

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»



Тема проекта:

**Исследование электровзрыва в неоднородных средах с целью
создания новой технологии электроразрядного откола и
разрушения горных пород и искусственных материалов**

Индустриальный партнёр:

Общество с ограниченной ответственностью «ССЕ-Томсктранзит»

Финансирование, млн. руб.	2014	2015	2016	Всего
Средства субсидии	8	10	8	26
Софинансирование	2	2,5	2	6,5

Докладчик: Юдин Артем Сергеевич
научный сотрудник каф. ТЭВН ТПУ tevn@hvd.tpu.ru

Цель

Разработка и внедрение в промышленность электроразрядного метода шпурового откола и разрушения высокопрочных материалов естественного и искусственного происхождения для повышения экономической эффективности извлечения стратегических минералов и металлов из сырья природных и техногенных месторождений, снижения неблагоприятных факторов на персонал и экологической нагрузки при производстве работ по демонтажу, ремонту зданий и сооружений, и добыче полезных ископаемых.

Основные планируемые результаты

- Физико-математические модели шпурового откола и разрушения твердых материалов под воздействием импульсов электрического разряда;
- Программная реализация указанных моделей;
- Экспериментальный образец установки для электроразрядного откола и разрушения горных пород и искусственных материалов;
- Проект технического задания на проведение ОТР по теме «Разработка технологии поэтапного электроразрядного откола и разрушения горных пород и искусственных материалов многошпуровым методом»;
- Проект технического задания на проведение ОКР по теме «Разработка и создание опытно-промышленной мобильной установки для электроразрядного откола и разрушения горных пород и искусственных материалов».

Задачи

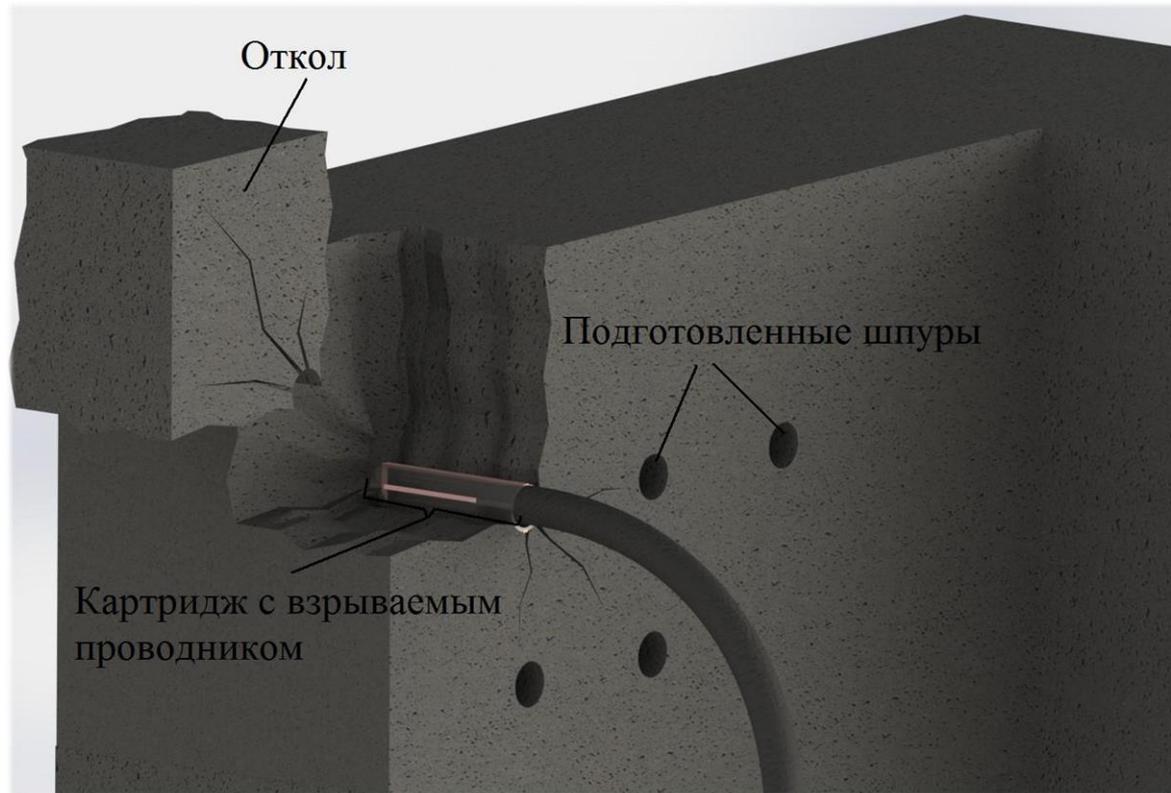
- Проведение патентного поиска и обзора литературы по тематике проекта;
- Разработка феноменологических моделей электроразрядного откола и разрушения горных пород и искусственных материалов;
- Разработка комплексных физико-математических моделей электроразрядного откола горных пород и искусственных материалов;
- Разработка численной реализации указанных моделей;
- Проведение компьютерного моделирования процессов разрушения и откола горных пород и искусственных материалов;
- Разработка эскизной конструкторской документации на экспериментальный образец установки для электроразрядного откола и разрушения горных пород и искусственных материалов;
- Изготовление экспериментального образца установки для электроразрядного откола и разрушения горных пород и искусственных материалов;
- Проведение исследовательских испытаний технологии электроразрядного откола и разрушения горных пород и искусственных материалов, сравнение результатов с результатами моделирования, верификация моделей;
- Разработка методических рекомендаций по оценке и выбору эффективных режимных и энергетических характеристик высоковольтного генератора для многошпурового откола твердых тел.

