

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МИФИ»



ВОЛГОДОНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –
ФИЛИАЛ НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ЯДЕРНОГО УНИВЕРСИТЕТА «МИФИ»



XVI Международная научно-практическая конференция
«Безопасность ядерной энергетики»
Волгодонск, 12 – 13 ноября 2020 г.
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Волгодонск 2020

УДК 621.039.58:621.311.25(063)
Б 40

Безопасность ядерной энергетики: тезисы докладов XVI Международной научно-практической конференции, 12 – 13 ноября 2020 г. / НИЯУ МИФИ [и др.]. – Волгодонск: ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. 133 с.

Сборник тезисов конференции составлен по материалам докладов XVI Международной научно-практической конференции «Безопасность ядерной энергетики». В работе научного форума приняли участие представители ОАО «Концерн Росэнергоатом», органы местного самоуправления и Законодательного Собрания Ростовской области, представители промышленно-энергетического комплекса России и дальнего зарубежья, профессорско-преподавательский состав НИЯУ МИФИ и его филиалов.

ISBN 978-5-7262-2657-6

Издается в авторской редакции

© Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», 2020

Ответственный за выпуск *Н.И. Лобковская*

Подписано в печать 16.12.2020. Формат 60^x84 1/16
Печ. л. 133 Тираж 200 экз.

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал
Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»
ИПО ВИТИ НИЯУ МИФИ
347360, Россия, Ростовская обл., г. Волгодонск, ул. Ленина, 73/94.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС

Анисур Рахман С.К., Увакин М.А. Исследование нейтронно-физических свойств ячеек ВВЭР с органами регулирования при учете маневренных режимов	6
Абидова Е.А., Кривин В.В., Шпицер В.Я., Дембицкий А.Е. Синтез систем диагностики оборудования АЭС	9
Адаменков А.К., Малахов И.В., Ожерельев В.Д., Сурин В.И. Результаты исследования сварных соединений трубопровода машинного зала методом сканирующей контактной потенциометрии	13
Адеев В.А. Модернизация программного обеспечения для выбора топливных загрузок	15
Алвахеба А.И., Бекетов В.Г., Иванова Т.Е., Иванов О.В., Сурин В.И. Повышение эффективности обнаружения структурных неоднородностей в сварных соединениях электрофизическим методом в условиях внешних воздействий	16
Берела А.И., Томилин С.А., Федотов А.Г. Разработка вопросов логистики в проекте вывода из эксплуатации блока АЭС	18
Бондарчук Ю.А., Игнатенко А.Н., Рукина Е.С., Лапкис А. А., Королев В. Ю. Криогенный аккумулирующий кластер для совместной работы с АЭС	20
Галанова М.Н., Бартель Е.Р., Богуш Н.В. Повышение эффективности работы энергоблока и исключение потерь электрической мощности путем очистки и защиты теплообменного оборудования от карбонатных отложений	23
Абу Газал А.А., Алвахеба А.И., Бекетов В.Г., Дембицкий А.Е., Сурин В.И. Особенности электрофизического неразрушающего контроля изделий и технологического оборудования в заводских условиях	26
Кавришвили З.О., Рачков В.Л. Оптимизация и совершенствование процесса диагностирования электроприводной арматуры в период ПНР на строящихся энергоблоках АЭС	28
Лисовой А.В. Системы безопасности АЭС	30
Никифоров В.Н., Пугачёва О.Ю., Подрезов Н.Н. Задачи цифровизации ремонтных кампаний, проводимых на объектах ядерной энергетики	33
Пестова Е.Д., Мефедова Ю.А. Разработка имитационной модели цифровой системы автоматического регулирования уровня парогенератора атомной станции	34
Лаптев А.С., Шимоняк А.А. Технология стабилизации воды на основе дисковой фильтрации	37

Секция 2

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС

Аксенова К.С., Бубликова И.А., Цуверкалова О.Ф. Анализ динамики радиационных характеристик территории размещения ростовской атомной электростанции	40
Демин В.М., Колодин Е.М., Панин М.П. Пектронетрическое определение характеристик радиоактивного загрязнения с использованием ксенонового детектора*	43
Елохин А.П., Василенко А.А., Улин С.Е., Юксеклер С., Юксеклер М. Особенности метода передачи информации из подводного дозиметрического комплекса при дистанционном измерении придонной радиоактивности в глубоководных акваториях	45
Орумо Б.К., Елохин А.П., Ксенофонтов А.И. Влияние ионизирующего излучения на биологические объекты; инструментальные методы его радиационного контроля	48
Фетисова Ю.А., Горская О.И. Организация раздельного сбора отходов на Ростовской АЭС	52
Грачев А.С., Кириллова Е.С., Бубликова И.А. Анализ теплового воздействия РоАЭС на Цимлянское водохранилище	54
Горская О.И., Медулька И.В. Увеличение режимов продувки водоема-охладителя Ростовской АЭС в связи с пуском энергоблоков № 3 и № 4	57

