

Проведение проблемно-ориентированных поисковых исследований в области энергоэффективного использования петротермального тепла Земли для энергоснабжения обособленных и удаленных потребителей.

Работа проводилась в 2011-2012 гг. в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» на 2007 – 2013 гг.

государственный контракт №16.516.11.6134.

Научный руководитель проекта: д.т.н., проф. Рыженков В.А.

Ответственный исполнитель: к.т.н. Григорьев С.В.

Цель исследования, разработки

Разработка технических решений и технологических основ энергоэффективного использования петротермального тепла Земли для энергоснабжения обособленных и удаленных потребителей, разработка рекомендаций для дальнейшего использования результатов научно-исследовательской работы.

Основные результаты проекта

Проведен анализ и обобщение опубликованных результатов исследований, связанных с использованием глубинного тепла Земли для энергоснабжения потребителей, который показал, что сегодня нет технически непреодолимых препятствий для использования такого источника энергии на территории России.

Выполнен анализ геологического строения земного покрова и обобщение характеристик теплового состояния недр Земли (до 10км) на территории России, в результате чего выявлено, что на основной части территории страны геотермический градиент составляет от 1,5 до 6⁰С/100м.

Разработан алгоритм расчета односкважинного способа съема и транспортировки петротермального тепла недр Земли и произведена оценка эффективности такой системы для различных геотермических градиентов на территории России и различных глубин скважин.

Изготовлен экспериментальный стенд по моделированию съема глубинного тепла Земли, позволяющий проводить экспериментальные исследования по определению коэффициента теплопередачи из горных пород теплоносителю и исследования по влиянию эксцентриситета внутренней подъемной трубы относительно среза скважины на эффективность работы односкважинной системы съема тепла недр.

Изготовлен экспериментальный стенд, позволяющий проводить экспериментальные исследования по определению гидравлического сопротивления выбранной системы съема тепла Земли и по определению влияния модификации трубных поверхностей на снижение гидравлического сопротивления системы съема тепла Земли;

Проведены режимные испытания изготовленных стендов, подтверждающие как работоспособность отдельных узлов, так и стендов в целом, а так же полное их соответствие требованиям ТЗ.

При проведении экспериментальных исследований определено, что эффективность односкважинной системы съема и транспортировки глубинного тепла недр на поверхность без обсадной трубы в зависимости от скорости теплоносителя на 1,7 - 6,2% выше, чем односкважинная система съема с обсадной трубой по всей длине скважины;

В результате проведенных экспериментальных исследований выявлено, что наличие эксцентриситета внутренней трубы в односкважинной системе съема практически не влияет на эффективность системы в целом, следовательно, при создании реальной односкважинной системы съема и транспорта глубинного тепла недр на поверхность отсутствует необходимость в достаточно сложном устройстве крепления внутренней трубы с соблюдением ее центрирования относительно ствола скважины, что может снизить капитальные затраты на разработку системы.

Экспериментально подтверждена возможность снижения гидравлического сопротивления односкважинной системы съема и транспортировки глубинного тепла на поверхность на 35,1 % при скорости движения теплоносителя 0,5 м/с и на 29 % при скорости теплоноси-

теля 1,5 м/с при проведении наноуровневой модификации поверхности поверхностно-активными веществами.

Выявлено, что оптимальный режим работы системы транспорта теплоносителя (достижение минимального гидравлического сопротивления при максимальной тепловой мощности) достигается при скорости теплоносителя 0,5-0,6 м/с.

Разработаны технические решения для повышения интенсификации теплообменных процессов для энергоэффективного съема грунтового тепла с большой глубины (до 7км) как при создании новых скважин, так и при использовании существующих пробуренных нефтегазовых скважин.

Разработаны технологические основы построения тепловой схемы и компоновки энергетической установки на основе комбинированного использования турбины с низкикипящим рабочим телом и теплового насоса, позволяющие эффективно преобразовывать тепловую энергию недр в электрическую с к.п.д. установки до 64%.

В результате проведенного сопоставления анализа научно-информационных источников и результатов теоретических и экспериментальных исследований выявлено, что полученные результаты подтверждаются другими научными работами, в том числе европейскими.

Разработаны технические решения, позволяющие создать односкважинную систему съема и транспортировки глубинного тепла недр с низким гидравлическим сопротивлением для эффективной транспортировки теплоносителя с большой глубины, в том числе на основе существующих пробуренных неиспользуемых нефтегазовых, параметрических, опорных и научных скважин.

Разработаны и предложены технические решения, позволяющие создавать односкважинную систему съема и транспортировки глубинного тепла недр на поверхность с использованием традиционного оборудования, применяемого в нефтегазовой отрасли.

Проведены дополнительные патентные исследования, которые показали, что исследуемый объект обладает патентной чистотой и новизной.