Задачи

- Разработка лабораторного технологического регламента электроразрядного откола и разрушения горных пород и искусственных материалов;
- Разработка проекта технического задания на проведение ОТР по теме «Разработка технологии поэтапного электроразрядного откола и разрушения горных пород и искусственных материалов многошпуровым методом»;
- Разработка проекта технического задания на проведение ОКР по теме «Разработка и создание опытно-промышленной мобильной установки для электроразрядного откола и разрушения горных пород и искусственных материалов»;
- Разработка предложений и рекомендаций по использованию разработанной технологии электроразрядного откола и разрушения горных пород и искусственных материалов;
- Проведение технико-экономической оценка рыночного потенциала полученных результатов;
- Разработка предложений и рекомендаций по реализации (коммерциализации) результатов выполненных исследований.

Электроразрядный откол и разрушение

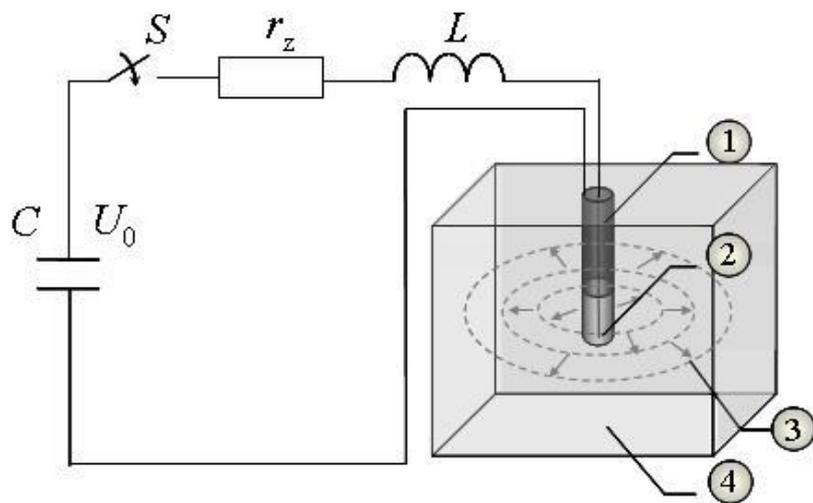
Суть метода заключается в использовании энергии, выделяемой в расширяющемся плазменном канале капиллярного электрического разряда и генерации волн давления в разрушаемых материалах при протекании импульсного электрического тока.



- Подготавливается сетка шпуров
- Производится серия разрядов для последовательного откола кусков от монолита

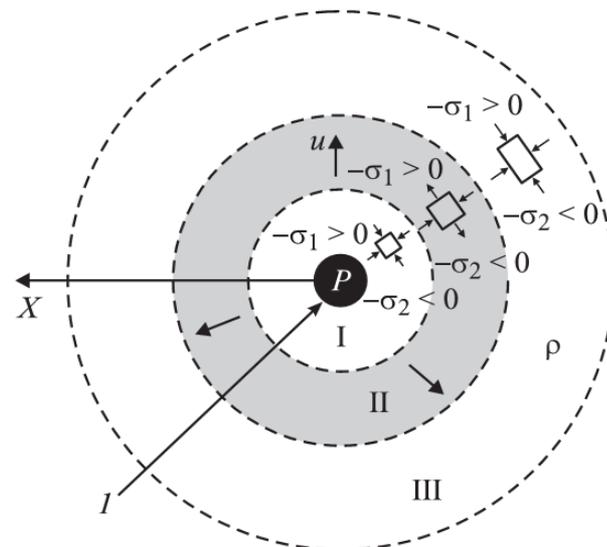
Феноменологическая модель

Схема электровзрыва



- 1 – коаксиальный кабель
- 2 – электровзрывной картридж
- 3 – ударно-волновые возмущения
- 4 – разрушаемый материал
- C – конденсаторная батарея
- S – газовый разрядник (ключ)
- r_z – сопротивление контура
- L – индуктивность контура
- U_0 – зарядное напряжение