Секция 3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГБЛОКОВ АЭС

Разуваев А.В. Повышение надежности первого контура двухконтурной ядерной энергетической установки	60
Бурдаков С.М., Чернов А.В., Цуверкалова О.Ф., Зокиров К.Д. Управление газодинамическими характеристиками дугового разряда с помощью квазигармонической компоненты питания	63
Губеладзе О.А., Губеладзе А.Р. Определение физико-механических характеристик защитной гермооболочки энергоблока АЭС методами неразрушающего контроля до преднапряжения строительной конструкции	67
Постой Л.В., Бурдаков С.М., Чубкина Д.А., Игнатенко П.Н. История строительства и значение в энергетическом комплексе Ростовской АЭС	69
Киселев Александр С., Киселев Алексей С., Медведев В.Н., Ульянов А.Н., Стрижов В.Ф., Скорикова М.И. Моделирование процесса преднапряжения защитной оболочки проекта АЭС-2006	74
Пимшин Ю.И., Арсеньев Д.М., Пимшин И.Ю. Методика метрологического эталонирования электронных тахеометров	77

Секция 4

КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: СОЦИОКУЛЬТУРНЫЙ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ АСПЕКТЫ

Руденко В.А., Евдошкина Ю.А., Василенко И.С. Коучинговый подход в формировании культуры безопасности на предприятиях атомной отрасли	81
Головко М.В. Возможности цифровизации для формирования культуры экономической безопасности	83
Недурубов А.Н., Лобковская Н.И. Вопросы безопасности строительства и эксплуатации объектов атомной отрасли в странах с преобладающим мусульманским населением: фетва	87
Лобковская Н.И., Локонова Е.Л., Железнякова А.В. Основы формирования культуры безопасности атомной отрасли в обзоре нормативных документов по радиационной безопасности в СССР	90
Агапова С.П., Ухалина И.А., Ефименко Н.А. Эволюция экономики энергетической отрасли в контексте обеспечения национальной безопасности страны	91
Ермолаева Н.В. Роль физики в формировании и развитии профессиональных (hard-skills) и универсальных (soft-skills) навыков при подготовке специалистов атомной отрасли	93
Зарочинцева И.В., Захарова Л.В., Лупиногина Ю.А., Бунамес Н.В., Колесникова Е.В. Формирование языковой компетенции студентов ВИТИ НИЯУ МИФИ в рамках подготовки конкурентоспособных специалистов для ГК «РОСАТОМ»	96
Лыскова И.Е. Основные задачи развития лидерства и командообразования в современной организации (на примере госкорпорации «РОСАТОМ»)	99
Попова Т.С., Воронов А.А. Обеспечение конкурентоспособности атомной энергетики на основе использования экологического маркетинга	102
Субачев С.Ю., Корниенко В.В. Мировая экономика после первого полугодия 2020 года	104
Симакова Н.А. Применение цифровых технологий для повышения эффективности использования лабораторного оборудования	107

Секция 5

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

Томилин С.А., Жидков М.Е., Колоколов Е.И., Попов Е.Ю. Влияние микролегирующих элементов на интенсивность рекристаллизационных процессов при технологических переделах в заготовках из стали 10ГН2МФА	109
Кучерявин Д.Н., Меженский П.А. Автоматизация антикоррозионной двухслойной наплавки труб и патрубков малого диаметра оборудования АЭС	112
Кравчук А.С., Томилин С.А., Кравчук А.И., Годунов С.Ф., Смалюк А.Ф. Новые подходы к расчету на изгиб круглых пластин при малых поперечных перемещениях	115
Колоколов Е.И., Чернов А.В., Голубов А.А. Образование и характер трещин в зоне термического влияния многопроходных сварных швов стали 10ГН2МФА, выполненных методом АСФ	117

