**Соглашение о предоставлении субсидии: 14.575.21.0080 от 16.07.2014 г.**

**Тема**: «Разработка конструкции и общих принципов управления комплексным электролизным агрегатом для одновременной выработки анолита для обеззараживания воды и феррата для обеззараживания стоков»

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент Волков Андрей Николаевич

**Приоритетное направление:**  Рациональное природопользование

**Период выполнения:** 16.07.2014 – 31.12.2016

**Исполнитель:** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого"

**Индустриальный партнер:** ООО «Группа компаний «СПЕЦМАШ»

1. **Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки**

1)Научно-техническая проблема обеззараживания питьевой воды и стоков связана с противоречивостью требований российского законодательства к составу сточных вод: с одной стороны, сброс с очистных сооружений в реку не должен содержать органических и биологических загрязнений, чего в подавляющем большинстве случаев добиваются хлорированием [ГОСТ 2874—82, СанПиН 2.1.4.1074-01], а с другой стороны, содержание хлора в стоке должно равняться нулю [СанПиН 4630-88].

В настоящее время в развитых странах хлорирование воды является обязательным мероприятием, осуществляемым на станциях водоподготовки, обработке технических и сточных вод.

Новым перспективным методом очистки сточных вод, загрязненных устойчивыми к биоразложению микрозагрязнителями, является применение ферратов (VI) щелочных металлов, наиболее сильных из известных окислителей, превосходящих по эффективности существующие методы.

Ферраты (VI) обладают многофункциональным действием: они способны разлагать многие токсичные химические вещества до малотоксичных продуктов (окисляющее действие), вызывать гибель микроорганизмов (дезинфицирующее действие), способны эффективно адсорбировать ионы тяжелых металлов, частицы суспензий и органические остатки, обеспечивая дополнительную очистку воды путем коагуляции загрязнителей (коагулирующее действие). При производстве феррата на месте использования жидкий продукт имеет более стабильные свойства, он легко закачивается и добавляется в любой раствор или производственную систему.

2)Целью проекта является разработка нового способа и технического решения прототипа комплексного электролизного агрегата (КЭА) для одновременного производства анолита для обеззараживания воды и ферратов для обеззараживания стоков, позволяющего повысить экологическую безопасность, производительность и качество обеззараживания воды и стоков при одновременном снижении стоимости процесса по сравнению с существующими технологиями.

1. **Основные результаты 1 этапа проекта**

1)Выполнен анализ информационных источников по получению анолита и ферратов и их использованию в водоочистке (всего 219 источников, из них 171 научная публикация, 48 патентов). Выявлены параметры процесса электролиза, влияющие на изменение выхода по току анолита и ферратов, подлежащие исследованию на следующем этапе: концентрация окислителя, напряжение на ячейке, сила тока, плотность тока, температура, время обработки, производительность, энергопотребление.

2) Выполнен анализ известных методов и устройств электролиза для получения анолита и ферратов (113 отечественных и зарубежных патентов); выполнен статистический анализ с помощью Questel Orbit; выявлены тенденции развития электролизных технологий, близкие аналоги основных функциональных модулей электролизных агрегатов, обоснован выбор прототипов хлоратора и ферратора. Не выявлено прямых аналогов КЭА.

3)Выбран наиболее производительный и экономичный метод получения анолита и ферратов – мембранный электролиз (МЭ) с катионообменной мембранной, обеспечивающий большую единичную мощность установки и позволяющий регулировать энергопотребление процесса электролиза в зависимости от требуемой производительности. Обоснован выбор типа мембраны с высокой химической стойкостью до температур 100–120 оС, высокой селективностью, низким электрическим сопротивлением и долговечностью.

4) Выбрано оптимальное направление исследований и прикладных работ по созданию КЭА.

5) Разработано концептуальное решение экологически безопасного (малорискового) и экономически эффективного КЭА, одновременно производящего Cl2 (анолит) для обеззараживания питьевой воды феррат в растворе для обеззараживания стоков на месте производства, получаемый из отходов (NaOH) электролизного производства анолита. Основными критериями построения КЭА являются: экологическая безопасность, экономическая эффективность, компактность установки, ресурсосбережение, использование анолита и ферратов непосредственно на месте их производства, модульное построение КЭА, обеспечивающее надежность, удобство монтажа и обслуживания, возможность раздельного (в пространстве и во времени) функционирования хлоратора и ферратора.

6) Разработан аванпроект КЭА, предложен тип и структура системы автоматического управления КЭА, алгоритм её функционирования.

Разработанный аванпроект КЭА включает: концептуальное решение, схему автоматизированного технологического процесса электролиза, структурно-технологическую схему КЭА, 3D модель общего вида КЭА, электролизного участка с рабочим местом оператора, разнесенные («взрыв-схемы») основных исполнительных модулей, структурную схему системы управления, алгоритм функционирования системы управления; описание и обоснование разрабатываемого КЭА. Производительность экспериментального образца лабораторной установки должна быть по вырабатываемому анолиту (в пересчете на хлор) до 1,5 кг/сут. при энергопотреблении до 3,5 кВт·ч/кг хлора, по вырабатываемому феррату - до 0,6 кг/сут. при энергопотреблении до 6 кВт·ч/кг феррата.

1. **Основные результаты 2 этапа проекта**

1) Разработаны принципы построения, состав, схемные и конструктивные решения макетов модулей для производства анолита и ферратов, обеспечивающие экологическую безопасность, экономическую эффективность, компактность, ресурсосбережение, надежность, удобство монтажа и обслуживания, возможность раздельного функционирования хлоратора и ферратора.