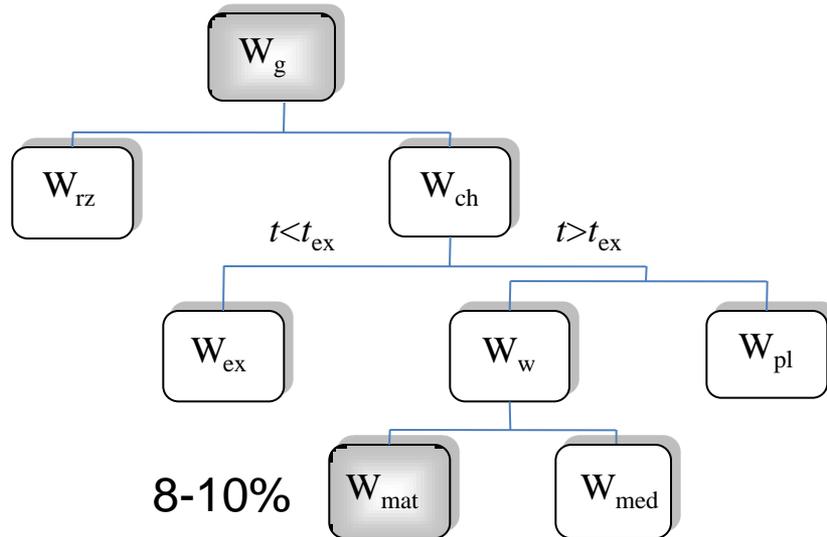
Волновая динамика



- P – канал разряда
- σ_1 – радиальные напряжения
- σ_2 – тангенциальные напряжения
- u – массовая скорость
- ρ – плотность материала
- X – координата пространства
- I – область пластического деформирования
- II – область инициирования трещин
- III – область распространения упругой волны

Феноменологическая модель

Баланс энергии



- W_g – начальная энергия генератора
 W_{rz} – потери на сопротивлении контура
 W_{ch} – энергия в канале разряда
 W_{ex} – энергия взрыва проводника
 W_w – энергия волновых возмущений
 W_{pl} – потери в плазме канала разряда
 W_{mat} – энергия ударной волны в материале
 W_{med} – энергия уд. волны в картридже
 t_{ex} – время взрыва проводника

Физ.мат. модель электровзрыва



Экспериментальная база



Генератор
импульсных токов 1
(лабораторный)
напряжение $U \leq 25 \text{ кВ}$,
энергия $W \leq 30 \text{ кДж}$