Томилини С.А., Пирожков Р.В., Цвеллик Е.А., Пинчук Э.В. Предложения по оптимизации конструкции трехлучевой монтажной траверсы	120
Кравченко П.Д., Косогова Ю.П. Проблема применения съемных грузозахватных устройств для кантования и перемещения эллипсоидных днищ корпусного оборудования АЭС	122
Колоколов Е.И., Павленко С.О. Изменение характера вязко-хрупкого перехода при испытаниях на ударную вязкость металла многопроходных швов стали 15Х2НМФА при появлении междендритного и межзеренного разрушения	125
Утигалиева М.Г. Модернизация корпуса реактора ВВЭР-ТОИ	128
Колоколов Е.И., Таранов С.С. Влияние термической обработки и наличия микродефектов на склонность заготовок из стали 16ГНМА к образованию холодных трещин	131

СЕКЦИЯ 1

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС

УДК 621.039.54

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЯЧЕЕК ВВЭР С ОРГАНАМИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРИ УЧЕТЕ МАНЕВРЕННЫХ РЕЖИМОВ

С.К. Анисур Рахман, М.А. Увакин

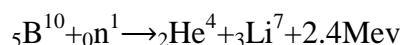
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Карбид бора, диспрозий, серебро и т.д. обладают множеством уникальных свойств, высоким поглощением нейтронов, химической стабильностью, высокой температурой плавления, низкой плотностью и низкой ценой. Эти элементы широко используются в энергетических реакторах ВВЭР. В этой статье было исследовано сечение поглотителя, поведение выгорания и эффективность захвата этих элементов. Если управляющий стержень (CR) изготовлен только из карбида бора и используется в режиме маневрирования, тогда потеря поглощающей эффективности управляющего стержня. Но в этой работе главная цель состоит в том, чтобы, какой элемент потребуется в управляющем стержне, в результате реактор в режиме маневрирования работает с различной мощностью без резкого падения мощности. Результат рассчитывался тремя программами GETERA, WIMS и SERPENT.

Ключевые слова: карбид бора, нейтрон, сечение поглотителя, эффективность, ВВЭР-1000, стержень управления, маневрирование, реактор, GETERA, WIMS и SERPENT.

