования наиболее эффективных металл-графеновых, гидрид-графеновых и оксид-графеновых композитов для энергетики и катализа, определены механизмы протекающих реакций и теплообменных процессов и выработаны научные основы создания аккумуляторов и генераторов водорода, катализаторов процессов гидрирования и окисления водорода, никель-металлогидридных источников тока нового поколения.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А17-117032750197-5, 27.03.2017

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛОГИДРИДОВ В СИСТЕМАХ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАНО- ВОДОРОДНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

Проект направлен на решение фундаментальных задач связанных с разработкой систем выделения и аккумуляции водорода из метано-водородных газовых смесей, применяемых для аккумуляции энергии от ВИЭ в рамках концепции Power-to-Gas (электроэнергия-в-газ), рассматриваемой в качестве самого простого и быстрого способа создания крупномасштабного рынка водорода за счет его производства электролизом воды и передачи по трубопроводу в смеси с природным газом. Важной и не решенной задачей является выделение водорода из смеси для использования в энергоустановках распределенной генерации на топливных элементах и в водородных автомобилях. Проект предусматривает цикл экспериментальных и теоретических исследований, направленных на создание энергоэффективного метода выделения водорода из смесей с метаном (природным газом) на основе абсорбции водорода интерметаллическими соединениями с образованием гидридов металлов с перспективным энергопотреблением менее 0.3 кВтч/норм.куб.м водорода. Полученные экспериментальные и теоретические данные, результаты математического моделирования процессов тепло- и массопереноса в металлогидридных устройствах и но-

вые интерметаллические соединения позволят создать новые системы очистки и хранения водорода.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А17-117092020022-0, 20.09.2017

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКОВ ЛЕГИРОВАННОГО РЗМ ГИДРИДА МАГНИЯ И ПРОТОТИПА КАРТРИДЖА ДЛЯ ИХ ГИДРОЛИЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА НА БОРТУ БПЛА И МОБИЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Развитие технических возможностей портативных устройств, определяет возрастающую потребность в энергообеспечении. В этих условиях всё больше внимания уделяется водородным топливным элементам, как практичной альтернативе аккумуляторным батареям. Для питания топливного элемента водородом предлагается использовать генерацию водорода по требованию – гидролизом гидридов металлов и сплавов (MgH_2 , Mg_2NiH_4), как наиболее эффективный способ, характеризующийся высокой плотностью хранения водорода, безопасностью и низкой стоимостью запасенной энергии. В проекте разрабатывается картриджная система генерации водорода с контролируемым потоком газа для портативных энергосистем беспилотных летательных аппаратов и робототехнических устройств, а также технология серийного производства гидридного сплава – источника водорода. Портативные энергосистемы характеризуется двукратной удельной энергоёмкостью ($> 400 \text{ Вт}\cdot\text{ч/кг}$), по сравнению с существующими аккумуляторными батареями ($< 200 \text{ Вт}\cdot\text{ч/кг}$ для литий-ионных аккумуляторов).

Разработчик: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «H2M»

№ АААА-А19-119011790169-3, 17.01.2019

МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ И ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Цель проекта – создание новых металлогидридных материалов и систем для повышения эффективности использования возобновляемых источников энергии за счет создания интегрированных водородных энерготехнологий с водородом в качестве энергоносителя. Это будет достигнуто за счет целенаправленной разработки новых металлогидридных материалов со свойствами, которые являются оптимальными для условий работы следующих конкретных приложений: – компактные и безопасные системы хранения водорода для питания топливных элементов для стационарных и мобильных систем автономного электропитания; – металлогидридные аккумуляторы водорода многократного действия, которые будут заправляться электролизным водородом и будут обеспечивать водородом топливные элементы для создания интегрированной системы аккумуляции энергии из возобновляемых источников; – металлогидридные термосорбционные компрессоры водорода для повышения давления до 300 атм, – никель-металлогидридные перезаряжаемые источники тока нового поколения; – металлогидридные тепловые насосы для использования низкопотенциального тепла с помощью водорода. В ходе выполнения проекта будут созданы оптимальные технологии: – приготовление интерме-

таллических соединений редких и 3d-переходных металлов (типы АВ5 и АВ2), магнийсодержащих интерметаллидов (тип АВ3) и сплавов ванадия и титана; – формирование теплопроводящих водород-аккумулирующих композитов с использованием различных углеродных и металлических наноматериалов; – конструирование металлгидридных аккумуляторов и термокомпрессоров водорода; – приготовление высокоэффективных электродов для NiMH-батарей; – создание металлгидридных тепловых насосов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119101690016-9, 16.10.2019

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПОДЗЕМНОГО ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА СОВМЕСТНО С МЕТАНОМ

Европейская практика хранения водорода совместно с метаном на ряде крупных ПХГ подтвердила экономические и экологические преимущества подобного вида хранения газа, при этом выявила и ряд проблем. К ним относятся развитие негативных процессов коррозии наземного и подземного оборудования, выпадение на инженерных конструкциях серных отложений, снижение объемов хранящегося водорода. Изучение механизмов возникновения этих негативных процессов позволит сделать технологии совместного хранения метана и водорода более эффективными. В работе планируются исследования: гидрогеологических, биологических, геохимических процессов, возникающих при совместном хранении водорода с метаном в пористых средах; оценка диффузионных потерь водорода с учетом структуры резервуара, изоляционных свойств экранирующих пород. На этой основе будут определены оптимальные условия подземного хранения водорода совместно с метаном.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ НЕФТИ И ГАЗА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А19-119112290029-9, 22.11.2019

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ И ПОДАЧИ ВОДОРОДА С ВЫХОДНЫМ ДАВЛЕНИЕМ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ (ДО 80 МПА) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОПЕНТАЛЬНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Целью настоящего проекта является моделирование передовых систем хранения и подачи водорода с широким диапазоном выходных давлений с использованием низкопентального теплоносителя на основе кооперации научных коллективов стран БРИКС, включая Индию, Китай и Россию. Специалисты из России (МГУ имени М.В. Ломоносова) будут заниматься разработкой составов и исследованием водородсорбционных характеристик материалов для хранения водорода, используя возможности собственной уникальной установки для измерения Р-С-Т-изотерм при давлении до 250 МПа. На основе результатов исследования будет разработана и изготовлена модель системы хранения и сжатия водорода.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА»

№ АААА-А19-119070590003-9, 05.07.2019

ГЕТЕРОМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИЕ КООРДИНАЦИОННЫЕ ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ И МАГНИТНЫХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Получение функциональных материалов нового поколения является одной из приоритетных задач, на которые направлены усилия научного сообщества. В последние годы основной тенденцией в развитии передовых функциональных материалов является сочетание нескольких свойств в едином «теле». Это позволяет не только совместить такие функциональные особенности в одном материале, но и благодаря взаимному влиянию, получать совершенно новые уникальные свойства. Пористые металл-органические координационные полимеры (МОКП) сочетающие в себе несколько функций (таких как комбинированная пористость и магнетизм, пористость и люминесценция) вызвали огромный интерес благодаря широким возможностям структурного дизайна и применения для чистой, ресурсосберегающей энергетики (например, хранение водорода и/или метана, а также улавливание CO₂), люминесцентному сенсингу, магнитным свойствам и т. д. Хорошо известно, что четко определенные характеристики пор, включая большую площадь внутренней поверхности, контролируемый размер пор, координационно ненасыщенные активные центры металла, богатые азотом основные центры по Льюису, а также низкая плотность каркаса являются наиболее важными факторами для варьирования адсорбционной способности и селективности получаемых МОКП. Поиск новых пористых каркасов с заданными магнитными и люминесцентными свойствами является сложной задачей, поскольку последние будут продиктованы тем, как неорганические и органические блоки взаимосвязаны в конечной структуре, что часто трудно предсказать. Поэтому ключевую роль играет выбор строительных блоков для узлов каркаса из предсинтезированных комплексов с уже известной геометрией узла. Помимо адсорбционных свойств, наличие вторичной функции гибридных пористых МОКП обычно обусловлено ионами металлов (как для магнитных, так и для люминесцентных материалов). Особое место в таком случае занимают гетерометаллические строительные блоки, поскольку они позволяют более тонко варьировать функциональные особенности, обусловленные теми или иными катионами металлов в структуре, например, гетерометаллические 3d-4f-МОКП могут выступать либо в качестве одно-молекулярных магнитов, низкотемпературные молекулярные магнитные охладители, в качестве источников белого цвета. Идеология поэтапного подхода к синтезу координационных полимеров, когда гетерометаллический блок получается вначале в структуре молекулярного комплекса, а затем моноотопные линкеры замещаются полиотопными линкерами с образованием полимерных структур, позволяет рационально вести синтез нового класса МОКП, обладающего целым рядом важных функциональных свойств. Традиционный подход к синтезу координационных полимеров подразумевает использование различных солей в качестве источников металлических центров, а полиядерные вторичные строительные блоки в подавляющем большинстве случаев получают самосборкой в процессе роста кристаллов. Однако, во многих случаях такие строительные блоки известны в качестве дискретных полиядерных комплексов с моноотопными лигандами; такие комплексы хорошо растворимы и достаточно стабильны, для того чтобы сохранить структуру в процессе замещения моноотопного лиганда полиотопным для создания полимерной структуры соединения. Таким образом, синтез определенных координационных полимеров можно

рационализировать посредством выбора соответствующего предсинтезированного растворимого полиядерного комплекса. Одной из главных особенностей такого подхода является возможность использования гетерометаллических комплексов для получения вторичных строительных блоков, которые трудно синтезировать, исходя из смеси солей выбранных металлов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ AAAA-A20-120011090137-5, 10.01.2020

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ВСПЕНЕННЫХ СТРУКТУР

Вспененные структуры из палладия являются перспективным материалом для создания устройств хранения водорода. Исследование свойств таких структур безусловно актуально для водородной энергетики. Чистый палладий не обладает магнитными свойствами. Существуют экспериментальные указания на то, что квази-двумерные структуры из палладия при некоторых условиях проявляют ферромагнитные свойства. Возможно, что именно это обстоятельство определяет высокую емкость вспененных палладиевых структур и высокую обратную отдачу водорода. Представляет интерес построение модели вспененных структур, исследование их физических свойств и проведение сравнения с имеющимися экспериментальными данными. Научная значимость и научная новизна исследования состоит в: 1) построении модели вспененных структур, то есть, таких структур, плотность которых составляет несколько процентов от плотности материала в твердом состоянии; 2) построении магнитной модели таких структур; 3) реализации модели пенного магнетика в программном обеспечении для суперкомпьютерного комплекса на основе узлов Intel Gold Scalable с ускорителями AVX-512 и Nvidia V100 и с применением MPI; 4) получении знания об особенностях магнитных свойств таких структур и попытке объяснения экспериментальных данных. В результате выполнения проекта будут получены новые знания о физических свойствах вспененных структур.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Л.Д. ЛАНДАУ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ AAAA-A20-120091590069-6, 15.09.2020

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ МЕТАЛЛОГИДРИДНОГО ИСТОЧНИКА ТОКА НА ОСНОВЕ МАТРИЦЫ AL-P3Э С ЦЕЛЬЮ РЕАЛИЗАЦИИ В ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Модифицирование поверхности алюминия металлами редкоземельного ряда является актуальной задачей электрохимии поверхности. Изучение влияния природы имплантируемого металла на морфологию поверхностного слоя, адсорбционные, диффузионно-кинетические и термодинамические характеристики направлено на решение значимой в научном и практическом плане проблемы создания электродов для металлгидридных источников тока. Разработка и усовершенствование методов накопления и хранения водорода является актуальной задачей в водородной энергетике, которая может эффективно решаться электрохимическими методами. Изучение влияния природы электрохимически имплантируемого металла на морфологию поверхностного слоя,

адсорбционные, диффузионно-кинетические и термодинамические характеристики направлено на решение значимой в научном и практическом плане проблемы создания электродов для металлгидридных источников тока с целью увеличения емкости и срока использования химического источника. В результате получения новых сведений о взаимосвязи между химическими, физическими и прочностными свойствами электродов позволит оценить возможность использования полученных электродов в качестве новых материалов для создания отрицательных электродов металлгидридных источников тока, а также топливных элементов. Полученные результаты позволяют сформулировать научные положения и выводы, которые расширяют теоретические представления о механизме влияния электрического поля на электрохимические и физико-механические свойства сплавов Al-P3Э и Al-P3Э-H, полученных по методу катодного внедрения.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

№ AAAA-A20-120120490031-1, 04.12.2020

ВЛИЯНИЕ ДОПИРОВАНИЯ И СОБСТВЕННЫХ ДЕФЕКТОВ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА И КАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ НАНОРАЗМЕРНЫХ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Интерес исследователей к оксидным материалам не ослабевает на протяжении нескольких десятилетий. Это обусловлено их свойствами – химической стабильностью, невысокой стоимостью и нетоксичностью. Известно, что данные материалы как правило, являются широкозонными полупроводниками n-типа. При этом полупроводниковые свойства оксидов во многом определяются способом и условиями их получения. Значительное внимание уделяется исследованию возможности использования материалов на основе оксидов, допированных различными элементами, при создании солнечных батарей, сенсоров, катализаторов, потенциального применения в очистке сточных вод, в качестве анода в Li-ионных батареях. Предложены материалы для хранения водорода на основе TiO₂, допированного золотом, платиной, цирконием. Применение теории функционала плотности позволяет выявить закономерности взаимного влияния собственных дефектов кристаллической решетки и атомов-допантов. Допирование V представляет особый интерес ввиду того, что кроме формирования донорных уровней в запрещенной зоне оксидных полупроводников, в таких системах наблюдаются также интересные магнитные свойства. Применение современных методов расчета электронной структуры в сочетании с последовательным комплексным подходом к исследованию взаимного влияния кислородных вакансий и примесных атомов позволит качественно улучшить понимание наблюдаемых экспериментально закономерностей. В ходе реализации проекта планируется проведение вычислений в рамках метода DFTB (метод функционала плотности в приближении сильной связи), позволяющего проводить кластерные расчеты для систем с большим количеством атомов, в частности наночастицы диоксида титана более крупного размера. Таким образом, будет установлено влияние морфологии поверхности наночастицы, ее размера на формирование дефектов кристаллической решетки.

Разработчик: ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ИМ. Л.В. КИРЕНСКОГО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК – ОБОСОБЛЕННОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ФИЦ КНЦ СО РАН

№ 121113000112-7, 29.11.2021

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОБМЕНА В СИСТЕМАХ ВОДОРОДНОГО АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Аккумуляция энергии является ключевой технологией в модернизации энергетического сектора во всем мире. Хранение энергии в водороде находит применение в распределенной и автономной энергетике, а также на транспорте за счет высокого КПД водородных топливных элементов, высокой плотности хранения энергии и неприхотливости в эксплуатации. Одно из основных препятствий перед интеграцией водорода в мировую экономику остается проблема его хранения. Среди различных способов хранения водорода, известных на сегодняшний день, системы твердофазного аккумулялирования водорода, основанные на применении металлгидридов, признаются одними из самых эффективных решений для хранения водорода в водородных энергоустановках. Проект направлен на теоретическое и экспериментальное исследование возможности управления свойствами засыпок водородопоглощающих материалов в устройствах твердофазного хранения и очистки водорода.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121121000038-5, 09.12.2021

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ДИЗАЙН ГЕТЕРОГЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ВЫСОКОЧИСТОГО ВОДОРОДА

Возрастающий интерес к использованию альтернативных источников энергии и энергоносителей определяет необходимость разработки подходов к получению и запасанию водорода. Несмотря на свою привлекательность, водород достаточно сложно и дорого хранить и транспортировать, что существенно ограничивает развитие технологий на его основе. Для его хранения в связанном состоянии предложены различные подходы, включая использование сорбентов и химических гидридов, однако их эффективность и возможность использования ограничена. Наиболее перспективным на настоящий момент представляется направление, основанное на аккумулялировании водорода в виде насыщенных углеводородов, удобных для транспортировки, и последующем выделении водорода путем каталитического дегидрирования. Одновременно с задачей запасаания водорода проект направлен на разработку экологически чистого способа получения водорода с помощью фотокаталитических процессов, позволяющих напрямую преобразовывать солнечную энергию в энергию энергонасыщенных химических соединений. Следует отметить, что одновременно с генерацией водорода за счет использования доступных органических и неорганических доноров электронов, находящихся в водных растворах, решаются важные экологические проблемы по очистке воды от загрязнителей самой разной природы. Кроме того, за счет концентрирования водорода и его последующего аккумулялирования в виде насыщенных углеводородов решается вопрос низкой концентрации водорода при фотокаталитическом

получении, а в результате дегидрирования углеводородов появляется возможность получать высокочистый водород. Фактически разрабатываемые подходы по получению и хранению водорода могут рассматриваться как основа будущей водородной экономики.

Одним из основных факторов, сдерживающих осуществление и внедрение как фотокаталитического способа получения водорода, так и предлагаемого подхода по его аккумулялированию, является отсутствие эффективных катализаторов для данных процессов. Поэтому ключевые задачи проекта заключаются в разработке подходов молекулярного дизайна фотокатализаторов и катализаторов гидрирования/дегидрирования углеводородов. В настоящей работе планируется изучить влияние целого ряда допирующих элементов (Au, Pt, Pd, Cu, Ni, Ag) на активность диоксида титана в модификации анатаза и рутила в процессах фотокаталитического выделения водорода с использованием органических доноров электронов, имитирующих загрязнители воды (тиазиновый краситель метиленовый синий и глицерин). Чаще всего фотокаталитическое получение водорода исследуется в присутствии полупроводниковых систем на основе сульфида кадмия или платинированного диоксида титана, в то время как фотокатализаторы на основе диоксида титана и различных d-металлов мало изучены. Запасание водорода в виде насыщенных углеводородов и последующее его выделение планируется проводить в процессах каталитического гидрирования толуола и дегидрирования циклоалкана – метилциклогексана. Для реализации данных процессов предлагается разработать модифицированные никелевые катализаторы с использованием оригинальной гетерофазной золь-гель методики, обеспечивающей сильное взаимодействие компонентов. При разработке таких катализаторов основное внимание будет уделено решению двух проблем: увеличение стабильности катализаторов и увеличение селективности, что позволит обеспечить полноту использования углеводорода и извлечения водорода.