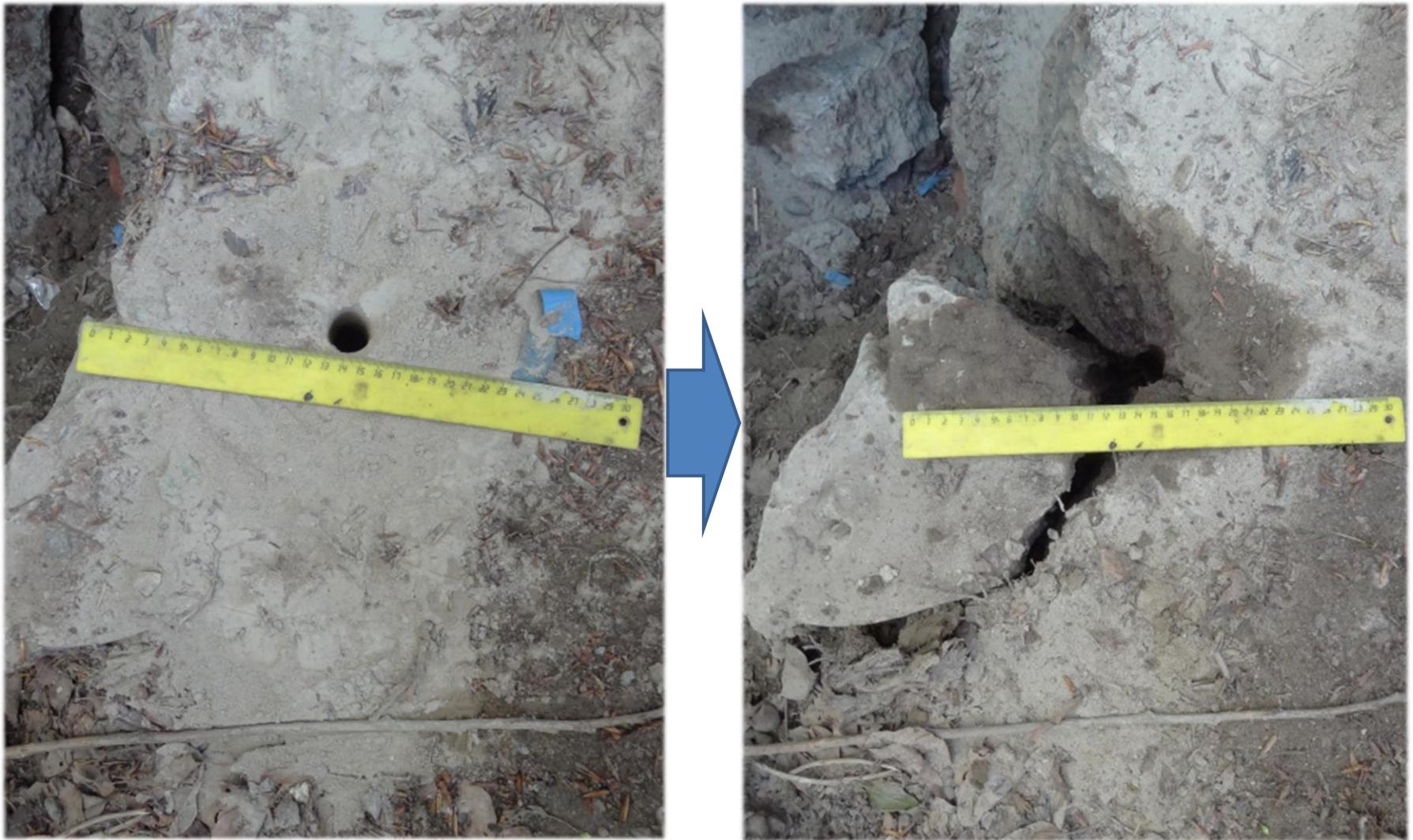


Генератор
импульсных токов 2
(лабораторный)
напряжение $U \leq 50 \text{ кВ}$,
энергия $W \leq 30 \text{ кДж}$