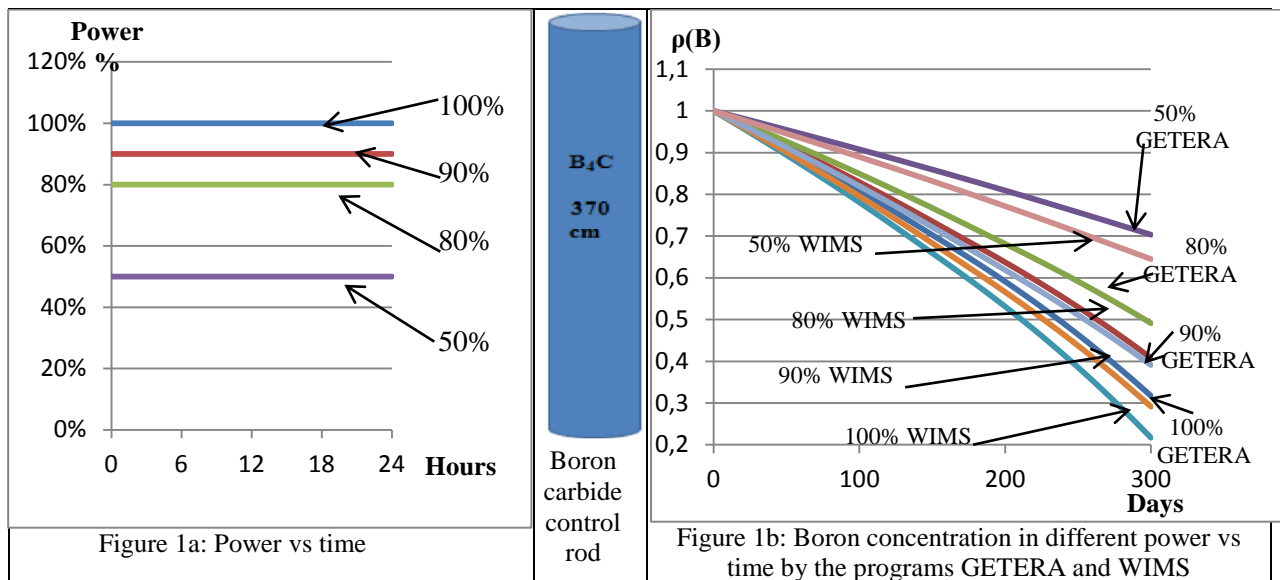
Introduction

The main requirement associated with the development and operation of nuclear reactors is the control and containment of neutrons that sustain, and are also produced during fission reaction. Boron is one of the few elements to possess nuclear properties, which proves its consideration as neutron absorber material. Boron and its compounds boric acid, boron carbide, rare-earth etc. Boron has two principal isotopes, ^{10}B and ^{11}B the effectiveness of boron as neutron absorber is due to the high absorption cross-sections. The thermal neutron absorption cross-section for ^{10}B and ^{11}B are 3837 barns and 0.005 barns respectively. The neutron absorption of natural boron-containing 20% ^{10}B is sufficiently high \sim (4000 barns) in the low neutron energy range to make it an excellent candidate for use in VVER reactors. In addition to a high absorption cross-section, boron has another advantage over other potential neutron absorber materials. The reaction products, helium and lithium are formed as stable, non-radioactive isotopes. As they do not emit nuclear radiation, decay heating problems during reactor shutdowns and transfer of depleted control rods are minimal. The (n α) reaction:



Calculation of the problems

Boron carbide has high neutron absorption. If the control rod is made only of carbide boron and is used in maneuvering mode, then the concentration of boron carbide as a function of time is shown in the figure 1b. Result was calculated by the programs GETERA and WIMS.



On the other hand, if the control rod is made of Dy_2O_3 or Ag_2O_3 and is used in maneuvering mode, then the dysprosium concentration and silver concentration as a function of time are shown in the figure 2. But this figure 2 shows that the concentration of dysprosium or silver changes less than boron. Result was calculated by the programs SERPENT and WIMS.

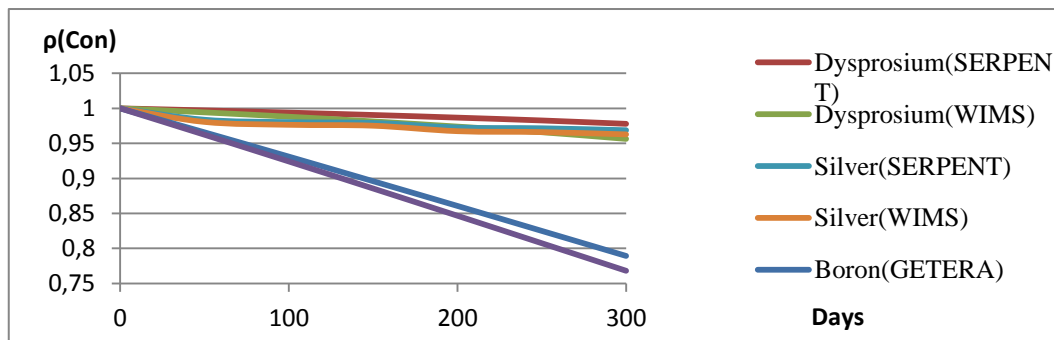


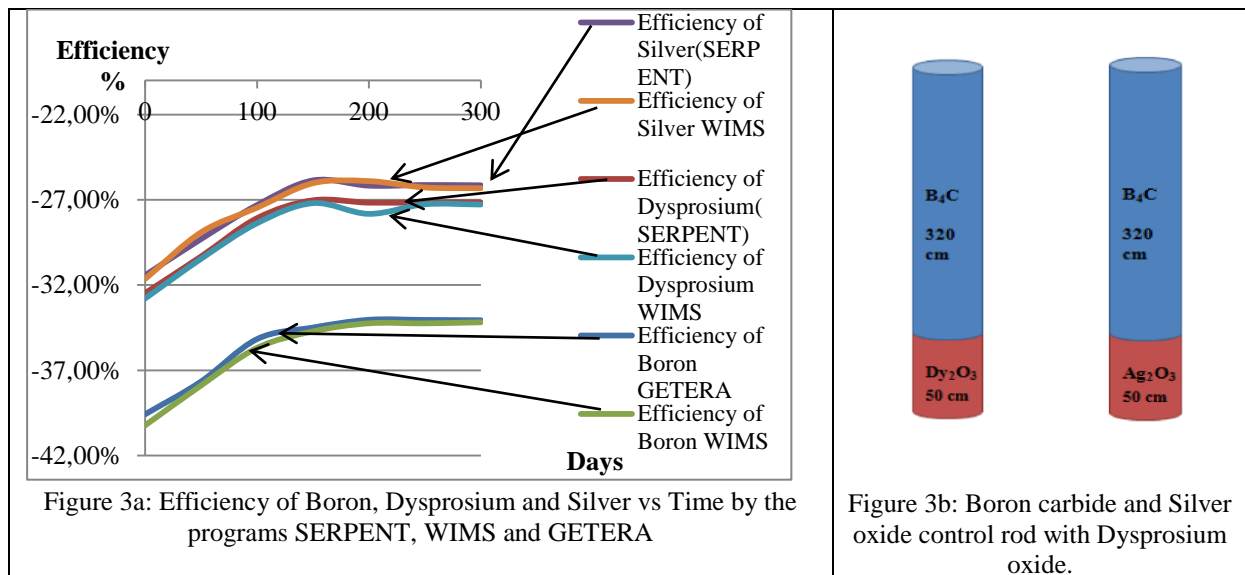
Figure 2: Absorber concentration (B, Dy and Ag) versus time using SERPENT, WIMS and GETERA