Для исследования катализаторов будет использован широкий комплекс современных физико-химических методов (РФА, РФЭС, электронной просвечивающей микроскопией, электронной оптической спектроскопией, EXAFS и XANES), который позволит установить корреляции между каталитическими характеристиками разрабатываемых систем и составом, и структурой активного компонента. В частности, применение методов EXAFS и XANES, позволяющих изучать наночастицы, кластеры, кристаллические и аморфные тела при атмосферном давлении, сложные многокомпонентные системы, обеспечит уникальную информацию об атомарном строении катализаторов. Будут также проведены *in situ* исследования в условиях близких к реальному катализу или в модельной восстановительной среде, что позволит детально разобраться в превращениях катализаторов, протекающих в ходе их эксплуатации. На основе этого будут разработаны подходы к молекулярному дизайну катализаторов с целью оптимизации их состава и условий приготовления, что в свою очередь позволит повысить их эффективность и стабильность в рассматриваемых типах процессов.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121102900056-9, 22.10.2021**ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БОРОГИДРИДОВ МЕТАЛЛОВ И РОДСТВЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ: ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДАМИ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА И КВАЗИУПРУГОГО РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОНОВ**

Борогидриды металлов являются ионными соединениями, состоящими из металлических катионов и комплексных анионов на основе бора и водорода. Поскольку борогидриды легких металлов характеризуются высоким содержанием водорода по массе, в последнее время они рассматриваются в качестве перспективных материалов для хранения водорода. Однако, их применимость в качестве аккумуляторов водорода ограничивается высокими температурами десорбции водорода и трудностями реализации обратимого цикла десорбция – абсорбция. Для целенаправленной модификации их свойств, связанных с хранением водорода (например, за счет частичного замещения элементов или перевода в наноструктурированное состояние), требуется детальная информация о структуре и динамике водорода в борогидридах. Особенность динамики этого класса соединений состоит в том, что комплексные анионы могут участвовать в очень быстром реориентационном (вращательном) движении, которое вносит существенный вклад в баланс энергий, определяющий устойчивость борогидридов. Недавно было обнаружено, что некоторые борогидриды обладают и высокой ионной проводимостью. Это открывает перспективы использования таких соединений в качестве твердых электролитов в электрохимических источниках тока. Для понимания механизмов ионной проводимости необходима микроскопическая информация о диффузионной подвижности катионов и ее связи с реориентационным (вращательным) движением комплексных анионов. Основными задачами данного проекта являются 1) экспериментальное изучение механизмов и параметров как реориентационного движения водородсодержащих анионов, так и трансляционной диффузии катионов в борогидридах; 2) выяснение закономерностей изменения параметров атомного движения в зависимости от температуры, структурных особенностей и химического состава борогидридов. Актуальность этих задач обусловлена перспективами использования борогидридов и родственных соединений в качестве универсальных материалов для хранения энергии. Основными экспериментальными методами будут ядерный магнитный резонанс и квазиупругое рассеяние нейтронов, позволяющие получать взаимно дополняющую микроскопическую информацию об атомных перескоках. Хотя преимущества такого комбинированного подхода, в принципе, известны, в настоящее время только наша группа систематически использует этот подход для исследования динамических свойств борогидридов

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ ИМЕНИ М.Н. МИХЕЕВА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122022800276-2, 10.02.2022**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА РАЗВИТИЕ КОРРОЗИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ СОХРАНЕНИИ ВОДОРОДА****И МЕТАНА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА**

Целевая установка темы диктуется необходимостью выявления совокупности гидрохимических и микробиологических процессов, сопутствующих совместному нахождению в геологической среде водорода и метана в широком диапазоне термобарических условий.

Ожидаемые результаты: - методики экспериментальных исследований: а) водородного воздействия на физико-химические свойства пород коллекторов и покрышек; б) снижения объемов водорода в водород-метановых смесях при различных гидрохимических, термобарических и микробиологических нагрузках; - оценка влияния водород-метановых смесей на физико-химические свойства пород под воздействием гидрохимических и микробиологических процессов; - оценка влияния ацетогенеза, метаногенеза, сульфат- и железоредукции на развитие коррозионных явлений по отношению к образцам технического цементного камня и естественного цемента пород в присутствии водород-метановой смеси; - численная геохимическая модель взаимодействия водород-метановых смесей с минеральными компонентами геологической среды; - обоснование критериев: а) поисков природных источников водород-метановых смесей; б) оценки рисков совместного хранения водорода и метана в подземных условиях.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ НЕФТИ И ГАЗА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122052000070-1, 13.05.2022**РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА ХИМИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ВОДОРОДА ДЛЯ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВОДОРОД-ВОЗДУШНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА**

В настоящее время водородные технологии находят широкое применение в системах электроснабжения и электротранспорте, а также используются в большинстве портативных устройств. Транспортировка и хранение водорода происходит в баллонах высокого давления (300 или 750 атм.), либо в жидком состоянии (сосуды Дьюара). Такие методы являются небезопасными и вызывают трудности вне зоны специального обслуживания. Одним из решений данных проблем может стать применение химических генераторов водорода. Химических соединений, потенциально способных стать химическими источниками водорода (ХИВ), достаточно много. Это различные гидриды, борогидриды, алюмогидриды, бораны и прочее. Однако, в зависимости от совокупности свойств, их реальная применимость значительно отличается. Важными являются такие характеристики, как массовая доля водорода, простота его извлечения и содержание в нём примесей, устойчивость и стабильность исходного соединения, доступность и стоимость. В качестве эффективных ХИВ могут использоваться только вещества, обладающие определенным сочетанием перечисленных параметров. Основной целью данной работы является создание прототипа химического генератора водорода с высоким массовым выходом водорода.

Разработчик: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

№ 122070800004-2, 07.07.2022

**ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ
СИЛИКАТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ
ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

В настоящее время остро стоит проблема, связанная с ростом спроса на энергию, и, как следствие, с нехваткой ископаемого топлива и загрязнением окружающей среды. Важным вопросом стал поиск возобновляемых экологически чистых источников энергии с большими запасами. Водородная энергия имеет большие перспективы применения благодаря неограниченным запасам водорода, нетоксичности, энергоэффективности и постепенно используется в топливных элементах, транспорте и аэрокосмической технике. Однако широкомасштабное производство водородной энергии сдерживается двумя факторами: процессом получения и эффективным хранением.

Проблема хранения водорода является одной из ключевых проблем развития водородной энергетики. Так как водород имеет низкую объемную плотность энергии (1 кг водорода при нормальных условиях занимает объем более 11 м³), то в целях хранения и транспортировки его следует сжимать. Жидкий водород необходимо хранить при температуре не выше 20 К, так как при большей температуре происходит его закипание. Следовательно, необходимо разработать теплоизоляционные резервуары, в которых потери, связанные с испарением водорода, были бы минимальными, по сравнению с применяемыми в настоящий момент материалами. В качестве теплоизоляционных материалов для хранения жидкого водорода используют следующие материалы: перлит, минеральная вата (базальтовая теплоизоляция) и аэрогели. Наиболее эффективным и долговечным из применяемых теплоизоляционных материалов для водородной энергетики является перлит. Однако он имеет недостатки: высокая слеживаемость, усадка, необходимость защитных конструкций, низкая морозостойкость.

Разрабатываемые ячеистые стекломатериалы будут обладать необходимым комплексом свойств, улучшающие характеристики существующих теплоизоляционных материалов, для создания теплоизоляционного слоя в резервуарах для хранения водорода под давлением при низких температурах.

В связи с вышеизложенным, актуальность проекта достаточно объективна, а его научная значимость заключается в формировании базовых принципов разработки и управления свойствами эффективных теплоизоляционных силикатных материалов на основе экономически доступного сырья, а именно отходов стеклопроизводства и угольной энергетики, подходов к их исследованию и применению в качестве теплоизоляционного кожуха емкостей для хранения водорода.

Научная новизна заключается в: – установлении характера влияния химических составов, физико-химических свойств и фазово-структурных особенностей отходов стеклопроизводства и угольной энергетики на формирование теплоизоляционных силикатных материалов; – разработке методики расчета сырьевых смесей на основе отходов стеклопроизводства и угольной энергетики для синтеза теплоизоляционных силикатных материалов; – установлении зависимости влияния состава сырьевой смеси и режимов обжига на структуру и свойства синтезируемых материалов на основе отходов стеклопроизводства и угольной энергетики; – выявлении особенностей фазообразования и структурообразования на физико-химические и механические свойства теплоизоляционных силикатных материалов; – разработке математической модели, описывающей взаимосвязь между технологически-

ми параметрами синтеза (температура и время вспенивания, химический, гранулометрический, фазовый состав сырья, наличие модифицирующих добавок) и свойствами (плотность, теплопроводность, прочность и пр.) синтезируемых теплоизоляционных силикатных материалов; – создании обобщенного механизма синтеза и выборе оптимальных технологических параметров получения пористых теплоизоляционных силикатных материалов с заданным комплексом свойств на основе отходов стеклопроизводства и угольной энергетики.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ АААА-А17-117060610030-1, 19.04.2022

**ТЕРМОДИНАМИКА И КАТАЛИЗ КАК ОСНОВА
СТРАТЕГИИ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ
ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВ ИЗ
ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ И ТЕХНОЛОГИЙ
АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕНАСЫЩЕННЫХ
ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

Цель проекта: создание перспективных процессов получения топлив и ценных химических продуктов из органического возобновляемого сырья и технологий хранения водорода с использованием ненасыщенных органических соединений. Основные задачи: – создание лаборатории перспективных технологий переработки возобновляемого органического сырья и аккумуляции водорода; – экспериментальное изучение термодинамических и термодинамических свойств ключевых органических соединений, которые определяют направления переработки возобновляемого растительного и био-сырья с получением топлив и ценных химических продуктов; – исследование химического равновесия реакций гидрирования–дегидрирования потенциальных органических носителей водорода; – определение оптимальных условий каждой стадии цикла, с точки зрения теоретических основ; – экспертиза литературных данных по термодинамическим и термодинамическим свойствам органических соединений, входящих в круг ключевых и примыкающих к нему, с целью пополнения базы, необходимой для формирования методов надежного прогнозирования термодинамических свойств на основе закономерностей «строение молекулы – свойство» с привлечением *ab initio* квантово-химических методов; – разработка методов надежного прогнозирования термодинамических и термодинамических свойств ключевых соединений, получаемых продуктов и побочных компонентов в широком диапазоне условий (температура, давление) для оптимизации перспективных процессов получения топлив и ценных химических продуктов из возобновляемого органического сырья и технологий хранения водорода с использованием ненасыщенных органических соединений; – поиск эффективных каталитических систем на основе металлов переменной валентности или их сульфидов с целью замены платиноидов в реализации энергетического водородного цикла: накопление водорода в молекуле органического соединения (гидрирование) – высвобождение водорода (дегидрирование), а также в процессах получения топлив из возобновляемого органического сырья; – изучение влияния природы носителя, его текстурных характеристик, химического состава активной фазы и ее морфологии, включая стадии нанесения и активации, на каталитическую активность и стабильность получаемых катализаторов в реакциях гидрирования – дегидрирования потен-

циальных органических носителей водорода и в процессах получения топлив из органического сырья.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122041800005-9, 11.04.2022

ОРГАНИЗАЦИЯ НИЦ «МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»

Одним из вызовов энергетической безопасности для Российской Федерации является изменение структуры спроса на энергоресурсы, включая замещение углеводородов другими видами энергетических ресурсов, в том числе водородом. Согласно планам правительства, РФ должна организовать экспорт водорода к 2030 году ежегодно на сумму от 50 до 100 млн долларов.

Вопрос обеспечения надежности всей водородной инфраструктуры является крайне важным. С одной стороны, водород является взрывоопасным газом, с другой стороны известна его возможность влиять на свойства металлов и неметаллов, что может вызывать разрушения конструкций. Поэтому необходимо создание научно-исследовательского центра, позволяющего выполнять испытания материалов при эксплуатационных условиях транспортировки и хранения водорода, а также осуществлять разработку технологий, требующихся для этих целей.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 122021000035-6, 07.02.2022

СОВРЕМЕННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ И МАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ МЕТОДАМИ СПЕКТРОСКОПИИ. ШИФР «ФУНКЦИЯ»

Создание перспективных наноматериалов с уникальными функциональными свойствами составляет важную и актуальную научную и практическую задачу. Значительный интерес представляют нанокompозитные 2D и 3D-среды, содержащие ферромагнитную и/или металлическую компоненты. Из-за сильнейшей неоднородности электромагнитных полей внутри нанокompозита возникает возможность необычного проявления ферромагнитного резонанса и антирезонанса. Возможно достижение аномальных (в том числе отрицательных) значений показателя преломления. Существует возможность значительного изменения материальных характеристик. Поэтому в рамках темы предусмотрено экспериментального исследования электромагнитных волн и коэффициентов рефракции широкого круга магнитных наноматериалов на волнах сантиметрового и миллиметрового диапазонов.

Запланирован цикл исследований состояния границ зерен и зернограницной диффузии в металлах и сплавах. Планируется получение данные о влиянии легирования на структуру и термическую стабильность медных сплавов после динамического канально-углового прессования и кручения под высоким давлением. Экспериментальные исследования будут подкреплены теоретическими расчетами и моделированием. Предполагается разработать модель формирования струк-

туры и фазового состава низколегированных сталей с карбонитридным упрочнением при непрерывном охлаждении, осуществить ее численную реализацию и выполнить расчеты. Эти результаты могут быть использованы при оптимизации режимов термической и термомеханической обработки сталей.

Предстоит выяснить роль размерных эффектов, дефектов кристаллической структуры, локальных магнитных и зарядовых неоднородностей в формировании реальной магнитной структуры и электронного спектра наночастиц и наноструктур на основе переходных металлов методами ЯМР и ЯКР. Перспективными объектами исследования являются магнитные перовскиты на основе марганца, соединения со смешанной валентностью, перовскитоподобные соединения со смешанной проводимостью (кислород-ионной и электронной) системы металл-водород и суперионные проводники на основе лития, мультиферроики. Все названные выше системы относятся к наиболее перспективным современным функциональным материалам, что и определяет актуальность проводимых исследований. Будут исследованы тонкие пленки и наногетероструктуры на основе многоподрешеточных магнитных материалов для антиферромагнитной спинтроники. Будут выявлены закономерности взаимодействия точечных дефектов с легкими примесями замещения и образование сегрегаций в никеле. Будут определены закономерности эволюции сегрегаций при термических воздействиях.

Исследуемые системы металл-водород рассматриваются как «удобные» безопасные контейнеры при разработке новых технологий хранения водорода, перовскитоподобные соединения со смешанной проводимостью как перспективные материалы для изготовления керамических мембран, используемых в мембранных реакторах для получения чистого водорода; суперионные проводники являются основой для разработки современных источников тока на основе твердых электролитов. Будет проведено изучение атомной динамики в соединениях, перспективных для использования в качестве материалов для хранения водорода и /или ионных проводников. Будет установлена связь между реориентационным движением анионов и трансляционной диффузией катионов в комплексных гидридах с высокой ионной проводимостью. Планируемые работы предполагают дальнейшее развитие радиоспектроскопических исследований указанных выше функциональных материалов. При исследовании использованы найденные ранее закономерности для объяснения новых особенностей статических и динамических свойств этих материалов.

Актуальной темой исследований, вызывающей особый интерес, являются многослойные покрытия на основе различных модификаций углерода, дающие широкие возможности варьирования их свойств для решения конкретной практической задачи. Однако, в настоящее время отсутствуют данные по синтезу многослойных покрытий, состоящих из слоев алмазоподобного углерода, осажденных разными способами (распыление углеродной мишени или деструкция углеводородов). Поэтому перспективным направлением является исследование покрытий на основе алмазоподобной и пластичной компонент, которые могут быть получены либо последовательным осаждением компонент в одном вакуумном цикле (многослойные покрытия), либо их одновременным осаждением (нанокompозитные покрытия). Будет проанализирована специфика электрон-фононного увлечения в упруго-анизотропных наноструктурах. Рассмотрены влияние фокусировки фононов на термоэлектрические эффекты в мо-

нокристаллических нанопленках на основе полупроводниковых кристаллов, используемых в микроэлектронике.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ ИМЕНИ М.Н. МИХЕЕВА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122071900021-5, 05.07.2022

НИЛ «ГЕНЕРАЦИЯ, ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА ВОДОРОДА И ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ С НИЗКИМ УГЛЕРОДНЫМ СЛЕДОМ»

В современной практике большая часть водорода образуется в результате каталитического парового риформинга метана с большим потреблением природного газа и выбросами CO₂. Привлекательную альтернативу представляет собой процесс получения водорода в пласте in-situ за счет физических превращений и химических реакций в ходе реализации внутрипластового горения высоковязкой нефти с секвестрацией CO₂ в пласте. Данная технология имеет как экономические, так и экологические преимущества. Полученную технологию можно реализовывать и на заброшенных нефтегазовых месторождениях. Транспортировка образующегося водорода также является сложной задачей. Одним из перспективных направлений для транспортировки и хранения водорода является применение жидких органических носителей водорода. При определенных условиях жидкие органические носители водорода (ЖОНВ) химически поглощают водород (до 7,2 мас.%) и превращаются в циклические (алифатические) соединения, которые также стабильны. В таком виде водород можно легко хранить и транспортировать в любое место, используя инфраструктуру и транспортные средства, используемые для жидкого топлива при атмосферном давлении.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ AAAA-A17-117041250183-5, 12.04.2017

ВЛИЯНИЕ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ НА ДЕФОРМАЦИЮ И РАЗРУШЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ВОДОРОД

Проект посвящен исследованию влияния тонких пограничных слоев твердого тела, содержащего водород на динамическую и статическую деформацию, а также разрушение этих материалов. Проблема влияния малых концентраций водорода на механические свойства материалов становится все более актуальной. Это связано, с одной стороны с широким применением новых высокопрочных материалов, с другой стороны с современными тенденциями в металлургии, которая сталкивается с необходимостью вовлекать в оборот новые источники сырья. В некоторых случаях водород применяется как реагент для производства металлов. Увеличение прочности, как правило, приводит к росту влияния растворенного водорода на механические свойства материалов, а изменение технологий приводит к дополнительному увеличению естественных металлургических концентраций водорода. Исследование процессов перераспределения и купирование критических областей накопления этих концентраций является актуальной для механики материалов задачей. Получены новые экспериментальные данные о критическом влиянии пограничного слоя, в котором происходит накопление и перераспределение водорода на весь процесс деформации

и разрушения в процессе эксплуатации. Проект посвящен систематическому исследованию этого влияния с помощью экспериментальных методов, а также путем построения уравнений математических моделей и критического анализа их решений.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОВЕДЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ AAAA-A17-117041110051-0, 11.04.2017

ВЛИЯНИЕ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ НА ДЕФОРМАЦИЮ И РАЗРУШЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ВОДОРОД