2) Разработаны принципы построения, состав и конструктивные решения адаптивой автоматизированной системы управления электрохимическим синтезом анолита и феррата натрия, обеспечивающие повышение энергоэффективности и безопасности технологического процесса (ТП) получения анолита и ферратов.

3) Выполнено математическое моделирование процессов работы модулей для получения анолита и ферратов. Выполнены расчеты производительности модулей для получения анолита и ферратов в зависимости от следующих параметров процесса электролиза: концентрация окислителя, напряжение на ячейке, сила тока, плотность тока, температура, время обработки, энергопотребление.

4) Обоснован алгоритм функционирования КЭА, включающий следующие режимы работы: запуск, работу в непрерывном режиме, штатную и внештатную остановку. Выбрана структура системы управления КЭА. Разработаны эскизные проекты макетов хлоратора и ферратора, включающие принципиальную, технологическую схему, схему управления, электрическую схему, чертеж общего вида макета, деталировку, сборочный чертеж, 3D-модель, «взрыв-схемы» макетов, ведомость эскизного проекта и описание макета с техническими характеристиками модулей.

5) Разработана эскизная конструкторская документация на макет системы управления КЭА, включающая электрическую структурную и функциональную схемы системы управления, ведомость эскизного проекта макета САУ, описание макета с его техническими характеристиками.

6) Выбраны материалы макетов, уточнены их конструктивные параметры, предложены технологии изготовления деталей и их сборки. Изготовлены макеты модулей КЭА для производства анолита и ферратов.

7) Выбран комплект датчиков контроля ТП выработки анолита и феррата натрия и своевременного обнаружения неисправностей, устройство управления на базе модульного контроллера автоматизации PXIe 8133. Собран макет системы управления КЭА из стандартных элементов и функциональных модулей.

1. **Основные результаты 3 этапа проекта**

1) В соответствии с разработанным ЧТЗ, написана программа управления производительностью КЭА, обеспечивающая управление технологическим процессом (ТП) производства анолита в хлораторе и феррата натрия в ферраторе в ручном и автоматическом режимах, контроль датчиками рабочих параметров процесса для своевременного обнаружения неисправностей, сохраняет и предоставляет архивные данные ТП.

2) В соответствии с разработанной программой тестирования функциональных характеристик и интерфейса ПО выполнено тестирование датчиков контроля процесса электролиза анолита и ферратов в составе САУ КЭА и режимов работы в имитационном режиме в соответствии с ЧТЗ.

3) На основании результатов выполненного на втором этапе макетирования разработаны конструктивные решения модулей для производства анолита и феррата в составе лабораторной установки КЭА и их системы управления. Выбраны материалы модулей для производства анолита и феррата в составе лабораторной установки, уточнены их конструктивные параметры, предложены технологии изготовления деталей и их сборки.

4) Разработаны эскизные проекты экспериментальных образцов лабораторной установки и установки –прототипа для получения анолита и ферратов, включающие принципиальную, технологическую схему, схему управления, электрическую схему, чертеж общего вида, деталировку, включая их описание.

5) Собрана и протестирована система управления КЭА, включающая комплект датчиков контроля ТП выработки анолита и феррата натрия и своевременного обнаружения неисправностей, устройство управления на базе модульного контроллера автоматизации PXIe 8133 c шасси PXIe 1078 и панель управления оператора.

6) По результатам экспериментальных исследований производительность модулей по производству анолита и ферратов лабораторной установки КЭА соответствует заявленной: до 65 г хлора и 25 г феррата в час.

1. **Назначение и область применения результатов проекта**

Проектируемое оборудование планируется к установке на различных народнохозяйственных объектах, таких как, городские водоканалы, промышленные предприятия. С помощью этого оборудования можно обеззараживать как питьевую либо техническую воду, так и промышленные и бытовые стоки. На объектах, уже использующих мембранные электролизеры для очистки воды и стоков, может использоваться технология дооснащения существующего оборудования.

Использование разрабатываемого оборудования на водоканалах приведет к снижению стоимости обеззараживания воды и стоков, что обеспечит снижение стоимости подачи питьевой воды и услуг канализации для предприятий и населения.

В процессе эксплуатации будет апробирована технология комплексной и поочередной очистки технической воды с целью дальнейшего снижения воздействия обеззараживающих агентов на трубопроводную систему.

В настоящее время в развитых промышленных странах хлорирование воды является обязательным мероприятием, осуществляемым на коммунальных водопроводах и станциях по обработке технических и сточных вод. Перспективная технология очистки воды и стоков ферратами щелочных металлов обеспечивает дезинфицирующее и коагулирующее действие, но не дает пролонгированного действия. Она позволит снизить уровень хлорирования подготовленной воды или отказаться от первичного хлорирования.

В процессе эксплуатации будет апробирована технология комплексной и поочередной очистки технической воды с целью дальнейшего снижения воздействия обеззараживающих агентов на трубопроводную систему.

Внедрение комплексного электролизного агрегата (КЭА) для одновременного производства анолита для обеззараживания воды и ферратов для обеззараживания стоков на предприятиях и водоканалах позволит повысить экологическую безопасность, производительность и качество обеззараживания воды и стоков при одновременном снижении стоимости процесса по сравнению с существующими технологиями.

В разработке предложенной технологии и продвижения создаваемой КЭА на рынке (отечественном и зарубежном) возможно сотрудничество с КНР, Индией, Финляндией и другими странами.