Comparison of the effectiveness of emergency protection

Boron carbide has a high absorption cross section. Thus, the effectiveness of emergency protection is also high. This is used for security reasons. On the other hand, dysprosium or silver has a low absorption cross section, and emergency protection effectiveness is also low. For this reason, the control rod, which is used in the maneuvering mode, is made of dysprosium or silver. The effectiveness of the emergency protection of these elements is calculated using this formula:

$$\Delta K = \frac{(K_{\infty}^{\text{С поглотителем}} - K_{\infty}^{\text{Без поглотителя}}) / K_{\infty}^{\text{С поглотителем}}}{K_{\infty}^{\text{С поглотителем}}} \%$$

Emergency Protection Efficiency of Boron Carbide, Dysprosium oxide and Silver oxide are presented in one graph. Here shown that the efficiency of boron change strongly. On the other hand efficiency of Dysprosium and Silver change slowly. In this paragraph, it is clear that dysprosium or silver is used in the lower part of the control rod, taking into account the maneuvering mode of the reactor. Result was calculated by the programs GETERA, SERPENT and WIMS.



Results

- Using the B_4C for maneuvering is not profitable, because the B_4C is a very strong absorber and even its slight movement in the core. It is very sensitive to breeding rate. Therefore, even small displacements of the boron rods in the reactor core can cause strong changes in the neutron flux and power.

- Therefore it is necessary to modify the control rods with a chemical element: dysprosium oxide (Dy_2O_3) or silver oxide (Ag_2O_3) or other chemical elements.

REFERENCES

1. Anisur, R.S.K., Uvakin, M.A. Analiz neopredelennosti v fizicheskom raschete yacheyek VVER v yezhednevnom grafike manevrirovaniya [Uncertainty analysis in the physical calculation of VVER cells in the daily maneuvering schedule] (2018) Journal of Physics: Conference Series, 1133(1) статья № 012048.
2. Rahman S.K. Anisur, M.A. Uvakin, Sravnite rezul'tat analiza neopredelennosti v fizicheskikh raschetakh yacheyek VVER v raspisanii yezhednvnogo manevrirovaniya programmami GETERA i WIMS. [Compare the Result of Uncertainty Analysis in the Physical Calculations of WWER Cells in the Daily Maneuvering Schedule by GETERA and WIMS Programs] №1(30)-2019 Global Nuclear Safety, Page 90-100.
3. Shotikov A.V., Savchenko V.E., Vigranenko Yu.M., Khrustalev V.A. Puti sovershenstvovaniya vodno-khimicheskogo rezhima vtorogo kontura AES s VVER-1000 [Ways to Improve Water-Chemical Mode of the NPP Second Circuit with WWER-1000] [News of Tomsk Polytechnic University]. 2008. V. 312. № 2. P. 39-43 (in Russian).
4. Averyanova S.P., Dubov A.A., Kosourov K.B., Filimonov P.E. Temperaturnoye Regulirovaniye i manevrentnost VVER-1000 [Temperature Regulation and Maneuverability of WWER-1000] [Atomic Energy]. 2002. V.109, № 4. P. 246-251(in Russian).
5. Yerak D.Yu., Kochkin V.N., Zhurko D.A., Panfyorov P.P. Modernizatsiya program obraztsovvideteley VVER-1000 [Modernization of Samples Witnesses Programs WWER– 1000] [History of Science and Technology]. 2013. № 8. P. 142-152 (in Russian).
6. Shkarovsky A.N., Aksenov V.I., Serdun N.P. Analizfizicheskikh sostoyaniy reaktora VVER-1000 i upravleniyeavariynymisituatsiyami [Analysis of Physical States of WWER-1000 Reactor and Control of Emergency Situation] [Proceedings of Higher Educational Institutions]. [Nuclear power]. 2005. № 3. P. 60-68 (in Russian).
7. Getya S.I., Krapivtsev V.G., Markov P.V., Solonin V.I. [and others] Modelirovaniye temperaturnykh neunifikatorov v elemente toplivno-elementnogo topliva topliva-VVER 1000 [Modeling Temperature Nonuniformities in a Fuel-Element Bundle of WWER-1000 Fuel Assembly] [Atomic Energy]. 2013. V.114.№ 1. P. 69-72 (in Russian).
8. Melikhov V.I., Melikhov O.I., Yakush S.E. [and others] Issledovaniye razresheniya borona v reaktore VVER-1000 [A Study of Boron Dilution in WWER-1000 Reactor] [Thermal Engineering]. 2002. V 49. № 5. p. 372-376.

