

НИИЦ «Курчатовский институт» ЦНИИ КМ «Прометей»	
Вх. № 4248/17-26/12	в ДЕЛО
«20» 12 20 23	№
Осн. 4	№
Прил.	л.

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы **Кудрявцева Алексея Сергеевича**  
«Создание 12 % хромистой стали для парогенератора реакторной установки с  
натриевым теплоносителем повышенного срока службы» на соискание ученой  
степени **доктора технических наук**  
по специальности 2.6.1.

Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Технологии натриевого теплоносителя, конструкционных материалов, эксплуатации и ремонта оборудования реактора были отработаны в экспериментальном реакторе БР 5/10, исследовательском реакторе БОР-60, энергетическом реакторе БН-350. Дальнейшее развитие технологии быстрых натриевых реакторов и ее готовность к коммерческому применению в двухкомпонентной атомной энергетике обеспечили разработка и опыт промышленной эксплуатации реактора БН-600 и БН-800. Реакторная установка (РУ) БН-1200 является одним из перспективных типов ядерных энергетических установок Поколения IV.

Диссертация Кудрявцева А.С. посвящена созданию жаропрочной коррозионно-стойкой стали и технологии ее производства для парогенератора (ПГ) БН-1200М со сроком службы не менее 240 000 ч (30 лет).

Реализация проекта ПГ корпусного типа с повышенной до 527 °С температурой натриевого теплоносителя на входе, с увеличенным сроком службы до 30 лет является одним из ключевых факторов повышения экономической конкурентоспособности проекта БН-1200М, поэтому работа Кудрявцева А.С. несомненно **актуальна**.

Основные результаты, полученные автором диссертационной работы, характеризуются **научной новизной**:

1 выявлено изменение фазового состава стали марки 10X2M после эксплуатации ПГ БН-600 в течение 120 000 ч в результате термического старения;

2 разработана химическая композиция 12 % хромистой стали марки 07X12НМФБ мартенситного класса, комплексно легированной углеродом, азотом, хромом, никелем, марганцем, ванадием, ниобием, молибденом и бором для ПГ БН-1200М (БН-1200);

3 определены факторы, обеспечивающие высокий уровень кратковременной и длительной прочности стали марки 07X12НМФБ;

4 определено влияние химического состава стали марки 07X12НМФБ в части соотношения аустенито- и ферритостабилизирующих элементов на ее деформационную способность при температурах горячей деформации;



5 выявлено снижение ударной вязкости при одновременном повышении прочности стали марки 07X12НМФБ в процессе отпуска при температурах (700-750) °С вследствие выделения частиц легированного цементита и влияние увеличения продолжительности отпуска на их растворение;

6 определено значение температуры начала ползучести стали марки 07X12НМФБ, сделан вывод о достаточной стабильности структуры стали в области температур нормальной эксплуатации до 550 °С;

7 выявлено изменение структуры стали марки 07X12НМФБ со снижением длительной прочности в результате термического старения при температурах 600 °С и выше. Температура 600 °С определена как максимально допустимая температура длительной эксплуатации стали;

8 выявлено снижение длительной прочности сварных соединений стали марки 07X12НМФБ вследствие структурных изменений на участке зоны термического взаимодействия в результате термического цикла сварки.

**Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций**, а также достоверность полученных автором результатов обеспечивается комплексным подходом при проведении работы, основанном на сочетании теоретического исследования с получением, систематизацией и обобщением результатов экспериментальных исследований с последующей проработкой полученных результатов при проведении промышленных экспериментов, а также уровнем и количеством публикаций (12 статей, 11 из которых в журналах, рекомендованных ВАК РФ) и 2 патентами РФ.

