

Разработка научно-технических решений, направленных на создание эффективных энергоисточников на основе использования глубинной тепловой энергии недр

Работа проведена в 2015 г. в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 гг.» в период с 27 октября 2015г. по 31 декабря 2015г.

Соглашение о предоставлении субсидии № 14.577.21.0192 от 27 октября 2015г. (Этап 1)

Научный руководитель проекта: ведущий научный сотрудник НЦ «Износостойкость», д.т.н. Волков Александр Викторович.

Ответственный исполнитель: старший научный сотрудник НЦ «Износостойкость», к.т.н. Григорьев Сергей Владимирович.

1. Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Повышение энергетической безопасности автономных потребителей тепловой и электрической энергии на основе создания энергоисточников с использованием петротермальной тепловой энергии недр Земли, функционирующих с высокой эффективностью на протяжении 25 лет и более.

2. Основные результаты ПНИЭР

В 2015 году в рамках 1 этапа в период с 27 октября 2015г. по 31 декабря 2015г. выполнены следующие работы:

- проведен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы и других материалов, затрагивающих проблему эффективного длительного извлечения и использования тепловой энергии недр Земли;
- проведены патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96;
- осуществлены выбор и обоснование направления и методов исследований протяженной односкважинной системы съема глубинной тепловой энергии недр Земли;
- проведены предварительные теоретические расчеты режимов работы односкважинной системы съема и транспортировки глубинной тепловой энергии недр Земли;
- проведен анализ путей повышения эффективности односкважинной системы съема глубинной тепловой энергии недр Земли;
- осуществлено обоснование выбора вида экспериментальной реализации исследования процесса захлаживания околоскважинных пород недр Земли;
- разработаны программа и методика проведения исследований основных свойств материалов для моделирования различного состава недр Земли;
- разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальный стенд по моделированию процесса захлаживания околоскважинных пород недр Земли;
- проведены исследования основных свойств материалов для моделирования различного состава недр Земли с использованием арендованного лабораторного научно-исследовательского оборудования.

При выполнении работ были получены следующие результаты:

В результате проведенного аналитического обзора современной научно-технической, нормативной, методической литературы и других материалов, затрагивающих проблему эффективного длительного извлечения и использования тепловой энергии недр Земли установлено, что:

- тепловые ресурсы глубинных недр Земли на территории России обладают потенциалом выше, чем у других видов возобновляемых источников энергии, и составляют 35 трлн т.у.т;

- основной съем тепловой энергии производится с твердых пород недр, в которых значение температур значительно выше температуры теплоносителя, транспортирующегося по односкважинной системе съема;

- на сегодняшний день имеются лишь теоретические данные о возможной длительности извлечения петротермальной тепловой энергии недр и ограниченный объем экспериментальных данных, полученных с малых глубин (до 100 м), которые показывают, что температура в прискважинной зоне снижается с течением времени на 1-2°C.

Проведенные патентные исследования показали, что технических решений, непосредственно относящихся к повышению эффективности односкважинной системы съема на основе оптимизации режимов работы системы за счет учета процесса захолаживания околоскважинных пород недр, не выявлено. Проверка на патентную чистоту показала, что патентов нарушающих права разработчиков в исследуемой области не выявлено, следовательно, объект исследования обладает патентной чистотой.

В результате выполненного обоснования направления и методов исследований протяженной односкважинной системы съема глубинной тепловой энергии недр Земли установлено следующее:

- изучение процесса захолаживания исключительно важно и необходимо для прогнозирования функционирования односкважинной системы съема с течением времени;

- для исследования процесса захолаживания околоскважинных пород недр и исследования режимов работы односкважинной системы съема необходимо разработать и создать экспериментальный стенд по моделированию процесса захолаживания околоскважинных пород недр Земли и макет протяженной односкважинной системы съема глубинной тепловой энергии недр Земли;

- исследование режимов работы односкважинной системы съема, с учетом результатов экспериментальных исследований процесса захолаживания околоскважинных пород недр, позволит повысить эффективность использования односкважинной системы и определить критерии оптимальной конструкции системы.

