



ВНИИМ  
РОСАТОМ

ОРГАНИЗАЦИЯ АО «ТВЭЛ»

**Акционерное общество  
«Высокотехнологический научно-  
исследовательский институт  
неорганических материалов имени  
академика А.А. Бочвара»  
(АО «ВНИИМ»)**

ул. Рогова, д. 5а, Москва, 123098

Телефон: (499) 190-89-99

E-mail: vniinm@rosatom.ru

ОКПО 07625329, ОГРН 5087746697198

ИНН 7734598490, КПП 775050001

16.02.2026 № 26-001-14/1237

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

О направлении отзыва на  
автореферат Шубина Олега  
Владимировича

Уважаемая Елена Игоревна!

Направляю Вам отзыв на автореферат диссертации Шубина Олега Владимировича «Разработка технологии сварки корпусов ВВЭР из стали 15Х2НМФА, обеспечивающей повышение сопротивления хрупкому разрушению металла сварных швов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Приложение: на 4 л. в 2 экз.

Первый заместитель  
генерального директора -  
директор по развитию



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП  
Сертификат: 065d0173006fb3279146c95f15930f455e  
Владелец: Перцев Андрей Анатольевич  
Действителен с 07.10.2025 по 07.01.2027

А.А. Перцев

АО «ВНИИМ» ВЕРНО  
Документ подписан  
электронной подписью  
И. специалист ГДО  
Рожанова И.И. Рого  
«16» 02 2026г.

Климова Анна Борисовна  
(499) 190-89-99 доб. 82-92

НИЦ «Курчатовский институт» -  
ЦНИИ КМ «Прометей»  
Ученому секретарю диссертационного  
совета 75.1.018.01  
Хлусовой Е.И.

ул. Шпалерная, д. 49,  
г. Санкт-Петербург, 191015

opnk-prometey@crism.ru

## ОТЗЫВ

На автореферат диссертации Шубина Олега Владимировича «Разработка технологии сварки корпусов ВВЭР из стали 15X2НМФА, обеспечивающей повышение сопротивления хрупкому разрушению металла сварных швов» представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 – Сварка, родственные процессы и технологии.

Диссертационное исследование посвящено повышению безопасной эксплуатации корпуса реактора ВВЭР за счет разработки технологического процесса сварки под флюсом обеспечивающим повышение характеристик сопротивления хрупкому разрушению (СХР) сварных соединений корпуса реактора из стали 15X2НМФА.

**Актуальность работы** определяется необходимостью повышения характеристик СХР сварных соединений, которые при существующей технологии сварки значительно уступают заготовкам основного металла корпуса реактора (КР) из стали 15X2НМФА. Получение сварных швов, имеющих повышенные служебные свойства, в особенности это относится к исходной критической температуре хрупкости ( $T_{КО}$ ), в значительной степени определяет дальнейшее повышение проектного срока службы и безопасности работы ВВЭР.

Кроме этого, снижение и стабилизация значения  $T_{КО}$  металла сварного шва позволит исключить необходимость селективного отбора сварочных материалов для достижения значений  $T_{КО}$  установленных нормативной документацией, что положительно скажется на производительности изготовления КР и существенно снизит издержки предприятия изготовителя.

В качестве **цели** автор выбирает повышение характеристик СХР металла шва стали 15X2НМФА путем разработки технологии автоматической сварки под флюсом с применением сварочной проволоки Св-09ХГНМТАА-ВИ.

В ходе выполнения исследования автором ставятся и успешно решаются следующие задачи:

1. Определение технологических факторов автоматической сварки под флюсом и термической обработки сварных соединений, приводящих к снижению СХР металла шва.

2. Обоснование метода повышения СХР металла шва за счет технологических параметров процесса сварки.

3. Обоснование метода повышения СХР металла шва за счет применения низкоактивного сварочного флюса.

