

Разработка прорывных технологических решений, направленных на повышение эрозионных характеристик элементов турбоустановок, эксплуатирующихся в экстремальных условиях

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 № 14.577.21.0180 от 27 октября 2015г. (Этап 1)

Научный руководитель проекта: старший научный сотрудник НЦ «Износостойкость», к.т.н. Медников Александр Феликсович.

Ответственный исполнитель: инженер НЦ «Износостойкость», Тхабисимов Александр Борисович

1. Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Обеспечение надежности эксплуатации и продления ресурса работы высоконагруженных элементов турбоустановок, за счёт разработки технологических решений по формированию защитных покрытий и модификации функциональных поверхностей, направленных на многократное повышение эрозионной и коррозионной стойкости при сверхскоростном (до 800 м/с) ударном воздействии жидких частиц.

2. Основные результаты ПНИЭР

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

- проведен аналитический обзор современной научно-технической проблемы износа рабочих лопаток паровых турбин при высокоскоростном каплеударном воздействии, который показал, что перспективным направлением повышения ресурса и надежности высоконагруженных элементов энергетического оборудования является создание многофункциональных систем, включающих в себя модификацию рабочих поверхностей и формирование защитных покрытий, улучшающих характеристики конструкционных материалов;

- проведены патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96, которые выявили, что подавляющее число изобретений направлено на упрочнение поверхностных слоёв элементов энергетического оборудования и создание износостойких покрытий;

- осуществлен выбор и обоснование направления исследований, методов и средств изучения эрозионной и коррозионной стойкости, усталостной прочности лопаточных сталей и различных способов формирования покрытий и модификации их поверхностей;

- установлены эффективные пути повышения эрозионной стойкости лопаточных сталей, используемых для элементов турбоустановок, эксплуатирующихся в экстремальных условиях, базирующиеся на модификации поверхностных слоев и формирования износостойких покрытий в вакууме;

- отработаны режимные параметры формирования покрытий способом магнетронного распыления при высоких температурах катода-мишени магнетронного распылительного устройства;

- разработаны программа и методика проведения эрозионных, коррозионных и усталостных экспериментальных исследований экспериментальных образцов лопаточных сталей ЭИ961 и 12Х13: без покрытий; с покрытиями; с модифицированной поверхностью; с модифицированной поверхностью и с покрытиями;

- проведены работы по определению состава, микротвердости, толщины, шероховатости, коэффициента трения, стойкости к царапанию сформированного покрытия с задействованием используемого научно-исследовательского оборудования;

- проведены работы по отработке режимных параметров модификации поверхности с использованием высокомоощного импульсного магнетронного разряда с задействованием используемого технологического оборудования;
- проведены работы по определению состава, микротвердости, глубины, шероховатости и коэффициента трения модифицированного слоя с задействованием используемого научно-исследовательского оборудования;
- разработана эскизная конструкторская документация на изготовление технологической оснастки для реализации процесса магнетронного распыления при высоких температурах катода-мишени магнетронного распылительного устройства;
- изготовлена технологическая оснастка для реализации процесса магнетронного распыления при высоких температурах катода-мишени магнетронного распылительного устройства;
- обоснован выбор и приобретены катоды-мишени для установок по формированию защитных покрытий в вакууме;
- разработана эскизная конструкторская документация на изготовление экспериментальных образцов лопаточных сталей ЭИ961 и 12Х13, предназначенных для проведения эрозионных, коррозионных и усталостных экспериментальных исследований;
- изготовлены экспериментальные образцы лопаточных сталей ЭИ961 и 12Х13 для модификации их поверхностей и/или формирования покрытий и последующего проведения их эрозионных, коррозионных и усталостных экспериментальных исследований;
- разработана эскизная конструкторская документация на изготовление экспериментального образца сверхскоростного исследовательского эрозионного стенда «Эрозия-2М+».

Результаты проекта, полученные на отчетном этапе, полностью соответствуют требованиям Технического задания и Плана-графика исполнения обязательств.

3. Область применения результатов проекта

Полученные научно-технические результаты ПНИЭР будут направлены на разработку технологических решений, предназначенных для защиты высоконагруженных элементов турбоустановок, работающих на суперсверхкритических и ультрасверхкритических параметрах пара, от сверхскоростного каплеударного воздействия.

Разработанные технологические решения будут обеспечивать повышение эрозионной стойкости исследуемых материалов не менее чем в 2 раза при сверхскоростном ударном воздействии жидких частиц, а также повышение коррозионной стойкости не менее чем в 3 раза при неизменности исходных значений усталостных характеристик материала подложки.

Разработанные технологические решения позволят модернизировать промышленное производство элементов парового тракта турбоустановок (лопаточные аппараты последних ступеней цилиндров низкого давления паровых турбин). При этом прогнозируется обеспечение следующих показателей народно-хозяйственного эффекта:

- повышение срока службы лопаточного аппарата последних ступеней цилиндров низкого давления паровых турбин за счет многократного увеличения их стойкости к коррозионному и эрозионному износу, что обеспечит снижение числа и трудоемкости ремонтов, снижение числа отказов оборудования и серьезных аварий;
- повышение КПД ступени за счет снижения профильных потерь, вызванных износом поверхностей рабочих лопаток;
- снижение вредного воздействия на окружающую среду за счет применения экологически чистых процессов формирования ионно-плазменных покрытий в вакууме.

В качестве потенциальных потребителей результатов проекта могут выступать как крупные предприятия-изготовители турбинного оборудования, так и электростанции,

заинтересованные в значительном снижении затрат на обслуживание и ремонт энергетического оборудования.

Научно-технические результаты проекта будут использоваться Индустриальным партнером - организацией реального сектора экономики, как в своей повседневной деятельности, так и в разработке и создании новых способов защиты элементов энергетического оборудования. Также, одними из крупнейших заинтересованных сторон в реализации проекта могут выступить следующие предприятия: ОАО «ИНТЕР РАО ЕЭС», ООО «Газпром энергохолдинг», ОАО «Силовые машины», ОАО «Турбоатом», ЗАО «УТЗ» и др.

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