Investigation of the Neutron-Physical Properties of VVER Cells with Control Rods During Maneuvering Modes

Rahman S.K Anisur¹, M.A. Uvakin²

National Research Nuclear University «MEPhI», Kashirskoye shosse, 31, Moscow, Russia 115409

¹e-mail: ranisur01@gmail.com

²e-mail: uvakin_ma@grpress.podolsk.ru

Abstract – Boron carbide, Dysprosium, Silver, etc have a lot of unique properties, high neutron absorption, chemical stability, high melting temperature, low density, and low price. These elements are widely using in the VVER power reactors. In this article was investigated the absorber cross-section, burring behavior and scram efficiency of these elements. If the control rod (CR) is made of only boron carbide and it is used in the maneuvering mode then lose the absorbing effectiveness of the control rod. But in this work main goal is that, which element will be required in the control rod, as a result, the reactor in the maneuvering mode work with different power without fall down power drastically. The result was calculated by the three programs GETERA, WIMS and SERPENT.

Keywords: Boron carbide, neutron, absorber cross-section, effectiveness, VVER-1000, control rod, maneuvering, reactor. GETERA, WIMS, SERPENT.

УДК 621.039.5:621.311.25

СИНТЕЗ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

Е.А. Абидова, В.В. Кривин, В.Я. Шпицер, А.Е. Дембицкий

НИИ АЭМ, Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

Предложен подход к синтезу системы диагностики, исходя из изначально заданных желательных свойств. Показано, что функциональность системы определяется идентифицируемостью и изолируемостью неисправностей, которая достигается с использованием одного или нескольких методов. На примере синтеза системы контроля дизельного двигателя обосновывается несколько вариантов диагностических комплексов. Продемонстрирована целесообразность синтеза системы, в которой соотношение показателей качества и затрат принимает максимальное значение.

Ключевые слова: валидация систем, диагностика дизельных двигателей, метод пространства состояний, оценка рациональности системы.

На АЭС в качестве штатных средств диагностики используются различные средства и комплексы, каждый из которых использует метод или группу методов, которые позволяют идентифицировать неисправности оборудования. В арсенале отделов технической диагностики широко представлены средства на базе вибрационного и ультразвукового методов. В практику диагностирования внедрены также многоканальные регистраторы, позволяющие производить синхронные измерения сигналов тока, вибрации, ультразвука [1]. Проблемой использования этих средств является отсутствие обоснования их эффективности с точки зрения обеспечения качества диагностирования. Настоящая работа посвящена решению этой проблемы путем формализации требований к средствам диагностики и их валидации.

Синтез системы диагностики, усовершенствование, выбор той или иной реализации может основываться на анализе желательных свойств, характеризующих способность к оценке технического состояния [2]. В числе основных требований к системам диагностики выдвигаются:

- 1) идентифицируемость, под которой принято понимать способность решать, нормально ли функционирует объект;
- 2) изолируемость – способность диагностической системы различать дефекты.

В числе требований к системам диагностики также предъявляют быстрдействие, экономичность и другие желательные свойства.