4. Разработка технологии автоматической сварки под флюсом с применением разработанных технологических мероприятий и сочетания сварочных материалов

5. Экспериментальное подтверждение правильности разработанной технологии путем проведения испытаний металла шва и сварного соединения.

**Объектом исследования** работы является металл сварных швов КР из стали типа 15X2НМФА, выполненных автоматической сваркой под флюсом с применением проволоки марки Св-09ХГНМТАА-ВИ.

ДОУ	Вх. № 519/02-2015/19	№ _____ подп. _____	
	« 4 » 03 20 26.		
	Осн. 4 л.		
	Принт. — л.		

Судя по автореферату, диссертационное исследование Шубина О.В. обладает научной новизной и практической ценностью.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

- Установлено, что снижение скорости охлаждения металла сварного шва менее  $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$  в интервале температур наименьшей устойчивости аустенита  $800\text{-}500\text{ }^{\circ}\text{C}$  является причиной структурной неоднородности в шве с образованием участков структурно – свободного феррита в бейнитной матрице, что приводит к снижению ударной вязкости металла шва ниже критериального значения  $59\text{ Дж}/\text{см}^2$  при температуре  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- Установлено, что увеличение продолжительности промежуточного отпуска свыше 10 часов при температуре  $620\text{ }^{\circ}\text{C}$  приводит к снижению ударной вязкости металла шва состава  $1,5\%\text{Cr-}1\%\text{Ni-}0,5\%\text{Mo}$  из-за ослабления когезивной прочности границ зерен вследствие образования на них карбидов типа  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ ,  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ ,  $\text{MoC}$ ;
- Выявлена закономерность снижения сопротивления хрупкому разрушению металла шва за счет повышения содержания в металле шва кислорода свыше  $0,04\%$ , входящего в состав неметаллических включений, при протекании кремний-восстановительного процесса на стадии взаимодействия жидкой шлаковой и металлической фаз;
- Установлено, что сварка под флюсом модулированным переменным током, в сравнении с постоянным током обратной полярности, позволяет снизить критическую температуру хрупкости металла шва до  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  за счет снижения в нем кислорода с  $0,04\%$  до  $0,02\%$ ;
- Предложен и обоснован метод снижения критической температуры хрупкости металла шва стали  $15\text{X}2\text{HMFA}$  до гарантированного значения  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  за счет применения низкоактивного агломерированного сварочного флюса;
- Установлена корреляционная зависимость между референсной температурой  $T_{100}(T_0)$  и критической температурой хрупкости  $T_{\text{KO}}$  для металла шва состава  $1,5\%\text{Cr-}1\%\text{Ni-}0,5\%\text{Mo}$ , выполненного по предлагаемой технологии:  $T_{100}(T_0) = T_{\text{KO}} - 29,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Практическая значимость** работы усматривается в том, что:

1. Полученные в результате работы технологические параметры автоматической сварки под флюсом корпуса реактора из стали  $15\text{X}2\text{HMFA}$ , обеспечивающие требуемые значения СХР, внесены в производственно-технологическую документацию завода «Атоммаш» при изготовлении экспортных АЭУ;
2. Проведены аттестационные испытания предлагаемого сочетания сварочных материалов – сварочной проволоки марки Св-09ХГНМГАА-ВИ и низкоактивного агломерированного сварочного флюса марки 48АФ-71, позволяющего повысить СХР металла сварных швов до уровня требований к заготовкам основного металла корпуса реактора из стали  $15\text{X}2\text{HMFA}$ .

**Достоверность** представленных в работе исследований подтверждена большим объемом экспериментальных данных на сварных образцах и при изготовлении натуральных контрольных сварных соединений в производственных условиях завода «Атоммаш».

