

Аннотация проекта (ПНИЭР), выполняемого в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

Номер соглашения о предоставлении субсидии (государственного контракта)
14.579.21.0029

Название проекта

Разработка технических решений и технологий возведения мобильных деривационных микроГЭС для сезонного водо- и энергообеспечения.

Тематическое направление

Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

Исполнитель

Общество с ограниченной ответственностью "Импульс"

Цели и задачи исследования

Цели исследования:

- развитие производственно-технологического, инфраструктурного потенциала малой гидроэнергетики Российской Федерации для повышения эффективности использования водных ресурсов, водо- и энергообеспечения населения и народохозяйственных объектов из автономных источников энергии (микроГЭС);
- создание научно-технических и методических основ проектирования и технологии возведения новых технических решений мобильных деривационных микро гидравлических электростанций повышенной эффективности;
- разработка рекомендаций по внедрению полученных результатов на территории Российской Федерации, для решения энергетических проблем в ряде регионов.

Задачи исследования: анализ технических решений существующих конструкций и расчетных положений; разработка новых технических решений мобильных деривационных микроГЭС; создание имитационных и математических моделей мобильной деривационной микроГЭС; оптимизация параметров нового технического решения; проведение экспериментальных исследований физической модели мобильной деривационной микроГЭС и корректировка технических решений; создание программы ЭВМ расчета параметров мобильных деривационных микроГЭС; технико-экономическое обоснование, технические требования и предложения по разработке, производству и эксплуатации мобильных деривационных микроГЭС мощностью 5 кВт для организации опытной эксплуатации на реальном действующем объекте; технико-экономическая оценка рыночного потенциала полученных результатов.

Актуальность и новизна исследования

Использование ресурсов малых горных рек, гидроэнергетический потенциал которых практически не используется для децентрализованного водо- и энергоснабжения сезонно-действующих потребителей малой энергоёмкостью, в настоящее время является актуальной. Нами разработано новое техническое решение мобильной деривационной микроГЭС (МДМкГЭС) заявка на изобретение № 2015 106761 от 26.02.2015 г. «Составной деривационный водовод и способ его возведения», обеспечивающее большую надёжность по сравнению с рукавными микроГЭС в условиях сложного рельефа местности и более широких диапазонах напоров от 10 до 500 м, и мощности от 5 до 100 кВт. К преимуществам МДМкГЭС

перед постоянными деривационными ГЭС относятся: снижение затрат на возведение деривационного водовода и сооружений по его трассе; возможность возведения без применения тяжелой техники; устройство вспомогательных объектов инфраструктуры. Подобные гидроэнергетические сооружения созданы в Китае, Канаде, Японии, стоимость которых в 1,5 раза больше, чем в России. Целью выполнения данной темы является: развитие производственно-технологического, инфраструктурного потенциала малой гидроэнергетики Российской Федерации для повышения эффективности использования водных ресурсов, водо- и энергообеспечения населения и народохозяйственных объектов из автономных источников энергии МДМкГЭС. Создание научно-технических и методических решений МДМкГЭС повышенной эффективности.

Описание исследования

На основе системного подхода и анализа теоретических исследований для нового технического решения МДМкГЭС созданы математические модели, которые, в отличие от классических, позволяют решить задачу оптимизации его параметров, в которых рассматривались следующие нетиповые элементы МДМкГЭС: водоподпорное сооружение на основе мембранно-вантовой и грунтоармированной плотин; гибкий деривационный водовод и вантовая система для его закрепления; грунтоармированные и грунтонаполняемые конструкции по трассе деривационного водовода.

В результате имитационного моделирования выявлено, что водоподпорное сооружение при напорах в верховом бассейне до 4 м наиболее рационального использовать мембрано-вантовые конструкции с прилеганием оболочки $X_{пр} \geq 1$ м, а на основании математического моделирования с применением программы АПМ Winmashine, определён характер распределения напряженно-деформированное состояние (НДС) водоподпорной оболочки, что позволяет её использовать с целью подбора параметров и выбора материалов для её изготовления. Определено, что при напорах в верхнем бассейне от 4 до 8 м целесообразно использовать грунтоармированное водоподпорное сооружение. Для определения параметров армирования, материала армирующих элементов и лицевой стенки грунтоармированного сооружения, в зависимости от внешних нагрузок, создана её имитационная модель.

Критериями использования гибкого участка ДВ являются: потери напора; деформация материала оболочки; горизонтальные и вертикальные перемещения и углы вращения его. Полученные результаты будут использованы при создании ММ, физических и натуральных моделей гибкого участка ДВ.

По результатам ИМ вантовой системы для закрепления ДВ определены 15 критериев и допустимые диапазоны для 5 параметров, использованных для целевых функций и выбраны 5 имитационных моделей оптимизационной ММ.

С помощью программных комплексов PLAXIS 7.1 и SolidWorks выполнено имитационное моделирование грунтоармированных и грунтонаполняемых конструкций, расположенных по трассе деривационного водовода, на основании которого определены основные параметры армирования для различных типов грунтов и насыпей в зависимости от внешних нагрузок и воздействий и получены эмпирические зависимости по определению несущей способности; прочностных и деформированных характеристик грунтоармированного сооружения.