Наибольшую сложность представляет контроль состояния сложных габаритных объектов, таких как дизельные двигатели, мощных компрессоров, насосов. Необходимость регистрации информации одной физической природы, например, вибрации, в различных участках объекта, предполагает многоканальность средств контроля. В случае контроля состояния дизельного двигателя системы на основе регистрации данных только одной физической природы уступают системам, реализующим комплекс методов [3].

Решение задачи диагностирования конкретного объекта предваряется анализом наиболее распространенных причин отказов и наиболее уязвимых частей конструкции. У дизельных двигателей в наибольшей степени подвержены дефектам топливная аппаратура, цилиндропоршневая группа, подшипники.

Синтез системы диагностики желательно начать с разработки диагностической модели, которая позволила бы проводить предварительно оценку её целевых свойств. Предлагается модель, которая учитывает чувствительность различных методов к проявлению дефектов объекта. Предлагаемую модель можно представить в виде матрицы, строки которой отображают реакцию первичных преобразователей при наличии одного из дефектов, а столбцы реакцию одного преобразователя на наличие разных дефектов. Удобно описывать реакцию десятичной дробью от -1 до 1, отобразив спектр возможных отклонений параметра от самого выраженного уменьшения до максимального повышения, включая 0 т.е. отсутствие реакции.

Предлагаемая модель позволяет формализовать оценку идентифицируемости и изолируемости, если рассматривать набор признаков как вектора состояний в n -мерном пространстве признаков. Удаленность вектора от нулевой координаты показывает идентифицируемость, которую способна обеспечить система при диагностике одного из дефектов. Расстояние от начала координат до точки в n -мерном пространстве $d0_i$ может быть рассчитано по формуле (1):

$$d0_i = \sqrt{\sum_{k=1}^n (y_k^i)^2} \quad , \quad (1)$$

где i номер вектора, y_k^i – координаты вектора.

Расстояние между вектором в n -мерном пространстве и его ближайшим «соседом» может рассматриваться в качестве меры изолируемости в отношении данных двух дефектов. Расстояние между двумя точками в n -мерном пространстве d_{ij} возможно рассчитать по формуле (2):

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (y_k^i - y_k^j)^2} \quad (2)$$

где y_k^i и y_k^j координаты соседних векторов.

Рассматривая в качестве объекта простой четырехцилиндровый дизель, была разработана диагностическая модель и проведена оценка качества различных реализаций системы диагностики. Выделено двенадцать неисправных состояний: дефект одного из четырех цилиндров, одной из четырех форсунок или одного из четырех цилиндров. Для их индикации предлагается использовать шесть каналов вибрации, по четыре канала ультразвука, температуры и давления [4]. Модель учитывает, что каналы вибрации и ультразвука имеют слабую чувствительность ко

всем дефектам, а каналы давления и температуры только к состоянию форсунок и цилиндров. Комбинируя методы можно представить реализации десяти диагностических комплексов, также целесообразно рассмотреть реализации, основанные на контроле ультразвука и вибрации.

Рассчитав по формуле (1) идентифицируемость, достигаемую с использованием двенадцати систем в отношении двенадцати состояний, и выбрав наименьшие для каждой системы результаты, получили значения от 0,1 до 0,68. Наименьшее значение получено для системы, реализующей один ультразвуковой метод. Системы, не обеспечивающие идентифицируемость более 0,5, исключим из рассмотрения. Подвергнем дальнейшему анализу следующие четыре системы: с каналами ультразвука и давления в $d_0=0,63$; с каналами ультразвука, давления и вибрации $d_0=0,68$; с каналами ультразвука, давления и температуры $d_0=0,63$; реализующую весь комплекс измерений $d_0=0,68$.

Рассчитаем по формуле (2) изолируемость, достигаемую с использованием четырех перечисленных систем в отношении двенадцати состояний. Наименьшая изолируемость с использованием анализируемых систем варьируется от 0,2 до 0,39. Приемлемую изолируемость (не ниже 0,3) обеспечивает система, реализующая весь комплекс измерений, и две системы, исключающие один из методов.

Таким образом, анализируя три варианта реализации функциональных систем, следует остановить выбор на одной, которая характеризуется наилучшим соотношением качества и затрат т.е. является рациональной. Учитывая ограниченное время, которое отводится на диагностирование оборудования АЭС, оценим временные затраты, которые требует каждая реализация системы. Эти временные затраты определяются настройкой и установкой первичных преобразователей, непосредственно регистрацией информации и обработкой зарегистрированной информации i -й системы.