Проект посвящен исследованию влияния тонких пограничных слоев твердого тела, содержащего водород, на динамическую и статическую деформацию, а также разрушение этих материалов. Проблема влияния малых концентраций водорода на механические свойства материалов становится все более актуальной. Это связано, с одной стороны с широким применением новых высокопрочных материалов, с другой стороны с современными тенденциями в металлургии, которая сталкивается с необходимостью вовлекать в оборот новые источники сырья. В некоторых случаях водород применяется как реагент для производства металлов. Увеличение прочности, как правило, приводит к росту влияния растворенного водорода на механические свойства материалов, а изменение технологий приводит к дополнительному увеличению естественных металлургических концентраций водорода. Исследования процессов перераспределения и купирование критических областей накопления этих концентраций является актуальной задачей для механики материалов. Авторами проекта получены новые экспериментальные данные о критическом влиянии пограничного слоя, в котором происходит накопление и перераспределение водорода на весь процесс деформации и разрушения в процессе эксплуатации. Проект посвящен систематическому исследованию этого влияния с помощью экспериментальных методов, а также путем построения уравнений математических моделей и критического анализа их решений.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОВЕДЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ AAAA-A18-118061590086-1, 14.06.2018

РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ МЕТОДА АКУСТОПОВРЕЖДЕННОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Проект направлен на решение фундаментальной проблемы связи анизотропии акустоупругих свойств сплошной среды с неравномерно распределенными дефектами и изменениями микроструктуры материала. Практическими результатами проекта будут являться: обоснование новых методик технической диагностики, неразрушающего технологического контроля и инженерные методики расчета на прочность с применением метода конечных элементов для упругой, упруго-пластической, вязкоупругой, поропоупругой, упруго-поврежденной и других моделей сплошной среды, учитывающих наличие дефектов и структурных изменений. Реализация про-

метрического и термодинамического анализов характеристик и механизмов процессов сорбции и интеркаляции водорода в углеродных нано- и микроструктурах, подвергнутых гидрированию атомами водорода (в водородной плазме и в установке с «надежными» атомами водорода). 2. Определение (при помощи термодинамического анализа полученных и ряда других данных) энергетических характеристик и механизмов химических взаимодействий водорода с поверхностями и границами раздела в изучаемых наногуглеродных системах. 3. Дальнейшее развитие термодинамической теории эффекта (явления) Курдюмова (термоупругое равновесие фаз) и водородного спилловер-эффекта, проявляющихся при интеркаляции водорода высокой плотности в наногуглеродные структуры. 4. Термодинамическое изучение большого массива экспериментальных данных различных авторов о диффузии, сорбции и интеркаляции водорода в эпитаксиальных графенах, в связи с «открытыми вопросами» о механизмах этих процессов; определение энергетических характеристик механизмов химических взаимодействий водорода с поверхностями и границами раздела в изучаемых наногуглеродных системах. 5. Термодинамическое изучение «открытого вопроса» о получении твердого водорода, интеркалированного в композитный углеродный наноматериал. 6. Термодинамическое изучение возможности интеркаляции водорода высокой плотности в компактированные «расширенные» нанографиты, мультислойные графены и другие углеродные наноструктуры. 7. Создание (на основе систематизации и обобщения полученных в проекте и других результатов исследований) фундаментальной основы (экспериментальные доказательства и физика интеркаляции «обратимого» водорода высокой плотности и чистоты в наногуглеродные структуры) для развития прорывной технологии эффективного и безопасного хранения водорода в углеродных наноматериалах; определение перспектив ее актуальных применений в области водородной энергетики, в частности, для топливных элементов в аэрокосмических аппаратах.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ИМ. И.П. БАРДИНА»

№ AAAA-A19-119081590023-3, 15.08.2019

МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ С БЕСПЛАТИНОВЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Научный проект направлен на получение новых фундаментальных знаний по созданию металлгидридных топливных элементов, сочетающих в себе хранение электрической энергии и водорода в твердофазном состоянии внутри электродов из интерметаллических соединений. Металлогидридные топливные элементы также обладают возможностью работы в качестве электролизеров воды и не требуют дорогостоящих платиносодержащих катализаторов. Разработка недорогих унифицированных обратимых металлгидридных топливных элементов необходима для долгосрочного развития экологически чистой и ресурсосберегающей распределенной и возобновляемой энергетики, будет способствовать вовлечению в использование новых источников энергии, разработки способов транспортировки и хранения энергии в виде водорода. Проект основан на конвергенции различных направлений исследований в области возобновляемой энергетики, теплофизики, химической физики, электрохимии и инженерных наук.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121090900044-6, 06.09.2021

ПИНЦЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ 8-10 ГРУПП В ПРОЦЕССАХ ТРАНСФОРМАЦИИ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ – CO_2/H_2 ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА

Данный проект направлен на решение фундаментальной проблемы элементоорганической химии – создание эффективных каталитических систем для реализации процессов, связанных с химическим хранением и выделением молекулярного водорода, с целью использования в водородной энергетике. С точки зрения альтернативной энергетики особое значение имеет каталитическое гидрирование углекислого газа с образованием муравьиной кислоты, которая является ёмким хранилищем молекулярного водорода и выделяет его в результате каталитического дегидрирования на комплексах переходных (обычно благородных) металлов. Несмотря на огромный научный интерес к процессам гидрирования углекислого газа и дегидрирования муравьиной кислоты, проблема создания высокоэффективных каталитических систем для этих реакций и минимизации использования вспомогательных веществ (органические растворители, органические и неорганические основания и другие сокатализаторы) остается открытой. В научной литературе крайне мало работ, посвященных дегидрированию чистой муравьиной кислоты. Так же актуальным и недостаточно изученным остается вопрос о том, какие именно функциональные и электронные свойства катализатора и как могут воздействовать на механизм всего цикла, элементарными стадиями которого являются такие процессы, как координация/элиминирование участвующих малых молекул, протонирование/депротонирование и гидрирование/дегидрирование комплексов переходных металлов, катализирующих процесс, направляя его в одну или другую сторону в зависимости от поставленных целей. Комплексы металлов 8-10 группы являются перспективными объектами для активации малых молекул, таких как водород, углекислый газ, муравьиная кислота, азот и другие. Пинцетные триденатные лиганды имеют несколько центров, модификация которых позволяет кардинально менять свойства пинцетного металлокомплекса. Изменение природы атомов, связанных с атомом металла, введение в структуру заместителей различных электронных и стерических свойств, а также модификация самого углеродного каркаса пинцетного лиганда позволяет регулировать химические свойства комплекса металла в соответствии с текущими задачами. Так же замена комплексобразующего металла в рамках 8–10 групп позволяет кардинально изменить свойства комплекса в том или ином процессе. Таким образом, актуальность данного исследования обусловлена современным запросом общества на развитие альтернативной энергетики и научным интересом к выявлению возможности воздействия на процессы дегидрирования муравьиной кислоты/ гидрирования CO_2 (как в целом, так и на отдельные стадии) путем варьирования природы атомов переходного металла и связанных с ним гетероатомов катализатора, равно как и структурных и функциональных свойств лигандного окружения. В рамках данного проекта планируется синтез и проведение исследования свойств комплексов переходных металлов 8–10 групп с триденатными пинцетными лигандами РХР-типа (где $X = \text{N}, \text{C}$) – потенциальными катализаторами дегидрирования муравьиной кислоты и гидрирования углекислого газа, установление условий и механизмов активации молекулярного водорода, углекислого газа, муравьиной кислоты, выявление влияния свойств переходного металла и его лигандного окружения на изучаемые процессы.

Выбранные лиганды обладают большим потенциалом для модификации (несколько точек введения в структуру лиганда функциональных групп различных свойств, сродство к различным переходным металлам), а их комплексы с переходными металлами обладают каталитической бифункциональностью и, в зависимости от условий, могут менять конфигурацию (например, *fac-mer*-изомеризация) с образованием более каталитически активного в исследуемом процессе изомера. Исследования предлагается проводить по оригинальным разработанным нами методикам, включающим в себя комбинацию спектральных методов в широком диапазоне температур с квантово химическими расчетами. В результате проведения исследования будут получены и охарактеризованы новые металлокомплексы – потенциальные катализаторы различных превращений, получены новые данные о взаимосвязи реакционной способности пинцетных комплексов металлов 8-10 группы и структуры и свойств пинцетного лиганда, которые позволят сформулировать направления для изменения эффективности металлокомплексов для решения широкого круга задач как в области разработки альтернативных энергоёмких более экологичных источников энергии, так и за её пределами.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИМ. А.Н. НЕСМЕЯНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122081500091-1, 15.08.2022

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ДЕГИДРИРОВАНИЕ АМИН-БОРАНОВ В ПРИСУТСТВИИ КОМПЛЕКСОВ МАРГАНЦА (I)

Поскольку в качестве альтернативного носителя энергии может быть использован водород, то для развития водородной энергетики необходимы безопасные системы хранения и транспортировки водорода высокой чистоты. В качестве таких систем могут быть использованы химические соединения – амин-бораны, содержащие большое количество водорода по массе. Они устойчивы в стандартных условиях, обеспечивают соответствующий баланс волюметрических и гравиметрических плотностей энергии с выделением водорода высокой чистоты. Каталитическое дегидрирование амин-боранов в присутствии комплексов переходных металлов даёт возможность контролировать условия и количество получаемого водорода. Однако на данный момент наиболее эффективными катализаторами дегидрирования амин-боранов являются комплексы на основе металлов платиновой группы. В связи с этим разработка альтернативных катализаторов на основе более распространенных, недорогих и менее токсичных 3d металлов (Mn, Zn, Fe, Co, Ni) представляет экономический и экологический интерес. Несмотря на то, что марганец является привлекательным кандидатом с точки зрения его распространенности и биосовместимости, исследований комплексов марганца в реакциях каталитического дегидрирования амин-боранов практически не проводилось. Планируемое детальное исследование способности комплексов марганца (I) катализировать процесс дегидрирования амин-боранов безусловно является актуальным.

В последние годы в Лаборатории гидридов металлов ИНЭОС активно развивается подход к исследованию реакции дегидрирования амин-боранов комплексами переходных металлов в стехиометрических и каталитических условиях. Он заключается в поэтапном исследовании реакций с получением спектральных характеристик интермедиатов и кинетических параметров отдельных стадий процесса, что позволяет

выявить роль различных факторов в активации реагентов и катализаторов, а также стабилизировать интермедиаты реакции. Комбинация экспериментальных методов с квантово-химическими расчетами позволяет установить механизм реакции, что дает возможность целенаправленной оптимизации условий для достижения эффективного выделения водорода. Сочетание современных физических и физико-химических методов исследования строения вещества и квантово-химических расчетов высокого уровня обеспечивает надежность и достоверность получаемых результатов.

В рамках проекта планируется получение серии комплексов марганца с бидентатными фосфорными и карбеновыми лигандами с различными донорно-акцепторными свойствами, исследование их каталитической активности, а также установление механизмов каталитических процессов, сопровождающихся выделением водорода.

На основании экспериментальных и теоретических данных будут предложены механизмы и построены энергетические профили реакции, выявлено влияние лигандного окружения марганцевых комплексов на их реакционную способность, установить способность бромидных/гидридных/катионных комплексов марганца (I) к бифункциональной кооперативной активации NH/BN связей с учетом присутствия различных кислотных и основных центров Льюиса. Это обеспечит более глубокое понимание механизма реакции дегидрирования амин-боранов в присутствии марганцевых комплексов и возможность тонкой регулировки процессов активации M-X, M-H, E-H связей и позволит предложить концепцию целенаправленного создания эффективных гомогенных катализаторов получения водорода на основе комплексов марганца. Помимо решения основной задачи проекта полученные результаты будут способствовать развитию химии марганцевых катализаторов для процессов, включающих стадии переноса протона и гидрид-иона, например, (де)гидрирование, активация C-H связей, гидрофункционализация и т.д.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИМ. А.Н. НЕСМЕЯНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ДИССЕРТАЦИИ

№ AAAA-B16-416111470045-6, 14.11.2016

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ТВЕРДОФАЗНОГО АККУМУЛИРОВАНИЯ И ОЧИСТКИ ВОДОРОДА

Цель: исследование особенностей тепломассообмена при взаимодействии водородсодержащих смесей с гидридообразующими сплавами в металлогидридных системах хранения и проточной очистки водорода. Экспериментально показано движение фронта реакции во время процесса очистки, а также доказана применимость технологии очистки водорода путем организации непрерывного потока смеси через металлогидридную засыпку. Разработаны и изготовлены экспериментальные образцы металлогидридных реакторов проточного действия очистки водорода. Создана экспериментальная энергоустановка на основе твердополимерного топливного элемента, использующая в качестве топлива биоводород. Созданы научно-технические основы технологии металлогидридной очистки водорода проточным методом для автономных энергоустановок на основе твердополимерного топливного элемента и систем обеспечения высокочистым

водородом в микроэлектронной, фармацевтической, пищевой и ряде других отраслей.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 421060900068-2, 09.06.2021

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОМАССООБМЕНА ПРИ БЕЗДРЕНАЖНОМ ХРАНЕНИИ КРИОГЕННЫХ ТОПЛИВ

В диссертации исследуется тепломассообмен при бездренажном хранении криогенных топлив. Разработана физико-математическая модель процессов при хранении с учетом тепломассопереноса между паром, жидкостью и стенкой бака при наличии свободо-конвективных течений в жидкой и паровой фазах. Предложен численный метод для решения уравнений сопряженной модели бездренажного хранения на основе подхода SIMPL. Проведена валидация модели и численного метода путем сравнения результатов расчета с данными опытов по хранению водорода и азота, показавшая удовлетворительное соответствие по температуре и давлению в баке. Проведено численное исследование тепломассопереноса в парах водорода в условиях, моделирующих паровую подушку бака. Выполнено расчетное исследование бездренажного хранения азота и водорода с помощью предложенной модели.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 521042300025-6, 23.04.2021

ГЕТЕРОГЕННО-КАТАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ГИДРИРОВАНИЯ-ДЕГИДРИРОВАНИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ КАК ОСНОВА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИ СВЯЗАННОГО ВОДОРОДА И ЕГО ВЫДЕЛЕНИЯ

Диссертационная работа посвящена разработке новых подходов к созданию систем «субстрат-катализатор» для целей хранения водорода и его выделения на основе полициклических углеводородов с ёмкостью по водороду выше 7,2 мас.%. Установлены закономерности протекания гетерогенно-каталитических процессов глубокого гидрирования моно-, би- и трикарбоциклических ароматических углеводородов с разной степенью конденсации и сопряжённого дегидрирования их нафтеновых аналогов в зависимости от структуры субстратов. Впервые разработана методология синтеза нанесённых металлических катализаторов, основанная на увеличении электронной плотности на наночастицах Pt путем введения в катализатор не одного, а двух модифицирующих металлов (Ni, Cr), для которых работа выхода электронов ниже, чем у платины. Установлены и изучены взаимосвязи активности разрабатываемых катализаторов в реакции дегидрирования с физико-химической природой их поверхности и состоянием активных центров.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.Д. ЗЕЛИНСКОГО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 2573544, 31.07.2014

СПОСОБ АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА В МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОДАХ

Способ аккумуляции водорода состоит в насыщении металлокерамических электродов водородом путем его диффузии внутрь электродов. Электроды насыщаются водородом благодаря электролизу электролита при перезарядке аккумуляторов при напряжении 1.5В в течение двух лет.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 2748756, 24.11.2020

СПОСОБ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ГИДРИРОВАНИЯ ПОРОШКА НИКЕЛИДА ТИТАНА

Предлагаемый способ электрохимического гидрирования порошка никелида титана относится к области водородной энергетики, к способу наводороживания порошка никелида титана путем его электрохимического гидрирования в растворе электролита. Активированные по предлагаемому способу порошки никелида титана могут использоваться для хранения водорода.

Способ позволит повысить безопасность, уменьшить энергетические затраты и сохранить выход целевого продукта путем предварительной механохимической активации порошка никелида титана перед электрохимическим гидрированием.

Указанный технический результат достигается тем, что способ электрохимического гидрирования порошка никелида титана включает его предварительную механохимическую активацию, причем процесс гидрирования порошка никелида титана проводят электрохимической обработкой, при этом предварительную механохимическую активацию осуществляют в планетарно-шаровой мельнице с параметрами 50–75 г в течение 30–300 секунд.

Электрохимическую обработку порошка никелида титана, размещенного в электролитической ячейке, установленной на катоде осуществляют в водном растворе электролита, содержащем в 1 л раствора: 250–300 г хлорида натрия (NaCl); 1,0–2,0 г декстрина ($C_6H_{10}O_5$); 10–20 г хлорид цезия (CsCl), при постоянном напряжении 3,6–5,0 В, плотности катодного тока 20–60 мА/см² в течение 90–120 мин.

В растворе электролита анод располагают ниже катода и выполнен он из не окисляющегося материала, например, графита, а катод выполнен из пластины литого никелида титана. Известно, что теплота сгорания водорода почти в три раза выше, чем у нефтяных видов топлива, а продуктом его сгорания в кислороде является вода. В отличие от других известных методов, хранение водорода в виде металлгидрида характеризуется высокой компактностью, безопасностью и невысокой энергетичностью.

Среди металлов накопителей водорода перспективным материалом является никелид титана, который показывает хорошую аккумуляционную способность для его хранения, высокую электрохимическую активность, устойчивость к коррозии и имеет относительно небольшой удельный вес. Особый интерес представляет порошковый никелид титана вблизи эквимолярного состава, в котором формируется многофазное состояние, включающее NiTi (аустенит, мартенсит),

Ni₃Ti, Ti₂Ni, что может обуславливать более эффективное взаимодействие с водородом.

Существуют разные методы гидрирования, однако электрохимический метод достаточно прост в реализации и эффективен по генерации водорода по сравнению с другими более энергозатратными методами (такими как газозатратное гидрирование и гидрирование в процессе измельчения в мельнице). Также этот метод позволяет подвергать гидрированию порошковые системы, в том числе порошковый никелид титана.