В результате проведенных предварительных теоретических расчетов режимов работы односкважинной системы съема и транспортировки глубинной тепловой энергии недр Земли установлено и выполнено следующее:

- при скоростях движения теплоносителя от 0,5 до 0,8 м/с наблюдается наименьшее гидравлическое сопротивление системы, а следовательно и наименьшие затраты на собственные нужды;

- результаты проведенных расчетов сведены в таблицы и номограммы, что позволяет достаточно быстро оценить необходимые приближенные значения расчетных параметров функционирования односкважинной системы съема;

- для повышения точности определения тепловой мощности односкважинной системы съема, температуры на выходе из односкважинной системы съема, а также гидравлических потерь, без необходимости использования специальных программ, результаты исследований были аппроксимированы для скоростей теплоносителя от 0,5 до 2 м/с различными функциями, наиболее близко описывающими полученные зависимости.

Проведенный анализ путей повышения эффективности односкважинной системы съема глубинной тепловой энергии недр Земли показал:

- интенсивность теплообмена между центральным и кольцевым каналом необходимо минимизировать, поскольку нагретая среда на выходе из скважинного теплообменного аппарата охлаждается значительно более холодной средой на входе в него, что снижает эффективность работы системы;

- для интенсификации теплообменных процессов от горячих пород недр в кольцевой зазор односкважинной системы съема возможно использовать тампонажные растворы с высокими значениями коэффициента теплопроводности.

При выборе вида экспериментальной реализации исследования процесса захолаживания околоскважинных пород недр Земли выявлено следующее:

- определенный расчетным способом теоретический радиус температурного влияния односкважинной системы съема через 25 лет эксплуатации системы составляет 25 м;
- исследование процесса захлаживания околоскважинных пород Земли возможно проводить на одном участке модели недр высотой, например 3 м, представляющим собой цилиндр радиусом 250 мм;
- в качестве аналогов пород недр в модели возможно использовать бетоны с близкими значениями теплотехнических свойств, создаваемыми с помощью модифицирующих добавок.

Впервые разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальный стенд по моделированию процесса захлаживания околоскважинных пород недр Земли, позволяющие проводить исследования по определению: интенсивности изменения температуры массива различных пород недр около наружной поверхности односкважинной системы съема глубинной тепловой энергии недр Земли; интенсивности изменения температуры массива различных пород недр в различных частях зоны температурного влияния скважины; радиуса температурного влияния односкважинной системы съема тепловой энергии недр в различных породах Земли; влияния скорости движения теплоносителя на процесс захлаживания пород Земли; влияния начальной температуры теплоносителя на интенсивность захлаживания различных типов пород. Эскизная конструкторская документация изготовлена в следующем составе:

- а) пояснительная записка в соответствии с ГОСТ 2.106-96;
- б) схема функциональная ГОСТ 2.701-2008;
- в) схема принципиальная в соответствии с ГОСТ 2.701-2008;
- г) схема комбинированная в соответствии с ГОСТ 2.701-2008;
- д) чертёж общего вида;
- е) схема электрическая в соответствии с ГОСТ 2.702-2011;
- ж) схема автоматизации в соответствии с ГОСТ 34.201-89;
- з) руководство по эксплуатации в соответствии с ГОСТ 2.601-95.

На основе разработанной программы и методики проведения исследований основных свойств материалов для моделирования различного состава недр Земли было выполнено следующее:

- исследована морфология поверхности образцов материалов для моделирования различного состава недр Земли;
- определена теплоемкость образцов материалов для моделирования различного состава недр Земли;
- исследована теплопроводность образцов материалов для моделирования различного состава недр Земли;
- выявлен коэффициент линейного термического расширения некоторых пород недр;
- исследована плотность образцов материалов для моделирования различного состава недр Земли.

Полученные результаты полностью соответствуют техническим требованиям к выполняемому проекту.

3. Область применения результатов проекта

Область использования результатов ПНИ – теплоэнергетика и топливно-энергетический комплекс. Практические результаты выполненных исследований найдут широкое применение при тепло- и электроснабжении удаленных и обособленных потребителей. Результаты исследований будут востребованы проектными организациями для выполнения корректных расчетов при проектировании источников тепло- и электроснабжения на основе использования глубинной теплоты недр Земли, а также эксплуатирующими и энергоснабжающими компаниями при проведении технико-экономической оценки и определении инвестиционной привлекательности перспектив использования такого рода энергоисточников.

4. Оценка перспектив продолжения работ по проекту

Результаты работ, полученные на первом этапе выполнения Соглашения, полностью соответствуют требованиям Технического задания и плана-графика исполнения обязательств и дают основание полагать, что продолжение работы позволит выполнить все поставленные задачи.

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчётном этапе исполненными надлежащим образом.