Разработан проект технического задания на проведение ОКР по теме «Разработка опытного образца энергетической установки модульного исполнения мощностью 5 МВт для повсеместного энергоснабжения удаленных и обособленных потребителей на основе эффективного использования петротермального тепла Земли». Энергетическая установка должна включать турбину на низкикипящем рабочем теле, синхронизированный асинхронный электрический генератор, теплонасосную установку, предназначенная для выработки тепловой энергии, система автоматизации и диспетчеризации.

На основании проведенных исследований разработаны следующие рекомендации по использованию результатов в реальном секторе экономики, а также в дальнейших исследованиях и разработках:

- разработанные технические решения и технологические основы могут быть использованы в энергетике при использовании существующих скважин как источника петротермальной энергии для энергоснабжения потребителей;

- на базе результатов выполненной НИР необходимо провести опытно-конструкторские работы, подтверждающие возможность использования глубинного тепла недр;

- результаты НИР могут быть использованы в различных образовательных программах и программах подготовки кадров;

- следует проводить совершенствование Российского законодательства, позволяющее эффективно использовать петротермальное тепло недр Земли на территории России.

Проведена технико-экономическая оценка рыночного потенциала полученных результатов, которая подтверждает целесообразность внедрения разработанного односкважинного способа съема и транспортировки глубинного тепла недр Земли.

В результате проведения маркетинговых исследований рыночных перспектив использования полученных результатов установлено, что использование петротермального тепла Земли для энергоснабжения обособленных и удаленных потребителей является конкурентоспособным как в России, так и на мировом рынке.

Разработан бизнес-план внедрения полученных результатов, который выявил, что согласно всем критериям оценки проект показывает высокую эффективность, позволяя получить доходность на собственный капитал значительно выше традиционной для данной отрасли, при непродолжительном сроке окупаемости.

Основные характеристики созданной научной (научно-технической, инновационной) продукции:

Разработанные методики и изготовленные эскизные конструкторские документации и экспериментальные стенды позволяют проводить исследования по определению коэффициента теплопередачи из твердых пород недр теплоносителю, по оценке влияния эксцентриситета трубопровода теплоносителя относительно по отношению к срезу скважины и по созданию системы транспорта теплоносителя с низким гидравлическим сопротивлением.

Разработанный проект технического задания на проведение ОКР по теме «Разработка опытного образца энергетической установки модульного исполнения мощностью 5 МВт для повсеместного энергоснабжения удаленных и обособленных потребителей на основе эффективного использования петротермального тепла Земли» будет способствовать широкому внедрению односкважинного способа съема и транспортировки глубинного тепла Земли для энергоснабжения потребителей.

Оценка элементов новизны научных (конструкторских, технологических) решений:

Впервые разработаны методики, эскизная конструкторская документация и экспериментальные стенды для проведения исследований по моделированию съема глубинного тепла Земли и по созданию системы транспорта теплоносителя с низким гидравлическим сопротивлением.

Впервые разработаны технологические основы и предложены технические решения, позволяющие эффективно использовать глубинное тепло недр Земли для энергоснабжения удаленных и обособленных потребителей как на основе новых скважин, так и с использованием существующих пробуренных неиспользуемых скважин.

Сопоставление с результатами аналогичных работ, определяющими мировой уровень.

В мировой практике отсутствуют комплексные работы по разработке технических решений и технологических основ энергоэффективного использования петротермального тепла недр Земли. Проведение маркетинговых исследования рыночных перспектив использования полученных результатов выявило, что использование петротермального тепла Земли для энергоснабжения обособленных и удаленных потребителей является конкурентоспособным как в России, так и на мировом рынке.

Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках исследования, разработки

В ходе выполнения работы была подана заявка на получение свидетельства на программу ЭВМ – заявка № 2012615110 от 21.06.2012г. «Расчет односкважинной системы съема и транспортировки глубинного тепла Земли (PetroHeat)», РФ.

Назначение и область применения результатов проекта

Разработанные технические решения и технологические основы могут применяться для энергоснабжения всех обособленных и удаленных потребителей на территории России, не подключенных к централизованным сетям тепло- и электроснабжения.

Эффекты от внедрения результатов проекта

Используя разработанные технические решения и технологические основы, возможно создавать эффективные источники энергии на основе использования петротермального тепла земли с применением как уже существующих пробуренных параметрических, опорных, научных и нефтегазовых скважин, так и с бурением новых скважин. Такие энергоисточники позволят значительно снизить стоимость тепловой и электрической энергии для удаленных и обособленных потребителей по сравнению с традиционными способами энергоснабжения такого рода потребителей.

Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Результаты проведенной НИР будут использованы для проведения опытно-конструкторских работ, направленных на создание опытного образца энергоисточника на основе использования петротермального тепла Земли.