В результате электрохимического гидрирования в заявляемых условиях концентрация поглощенного водорода может варьироваться от 2100 до 3500 ppm (0,21–0,35 %) в зависимости от времени механохимической обработки порошка никелида титана. Концентрация поглощенного водорода измерялась на анализаторе RHEN602 фирмы LECO.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 2793733, 02.05.2018

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ И РЕГЕНЕРАЦИИ СОЕДИНЕНИЙ-НОСИТЕЛЕЙ ВОДОРОДА

Изобретение относится к способам получения и регенерации силоксановых соединений-носителей водорода. Предложен способ получения жидкого силоксанового соединения-носителя водорода, включающий пути проведения реакции X, Y или Z, включающие следующие последовательные стадии: получение соединения на основе диоксида кремния и/или соединения на основе силиката и: в случае пути проведения реакции X, проведение стадии галогенирования соединения на основе диоксида кремния и/или соединения на основе силиката с получением тетрагалогенида кремния; проведение стадии восстановления тетрагалогенида кремния с получением галогенсилана, и проведение стадии гидролиза галогенсилана с получением жидкого силоксанового соединения-носителя водорода; в случае пути проведения реакции Y, проведение стадии восстановления соединения на основе диоксида кремния и/или соединения на основе силиката с получением кремния с получением кремния; проведение стадии гидрогалогенирования кремния с получением галогенсилана, и проведение стадии гидролиза галогенсилана с получением жидкого силоксанового соединения-носителя водорода; в случае пути проведения реакции Z, проведение стадии галогенирования соединения на основе диоксида кремния и/или соединения на основе силиката с получением тетрагалогенида кремния; проведение стадии восстановления тетрагалогенида кремния с получением кремния; проведение стадии гидрогалогенирования кремния с получением галогенсилана, и проведение стадии гидролиза галогенсилана с получением жидкого силоксанового соединения-носителя водорода. Предложены также способ регенерации жидкого силоксанового соединения-носителя водорода, соответствующее не содержащее углерода жидкое силоксановое соединение-носитель водорода, способ получения водорода с его использованием и применение жидкого силоксанового соединения-носителя водорода для хранения и транспортировки водорода (варианты). Использование предложенного соединения-носителя водорода позволяет улучшить эффективность, производительность и экономичность энергоносителей.

РАЗРАБОТЧИК: ХАЙСИЛАБС, САС (FR)

№ 2562493, 30.10.2013

СПОСОБ ХРАНЕНИЯ АТОМАРНОГО ВОДОРОДА

Изобретение относится к химии и водородной энергетике и может быть использовано в транспортном машиностроении. Водород получают в генераторе, направляют в приемник, разделяют на два потока и воздействуют на них импульсным магнитным полем с амплитудой магнитной индукции В более 100 гаусс. Затем пропускают через аккумуляторы атомарного водорода 6, заполненные нанодисперсным углеродом, содержащим углеродные нанотрубки с удельной поверхностью от 200 до 550 м²/г в качестве микроконтейнеров для хранения водорода, при пульсирующем давлении водорода с амплитудой более 0,1 МПа. Обеспечивается надежное и безопасное хранение водорода.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО» (ФГУП «ЦАГИ») (RU)

№ 2536501, 17.09.2009

РЕЗЕРВУАР ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ И ОТБОРА ВОДОРОДА И/ИЛИ ТЕПЛА

Изобретение относится к области хранения и отбора водорода с применением пористых компонентов, взаимодействующих с водородом с обратимым образованием гидридов металлов. Резервуар для аккумуляции и отбора водорода посредством обратимой реакции гидрирования/дегидрирования состоит из теплоизолированной камеры, содержащей множество аккумулирующих водород элементов в виде гидридов, причем каждый элемент имеет поверхность для обмена с газообразным водородом, с одной стороны, и поверхность теплообмена, с другой стороны, и множество теплоаккумулирующих элементов для накопления и возвращения теплоты, связанной с обратимой реакцией гидрирования/дегидрирования. Изобретение обеспечивает экономичное и практичное аккумулирование водорода

РАЗРАБОТЧИК: МАКФАЙ ЭНЕРДЖИ (FR), САНТР НАСЬОНАЛЬ ДЕ ЛЯ РЕШЕРШ СЪАНТИФИК (FR)

№ 2542256, 20.06.2013

СПОСОБ ЗАЩИТЫ ПОРОШКОВ ГИДРИДООБРАЗУЮЩИХ СПЛАВОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА, ПРЕДОТВРАЩАЮЩИЙ ПАССИВАЦИЮ КОМПОНЕНТАМИ ВОЗДУХА И ДРУГИХ ГАЗООБРАЗНЫХ СРЕД

Изобретение относится к области технологии создания композиционных полимерных материалов и может быть использовано для предотвращения нежелательной пассивации воздухом или компонентами, содержащимися в технических водородсодержащих газах и других газообразных средах, гидридообразующих сплавов, предназначенных для хранения водорода. Способ защиты порошков гидридообразующих сплавов для хранения водорода включает в себя покрытие частиц порошка сплава-накопителя водорода пленкой барьерного полимера, препятствующей прохождению кислорода и свободно пропускающей через себя водород, при этом содержание барьерного полимера должно соответствовать 2-15 мас.% от массы порошка сплава-накопителя водорода, и последующее проведение процедуры активации абсорбции водорода. Изобретение обеспечивает сохранение фазового состава, наноструктурного состояния и высокой активности материала при взаимодействии с водородом, а также исклю-

чает проведение дополнительных процедур активации сплавов-накопителей водорода.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС» (RU)

№ 2725230, 15.10.2018

ЖИДКИЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ НОСИТЕЛЬ ВОДОРОДА, СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ И ВОДОРОДНЫЙ ЦИКЛ НА ЕГО ОСНОВЕ

Изобретение относится к области водородной энергетики, органической химии и катализа, а именно к жидкому органическому носителю водорода (далее – ЖОНВ) и способу его получения, а также к водородному циклу, включающему связывание водорода и его высвобождение в процессе применения ЖОНВ. ЖОНВ представляет собой ароматические углеводороды, выбранные из ряда дифенила (ДФ), дифенилметана (ДФМ), п-терфенила (ТФ), трифенилметана (ТФМ), 1,1,2,2-тетрафенилэтана (ТФЭ), 1,2-дифенилэтана (ДФЭ) и/или 4,4'-би-толилметана (БТМ) где $n=1-10$, $R_1, R_2, R_3, R_4=H, CH_3, C_2H_5, C_3H_7, C_4H_9$. Способ получения ЖОНВ осуществляют путем смешения вышеуказанных индивидуальных ароматических углеводородов. Техническим результатом является технология получения ЖОНВ путем смешения двух или трех индивидуальных ароматических углеводородов.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (RU)

№ 2717931, 22.03.2017

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЗЕРВУАР И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Низкотемпературный резервуар содержит основной корпус контейнера, который включает в себя металлическую оболочку, образующую пространство для хранения низкотемпературного резервуара, и стенку, выполненную из армированного волокном пластика, намотанного на внешнюю периферическую поверхность металлической оболочки. Металлическая оболочка включает в себя изогнутый участок, который продолжается в двух направлениях, пересекающихся на ее поверхности, и который изогнут с возможностью выступать по направлению к пространству для хранения. Изобретение предотвращает возможность отделения металлической оболочки от стенки резервуара при воздействии температуры

РАЗРАБОТЧИК: АЙЭЙЧАЙ КОРПОРЕЙШН (JP)

№ 2499949, 27.08.2009

УСТРОЙСТВА И СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ И/ИЛИ ФИЛЬТРОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА

Предложены устройства, системы и способы введения и/или выведения вещества в сорбционную среду и из сорбционной среды. Вещество имеется на крае сорбционной среды, которая включает параллельные слои сорбционного материала. Для введения посредством абсорбции и/или адсорбции вещества в сорбционную среду от сорбционной среды отводится тепло, к сорбционной среде прикладывается напряжение введения, и/или повышается давление, при котором находится сорбционная среда. Для выведения вещества из сорбционной среды в сорбционную среду подводится тепло, к сорбционной среде прикладывается напряжение с полярно-

стью, противоположной полярности напряжения введения, и/или понижается давление, при котором находится сорбционная среда. В некоторых вариантах реализации изобретения сорбционная среда включает поверхностные структуры, которые могут вводить молекулы вещества. Использование изобретения позволит аккумулировать газы при высокой плотности.

РАЗРАБОТЧИК: МАКЭЛИСТЭР ТЕКНОЛОДЖИЗ, ЭЛЭЛСИ (US)

№ 2505739, 06.03.2012

ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОДОРОДНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ИЗ ГИДРИДА МЕТАЛЛОВ С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ ПАССИВИРОВАНИЯ (АЛЮМИНИЙ, ТИТАН, МАГНИЙ)

Изобретение относится к зарядным устройствам аккумуляторов водорода и может быть использовано для зарядки указанных аккумуляторов водородом. Зарядное устройство для водородных аккумуляторов из гидрида металлов с высокой степенью пассивирования (алюминий, титан, магний), выполнено из стабилизированного источника электрического тока, проводов, электролизера и аккумуляторов водорода на основе гидрида алюминия (титана или магния), при этом в электролизере расположен электролит из угольной кислоты H_2CO_3 в дистиллированной воде, который полностью покрывает два стоящих отдельно друг от друга аккумулятора без внешних корпусов со свободным проникновением электролита в структуру аккумулятора из гидрида металла, причем один аккумулятор подсоединен к катоду, а второй аккумулятор – к аноду, причем на крышке зарядного устройства расположена вертикальная труба с клапаном сброса излишнего давления, создаваемого продуктами электролиза. Образование гидридов в структурах металлов в электролизере под действием теплового поля является техническим результатом заявленного изобретения.

РАЗРАБОТЧИК: ГОЛОДЯЕВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ (RU)

№ 2806476, 20.04.2020

ВОДОРОДНЫЙ КОНТЕЙНЕР ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Изобретение относится к водородному контейнеру высокого давления. Водородный контейнер высокого давления включает в себя металлический цилиндр, приспособленный для хранения водорода высокого давления, пару крышечных частей, приспособленных для закрывания концевых участков металлического цилиндра, и множество крепежных частей, приспособленных для фиксации пары крышечных частей в положении, в котором металлический цилиндр зажат между парой крышечных частей. Техническим результатом является обеспечение простой конфигурации, требующей меньших трудозатрат при изготовлении, а также обеспечение возможности выдерживать высокое давление.

РАЗРАБОТЧИК: ДЖФЕ СТИЛ КОРПОРЕЙШН (JP)

№ 2800343, 08.07.2020

УСТАНОВКА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЖИЖЕННОГО ГАЗА И/ИЛИ ЖИДКОСТИ

Группа изобретений относится к установке для хранения сжиженного газа и/или жидкости. Установка для хранения сжиженного газа и/или жидкости включает герметичный резервуар для хранения сжиженного газа и/или жидкости, со-

стоящий из металлического резервуара, имеющего стенку, имеющую внутреннюю поверхность и внешнюю поверхность. Стенка содержит нижнюю стенку, верхнюю стенку и боковую стенку. Слой покрывает поверхность стенки резервуара и изготовлен из полимерного материала или смеси полимерных материалов и выполнен с возможностью деформации. Установка содержит промежуточный слой, расположенный между слоем покрытия и стенкой резервуара. Слой покрытия закреплен и/или зафиксирован прерывисто на промежуточном слое, и/или промежуточный слой закреплен и/или зафиксирован прерывисто на стенке, и указанный промежуточный слой позволяет газу циркулировать для прижатия указанного промежуточного слоя и в связи с этим слоя покрытия – к стенке резервуара. Техническим результатом является улучшение герметичности резервуара.

РАЗРАБОТЧИК: ГАЗТРАНСПОРТ ЭТ ТЕХНИГАЗ (FR)

№ 2769416, 24.10.2018

ГИБРИДНЫЙ БАЛЛОН ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С ПЛАСТИКОВОЙ ГИЛЬЗОЙ

Изобретение относится к сосудам высокого давления и может быть использовано для баллонов и резервуаров для газа и способов их изготовления. Изобретение заключается в том, что баллон высокого давления включает в себя гильзу резервуара, изготовленную из термопластичного материала, узел запорного клапана, внешний укрепляющий слой, размещенный на гильзе резервуара, защитную оболочку, выполненную с возможностью окружения резервуара, причем защитная оболочка включает в себя верхний опорный обод, образующий верхнее отверстие, при этом узел запорного клапана проходит через верхнее отверстие, а пространство между верхним опорным ободом и узлом запорного клапана образует первое отверстие для воздушного потока. Технический результат – повышение равномерности и эффективности конвекционного теплопереноса между резервуаром и окружающей средой.

РАЗРАБОТЧИК: ЭМТРОЛ ЛАЙСЕНСИНГ, ИНК. (US)

№ 158382, 16.06.2014

УСТРОЙСТВО ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ГАЗОВ ВНУТРИ ТРУБОК

Устройство для аккумуляции газов внутри трубок, относится к физико-химическим методам аккумуляции газа и позволяет выполнять его. В устройстве для аккумуляции газа внутри трубок, содержащем емкость, абсорбент в виде пакета герметизированных трубок, имеющих отверстие сбоку, вблизи конца для ввода/вывода газа, патрубки с клапанами для введения и вывода газа, а также устройство герметизации/разгерметизации данных отверстий, содержащее легкоплавкий материал и систему электрических нагревателей, расположенных на каждой трубке вблизи ее отверстия, новым является то, что содержит сменную крышку. Технический результат полезной модели заключается в упрощении процесса абсорбирования газа без использования низких температур.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ИМ. Л.В. КИРЕНСКОГО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (RU)

№ 2732157, 12.07.2019

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ БАЛЛОНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Изобретение относится к области газовой аппаратуры. Способ изготовления защитной оболочки баллона высокого давления, заключающийся в изготовлении ее пигментированной, выполненной окрашенным, в зависимости от назначения баллона, связующим, которым пропитывают ленту, собранную из стекловолокон. Причем окрашенное связующее получают путем смешивания базовой колеровочной пасты и колеровочной пасты белого цвета в определенной пропорции для достижения непрозрачности конечной композиции, и связующего, состоящего из смешанных в определенной пропорции смолы и отвердителя, при этом используют смолу, не требующую нагревания для полимеризации. Техническим результатом изобретения является повышение технологичности изготовления баллона за счет сокращения количества технологических операций.

РАЗРАБОТЧИК: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЗВЕЗДА» ИМЕНИ АКАДЕМИКА Г.И. СЕВЕРИНА» (RU)

№ 2731083, 07.03.2016

ПРИМАТЫВАЕМЫЙ КОНЦЕВОЙ ЗАЩИТНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ СОСУДА ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Изобретение относится к хранению газов. Узел включает в себя сосуд под давлением для хранения текучей среды, причем сосуд включает в себя куполообразный концевой участок, имеющий внешнюю поверхность; и элемент, расположенный на куполообразном концевом участке, причем элемент прикреплен к внешней поверхности множеством волоконных лент, намотанных на куполообразный концевой участок и по меньшей мере на часть элемента. В соответствии с другим аспектом описано устройство для предотвращения повреждения сосуда. Устройство включает в себя элемент, выполненный с возможностью размещения на куполообразном концевом участке, причем элемент выполнен с возможностью крепления к внешней поверхности множеством волоконных лент, намотанных на куполообразный концевой участок и по меньшей мере на часть элемента. Описан способ крепления элемента к сосуду, включающий в себя этапы, на которых размещают элемент на куполообразном концевом участке и наматывают множество волоконных лент. Техническим результатом является обеспечение надежной и экономичной защиты сосуда под давлением от повреждений.

РАЗРАБОТЧИК: ХЕКСАГОН ТЕКНОЛОДЖИ АС (NO)

№ 2730211, 20.11.2015

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЕМКОСТЬ – ИНДИКАТОР ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ДЛЯ ОСНОВНОЙ ЕМКОСТИ

Система включает в себя источник текучей среды под давлением, основную емкость под давлением, находящуюся в сообщении по текучей среде с источником, и дополнительную емкость под давлением, находящуюся в сообщении по текучей среде с источником и с основной емкостью под давлением. Основная емкость под давлением имеет первую ожидаемую продолжительность срока службы и имеет первую конструкционную характеристику. Дополнительная емкость под давлением имеет вторую ожидаемую продолжительности срока службы, меньшую, чем первая ожидаемая продолжительность срока службы, и имеет вторую конструкционную характеристику. Дополнительная емкость под

давлением меньше, чем основная емкость под давлением. Способ использует дополнительную емкость под давлением для прогнозирования приближающегося выхода из строя основной емкости под давлением. Способ включает в себя соединение основной емкости под давлением с источником текучей среды под давлением, связь по текучей среде дополнительной емкости под давлением с источником и с основной емкостью под давлением и подвергание дополнительной емкости под давлением первой усталостной нагрузке, чтобы вызвать ее выход из строя прежде выхода из строя основной емкости под давлением. Техническим результатом является контроль за состоянием основной емкости.

Разработчик: *ХЕКСАГОН ТЕКНОЛОДЖИ АС (NO)*

№ 2800196, 25.03.2019

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАЛИКОВ МАСТИКИ

Группа изобретений относится к способу изготовления валиков мастики. Способ содержит этапы, на которых: определяют множество отклонений между множеством точек измерения, распределенных по внешней поверхности резервуара и внутренней поверхности несущей конструкции. Упомянутые отклонения определяют параллельно направлению толщины резервуара в упомянутых точках измерения. Отклонения определяют в зависимости от положения установки резервуара во внутреннем пространстве несущей конструкции и размеров по трем координатам упомянутого резервуара и упомянутого внутреннего пространства несущей конструкции. Изготавливают валики мастики, предназначенные для нанесения между внутренней поверхностью несущей конструкции и внешней поверхностью резервуара. Валики имеют размеры поперечного сечения, определенные в зависимости от упомянутых определенных отклонений. Техническим результатом является возможность устранения образования зон концентрации напряжений в герметизированной мембране, которые потенциально приводят к ухудшению герметизированной мембраны.

Разработчик: *ГАЗТРАНСПОРТ ЭТ ТЕХНИГАЗ (FR)*

№ 2665564, 28.07.2017

СИСТЕМА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ ГАЗОВ

Изобретение относится к области хранения газа, предпочтительно водорода, и представляет собой мультикапиллярную структуру. Мультикапиллярная структура имеет постоянное сечение на некоторой длине, которое затем резко уменьшается до значения, при котором мультикапилляры становятся достаточно гибкими. Область гибкости мультикапилляров имеет длину, необходимую для транспортировки водорода в топливный элемент. Таким образом создается гибкий мультикапиллярный газопровод, интегрированный с объемом хранящегося водорода, который служит для подачи водорода к топливному элементу. Технический результат заключается в обеспечении быстрой заправки микрокапиллярной емкости газом высокого давления и регулируемого выпуска газа из емкости в коллектор, где должно поддерживаться умеренное давление (<1 МПа), необходимое для работы топливного элемента. При этом достигается обеспечение оптимальной безопасности и массогабаритных характеристик энергетической установки, включающей систему хранения газа и его транспортировку в топливные элементы.