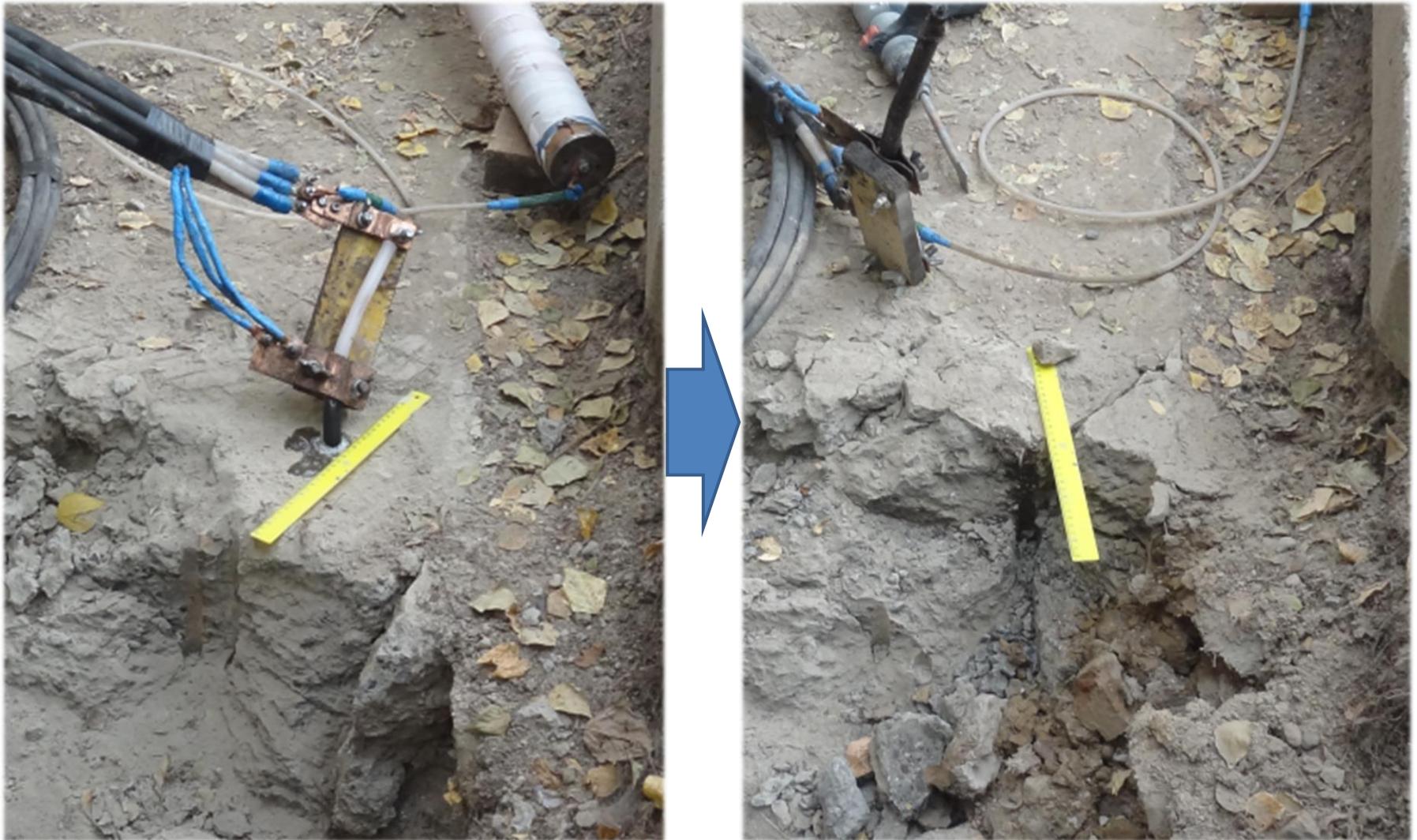
Генератор
импульсных токов 3
(лабораторный)
Рабочее напряжение $U \leq 25 \text{ кВ}$
энергия $W \leq 52 \text{ кДж}$

Откол от массива бетона



Откол от монолита бетона с двумя свободными поверхностями, марки В-22, размерами 1000x1000x2000

Откол от массива бетона



Откол от залитого в землю модельного образца бетона, марки В-22, размерами 1000x1000x2000

Откол от массива бетона



Откол от залитого в землю модельного образца бетона, марки В-22, размерами 1000x1000x2000

