

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Кудрявцева Алексея Сергеевича  
«Создание 12 % хромистой стали для парогенератора реакторной установки с  
натриевым теплоносителем повышенного срока эксплуатации», представленной  
на соискание ученой степени д.т.н. по специальности 2.6.1 «Металловедение и  
термическая обработка металлов и сплавов»

Диссертация Кудрявцева А.С. посвящена разработке жаропрочной коррозионно-стойкой стали и технологии ее производства для парогенератора реакторной установки большой мощности (БН-1200М) с натриевым теплоносителем.

В своей работе диссертантом были исследованы фрагменты модулей парогенератора ПГН-200М реакторной установки БН-600 после эксплуатации (стали марок 10X2М, 10X18Н9, 08X16Н11М3) с целью оценки возможности применения указанных материалов в новых конструкциях парогенераторов реакторной установки БН-1200М, работающих при более высоких температурах и с увеличенным сроком службы. По результатам выполненных исследований диссертантом был сделан вывод о необходимости разработки нового материала, который будет обладать требуемыми жаропрочностью и стойкостью к хлоридному растрескиванию, а также обеспечит возможность эксплуатации парогенератора на срок не менее 240 тыс. ч.

Следующая часть диссертационной работы была посвящена выбору класса материала и подбору легирующих элементов, которые могут обеспечить требуемый уровень характеристик. Диссертантом были рассмотрены нержавеющие марки сталей и сплавов различных классов, а также оценено влияние различных легирующих элементов на свойства материалов. В результате комплексного анализа влияния различных химических элементов на структуру и свойства жаропрочной хромистой стали мартенситного класса был разработан химический состав конструкционного материала для парогенератора реакторной установки БН-1200М – сталь марки 07X12НМФБ.

Следует отметить, что при разработке стали марки 07X12НМФБ использовалась программа FactSage для термодинамического моделирования, позволяющая выполнять широкий спектр расчетов в том числе сложных многокомпонентных систем.

Диссертантом далее приведены сведения об отработке технологии изготовления заготовок из стали марки 07X12НМФБ и ее апробации на металлургических предприятиях. По результатам выполненных работ был подобран оптимальный режим термической обработки стали и разработана технологическая инструкция «Горячая пластическая обработка и термическая

обработка основного металла и сварных соединений стали марки 07X12НМФБ». Кроме того, оформлены в установленном порядке технические условия на поставку заготовок в широком ассортименте.

В автореферате отмечено, что результаты испытаний, полученные в рамках выполнения диссертационной работы, вошли в аттестационный отчет по испытаниям стали марки 07X12НМФБ, разработка которого предусмотрена требованиями ГОСТ Р 50.04.01-2018 «Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме испытаний. Аттестационные испытания. Общие положения» с целью возможности применения нового материала на объектах использования атомной энергии. Следует отметить, что сталь 07X12НМФБ разрешена к использованию НП-104-18 «Сварка и наплавка оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок», однако в Сводном перечне документов по стандартизации, который ведется ГК «Росатом», документы по стандартизации отсутствуют.

Последняя часть диссертационной работы отведена анализу результатов испытаний стали марки 07X12НМФБ в условиях эксплуатации парогенератора реакторной установки с натриевым теплоносителем. Диссертантом приведен анализ изменений, происходящих в микроструктуре материала при длительных испытаниях в диапазоне температур 425 °С – 625 °С. Полученный массив экспериментальных данных позволил спрогнозировать длительную прочность стали 07X12НМФБ на 240 тыс. ч. По результатам анализа определен также верхний предел по температуре эксплуатации стали марки 07X12НМФБ, равный 600 °С. Проведенные диссертантом испытания на коррозионную стойкость стали марки 07X12НМФБ в различных средах подтвердили высокий уровень стойкости стали против коррозионного растрескивания в условиях эксплуатации парогенератора реакторной установки БН-1200М.

Следует также отметить, что полученные в ходе диссертационной работы свойства стали марки 07X12НМФБ были использованы на этапе технического проекта при расчетном обосновании прочности конструкции двухмодульного корпусного парогенератора Н-532 РУ БН-1200М.

Результаты работы были опубликованы в печатных изданиях, оформлено два патента на изобретение.

К автореферату имеются следующие замечания:

- сталь марки 07X12НМФБ разрешена к применению на АЭС требованиями НП-104-18 «Сварка и наплавка оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок», однако основные результаты работы приведены только для основного металла, тогда как сварные соединения стали марки 07X12НМФБ рассмотрены лишь в рамках вопросов длительной прочности;

- среди выполненных исследований не приведены результаты испытаний стали марки 07X12НМФБ на усталостную и длительную усталостную прочность, которая зачастую является одной из основных характеристик, определяющих ресурс конструкции;

- в Автореферате не показано, что при проведении коррозионных испытаний в различных средах испытывались образцы не только основного металла, но и металла сварных соединений стали марки 07X12НМФБ.

Несмотря на отмеченные замечания, диссертационная работа по своей актуальности, новизне, большому объему исследований полностью отвечает требованиям, предъявляемым п. 9 Положения о присуждении ученых степеней к докторским диссертациям, а ее автор Кудрявцев Алексей Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Начальник отдела прочности  
кандидат технических наук

С.А. Кораблева

Подпись С.А. Кораблевой заверяю  
Ученый секретарь ФБУ «НТЦ ЯРБ»  
кандидат технических наук



В.А. Гремячкин

12 февраля 2024 г.

Контактные данные:

Кораблева Светлана Александровна  
кандидат технических наук

по специальности 05.16.01 - «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»,

начальник отдела прочности

ФБУ «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности»

Почтовый адрес: 107140, Москва, вн. тер. г. муниципальный округ

Красносельский, Малая Красносельская ул., д. 2/8, корп. 5

Тел. +7 495 264 03 31,

Эл. адрес: korableva@secnrs.ru