Разработчик: *ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИНЖИНИРИНГОВЫЙ СЕРВИС И КОНСАЛТИНГ» (ООО «ИНСК») (RU), ЖЕВАГО НИКОЛАЙ КОНСТАНТИНОВИЧ (RU),*

САЙФУДИНОВ СЕРГЕЙ КОНСТАНТИНОВИЧ (RU), ПАВЛОВ СТАНИСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ (RU)

№ 2708751, 09.08.2018

РЕЗЕРВУАР ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И СПОСОБ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Резервуар высокого давления включает в себя: основную часть резервуара, имеющую цилиндрическую прямую часть корпуса, и куполообразные части, соответственно включающие в себя полусферические участки, которые имеют полусферические формы и целиком формируются на каждом конце прямой части корпуса; первую армированную секцию, сформированную посредством намотки армирующих волокон вокруг внешней круговой поверхности одной куполообразной части так, что армирующие волокна переплетаются друг с другом; вторую армированную секцию, сформированную посредством намотки армирующих волокон спирально вокруг внешней круговой поверхности прямой части корпуса, непрерывно от первой армированной секции; и третью армированную секцию, сформированную посредством намотки армирующих волокон вокруг внешней круговой поверхности другой куполообразной части, так что армирующие волокна переплетаются друг с другом, непрерывно от второй армированной секции. Техническим результатом изобретения является обеспечение прочности резервуара меньшим количеством армирующих волокон, снижение стоимости производства.

Разработчик: *ТОЙОТА ДЗИДОСЯ КАБУСИКИ КАЙСЯ (JP)*

№ 2749888, 28.06.2016

ПРИЕМНИК ДАВЛЕНИЯ

Изобретение относится к хранению газа. Приемник давления имеет в составе полимерный герметичный вкладыш и армирующий слой из композитного материала, сформированный снаружи вокруг герметичного вкладыша, втулку, соединенную с герметичным вкладышем и с армирующим слоем для образования отверстия приемника давления. Герметичный вкладыш объединен со втулкой посредством кольцеобразной зоны соединения из совместно сформованного металла и полимера, в котором в кольцеобразной зоне соединения металлическая втулка облицована внутри с помощью полимерного промежуточного слоя, совместно сформованного с металлической поверхностью втулки. Герметичный вкладыш сформован совместно с полимерным промежуточным слоем, в котором материал полимерного промежуточного слоя имеет адгезионную способность к металлу втулки больше, чем адгезионная способность полимерного материала герметичного вкладыша к металлу втулки. Втулка содержит: трубчатую центральную часть, которая формирует проход для текучих сред под давлением через отверстие сосуда и образует резьбовое гнездо для завинчивания клапана, соединительный фланец, выступающий из трубчатой части. Клапан ввинчен во втулку, удален от герметичного вкладыша и от промежуточного слоя и не соприкасается ни с герметичным вкладышем, ни с промежуточным слоем. Техническим результатом является обеспечение газонепроницаемости при продолжительных периодах эксплуатации.

Разработчик: *ФАБЕР ИНДУСТРИЕ С.П.А (IT)*

№ 2760415, 07.11.2017**ШТУЦЕР УТОПЛЕННОЙ БОБЫШКИ С ИЗБЫТОЧНЫМ УПЛОТНЕНИЕМ**

Группа изобретений относится к узлу бобышки для сосуда под давлением включает в себя бобышку, штуцер, первое уплотнение и второе уплотнение. Бобышка включает в себя отверстие с внутренней поверхностью и первый упорный элемент. Штуцер выполнен с возможностью частичной вставки в бобышку для предотвращения сообщения по текучей среде между внутренней областью и внешней областью сосуда под давлением. Штуцер включает в себя внешнюю поверхность и второй упорный элемент. Каждое из первого и второго уплотнений расположено на внешней поверхности. Штуцер является перемещаемым между первым и вторым положениями. В первом положении первое уплотнение герметично зацеплено между внутренней и внешней поверхностями, а второе уплотнение герметично не зацеплено между ними. Во втором положении первое уплотнение герметично не зацеплено между внутренней и внешней поверхностями, второе уплотнение герметично зацеплено, а первый и второй упорные элементы взаимно контактируют. Техническим результатом является уплотнение узла бобышки сосуда под давлением.

РАЗРАБОТЧИК: ХЕКСАГОН ТЕКНОЛОДЖИ АС (NO)№ 2758214, 24.05.2017**РЕЗЬБОВАЯ БОБЫШКА ДЛЯ СОСУДА ПОД ДАВЛЕНИЕМ**

Изобретение относится к хранению газов. Бобышка включает в себя горловину и фланец, который проходит радиально наружу из горловины. Горловина включает в себя сквозное отверстие с продольной осью. Фланец включает в себя внешнюю поверхность, внутреннюю поверхность и периферийную поверхность, наиболее удаленную от продольной оси. Периферийная поверхность соединяет внутреннюю поверхность и внешнюю поверхность и включает в себя, вдоль любого радиуса бобышки, первый периферийный гребень и второй периферийный гребень, причем первый периферийный гребень расположен ближе к внешней поверхности, чем второй периферийный гребень. В другом аспекте сосуд под давлением включает в себя бобышку и лейнер. В еще одном аспекте описан способ сборки сосуда под давлением, включающий в себя этапы, на которых вставляют бобышку через отверстие лейнера и соединяют бобышку и лейнер так, чтобы периферийная поверхность бобышки сопрягалась с поверхностью периметра лейнера. Техническим результатом является уменьшение времени на сборку и повышение надежности.

РАЗРАБОТЧИК: ХЕКСАГОН ТЕКНОЛОДЖИ АС (NO)№ 160001, 05.11.2015**ГОРЛОВИНА КОМПОЗИТНОГО СОСУДА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЖАТЫХ И СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ**

Полезная модель относится к сосудам, предназначенных для хранения сжатых и сжиженных газов. Технический результат направлен на повышение надежности соединения горловины – впускная арматура. Горловина композитного сосуда для хранения сжатых и сжиженных газов включает в себя внутренний полимерный лейнер и внешнюю композитную силовую оболочку и состоит из металлической закладной втулки, внутренняя поверхность которой включает нижний и резьбовой верхний участки, и полимерной втулки, охватывающей по меньшей мере часть внешней поверхности и нижний участок внутренней поверхности закладной втулки, при этом поли-

мерная втулка герметично соединена с металлической закладной втулкой и полимерным лейнером, верхний участок внутренней поверхности закладной втулки имеет коническую форму.

РАЗРАБОТЧИК: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗСЕРВИСКОМПОЗИТ» (RU)№ 2803855, 29.12.2022**СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КРИОГЕННЫХ ТАНК-КОНТЕЙНЕРОВ**

Заявленное изобретение относится к системам мониторинга на транспорте и может быть использовано для отслеживания в режиме реального времени технического состояния танк-контейнеров для хранения и транспортировки криогенных продуктов. Система мониторинга совместно транспортируемых криогенных танк-контейнеров, каждый из которых оборудуется датчиком перепада давления между газовой и жидкостной фазами, датчиком давления газовой фазы, подключаемыми к модулю беспроводной передачи данных, запитанному через стабилизатор напряжения от блока аккумуляторных батарей, заряжаемых периодически от внешней сети через контроллер заряда. Модули беспроводной передачи данных всех криогенных танк-контейнеров, состояние которых необходимо отслеживать в режиме реального времени, осуществляют передачу информации на удаленный сервер и в диспетчерский центр. Расчет значения отклонения темпа роста давления в танк-контейнере от номинального значения производится в зависимости от текущих показаний датчиков и текущей навигационной информации. Техническим результатом является повышение безопасности эксплуатации криогенных танк-контейнеров.

РАЗРАБОТЧИК: СОЛДАТОВ ЕВГЕНИЙ СЕРГЕЕВИЧ (RU)№ 2803856, 29.12.2022**СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗАПОЛНЕННЫХ КРИОГЕННЫМ ПРОДУКТОМ ТАНК-КОНТЕЙНЕРОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ АВИАЦИОННЫМ ТРАНСПОРТОМ**

Заявленное изобретение относится к системам мониторинга на транспорте и может быть использовано для отслеживания в режиме реального времени состояния заполненных криогенных танк-контейнеров при перевозке авиационным транспортом. Система мониторинга состояния заполненных криогенным продуктом танк-контейнеров при перевозке авиационным транспортом, характеризующаяся тем, что каждый танк-контейнер оборудуется датчиком перепада давления между газовой и жидкостной фазами, датчиком давления газовой фазы, подключаемыми к навигационному терминалу, запитанному от блока аккумуляторных батарей, заряжаемых периодически от внешней сети через контроллер заряда, причем навигационные терминалы всех криогенных танк-контейнеров, состояние которых необходимо отслеживать в режиме реального времени, осуществляют передачу информации через внешнюю спутниковую сеть передачи данных на удаленный сервер и в диспетчерский центр, отличающаяся тем, что расчет значения отклонения темпа роста давления в танк-контейнере от номинального значения производится в вычислительном модуле в зависимости от текущих показаний датчиков и текущей навигационной информации. Технический результат, достигаемый заявленной совокупностью признаков, заключается в повышении безопасности эксплуатации

криогенных танк-контейнеров при перевозке авиационным транспортом.

РАЗРАБОТЧИК: СОЛДАТОВ ЕВГЕНИЙ СЕРГЕЕВИЧ (RU)

№ 2507436, 06.02.2009

ПРОДОЛЬНЫЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ КАНАЛЫ СОСУДА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Сосуды высокого давления обычно используются для хранения различных текучих сред под давлением, например, при хранении водорода, кислорода, природного газа, азота, пропана и других видов топлива. Подходящие материалы емкости включают в себя ламинированные слои намоточного оптического стекловолокна или других синтетических нитей, соединенных вместе посредством термоусадки или термопластичных смол. Внутри композитной оболочки часто размещают полимерную или иную неметаллическую эластичную внутреннюю облицовку или камеру для герметизации сосуда и предотвращения контакта внутренних текучих сред с композитным материалом. Композитная конструкция сосудов обеспечивает многочисленные преимущества, например, небольшой вес и устойчивость к коррозии, усталостным нагрузкам и внезапным отказам. Эти свойства вызваны высокой удельной прочностью армирующих волокон или нитей, которые обычно ориентированы в направлении главных сил конструкции сосудов высокого давления.

В данном изобретении предложен сосуд высокого давления, имеющий центр и первый конец. Первый конец имеет первое утолщение. Сосуд содержит внутреннюю облицовку, поверх которой расположена композитная оболочка, а также первый продольный вентиляционный канал, расположенный между внутренней облицовкой и композитной оболочкой. Первый продольный вентиляционный канал содержит удлиненный образующий вентиляционный канал элемент и продолжается по меньшей мере от цилиндрического участка сосуда к первому утолщению.

РАЗРАБОТЧИК: ХЕКСАГОН ТЕКНОЛОДЖИ АС (NO)

№ 2752451, 22.12.2020

КРИОГЕННАЯ СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ И ВЫДАЧИ КИСЛОРОДА ДЛЯ АНАЭРОБНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ГЕНЕРАТОРАМИ

Изобретение относится к системам хранения и выдачи кислорода на подводных аппаратах и подводных лодках с воздухозависимыми энергетическими установками на базе электрохимических генераторов с водородно-кислородными элементами, использующих для получения водорода топливные процессоры. Криогенная система снабжена контуром подачи кислорода к топливному процессору в составе криостата, который по жидкости и газу подключен криогенными трубопроводами к емкости и в котором установлены рабочий и резервный насосы погружного типа, трубчатого теплообменника, закрепленного на внутренней поверхности дополнительного корпуса, нагревателя кислорода, ресивера и теплог труопровода подачи кислорода к топливному процессору. Трубчатый теплообменник одним концом криогенного трубопровода соединен с выходом из насосов, а другим концом криогенного трубопровода – с нагревателем кислорода. После испарителя наддува установлен нагреватель кислорода, подключенный к ресиверу подачи кислорода в электрохимический генератор. Криогенный трубопровод подачи жидкого кислорода в емкость соединен непосредственно с

трубчатым змеевиком. Емкость с дополнительным наружным корпусом установлены в вакуумном отсеке, выполненном из двух герметичных перегородок и наружного корпуса подводного аппарата. Изобретение позволяет обеспечить стабильную подачу кислорода и увеличить период бездренажного хранения кислорода.

РАЗРАБОТЧИК: ДУХАНИН ЮРИЙ ИВАНОВИЧ (RU)

№ 2703869, 17.05.2016

СОСУД ПОД ДАВЛЕНИЕМ, ИМЕЮЩИЙ ВЕНТИЛЯЦИОННЫЙ КАНАЛ, (ВАРИАНТЫ) И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к обеспечению вентиляционного пути для предотвращения скопления газа и повышения давления между футеровкой и композитной оболочкой сосуда под давлением. Этот вентиляционный путь обеспечивает выпуск газа, например, водорода, с постоянным расходом, что предотвращает возмущения детектора утечки. Кроме того, раскрытый вентиляционный путь предотвращает выпирание или выпучивание футеровки внутрь, тем самым предотвращая локальное ослабление, которое может сокращать срок службы футеровки.

РАЗРАБОТЧИК: ХЕКСАГОН ТЕКНОЛОДЖИ АС (NO)

№ 2675173, 31.01.2014

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СОСУДОВ С ВНУТРЕННИМ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛЕЙНЕРОМ И СОСУДЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ УПОМЯНУТЫМ СПОСОБОМ

Настоящее изобретение имеет отношение к способу изготовления металлических сосудов, далее по тексту называемых «резервуарами», специально разработанных и изготовленных для хранения текучей среды, и, в частности, газа, хранящейся под очень высоким давлением. Способ изготовления высокопрочного резервуара включает начальный этап, на котором изготавливают закрытый металлический сосуд, за которым следует второй этап, на котором стенки упомянутого сосуда подвергают механической обработке посредством предварительного натяжения как в осевом, так и в радиальном направлениях до заранее заданного значения. Эта механическая обработка включает этап, на котором резервуар помещают внутрь формы соответственно больших размеров. Затем в резервуар вводят жидкость и эту жидкость подают под давлением до тех пор, пока стенки резервуара не расширятся и растянутся до положения, в котором они встречаются с внутренней поверхностью формы. После этого наружную поверхность резервуара покрывают одним или более слоями композиционного материала, с тем чтобы завершить изготовление резервуара, после чего резервуар подвергают окончательной обработке путем нагартовки. Маркой используемой стали является AISI 304, предпочтительно – AISI 304L, которая обладает лучшей свариваемостью. Технический результат состоит в уменьшении толщины лейнера.

РАЗРАБОТЧИК: К.Н.Г.В. Д.О.О. (SI)

№ 2729968, 18.01.2016

УСТРОЙСТВО И СПОСОБ СЖАТИЯ ИСПАРЕННОГО ГАЗА

В изобретении предложено устройство, содержащее резервуар для хранения, компрессор с гидравлическим порш-

нем и питаемую газом установку. Резервуар для хранения выполнен с возможностью хранения в нем сжиженного газа. Компрессор с гидравлическим поршнем расположен ниже по потоку от резервуара для хранения и в соединении с ним по текучей среде и выполнен с возможностью получения отпарного газа из резервуара для хранения и сжатия указанного газа. Питаемая газом установка расположена ниже по потоку от компрессора с гидравлическим поршнем и в соединении с ним по текучей среде и выполнена с возможностью получения сжатого газа из компрессора с гидравлическим поршнем. Предварительный компрессор выполнен с возможностью получения отпарного газа из резервуара для хранения и повышения давления отпарного газа до уровня от 200 кПа абс. до 2 МПа абс. (от 2 бар абс. до 20 бар абс.). Предварительный компрессор расположен ниже по потоку от резервуара для хранения и в соединении с ним по текучей среде и выше по потоку от компрессора с гидравлическим поршнем и в соединении с ним по текучей среде. Техническим результатом является отведение отпарного газа и обеспечение возможности его использования.

РАЗРАБОТЧИК: КРИОСТАР САС (FR)

№ 2787636, 18.07.2022

СПОСОБ ХРАНЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В СЛОЕ АДСОРБЕНТА

Изобретение относится к способу хранения природного газа, метана, водорода и их смесей, в типовых конструкциях газовых резервуаров и баллонов, к повышению количества газового топлива, аккумулируемого в газовом резервуаре или баллоне за счет адсорбции в микропористом материале высокой насыпной плотности. Предлагаемый способ включает хранение газов в слое адсорбента, сформированного в блоки кубической формы определенного размера, оптимального для каждого типоразмера газового резервуара или баллона, загружаемые через загрузочный штуцер поэтапно, по окончании каждого этапа заполнения осуществляют вибрацию газового резервуара или баллона, а после заполнения производится сушка и регенерация адсорбента. Способ позволяет осуществить безопасное аккумулирование объемов газа, достаточных для эксплуатации автомобиля, при этом способ укладки блочного адсорбента высокой насыпной плотности в газовые резервуары или баллоны через загрузочный штуцер может быть автоматизирован, а блоки адсорбента заполняют объем газового резервуара или баллона не менее чем на 80 %. Способ способствует созданию энергоэффективных, пожаро-взрывобезопасных систем хранения и транспортировки газов, обладающих повышенным запасом, т.е. высокой плотностью аккумулированного газа.

РАЗРАБОТЧИК: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ» (RU)

№ 2505741, 18.02.2009

СДВИГУСТОЙЧИВЫЙ ВЫСТУП СОСУДА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И ЭЛЕМЕНТ ИНТЕРФЕЙСА ОБОЛОЧКИ

Изобретение относится к сосудам высокого давления для хранения различных текучих сред под давлением. Сосуд высокого давления содержит композитную оболочку; металлический выступ, образующий канал в композитной оболочке и содержащий горловину; и элемент интерфейса. Элемент интерфейса расположен между композитной оболочкой и выступом. Причем элемент интерфейса не соединен ни с композитной оболочкой, ни с выступом. Тем самым обеспечивается

перемещение между элементом интерфейса и композитной оболочкой и обеспечивается перемещение между элементом интерфейса и выступом. При этом элемент интерфейса содержит горловину, расположенную смежно горловине выступа. Причем элемент интерфейса содержит материал, выбранный из группы, состоящей из полимера, эластомера, термопласта и имеет модуль упругости, больший 250 фунтов/кв. дюйм и меньше 10 миллионов фунтов/кв. дюйм. Изобретение направлено на защиту композитной оболочки от повреждения ввиду отслаивания.