Работа прошла достаточную **апробацию**. Основные результаты работы изложены в 11 публикациях автора и представлены на международных научно-

технических конференциях, форумах и семинарах: XVIII Международная научно-практическая конференция «Безопасность ядерной энергетики», 19-20 мая 2022 г., Волгодонск; XX Международная научно-практическая конференция «Безопасность ядерной энергетики», 19 сентября 2024 г., Волгодонск; XIII Национальная научно-техническая конференция, 9-10 ноября 2023 г., Москва; XIV Национальная научно-техническая конференция, 7-8 ноября 2023 г., Москва; V Международная научная конференция «Сварка и родственные технологии для изготовления оборудования специального и ответственного назначения», 23-25 мая 2023 г., АО «ЦНИИТМАШ», г. Москва.

Работа состоит из введения, пяти глав, выводов и списка используемой литературы (180 наименований).

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, представлена научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы основные положения выносимые на защиту.

В первой главе приведены данные о конструкции, материалах и технологических операциях при изготовлении корпуса ВВЭР, включая автоматическую сварку под флюсом. На основании статистического анализа свойств металла швов и сварных соединений при изготовлении оборудования корпуса реактора современных проектов показано, что применяемые сварочные материалы и технология сварки не обеспечивают гарантированно значение критической температуры хрупкости для металла шва – не выше минус 15 °С.

Вторая глава посвящена выбору методик исследований использованных для решения поставленных научных задач, выбору оборудования и технологии сварки, термообработки и неразрушающего контроля.

Третья глава посвящена экспериментальному исследованию причин снижения исходной критической температуры металла сварных швов корпусов ВВЭР из стали 15Х2НМФА в процессе изготовления. Показано влияние использования активного сварочного флюса, повышения скорости сварки и температуры сопутствующего сварке подогрева, продолжительности промежуточного отпуска.

Четвертая глава посвящена исследованиям влияния технологических параметров сварочного тока при автоматической сварке под флюсом на сварочно-технологические свойства, химический состав, структуру и механические свойства металла шва.

Пятая глава посвящена исследованиям металла шва и сварных соединений, выполненных с применением низкоактивного агломерированного сварочного флюса взамен плавного.

Выводы по главам и основные выводы по представленной работе информативны и логичны.

Содержание автореферата отражает основные положения диссертации.

Отмечая актуальность, новизну и практическую значимость исследования, следует сделать все же некоторые замечания:

- В соответствии с ГОСТом Р 7.0.11-2011 по оформлению диссертаций и авторефератов диссертаций в автореферате раздел «Общая характеристика работы» должен включать описание методов расчетов. В автореферате

указание на описание методов расчетов отсутствует, возможно описание есть в тексте самой диссертационной работы;

- В тексте автореферата автор не указал, за счет каких изменений в процессе взаимодействия расплавленного шлака и металла происходит снижение интенсивности окислительно-восстановительных реакций при использовании модулированного переменного тока взамен постоянного тока обратной полярности.

Отмеченные замечания не умаляют достоинств выполненной работы.

Судя по автореферату, диссертация Шубина Олега Владимировича «Разработка технологии сварки корпусов ВВЭР из стали 15X2НМФА, обеспечивающей повышение сопротивления хрупкому разрушению металла сварных швов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 – Сварка, родственные процессы и технологии, соответствует требованиям п.9-11, 13 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» № 842 от 24.09.2013 года), утвержденных постановлением Правительства РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Шубина Олег Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 – Сварка, родственные процессы и технологии.

12 февраля 2026 года

Ведущий научный сотрудник  
АО «Высокотехнологический  
научно-исследовательский институт  
неорганических материалов имени  
академика А.А. Бочвара» (АО ВНИИНМ),

Титов Александр Олегович  
доктор технических наук  
(специальность 2.6.1, технические науки)  
+7(499)190-8999, доб. 81-13

Подпись А.О. Титова заверяю  
Лесина Ирина Геннадьевна  
Заместитель генерального директора  
по инновационной деятельности



Handwritten signature of A.O. Titov over a horizontal line.

Handwritten signature of I.G. Lesina over a horizontal line.