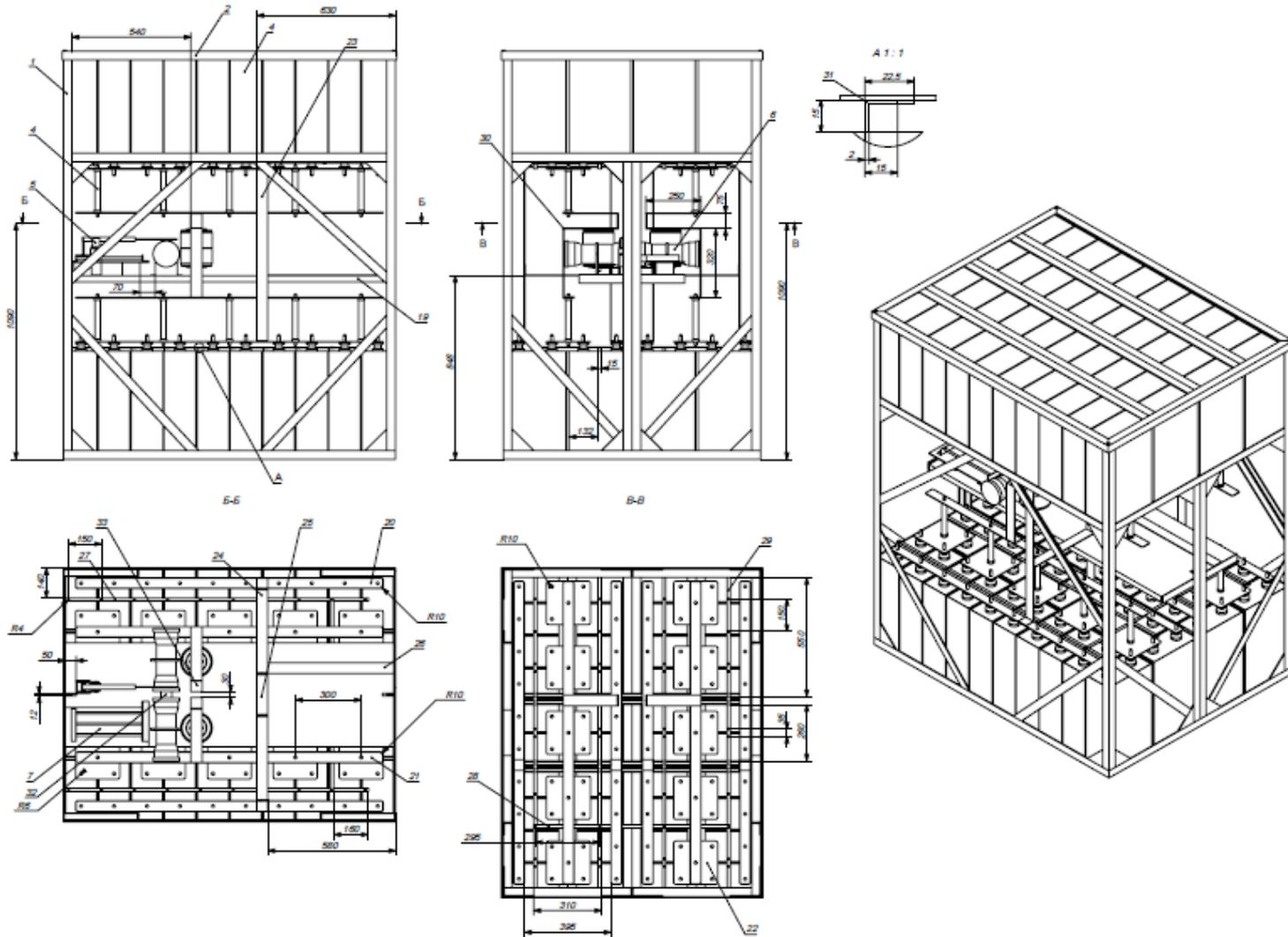
Работы, выполненные в отчетном периоде

- Аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы (более 200 источников) по тематике проекта.
- Патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96
- Обоснование выбранного направления теоретических и экспериментальных исследований.
- Феноменологические модели электроразрядного откола и разрушения горных пород и искусственных материалов.
- Эскизный проект на экспериментальный образец установки для электроразрядного откола и разрушения горных пород и искусственных материалов.

Работы, выполненные индустриальным партнером:

- Подготовлены испытательные площадки
- Проведен сравнительный анализ методов разрушения и откола горных пород и искусственных материалов;

Сборочный чертеж установки

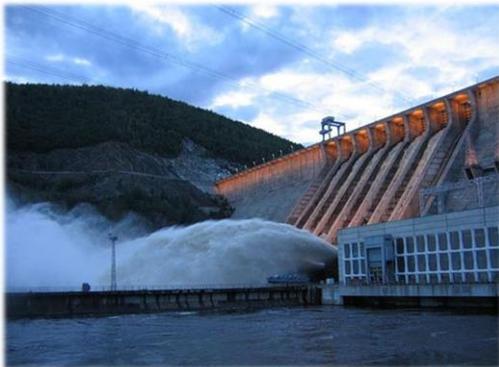


Выполненные индикаторы

Наименование	План на 2014	Достигнуто
Число публикаций по результатам исследований и разработок в научных журналах, индексируемых в базе данных Scopus или в базе данных "Сеть науки" (WEB of Science), не менее	2	2 статьи (Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing, Dirac House, Temple Back, Bristol BS1 6BE, UK)
Доля исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей - участников проекта, не менее	70 %	71,4 %
Средний возраст исследователей – участников проекта, не более	39 лет	34 года
Количество мероприятий по демонстрации и популяризации результатов и достижений науки, в которых приняла участие и представила результаты проекта организация - исполнитель проекта, не менее	0	4

Перспективы коммерциализации результатов

- ОАО «РусГидро» - демонтаж и ремонт гидротехнических сооружений.
- Научно-исследовательский и проектный институт алмазодобывающей промышленности Якутнипроалмаз - утилизация негабаритов при разработке месторождений кимберлита.
- ОАО «Опытно-демонстрационный центр вывода из эксплуатации уран-графитовых ядерных реакторов» при ОАО «СХК» г. Северск - демонтаж надземной части строительных конструкций ядерных реакторов из высокопрочного железобетона.





Спасибо за внимание!