РАЗРАБОТЧИК: ХЕКСАГОН ТЕКНОЛОДЖИ АС (NO)

№ 156584, 09.12.2014

БАЛЛОН ЗАПРАВКИ И ГАЗИФИКАЦИИ КРИОГЕННОЙ ЖИДКОСТИ

Полезная модель относится к энергетической области топливных технологий и может быть использована для непрерывной подпитки топливом различных генераторов энергии. Устройство обеспечивает максимально полную заправку сосуда криогенной жидкостью, увеличенную надежность при различных климатических условиях и возможность работы с разными криогенными жидкостями. Указанный технический результат достигается тем, что устройство содержит внешний сосуд высокого давления и размещенный в нем внутренний сосуд. Полость внутреннего сосуда соединена с магистралью заправки и опорожнения, а сообщение между полостями сосудов выполнено в виде сквозных отверстий в верхней части внутреннего сосуда. Устройство дополнительно содержит насос с регулятором давления, емкость с криогенной жидкостью, потребители рабочего тела и краны. Магистраль заправки соединена на входе через кран, регулятор давления и насос с емкостью криогенной жидкости, а магистраль опорожнения соединена на выходе через кран с потребителями газообразного рабочего тела, причем внутренний сосуд выполнен с объемом, определенным из соотношения для реального газа. Устройство работает следующим образом. Перед началом работы краны устройства закрыты. При заправке внутреннего сосуда открывается кран магистрали заправки и криогенная жидкость из емкости поступает во внутренний сосуд. Причем для ускорения заправки и увеличения массы заправленной в сосуд криогенной жидкости включается насос. В процессе заполнения внутреннего сосуда и после его заправки из-за существенно большей температуры стенок внутреннего сосуда по сравнению с температурой жидкости, происходит испарение жидкости с повышением давления, и газифицированная жидкость заполняет весь объем внутреннего и внешнего сосудов. После того как жидкость полностью испарится и превратится в газ высокого давления – устройство готово к эксплуатации.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННОГО МОТОРОСТРОЕНИЯ ИМ. П.И. БАРАНОВА» (RU)

№ 2748287, 25.12.2019

БАК ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАКА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Группа изобретений относится к баку высокого давления и способу изготовления бака высокого давления. Способ изготовления бака высокого давления, содержащего вкладыш, выполненный с возможностью хранения газа и армированного волокном смоляного слоя, изготовленного из армированной волокном смолы и покрывающего внешнюю поверхность вкладыша, армированный

волокном смоляной слой содержит первый армирующий слой, покрывающий внешнюю поверхность вкладыша, и второй армирующий слой, покрывающий внешнюю поверхность первого армирующего слоя. При этом способ включает формирование цилиндрического элемента, изготовленного из армированной волокном смолы и имеющего волокна, ориентированные в круговом направлении цилиндрического элемента. Формирование двух куполообразных элементов из армированной волокном смолы. Формирование армирующего корпуса, т.е. первого армирующего слоя, посредством соединения двух концевых частей цилиндрического элемента и концевых частей двух куполообразных элементов. Формирование на внешней поверхности армирующего корпуса второго армирующего слоя из армированной волокном смолы и с волокнами, ориентированными поперек двух куполообразных элементов. Таким образом, данное изобретение предусматривает бак высокого давления и способ изготовления бака высокого давления, способного снизить использование армированной волокном смолы.

РАЗРАБОТЧИК: ТОЙОТА ДЗИДОСЯ КАБУСИКИ КАЙСЯ (JP)

№ 2507437, 08.06.2009

ВТУЛКА ДЛЯ БАЛЛОНОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И СПОСОБ ЕЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к втулке для баллонов высокого давления (и способу ее изготовления), составленная из различных металлических элементов, которые могут быть устойчиво соединены друг с другом, которые могут быть объединены в единую массу самого контейнера, который образован из композитного материала, металлического сплава, синтетического материала, смол и армирующих волокон.

Горловина состоит из нескольких элементов, изготовленных из металла или металлического сплава, которые устойчиво скреплены друг с другом посредством резьбовых и/или сварного и/или адгезивного соединений и соединены с концом сердцевины (футеровки), закрепленной одновременно на двух ее сторонах, внутренней и внешней. Такая группа имеет внешнюю полигональную форму для того, чтобы способствовать ее компоновке в единую конструкцию из композитного материала, который составляет баллон, исключая возможность вращения вокруг себя, когда она подвергается завинчиванию (в случае вставки пробки или клапана), и гарантируя, в то же время, превосходное уплотнение даже при высоких давлениях.

В частности, изобретение применимо и преимущественно в производстве баллонов, изготовленных из композитного материала, различного объема и при высоком давлении на сердцевинах, изготовленных либо из синтетического материала, либо из металла (листовой стали, алюминия или металлических сплавов).

РАЗРАБОТЧИК: К.Т.С.С.П.А. (IT)

№ 2737488, 16.03.2016

ВЕНТИЛИРУЕМЫЙ ВКЛАДЫШ ДЛЯ ВЫСТУПА СОСУДА ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Группа изобретений относится к хранению газов. Вентилируемый вкладыш выполнен с возможностью размещения между выступом и оболочкой сосуда под давлением. Выступ включает в себя сквозное отверстие, имеющее продольную ось. Кольцевой корпус включает в себя внутреннюю поверхность, выполненную с возможностью контактирования и при-

легания к выступу, и внешнюю поверхность, выполненную с возможностью прилегания к оболочке. Корпус имеет противоположные первый и второй концы относительно продольной оси. Горловина расположена рядом с первым концом, а фланец рядом со вторым концом, причем фланец проходит от продольной оси относительно горловины. Газопроницаемый элемент обеспечен на внутренней поверхности и проходит от первого конца до второго конца. Также заявлены сосуд, содержащий устройство и способ изготовления сосуда. Техническим результатом является предотвращение скапливания газа между лейнером и оболочкой сосуда.

РАЗРАБОТЧИК: ХЕКСАГОН ТЕКНОЛОДЖИ АС (NO)

№ 2691278, 12.07.2018

ГАЗОВЫЙ БАЛЛОН

Изобретение относится к газовой технике, преимущественно к газовым баллонам со сжатым горючим газом, водородом, а именно к повышению безопасности эксплуатации газовых баллонов. В газовом баллоне, содержащем корпус с запорной арматурой и предохранительный клапан, на внутренней стороне стенки баллона свободно уложены скрученные нити, прикрепленные к полимерной клеевой основе, в один или несколько слоев. Слои уложены друг на друга, направление укладки которых перпендикулярно друг к другу или под углом. Нити могут быть выполнены из прочного материала, например, из стальной пружинной проволоки или кевларовых нитей, покрытых полимерной оболочкой, в состав которой входит ингибитор горения, причем нити могут быть свиты по прямоугольной, треугольной или трапециевидальной образующей. Технический результат – повышение надежности защиты горючего сжатого газа от взрыва или воспламенения при механическом поражении целостности корпуса баллона.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ УДМУРТСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (RU)

№ 2510476, 27.12.2012

МЕТАЛЛОКОМПОЗИТНЫЙ БАЛЛОН ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Изобретение относится к общему машиностроению, а именно к производству металлокомпозитных баллонов высокого давления, предназначенных для использования в качестве расходных емкостей установок гидроабразивной резки и имеющих увеличенные размеры горловины для размещения в баллоне необходимой оснастки.

Баллон предназначен для использования в установках гидроабразивной резки. Баллон состоит из лейнера и внешней силовой композиционной оболочки. Лейнер содержит верхнее днище с удлиненной горловиной, среднюю цилиндрическую часть и нижнее днище с элементом для обеспечения симметричной укладки спиральных слоев при армировании баллона. Внутренний диаметр d_1 удлиненной горловины имеет увеличенный размер, равный не менее половины внутреннего диаметра d_2 средней цилиндрической части лейнера. Элемент для обеспечения симметричной укладки спиральных слоев при армировании баллона выполнен в виде горловины с несквозным отверстием, причем диаметр d_3 отверстия равен внутреннему диаметру d_1 горловины. На торцах элемента в нижней части выполнены пазы. Технический

результат – расширение функциональных возможностей баллона при обеспечении повышенного уровня безопасности.

РАЗРАБОТЧИК: ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «МАШТЕСТ» (RU)

№ 214580, 11.04.2022

ЁМКОСТЬ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ КОМПРИМИРОВАННЫХ ГАЗОВ

Предлагаемая полезная модель относится к устройствам, позволяющим компактно и безопасно хранить и использовать сжатый газ (то есть сжатый до высокого давления) газовый теплоноситель, в частности водород, на борту транспортного средства, например автомобиля с электроприводом, получающим электропитание от термоэлементов, преобразующих водород в электрический ток (то есть относится к системам, предназначенным для решения актуальной задачи – использование экологически чистого энергоносителя на транспорте), а также может быть использована как бак, при хранении газа в обычных автомобилях, работающих на газовом топливе. Техническим результатом заявляемой полезной модели является обеспечение безопасного хранения компримированных газов при сохранении низкой взрывоопасности в аварийных ситуациях. Для его достижения предложена емкость для хранения компримированных газов, содержащая внутри корпуса накопитель-аккумулятор газа, при этом корпус емкости имеет форму сферы, внутри которого расположен накопитель-аккумулятор газа, представляющий собой пустотелые шары, на наружной стенке которых выполнены отверстия, сообщающие внутренние полости шаров между собой и с межшаровой полостью емкости. Емкость состоит из нескольких прочноплотных сферических полых корпусов, соединенных в единую батарею сваркой или путем 3D-печати с применением аддитивной технологии и сообщенных между собой отверстиями в местах соединения. Емкости и стенки шаров выполнены из прочноплотных композитных материалов на основе алюминиевых сплавов или неметаллических материалов на основе базальта или инновационного сплава «Scalmalloy».

РАЗРАБОТЧИК: ПЕТРОВ ВАЛЕРИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ (RU), КЕВОРКОВ ЛЕОНИД РУБЕНОВИЧ (RU), ДЫНИН НИКОЛАЙ ВИТАЛЬЕВИЧ (RU)

№ 178737, 30.12.2016

МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЙ РЕАКТОР, РАБОТАЮЩИЙ ОТ ТЕПЛА ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Предлагаемая полезная модель относится к области водородной энергетики, а точнее к устройствам для аккумуляирования водорода в твердофазном связанном состоянии. Металлогидридный реактор, работающий от тепла топливного элемента, включающий в себя сборку из двух и более металлогидридных патронов, соединенных в сборку металлогидридных патронов в виде трубного пучка, закрепленного между двумя трубными досками, закрытых снаружи герметичным кожухом, в котором выполнены одно или более отверстий для подачи теплого воздуха от системы охлаждения присоединенной водородной энергоустановки на базе топливных элементов, и одно или более отверстий для отвода воздуха, в котором установлены вентиляторы принудительной циркуляции воздуха. В результате обеспечивается эффективный теплоперенос в металлогидридном устройстве и достигается нагрев металлогидридных патронов с обеспече-

нием десорбции водорода под давлением, достаточным для работы присоединенного топливного элемента.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РАН (ОИВТ РАН) (RU)

№ 2793269, 13.07.2022

РЕГАЗИФИКАТОР-ПОДОГРЕВАТЕЛЬ ГАЗА

Изобретение относится к области теплотехники и может быть использовано для регазификации сжиженных углеводородных газов, жидкого водорода и других криогенных жидкостей. Регазификатор-подогреватель газа содержит корпус с тепловоспринимающими элементами, состоящими из двух труб – внешней с заглушенным торцом и внутренней с открытым концом, образующих соответственно внешний – выходной и внутренний – входной каналы, магистраль подачи регазифицируемой жидкости, магистраль отвода газа к потребителю, магистраль выхода теплоносителя из корпуса. Корпус содержит магистраль входа теплоносителя внутрь корпуса с регулятором расхода теплоносителя и с датчиком температуры теплоносителя. Тепловоспринимающие элементы объединены в модули. Каждый модуль включает в себя один или более тепловоспринимающих элементов и через отсечной клапан подсоединен к магистрали подачи регазифицируемой жидкости через внутренние входные каналы тепловоспринимающих элементов данного модуля, а через внешние выходные каналы тепловоспринимающих элементов – к магистрали отвода газа к потребителю. Технический результат заключается в повышении надежности процесса газификации жидкостей, упрощении конструкции, а также в обеспечении безопасной работы.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.Н. ТУПОЛЕВА– КАИ» (КНИТУ-КАИ) (RU)

№ 2528773, 19.10.2009

КОНСТРУКЦИЯ ГОРЛОВИНЫ НАПОРНОГО РЕЗЕРВУАРА

Изобретение касается напорного резервуара для хранения жидких и газообразных сред. Напорный резервуар включает в себя пластмассовый внутренний резервуар с по меньшей мере одним не соединенным с ним за одно целое горловым элементом, который расположен на горловине резервуара в области отверстия резервуара, а также с по меньшей мере, частично охватывающей пластмассовый внутренний резервуар и горловой элемент опорной оболочкой. Горловой элемент снабжен средствами для приема соединительной арматуры. Горловой элемент снабжен вставкой, которая образует по меньшей мере часть горловины резервуара, и которая обеспечивает плотную посадку для арматуры, вставляемой в элемент горловины. Втулкообразная цилиндрическая часть вставки образует со стенкой пластмассового внутреннего резервуара втянутую внутрь пластмассового внутреннего резервуара горловину резервуара. При этом стенка пластмассового внутреннего резервуара в области отверстия резервуара конусообразно втянута и образует вдавленный во внутреннюю область резервуара патрубков. Технический результат – повышение герметичности.

РАЗРАБОТЧИК: КАУТЕКС МАШИНЕНБАУ ГМБХ (DE)

№ 2602014, 28.06.2011**УЛУЧШЕННАЯ БОБЫШКА ДЛЯ
КОМПОЗИТНОГО РЕЗЕРВУАРА**

Настоящее изобретение относится к улучшенной бобышке для композитного резервуара высокого давления. Бобышка предназначена для композитного резервуара высокого давления. Конструкция бобышки содержит средство разгрузки давления, предотвращающее нарастание внутреннего давления в бобышке. Технический результат — повышение долговечности резервуара.

РАЗРАБОТЧИК: ГЕКСАГОН РАГАСКО АС (NO)№ 150877, 19.06.2013**СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ ГАЗА ДЛЯ
ГАЗОВОГО ТОПЛИВА**

Настоящая полезная модель относится к системе хранения газа для газового топлива, в частности, топлива для моторных транспортных средств, и к способу работы системы хранения газа такого типа для газового топлива.

Система хранения газа содержит контейнер для хранения, который имеет изменяемый объем хранения для приема и отвода газового топлива. Контейнер для хранения также может указываться ссылкой как газовый бак, который должен быть выполнен в соответствии с внутренними давлениями газового топлива, которое должно храниться в нем, которые должны сдерживаться. Конечно, любые колебания температуры также должны одновременно учитываться. Таковые могут приводить к изменению объема, а отсюда, к дополнительной нагрузке на контейнер для хранения. Более того, должны соблюдаться соответствующие правила безопасности, относящиеся к таким контейнерам для хранения.

В качестве особенно предпочтительного варианта выбора, система хранения газа является мобильной системой. Другими словами, система хранения газа предпочтительно может быть установлена на или в транспортном средстве, связанным с двигателем внутреннего сгорания, который должен работать. Более того, система хранения газа также пригодна для стационарных применений, например, в связи с хранением газового топлива, для неподвижной установки газового бака или заправочной станции.

РАЗРАБОТЧИК: ФОРД ГЛОУБАЛ ТЕКНОЛОДЖИЗ, ЭЛЭЛСИ (US)№ 141427, 25.11.2013**АККУМУЛЯТОР ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ГАЗА**

Полезная модель относится к устройствам, применяемым для аккумулялирования и транспорта газов, которые используются в химическом, транспортном машиностроении, в мобильных системах и системах жизнеобеспечения. Техническим результатом, на который направлена полезная модель, является создание аккумулятора газа рациональной геометрической формы, обеспечивающего высокое массовое и объемное содержание газа, надежность, быструю заправку и извлечение газа. Для достижения указанного результата предложен аккумулятор для хранения газа, состоящий из внутреннего герметизирующего лейнера, силовой оболочки и средств для присоединения запорной арматуры, при этом лейнер и силовая оболочка выполнены в виде протяженного гибкого цилиндра-трубопровода, длина которого L много больше его диаметра d , по крайней мере, на одном из концов которого установлено средство для присоединения запорной

арматуры. Кроме того, аккумулятор может быть выполнен с внешней дополнительной оболочкой.

РАЗРАБОТЧИК: ЧАБАК АЛЕКСАНДР ФЕДОРОВИЧ (RU)№ 2703867, 15.05.2015**РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ
ДЛЯ КРИОГЕННОЙ ЖИДКОСТИ**

Изобретение относится к распределительной станции для криогенной жидкости. Распределительная станция для криогенной жидкости содержит экран для осуществления мониторинга, одну кнопку управления и наливную трубу. Наливная труба проходит из станции от поверхности, представляющей собой заднюю поверхность распределительной станции, а указанный экран расположен параллельно задней поверхности и обращен в сторону от указанной задней поверхности. Одна кнопка управления расположена с возможностью доступа для человека, расположенного лицом к экрану. Техническим результатом является создание распределительной станции, содержащей наливную трубу, вентиляционную трубу, экран для осуществления мониторинга и средства обеспечения безопасности, и имеющей улучшенную эргономику.

РАЗРАБОТЧИК: КРИОСТАР САС (FR)№ 2803219, 05.08.2020**СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ БОРГИДРИДА НАТРИЯ**

Группа изобретений может быть использована при получении боргидрида натрия в качестве носителя и источника водорода. Способ получения боргидрида натрия включает реакцию бората натрия и алюминиевого порошка в атмосфере газообразного водорода с перемешиванием при температуре не ниже 400 °C и не выше 560 °C. При этом мольное отношение натрия, содержащегося в борате натрия, к бору, содержащемуся в борате натрия, составляет более 1,0. Предложены варианты способа получения боргидрида натрия. Группа изобретений позволяет упростить получение боргидрида натрия с использованием алюминия в качестве восстановителя.