**Практическая значимость** полученных в работе результатов определяется:

1 результатами разработки и обоснования жаропрочной коррозионно-стойкой стали марки 07X12НМФБ для корпусного парогенератора РУ БН-1200М (БН-1200), что отражено при разработке технического проекта (ТП) ПГ БН-1200М;

2 разработкой режимов горячей пластической деформации и окончательной термической обработки стали марки 07X12НМФБ;

3 организацией промышленного освоения стали марки 07X12НМФБ на отечественных металлургических предприятиях в широком сортаменте полуфабрикатов;

4 выпуском технических условий на поставку заготовок различной номенклатуры, проката и труб из стали марок 07X12НМФБ и 07X12НМФБ-Ш;

5 выпуском технологической инструкция «Горячая пластическая обработка и термическая обработка основного металла и сварных соединений стали марки 07X12НМФБ»;



- 6 включением стали марки 07X12НМФБ в нормативную документацию РФ;
- 7 определением потенциала продления срока службы модуля испарителя ПГ БН-600, уточнением возможного срока службы ПГ БН-800;
- 8 обоснованием невозможности использования стали марки 10Х2М для ПГ БН-1200М (БН-1200).

#### **Основные замечания к автореферату диссертационной работы:**

1 Целесообразно было бы сослаться на рекомендации по доработке химического состава стали марки 07X12НМФБ, технологии ее изготовления в обеспечение максимально допустимой температуры длительной эксплуатации стали более 600 °С.

2 Не указано, включена ли сталь марки 07X12НМФБ в «Перечень основных материалов и крепёжных изделий, применяемых для изготовления оборудования и трубопроводов АЭУ в соответствии с требованиями НП-089-15».

3 Не указаны методы экстраполяции длительных свойств стали марки 07X12НМФБ, полученных на базе 20 000 - 30 000 ч (как показано на рисунке 13), на время 240 000 ч.

4 Целесообразно было бы указать, где еще кроме парогенераторов БН-1200М может широко применяться сталь марки 07X12НМФБ.

5 Несомненно имеют практическую значимость и обладают новизной результаты обоснования характеристик длительной прочности и пластичности стали марки 07X12НМФБ на срок службы не менее 240 000 ч (30 лет). В то же время было бы целесообразно отметить необходимость продолжения исследований этой стали в обеспечение срока службы парогенераторов БН-1200М не менее 480 000 ч (60 лет).

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от представленной работы.

В целом диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук Кудрявцева Алексея Сергеевича является законченной научно-технической исследовательской работой, в ней решен комплекс актуальных и важных проблем, имеющих существенную практическую ценность и научную новизну.

По результатам рассмотрения автореферата можно заключить, что диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне и соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых




степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями (в редакции от 20.03.2021г., Постановление Правительства РФ № 426), а ее автор, Кудрявцев Алексей Сергеевич, заслуживает присвоения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Главный конструктор РУ БН,  
кандидат технических наук  /Шепелев Сергей Федорович/  
« 14 » 12 2023 г.

Начальник подразделения,  
кандидат технических наук  /Виленский Олег Юрьевич/  
« 14 » 12 2023 г.

Начальник подразделения  /Созинов Алексей Николаевич/  
« 14 » 12 2023 г.

Руководитель направления по  
НИОКР БН,  
кандидат технических наук  /Марова Елена Викторовна/  
« 12 » 12 2023 г.

Ведущий инженер-конструктор  /Завражнов Евгений Александрович/  
« 12 » 12 2023 г.

АО «ОКБМ Африкантов»  
603074, г. Нижний Новгород, Бурнаковский проезд,15.  
Тел:8 (831) 241 03 97  
e-mail: [shepelev@okbm.nnov.ru](mailto:shepelev@okbm.nnov.ru)  
[marova@okbm.nnov.ru](mailto:marova@okbm.nnov.ru)

Подпись Шепелева Сергея Федоровича, Виленского Олега Юрьевича, Созинова Алексея Николаевича, Маровой Елены Викторовны, Завражнова Евгения Александровича заверяю:

Начальник департамента научного развития и ВАБ –

Главный ученый секретарь,

доктор технических наук, профессор

АО «ОКБМ Африкантов»

« 18 » 12 2023 г.



/Бахметьев А.М./