Для замкнутых грунтонаполняемых конструкций созданы 48 имитационных моделей, а на основе анализа их были определены 5 критериев и допустимые диапазоны для 4 параметров при создании целевых функций, и разработки оптимизационной ММ при угле наклона оснований 0° - 18° .

Для незамкнутых грунтонаполняемых конструкций созданы 60 ИМ и на основе их анализа были выявлены 5 критериев и допустимые диапазоны 4 параметров, которые использованы для создания ММ в диапазонах высоты от 1,0 до 5,0 м.

Получены эмпирические зависимости для различных типов грунтов, позволяющие использовать их при определении параметров армирования грунтоармированных подпорных стен. При высоте армирования от 1 до 10 м рекомендуемые параметры армирования находятся в пределах от 0,4 до 7 м (длина армоленты).

В результате имитационного моделирования разработана методика гидравлических испытаний физической модели МДМкГЭС для определения: скоростной структуры потока; характера распределения давлений и усилий в оболочке, расходов и потерь напора.

Испытательный стенд и физическая модель МДМкГЭС изготовлены в соответствии с требованиями, установленными в техническом задании и обеспечили проведение экспериментальных исследований при:

- давлении в водоводе не более 2-х атм.;
- скорости потока в водоводе не менее 1 м/с;
- температуре воды не ниже 18° С;
- погонном натяжении материала водовода до 200 кН/м.

Разработан проект рекомендаций по технологии возведения рукава МДМкГЭС, который является основой для создания технологических карт, технических рекомендаций, а также рекомендаций по возведению МДМкГЭС.

Результаты исследования

В результате имитационного моделирования деривационного водовода в программном комплексе Ansys выявлено следующее:

- на участках протяженностью более 30 м при угле наклона по трассе водовода 30° происходит скручивание однооболочкового водовода. При тех же граничных условиях явление скручивания двухоболочкового водовода не происходит, что указывает на большую надёжность и безопасность его эксплуатации.

Проведённые экспериментальные исследования физической модели сифонного водозабора позволили определить диапазоны трёх режимов его работы.

Экспериментальные исследования гибкого ДВ позволили определить, что неблагоприятные режимы его работы характерны при расходах: до 0,001 м³/с для диаметра 0,05 м; до 0,005 м³/с для диаметра 0,1 м; до 0,0011 м³/с для диаметра 0,15 м. При уклонах более 45° , не обеспечивается устойчивость ДВ, что обуславливает необходимость применения вантовой фермы. При уклонах до 15° и перепадах отметок от 1,0 до 1,5 м, рационально использовать

грунтонаполняемые конструкции, при уклонах более 15 ° и перепадах более 1,5 метров грунтоармированные конструкции.

Подтверждена эффективность двухоболочковой конструкции на основе результатов телеметрической съёмки по сравнению с однооболочковой, обеспечивающая снижение продольных деформаций от 10 до 12%, поперечных деформаций - от 14,5 до 18, суммарных деформаций (Фон Мизеса VM) - от 5 до 12%. Наибольший эффект в снижении закручивания водовода – от 5 до 15,7%. Полученные эмпирические зависимости будут использоваться для оценки надёжности при расчёте и оптимизации параметров ДВ. На основе алгоритмов, методик расчёта и оптимизации параметров МДМкГЭС разработана программа ЭВМ расчёта.

В настоящее время проводятся экспериментальные исследования экспериментального образца мобильной деривационной микроГЭС установленного - русло реки Гизельдон в Кобанском ущелье вблизи посёлка Кобан, респ. Северная Осетия, координаты места установки - 42.920993, 44.494364.

Установка экспериментального образца мобильной деривационной микроГЭС производится с целью организации опытной эксплуатации на реальном действующем объекте при различных гидравлических условиях и режимах работы сооружения.

Практическая значимость исследования

В результате проведения исследований разработана проектно-конструкторская документация, технические рекомендации по возведению микроГЭС, в т.ч. технологические карты по: возведению деривационного водовода (ДВ) и сооружений по его трассе; мембранно-вантовой и грунтоармированной плотин; водохранилища головного гидроузла; сифонного водозабора; грунтоармированных конструкций инженерной защиты, возведению мобильного станционного узла МДМкГЭС.

Также создана опытно-конструкторская документация на возведение опытного образца МДМкГЭС и разработан проект его установки. На основании этого построена МДМкГЭС в Республике Северная Осетия – Алания, с. Кобань, что позволило осуществить опытную проверку разработанной конструкции деривационного водовода и ускорить процесс внедрения подобных сооружений в гидроэнергетику Южного Региона страны.

Экономическая эффективность (с учётом социальной и экологической) от внедрения МДМкГЭС составила около 40% по сравнению с существующими ГЭС. Стоимость строительства микроГЭС до 5 кВт в России – около 2 млн. руб., что в 2 раза меньше, чем в Англии и на 20 % меньше, чем в Китае.

На основании проведённых экспериментальных, натурных и дополнительных патентных исследований разработано новое техническое решение по усовершенствованию деривационного водовода увеличит его надёжность и безопасность работы в сложных условиях рельефа местности, которое может войти в Национальный проект интеллектуальной собственности России и согласно распоряжения Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. №1715-р «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года».

Разработка экспериментального образца мобильной деривационной микроГЭС производилась с учётом технически и экономически обоснованной унификации,

стандартизации и взаимозаменяемости используемых деталей и узлов.