РАЗРАБОТЧИК: НИППОН ЛАЙТ МЕТАЛ КОМПАНИ, ЛТД. (JP)№ 2708481, 14.12.2018**АВТОНОМНОЕ ПОРТАТИВНОЕ
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАПРАВКИ
БАЛЛОНОВ ВОДОРОДОМ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Изобретение относится к автономным портативным устройствам для заправки баллонов водородом высокого давления при предварительном получении водорода высокого давления гидролизом. В реакционной камере расположен картридж с твердым реагентом. Трубка для подачи жидкого реагента выполнена с возможностью подачи жидкого реагента в нижнюю часть реакционной камеры. Устройство дополнительно содержит охладитель-осушитель, содержащий последовательно установленные охладитель водорода, фильтр-влажготделитель и осушитель водорода, трубопровод для подачи жидкого реагента, соединенный с трубкой для подачи жидкого реагента, насос с ручным приводом высокого давления, соединенный с трубопроводом для подачи жидкого реагента в реакционную камеру и выполненный с возможностью порционной подачи жидкого реагента в реакционную камеру, трубопровод газообразного водорода, обеспечивающий соединение реакционной камеры и охладителя-осушителя, трубопровод подготовленного газообразного водорода, выполненный с возможностью подачи водорода высокого давления из охладителя-осушителя в баллон. Трубопровод

газообразного водорода, трубопровод подготовленного газообразного водорода и трубопровод для подачи жидкого реагента снабжены быстроразъемными соединениями, а реакционная камера размещена в баке для охлаждения реакционной камеры. Техническим результатом является обеспечение заправки высокочистым водородом высокого давления в любом месте, в котором обеспечивается доступ к воде, при полном исключении затрат электроэнергии, снижение веса реактора и высокой надежности работы устройства и простоте его обслуживания.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «БМБКС» (RU)

№ 2521904, 26.03.2013

АККУМУЛЯТОР ВОДОРОДА

Изобретение относится к области водородной энергетики и может быть использовано для хранения, транспортировки и распределения (подачи) водорода в топливных элементах и других энергетических установках. Аккумулятор водорода, имеющий корпус, накопитель водорода из сплава металла в виде системы сплава металл – водород, характеризующийся тем, что внутри корпуса размещен бак с аккумуляторами водорода, которые представляют собой расположенные компактно и соединенные между собой металлические пластины толщиной до 500 мкм из сплава никель – бор в виде электрохимической системы никель – бор – водород, и пластины соединены с теплопроводами, расположенными между корпусом и баком. В корпусе имеется горловина для заливки электролита в бак и слива его через другую горловину и съемные заглушки на них. На корпусе есть контакты подачи электрического тока для зарядки аккумулятора гальваническим способом, один из которых расположен на баке, а второй соединен с металлическими пластинами из сплава никель – бор, и на корпусе имеются входные и выходные патрубки от коллектора выхлопной трубы мотора. На корпусе имеется выходной патрубок от внутреннего бака для выхода водорода в систему питания двигателя, и на пластинах из сплава никель – бор расположен нагревательный элемент с контактами на поверхности корпуса. Изобретение направлено на создание удобного в эксплуатации и недорогого аккумулятора водорода.

РАЗРАБОТЧИК: ЗВЯГИНЦЕВА АЛЛА ВИТАЛЬЕВНА (RU)

№ 2757341, 08.04.2021

СПОСОБ РАБОТЫ КРИОГЕННОЙ ЕМКОСТИ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЖИДКОГО ВОДОРОДА

Изобретение относится к криогенной технике и может быть использовано для хранения жидкого водорода. В процессе хранения жидкого водорода без газовой подушки поддерживают значение его давления в криогенной емкости выше величины давления насыщенного пара в допустимом диапазоне значений от 1,4 МПа до 1,5 МПа при изменении средне-массовой температуры в интервале от температуры кипения до критической температуры и осуществляют раздачу жидкого водорода потребителю при постоянном давлении. Закачивают жидкий водород в криогенную емкость с минимально допустимым значением давления при средне-массовой температуре жидкого водорода выше его температуры кипения. Перед раздачей жидкого водорода потребителю снижают давление и средне-массовую температуру жидкого водорода в криогенной емкости до минимально допустимых значений. Раздачу осуществляют с замещением жидкого водорода в криогенной емкости сжатым газообразным водородом и

завершают раздачу при достижении средне-массовой температуры жидкого водорода критического значения, а отбираемый из криогенной емкости водород дополнительно ожижают и добавляют в криогенную емкость. Техническим результатом изобретения является увеличение длительности хранения жидкого водорода в криогенной емкости.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННОГО МОТОРОСТРОЕНИЯ ИМЕНИ П.И. БАРАНОВА» (RU)

№ 2515971, 16.08.2012

СПОСОБ АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА

Изобретение относится к способу аккумуляции водорода, заключающемуся в насыщении электродов водородом путем его диффузии внутрь электродов за счет электролиза электролита, в который погружены электроды. Способ характеризуется тем, что в качестве электродов используются металлокерамические никелевые электроды без активной массы, используемые в никель-кадмиевых аккумуляторах. Использование настоящего изобретения дает возможность использования для накопления водорода дешевых, промышленно выпускаемых металлокерамических никелевых электродов, а также получения массового содержания водорода в электродах 7,5–8 %.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭКОНОМИКИ И СЕРВИСА» (ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС») (RU)

№ 2637155, 08.07.2016

СПОСОБ ПОДАЧИ ПОТРЕБИТЕЛЮ ГАЗООБРАЗНОГО ВОДОРОДА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Изобретение относится к криогенной технике. Способ подачи потребителю газообразного водорода высокого давления заключается в нагнетании насосом по перекрываемому трубопроводу жидкого водорода из резервуара в накопитель-газификатор, выполненный в виде емкости полного объема V_p , где с повышением температуры и давления за счет подводимого тепла жидкий водород превращают в газообразные высокие давления. Емкость с объемом V_p выполнена с расположенной в ней внутренней емкостью объемом V_v , которая с перекрытием соединена с насосом и через сквозные отверстия – с емкостью объема V_p . Отношение объемов V_v/V_p выбрано в диапазоне от 0,3 до 1,0 в зависимости от максимального давления водорода при постоянной максимальной температуре емкости объема V_p . Заполнение внутренней емкости объемом V_v за один цикл осуществляют водородом дозированной массы со сверхкритическими значениями давления и температуры. Изохорический нагрев водорода обеспечивают теплом окружающей среды с достижением заданного максимально допустимого давления газообразного водорода перед подачей потребителю. После заправки баллонов потребителя при снижении давления в емкости V_p до установленного уровня отключают перекрываемый трубопровод от потребителя и подключают к технологической емкости. Охлаждают оставшийся в емкости V_p водород жидким азотом по криогенным магистралям из источника и продолжают перепускать водород в технологическую емкость со снижением давления и температуры в емкости V_p до уровня значения давления водорода на выходе из насоса при работе. Затем включают насос, добавляют до заданного значения дозированную массу водорода из резервуара жидкого водо-

рода и осуществляют следующий цикл подачи потребителю газообразного водорода. Технический результат заключается в достижении максимально допустимого давления газообразного водорода в заполняемой емкости, исключении вибраций потока и уменьшении энергозатрат, повышении долговечности накопителя-газификатора, увеличении быстроты заправки баллонов, обеспечении возможности восстановления высокого давления водорода в емкости до уровня максимального давления после снижения давления.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННОГО МОТОРОСТРОЕНИЯ ИМЕНИ П.И. БАРАНОВА» (RU)

№ 2604228, 13.07.2015

СПОСОБ АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА

Изобретение относится к способу аккумуляирования водорода и может быть использовано в химической промышленности для переработки углеводородных газов, а также в системах транспорта и водородных технологий. Нагретый поток, содержащий водяной пар и низшие алканы, имеющие от одного до четырех атомов углерода, пропускают через адиабатический реактор, заполненный насадкой катализатора. Затем из нагретого потока водород выводят путем диффузии через герметичную металлическую стенку в капсулу, в которой проводят поглощение водорода реакционным газом. Обеспечивается снижение расхода энергоресурсов, уменьшение затрат на прокачку и потери, связанные с выбросом избыточного тепла в атмосферу, снижение затрат на получение и аккумуляирование водорода.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» (RU)

№ 2606301, 27.05.2015

АККУМУЛЯТОР ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА В СВЯЗАННОМ СОСТОЯНИИ И КАРТРИДЖ ДЛЯ АККУМУЛЯТОРА

Изобретение относится к области водородной энергетики и может быть использовано для хранения, транспортировки и распределения (подачи) водорода в топливных элементах и других энергетических установках. В основу конструкции аккумулятора водорода положена концепция модульного выполнения накопителя водорода в виде системы легко заменяемых в процессе эксплуатации картриджей, содержащих водород в связанном состоянии в водородонасыщенном пленочном покрытии, нанесенном на металлическую фольговую ленту, которая может быть свернута затем в спираль или другую форму с геометрией, обеспечивающей высокую степень компактирования. Для фиксации картриджей используется система теплообменных элементов с геометрией пчелиных сот, а устройство для выделения водорода аккумулятора имеет систему игл/ножей для разгерметизации заряженных (наводороженных) картриджей после их первоначальной загрузки в аккумулятор. Для получения возможности использования режимов термодесорбции водорода с малой инерционностью в качестве материала фольги выбираются металлы или сплавы с высоким омическим сопротивлением, концы фольги соединены с электрическими контактами на металлическом торце картриджа, соединяемыми с регулируемым источником напряжения. Малоинерционная термодесорбция водорода осуществляется омическим нагревом фольги с высоким сопротивлением, что предоставляет новые возможности для программирования параметров выделения водо-

рода. Техническим результатом использования изобретения являются устранение взрывоопасности в аварийных ситуациях, повышение объемной плотности водорода в накопителе и улучшение его эксплуатационно-технических характеристик, в том числе минимизация времени переходных режимов выделения водорода до 0,1 с, а также уровня давления в накопителе при поставке водорода потребителю.

РАЗРАБОТЧИК: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НИИЭФА ИМ. Д.В. ЕФРЕМОВА» (АО «НИИЭФА») (RU)

№ 163008, 07.08.2015

МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЙ РЕАКТОР ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Предлагаемая полезная модель относится к области водородной энергетики, а точнее к устройствам для аккумуляирования водорода в твердофазном связанном состоянии. Металлогидридный реактор хранения водорода низкого давления, включает два и более металлогидридных патрона для хранения водорода, содержащих прочный герметичный корпус с отверстием для подачи водорода, внутри которого расположены одна или более трубок для подачи теплоносителя, выполненных в виде размещенных внутри корпуса трубок, образующих между собой и корпусом герметично закрытый зазор, заполненный водородопоглощающим материалом, и эти внутренние трубки герметично закрыты с торца, расположенного внутри корпуса, а в корпусе для подачи водорода выполнено отверстие, в котором установлен пористый фильтр, проницаемый для водорода и непроницаемый для частиц водородопоглощающего материала, при этом в полости внутренних трубок установлены трубки для подачи теплоносителя, и указанные металлогидридные патроны объединены в сборку металлогидридных патронов путем закрепления части корпуса металлогидридного патрона, содержащей отверстие для подачи водорода, с одной стороны трубной доски, и устанавливаемой с другой стороны трубной доски крышки, содержащей штуцеры, соосные с отверстиями для подачи водорода в корпусах металлогидридных патронов, обеспечивающие доступ к внутреннему зазору, заполненному водородопоглощающим материалом, внутри герметичного корпуса каждого из металлогидридных патронов, между крышкой и трубной доской создается полость, предназначенная для распределения газообразного водорода, в том числе низкого давления, общая для металлогидридных патронов, установленных в металлогидридном реакторе.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РАН (ОИВТ РАН) (RU)

№ 2573439, 31.07.2014

СПОСОБ АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА В ЛАМЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДАХ

Изобретение относится к области водородной энергетики – аккумуляированию и хранению водорода, который в настоящее время используется в химическом, транспортном машиностроении и других отраслях промышленности. Согласно изобретению, емкость для хранения водорода представляет собой обычный никель-кадмиевый аккумулятор с ламельными электродами. Предложенный способ аккумуляирования водорода состоит в насыщении электродов водородом путем его диффузии внутрь электродов. Электроды насыщаются водородом, благодаря электролизу электролита во время перезарядки аккумулятора при напряжении 1.7 В в течение 1,8 лет. Техническим результатом изобретения является возможность

использования для накопления водорода дешевых, промышленно выпускаемых ламельных электродов и получение мас-сового содержания водорода в оксидно-никелевых электродах 9–10 %, а в кадмиевых электродах 8,0–8,5 %.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (ДГТУ) (RU)

№ 2792697, 06.12.2021

ЕМКОСТЬ ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ, ПЕРЕВОЗКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА

Изобретение относится к емкостям для безопасного хранения, перевозки и использования водорода. Емкость представляет собой сосуд, содержащий корпус, который внутри состоит из двух несообщающихся групп ячеек с раздельным размещением в них водорода и кислорода в пропорции, соответствующей химической формуле воды H_2O . При данной схеме в случае внештатной ситуации, например, детонация, водород моментально смешивается с кислородом и превращается в воду либо ее пар, что исключает взрыв и тяжелые последствия от таких внештатных ситуаций, в двигателе в качестве топлива используется водород, а кислород употребляется как окислитель либо кислород забирается из окружающей среды, кислород в этом случае не расходуется. Технический результат заключается в исключении взрывов.

РАЗРАБОТЧИК: ТЕДТОВЕ АСЛАН СОЛТАМБЕКОВИЧ (RU)

№ 213938, 11.07.2022

БОЛЬШЕРАЗМЕРНЫЙ БАЛЛОН ДЛЯ КОМПРИМИРОВАННОГО ГАЗООБРАЗНОГО ВОДОРОДА С ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИТНОЙ ОБОЛОЧКОЙ

Полезная модель относится к большеразмерным баллонам с компримированным газообразным водородом и/или водородной смесью с содержанием более 2 % водорода по объему в сочетании с сухим природным газом, используемым в качестве топлива в наземной транспортной технике. Полезная модель может найти применение в составе конструкций топливных систем хранения, устанавливаемых на автомобильные транспортные средства большой грузоподъемности или установленных в раме, такой как связка или прицеп. Технический результат полезной модели: расширение арсенала технических средств баллонов высокого давления с полимерно-композитной оболочкой, где баллон обладает большими размерами и может использоваться для хранения компримированного газообразного водорода и/или водородной смеси с содержанием более 2 % водорода по объему в сочетании с сухим природным газом. Кроме того, баллон согласно полезной модели эффективен в качестве транспортного бака с водородным топливом. Большеразмерный баллон для компримированного газообразного водорода имеет внутреннюю тонкостенную оболочку, которая изготовлена выдувным формованием в виде термопластичного компаунда на базе полиамида, а силовая оболочка изготовлена из двух слоев – внутренний силовой слой оболочки изготовлен из углепластика на основе углеродного волокна марки T700SC-24k с пределом прочности волокна 4,3 ГПа, модулем упругости 230 ГПа и полимерного эпоксидного связующего и внешний силовой слой оболочки изготовлен из стеклопластика на основе стеклоровинга марки

17M SE1200 2400 TEX и полимерного эпоксидного связующего, со схемой армирования, при которой: спиральный виток выполнен под углом намотки 15° к горизонтальной оси баллона. А также силовой оболочки, которая выполнена так, что периферийный слой армирующего волокна (кольцевой слой и спиральный слой с большим углом) и аксиальный слой волокна (спиральный слой с малым углом) намотаны последовательно.

Полезная модель относится к большеразмерным баллонам с компримированным газообразным водородом и/или водородной смесью с содержанием более 2 % водорода по объему в сочетании с сухим природным газом, используемым в качестве топлива в наземной транспортной технике. Полезная модель может найти применение в составе конструкций топливных систем хранения, устанавливаемых на автомобильные транспортные средства большой грузоподъемности или установленных в раме, такой как связка или прицеп.

РАЗРАБОТЧИК: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ДЗЕРЖИНСКОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ПЛАСТИК» (RU)

№ 164881, 29.12.2015

МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЙ РЕАКТОР ХРАНЕНИЯ И ОЧИСТКИ ВОДОРОДА

Предлагаемая полезная модель относится к области водородной энергетики, а точнее к устройствам для аккумуляирования водорода в твердофазном связанном состоянии. Полезная модель решает техническую задачу обеспечения фильтрации смеси газов, содержащие водород, через засыпку водородопоглощающего материала и повышения эффективности отвода тепла реакции гидрирования от засыпки, что уменьшает вредное влияние низкой эффективной теплопроводности водородопоглощающего материала на работу устройства. Поставленная техническая задача решается тем, что металлгидридный реактор для хранения и очистки водорода состоит из прочного герметичного корпуса, заполненного интерметаллическим сплавом, способным образовывать обратимый металлгидрид, внутри корпуса расположен жидкостный теплообменник, в корпусе выполнены два отверстия сверху и снизу, в которых установлены пористые фильтры, проницаемые для газа и непроницаемые для частиц интерметаллического сплава, корпус снаружи закрыт кожухом, в пространстве между корпусом и кожухом обустроен жидкостный теплообменник.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РАН (ОИВТ РАН) (RU)

№ 170160, 22.06.2016

СОСУД ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Заявляемый сосуд высокого давления включает герметизирующую оболочку из полимерного материала, изготовленную методом ротационного формования или 3D-печати, силовую оболочку, изготовленную из композиционного материала методом намотки, которая содержит по крайней мере один слой скрученной монокити, утопленной в герметизирующую оболочку, и один слой скрученной монокити, покрывающей герметизирующую оболочку, прижимную гайку, расположенную между силовой и герметизирующей оболочкой, которая накручена на резьбовую часть металлического штуцера.

РАЗРАБОТЧИК: ИГУМЕНОВ МАКСИМ СЕРГЕЕВИЧ (RU)

№ 2802102, 14.12.2022

**СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КРИОГЕННЫХ
ТРАНСПОРТНЫХ ЦИСТЕРН**

Изобретение относится к системам мониторинга на транспорте и может быть использовано для отслеживания в режиме реального времени состояния транспортных средств для перевозки криогенных продуктов. Система мониторинга совместно транспортируемых криогенных транспортных цистерн, в которой каждая цистерна оборудуется датчиком перепада давления между газовой и жидкостной фазами, датчиком давления газовой фазы, подключаемыми к модулю беспроводной передачи данных, причем модули беспроводной передачи данных всех криогенных цистерн, состояние которых необходимо отслеживать в режиме реального времени, осуществляют передачу информации на удаленный сервер и в диспетчерский центр, отличающаяся тем, что расчет прогнозируемого времени начала утечки криогенного продукта производится в вычислительном модуле в зависимости от текущих показаний датчиков и текущей навигационной информации. Технический результат, достигаемый заявленной совокупностью признаков, заключается в повышении безопасности эксплуатации криогенных цистерн.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (RU)

№ 2528775, 01.03.2013

**АККУМУЛИРУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ
НАСЫЩЕНИЯ АТОМАРНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ
И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ**

Изобретение относится к материаловедению, микро- и наноэлектронике и может быть использовано в технологических процессах получения энергоносителей. В качестве аккумулирующего материала для насыщения атомарными и/или молекулярными веществами использован шаровидный материал микронных размеров, состоящий из наноразмерных двумерных спиралеобразно, радиально и аксиально расположенных пластин графита, имеющих единый центр. Отличительной чертой представленного аккумулирующего материала является наличие развитой поверхности пластин графита. Для решения поставленной задачи предложен также способ получения аккумулирующего материала для насыщения атомарными веществами и/или молекулярными веществами, заключающийся в том, что выделяют из высокопрочного чугуна шаровидный графит, подвергают его очистке от примесей оксидов кремния и оксидов железа, полученную массу сепарируют по размерам, очищают путем удаления несвязанных частиц графита с поверхности шаровидного графита, подвергают расщеплению. Задачей данного изобретения является расширение арсенала средств для накопления и хранения веществ в атомарном и/или молекулярном состоянии.

Разработчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО» (RU)

№ 2573414, 28.09.2012

**СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНОГО
СОСУДА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И
КОМПОЗИТНЫЙ СОСУД ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Способ изготовления композитного сосуда высокого давления, имеющего внутренний сосуд, выполненный из термoplastического материала, имеющий по меньшей мере одну концевую деталь, размещенную на горловинном участке, и имеющий обертку, которая упрочняет внутренний сосуд и выполнена из волокнистого материала, при этом способ включает в себя изготовление внутреннего сосуда путем формования экструзией с раздувом, и концевая деталь при конфигурировании внутреннего сосуда образуется на внутреннем сосуде таким образом, чтобы концевая деталь была, по меньшей мере частично, окружена внутренним сосудом. Технический результат – упрощение изготовления сосуда.

Разработчик: КАУТЕКС ТЕКСТРОН ГМБХ УНД КО. КГ (DE)

№ 2742185, 05.06.2017

**СИСТЕМА И СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ПРЕДСТОЯЩЕГО ПОВРЕЖДЕНИЯ
СОСУДА ПОД ДАВЛЕНИЕМ**

Система и способ прогнозирования предстоящего повреждения сосуда под давлением включают в себя сосуд под давлением, источник текучей среды, магистраль, соединенную с сосудом под давлением и источником текучей среды, устройство, датчик и контроллер. Устройство включает в себя трубу и вмещающую конструкцию. Вмещающая конструкция включает в себя полость, отделенную от внутренней области трубы участком стенки трубы. Датчик выполнен с возможностью определения значения физического свойства в полости. Контроллер находится в сигнальном сообщении с датчиком и выполнен с возможностью обнаружения изменения значения. Способ включает в себя этапы, на которых определяют первое значение физического свойства в полости, реализуют повреждение стенки трубы, определяют второе значение физического свойства в полости и определяют разность между первым и вторым значениями. Технический результат – повышение безопасности.

Разработчик: ХЕКСАГОН ТЕКНОЛОДЖИ АС (NO)

№ 2766951, 30.06.2021

**СПОСОБ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ
МЕТАНО-ВОДОРОДНОЙ СМЕСИ**

Изобретение относится к газовой промышленности и может быть использовано при транспортировке газообразных энергоносителей на дальние расстояния. Метано-водородную смесь с содержанием водорода не менее 70 % транспортируют по трубопроводу. На каждой газоперекачивающей станции отбирают посредством полимерного мембранного модуля парциальный поток водорода с чистотой не менее 98 % об. Последний направляют на сжигание в газовую турбину газоперекачивающей станции. Метано-водородную смесь до отбора водорода подвергают компрессии до величины давления, необходимой и достаточной для соблюдения заданных условий транспортирования до следующего отбора водорода. Величину парциального отбора водорода на каждой газоперекачивающей станции выбирают, исходя из условия обеспечения в конце трубопровода содержания водорода в смеси не менее 70 %. На конечной газоперекачивающей станции компрессию метано-водородной смеси проводят в две ступени с добавлением перед второй ступенью

к метано-водородной смеси пентана. По окончании процесса компримирования пентан удаляют из метано-водородной смеси, которую направляют в основной магистральный трубопровод. Технический результат заключается в оптимизации количества отбираемого водорода на каждой газоперекачивающей станции и расстояния между точками компрессии.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА» (RU)

№ 139612, 13.06.2012

СОСУД ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Заявляемое устройство позволяет повысить прочность скрепления силовой и герметизирующей оболочек сосуда.

Сосуд высокого давления, включающий силовую оболочку из композиционного материала, герметизирующую оболочку, изготовленную методом ротационного формования из термопласта, и закладной штуцер с фланцем, отличающийся тем, что силовая оболочка уложена таким образом, что, по крайней мере, один слой нитей композиционного материала силовой оболочки утоплен в структуру герметизирующей оболочки на глубину, не превышающую четверть его толщины. Сосуд высокого давления, отличающийся тем, что на фланце закладного штуцера выполнена, по крайней мере, одна радиальная проточка. Сосуд высокого давления, отличающийся тем, что материал термопласта герметизирующей оболочки затекает во внутреннее проходное отверстие штуцера. Сосуд высокого давления, отличающийся тем, что оппозитно к закладному штуцеру в герметизирующей оболочке выполнен выступ, утопленный в материал силовой оболочки. Сосуд высокого давления, отличающийся тем, что по внешнему диаметру выступающей наружу оболочки части штуцера оформлена шестигранная проточка.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПОТЕК» (RU)

№ 2724394, 04.04.2017

ВЕНТИЛИРУЕМАЯ БОБЫШКА ДЛЯ ЕМКОСТИ ПОД ДАВЛЕНИЕМ СО СПЕЧЕННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ВСТАВКОЙ

Изобретение относится к хранению газов. Емкость под давлением, имеющая внутреннюю среду, причем емкость под давлением включает в себя оболочку, лайнер и бобышку. Лайнер расположен внутри оболочки и образует внутреннюю среду. Бобышка находится на первой контактной поверхности между оболочкой и лайнером. Бобышка включает в себя полость и вентиляционную конструкцию, расположенную в полости. Полость находится на второй контактной поверхности между лайнером и бобышкой, и полость расположена на контактной поверхности бобышки в сообщении с внутренней окружающей средой. Газовентиляционный тракт образован от первой контактной поверхности посредством вентиляционной конструкции, и продолжается во внутреннюю среду емкости под давлением.

Бобышка для емкости под давлением, включает в себя отверстие, фланец, полость и газовентиляционную конструкцию. Отверстие выполнено с возможностью обеспечения сообщения по текучей среде между внешней средой емкости под давлением и внутренней средой емкости под давлением. Фланец продолжается радиально наружу от отверстия, и фланец включает в себя внешнюю сторону и внутреннюю сторо-

ну. Полость расположена на внутренней стороне фланца. Газовентиляционная конструкция находится в полости.

Способ изготовления бобышки для использования в емкости под давлением включает в себя этап, на котором спекают металлическую деталь так, что она имеет пористость, что позволяет текучей среде проходить через спеченную металлическую деталь, но ограничивает расплавленный полимерный материал от входа в спеченную металлическую деталь; и вставляют спеченную металлическую деталь в соответствующую полость бобышки.

РАЗРАБОТЧИК: ГЕКСАГОН ТЕХНОЛОДЖИ АС (NO)

№ 2792316, 09.08.2022

ЕМКОСТЬ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ВЗРЫВООПАСНЫХ ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ

Изобретение относится к аккумулированию, хранению и высвобождению водорода и других взрывоопасных газов или жидкостей и может быть использовано в транспортных и стационарных энергетических установках. Емкость состоит из корпуса, в котором размещен микроячеистый наполнитель. Слои наполнителя соединены между собой и с корпусом. Наполнитель выполнен в виде последовательно наложенных друг на друга слоев вдоль оси емкости по всей ее длине. Слой наполнителя представляет собой набор ячеек, выполненных в виде выпуклой и расположенной по нормали к срединной поверхности слоя куполообразной оболочки вращения с прямолинейной образующей в виде усеченного конуса или криволинейной образующей в виде либо полуволны синусоиды, либо в виде четверти окружности. Ячейки в слое расположены в шахматном порядке. В каждом слое вершина ячейки и вершины граничащих с ней ячеек противоположно направлены. В одной ячейке слоя выполнено микроотверстие, образующее канал сообщения для газа или жидкости между слоями. Слои наполнителя установлены друг относительно друга так, что каждый последующий слой является зеркальным отражением предыдущего слоя. Технический результат состоит в снижении стоимости и трудоемкости изготовления.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (RU)

№ 165217, 30.11.2015

КОМПОЗИТНЫЙ БАЛЛОН ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Полезная модель относится к сосудам высокого давления, предназначенных для использования в условиях арктического климата экстремально низких температур при рабочем внутреннем давлении до 400 атм., и может использоваться в качестве газовых баллонов для хранения и транспортировки сжатого природного газа, используемого на автомобилях, а также для систем пожаротушения, при аварийном запуске резервных электрогенераторов, для продувки балластных цистерн, оперативной накачки аэростатов, для водородных топливных элементов. Технической задачей является предотвращение раскрытия намотки в переходной зоне днища – цилиндрическая часть баллона, что обеспечивает повышение коэффициента разрушения баллона (значения внутреннего испытательного давления) в условиях циклического нагружения более 2,6 Р раб. Композитный баллон высокого давления содержит алюминиевый бесшовный лайнер, состоящий из цилиндрической части, переходной зоны, соединяющей днища округлой формы и цилиндрическую часть. Композитная

оболочка, выполненная из базальтового ровинга, состоит из двух многослойных оболочек. Оболочка выполнена намоткой под углами 45–60 град. Первый слой оболочки выполнен спирально-перекрестным. Второй и третий слои оболочки выполнены чередованием намотки, например, кольцевых и спиральных. Вторая многослойная оболочка выполнена также чередованием намотки, например, кольцевых и спиральных слоев. Решена задача предотвращения раскрытия намотки в переходной зоне баллона, что дает возможность удерживать ленту намотки на переходной зоне, соединяющей днища с цилиндрической частью лейнера.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «РЕ-АЛ-ШТОРМ» (RU)

ГОСТ

№ 11114-1-2017, 01.03.2019

БАЛЛОНЫ ГАЗОВЫЕ. СОВМЕСТИМОСТЬ МАТЕРИАЛОВ, ИЗ КОТОРЫХ ИЗГОТОВЛЕНЫ БАЛЛОНЫ И КЛАПАНЫ, С СОДЕРЖИМЫМ ГАЗОМ. ЧАСТЬ 1. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

В настоящем стандарте приводятся требования к выбору безопасного сочетания материалов, из которых изготовлены баллоны и клапаны, и газов, содержащихся в баллонах. Данные по совместимости приводятся для однородных газов и газовых смесей. Рассматриваются бесшовные металлические, сварные металлические и композитные газовые баллоны, используемые для хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КВТ» (ООО «КВТ»); НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП «НАВЭ»)

№ 13984-2016, 01.09.2017

ВОДОРОД СЖИЖЕННЫЙ. СТЫКИ СИСТЕМ ЗАПРАВКИ ТОПЛИВОМ АВТОМОБИЛЕЙ

Настоящий стандарт определяет характеристики систем заправки и раздачи жидкого водородного топлива для наземных транспортных средств с целью снижения риска возникновения пожара или взрыва в процессе заправки транспортных средств топливом и обеспечения необходимого уровня защиты, связанной с предотвращением гибели людей и материального ущерба. Настоящий стандарт распространяется на проектирование и монтаж систем заправки и раздачи жидкого водородного топлива (LH₂). Стандарт содержит описание системы, предназначенной для подачи жидкого водорода в автомобиль, в том числе части системы, для холодного газообразного водорода, поступающего из бака автомобиля, т.е. системы, расположенной между наземным транспортным средством и резервуаром для хранения.

РАЗРАБОТЧИК: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КВТ» (ООО КВТ) И НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП НАВЭ)

№ 55226-2012, 01.07.2013

ВОДОРОД ГАЗООБРАЗНЫЙ. ЗАПРАВОЧНЫЕ СТАНЦИИ

Настоящий стандарт определяет технические требования к водородным заправочным станциям общего назначения, а также к ведомственным заправочным станциям, установленным на территориях предприятий или организаций, предназначенным для заправки наземных транспортных средств газообразным водородом, используемым в качестве топлива. Из настоящих технических требований исключены бытовые (домашние) заправочные станции для наземных транспортных средств. Водородная заправочная станция включает в себя устройства и системы, технологическая схема. Она включает в себя: – системы подачи водорода по трубопроводу и в автоцистернах в газообразном и (или) жидком виде; – автономные генераторы водорода, использующие процесс электролиза воды, или генераторы водорода, использующие технологии переработки топлива; – системы хранения, перекачивания и испарения сжиженного водорода; – системы компримирования и очистки газообразного водорода; – устройства для хранения газообразного водорода; – топливо-раздаточные колонки газообразного водорода.

РАЗРАБОТЧИК: НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП НАВЭ)

№ 13985-2013, 01.01.2014

ЖИДКИЙ ВОДОРОД. ТОПЛИВНЫЕ БАКИ ДЛЯ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА

Настоящий стандарт устанавливает требования к топливным системам дорожных транспортных средств, работающих на жидком водороде, а также методом испытаний для подтверждения необходимого уровня безопасности, связанного с рисками возникновения пожара и взрыва. Настоящий стандарт применяется в отношении топливных систем, предназначенных для использования в качестве бортовых систем хранения водорода на автомобилях.

РАЗРАБОТЧИК: НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП НАВЭ)

№ 26142-2013, 01.07.2014

ПРИБОРЫ СТАЦИОНАРНЫЕ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВОДОРОДА

Настоящий стандарт определяет требования и методы проведения испытаний приборов обнаружения водорода, которые предназначены для измерения и контроля концентрации водорода в стационарных условиях. Требования настоящего стандарта распространяются на устройства обнаружения водорода, используемые в системах одно- и/или многоуровневой безопасности и выполнения таких действий, как продувка азотом, включение вентиляции и/или перекрытие подачи водорода в зависимости от его концентрации. В настоящем стандарте не рассматриваются требования, предъявляемые к общей системе безопасности, а также требования к установке таких приборов. Настоящий стандарт устанавливает только требования, предъявляемые к изделиям обнаружения водорода, такие, как точность, время реакции, стабильность, диапазон измерений, избирательность и устойчивость к отравле-

нию. Настоящий стандарт предназначен для использования в целях сертификации.

РАЗРАБОТЧИК: НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП «НАВЭ»)

№ 54114-2010, 01.07.2011

ПЕРЕДВИЖНЫЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ ГИДРИДОВ МЕТАЛЛОВ

Настоящий стандарт устанавливает требования к проектированию, конструкции, материалам и методам испытания систем для хранения газообразного водорода в металлгидридных соединениях (МГ-соединения) с внутренним объемом не более 150 л., и рабочим давлением, не превышающим 25 МПа. Стандарт распространяется на системы с использованием МГ-соединений, предназначенные для хранения и транспортирования водорода. Стандарт не распространяется на бортовые системы транспортных средств, работающих на водороде.

РАЗРАБОТЧИК: НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» (НП НАВЭ)

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ АКТЫ (НПА)

№ 2162-р, 05.08.2021

РАСПОРЯЖЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ «ОБ УТВЕРЖДЕНИИ КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»

Концепция развития водородной энергетики в Российской Федерации определяет цели, задачи, стратегические инициативы и ключевые меры по развитию водородной энергетики в Российской Федерации на среднесрочный период до 2024 года, долгосрочный период до 2035 года, а также основные ориентиры на перспективу до 2050 года.

РАЗРАБОТЧИК: ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

№ 536, 15.12.2020

ПРИКАЗ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ФЕДЕРАЛЬНЫХ НОРМ И ПРАВИЛ В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ «ПРАВИЛА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ»

ФНП устанавливают требования промышленной безопасности, обязательные при разработке и осуществлении технологических процессов, при проектировании, строительстве, эксплуатации, реконструкции, капитальном ремонте, техническом перевооружении, консервации и ликвидации ОПО, на которых используется нижеперечисленное оборудование, работающее под избыточным давлением а также при размещении, монтаже и эксплуатации (в том числе наладке, обслу-

живании, ремонте, реконструкции (модернизации), техническом освидетельствовании, техническом диагностировании) оборудования под давлением. Настоящие ФНП распространяются на следующие виды (типы) оборудования под давлением:

а) паровые котлы, в том числе котлы-бойлеры, а также автономные пароперегреватели и экономайзеры; б) водогрейные и пароводогрейные котлы; в) энерготехнологические котлы: паровые и водогрейные, в том числе содорегенерационные котлы; г) котлы-утилизаторы; д) котлы передвижных и транспортабельных установок; е) котлы паровые и жидкостные, работающие с органическими и неорганическими теплоносителями (кроме воды и водяного пара), и транспортирующие их системы трубопроводов; ж) электрокотлы; з) трубопроводы пара и горячей воды; и) сосуды, работающие под избыточным давлением пара, газов, жидкостей; к) баллоны, предназначенные для сжатых, сжиженных и растворенных под давлением газов; л) цистерны и бочки для сжатых и сжиженных газов; м) цистерны и сосуды для сжатых, сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел, в которых избыточное давление создается периодически для их опорожнения; н) барокамеры; о) оборудование под давлением, применяемое при разработке, изготовлении, испытании, эксплуатации и утилизации ядерного оружия и ядерных установок военного назначения на опасных производственных объектах, эксплуатируемых организациями Госкорпорации «Росатом».

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ

№ 70, 24.02.2016

ПРИКАЗ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ «ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ФЕДЕРАЛЬНЫХ НОРМ И ПРАВИЛ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ» «ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКАЛИЗУЮЩИХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ»

Настоящие Правила устанавливают требования к устройству, монтажу, эксплуатации, включая испытания и ремонт, локализующих систем безопасности атомных станций.

Настоящие Правила распространяются на проектируемые, сооружаемые, эксплуатируемые и выводимые из эксплуатации атомные станции. На выводимые из эксплуатации блоки атомных станций не распространяются требования главы III, а также пунктов 152 -176, 190 -192 настоящих Правил.

РАЗРАБОТЧИК: ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ

Все материалы, представленные в настоящем документе, носят исключительно информационный характер, не претендуют на полноту охвата и не могут рассматриваться как рекомендации к совершению тех или иных действий, в том числе в рамках реализации государственной политики. Любое использование и распространение данной публикации полностью или частично допускается только при оформлении надлежащей ссылки на источник информации. Использование информации в нарушение указанных требований или в незаконных целях запрещено.

РЕА Минэнерго России имеет более чем полувековую историю и за это время стало важным элементом системы информационно-аналитического сопровождения реализации государственной энергетической политики и выстраивания диалога между государством и компаниями ТЭК.

В числе ключевых направлений деятельности РЕА Минэнерго России: исследование, анализ, моделирование и разработка сценариев развития отраслей ТЭК, поставок и использования энергии в современном обществе, содействие обеспечению энергетической безопасности страны, развитию новых и возобновляемых источников энергии, научно-технологическому развитию.

РЕА Минэнерго России обладает уникальным опытом ведения баз данных и создания информационных систем, в основе которых лежит официальная энергетическая статистика.

📍 **129085, г. Москва, проспект Мира, д. 105, стр. 1**
(станции метро ВДНХ, Алексеевская)

☎ **+7 (495) 789-92-92**

✉ **info@rosenergo.gov.ru**

🌐 **<https://rosenergo.gov.ru>**

📌 **https://t.me/rea_minenergo**

👤 **<https://vk.com/rea.minenergo>**

👤 **<https://ok.ru/group/61614265991251>**