Удобно показатели затрат привести к единице, считая единицей затраты, соответствующие полному комплексу измерений, а в других случаях затраты выразить долями единицы. Таким образом, можно получить приведенные временные затраты присущие системам, формула (3):

$$\hat{T}_i = \frac{\sum_{j=1}^{K=3} T_{ji}}{\sum_{j=1}^4 T_{ji}}, \quad (3)$$

где \hat{T}_i – приведенные временные и материальные затраты i -й системы;

j – номер метода;

K – число методов.

Располагая показателями качества и затрат можно предложить оценку рациональности i -й системы, формула (4):

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^M d_{0i} + \sum_{j=1}^P d_{ji}}{\hat{T}_i}, \quad (4)$$

где M – число распознаваемых состояний, P – число комбинаций распознаваемых состояний;

j – номер состояния;

$\sum_{j=1}^M d_{0i}$ и $\sum_{j=1}^P d_{ji}$ – обобщают идентифицируемость и изолируемость систем в отношении всех двенадцати (в данном случае) состояний.

Вычислив, мы получили следующие значения: 88 (система с каналами ультразвука, давления, температуры), 89 (система с каналами ультразвука, давления, вибрации), 92 (все каналы). Таким образом, синтез системы, обеспечивающей реализацию четырех методов диагностики, является целесообразным в описываемой ситуации решением.

Таким образом, предложен подход к синтезу системы диагностики, исходя из её желательных свойств. Показано, что функциональность системы определяется идентифицируемостью и изолируемостью неисправностей. На примере синтеза системы контроля дизельного двигателя обосновывается несколько вариантов комплексов. Для окончательного выбора одного из вариантов предложена оценка, учитывающая затраты каждой из разрабатываемых систем. Описанный в работе подход может быть использован при разработке диагностических систем различного оборудования АЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абидова, Е. А.* Мониторинг состояния дизель-генераторной установки 15Д-100 посредством виброакустической диагностики / Е. А. Абидова // Научная сессия НИЯУ МИФИ – 2015 : сб. тез. и ст. науч.-практ. конф. 16-20 февр. 2015 г. – Волгодонск : ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2015. – С. 24-26.
2. Venkat Venkatasubramanian, Raghunathan Rengaswamy, Kewen Yin, Surya N. Kavuri. A review of process fault detection and diagnosis. Part I: Quantitative model-based methods. *Computers and Chemical Engineering* 27, 2003. Pages 293-311.
3. *Абидова, Е. А.* Методы и средства оперативного контроля состояния дизель-генераторных установок АЭС / Е. А. Абидова [и др.] / 55 лет безопасной эксплуатации АЭС с ВВЭР в России и за рубежом : тез. докл. науч.-практ. конф., 24-27 сентября 2019 г. – Нововоронеж, 2019.
4. *Абидова, Е. А.* Комплексный анализ диагностических параметров дизель-генераторных установок атомных электростанций / Е. А. Абидова, А. Е. Дембицкий, О. Ю. Пугачёва // Безопасность ядерной энергетики : тез. докл. XV науч.-практ. конф., 6-8 июня 2019 г. ВИТИ НИЯУ МИФИ [и др.]. – Волгодонск : ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2019.

Synthesis of NPP Equipment Diagnostics Systems

Е.А. Abidova¹, V.V. Krivin^{1,2}, V.Ya. Shpicer³, A.E. Dembitsky⁴

VETI NRNU MEPhI, Lenin street, 73/94. Volgodonk, Rostov region, Russia 347360

¹*e-mail: EAAabidova@mephi.ru*

²*e-mail: vkrivin@mephi.ru*

³*e-mail: shpitsr@mephi.ru*

⁴*e-mail: AEDembitskii@mephi.ru*

Abstract – An approach to the synthesis of a diagnostic system based on the initially specified desirable properties is proposed. It is shown that the functionality of the system is determined by the identifiability and isolation of faults, which is achieved using one or several methods. On the example of the synthesis of a diesel engine control system, several variants of diagnostic complexes are justified. The expediency of the synthesis of a system in which the ratio of quality indicators and costs takes the maximum value has been demonstrated.

Keywords: system validation, diesel engine diagnostics, state space method, system rationality assessment.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДА МАШИННОГО ЗАЛА МЕТОДОМ СКАНИРУЮЩЕЙ КОНТАКТНОЙ ПОТЕНЦИОМЕТРИИ

А.К. Адаменков^{*}, И.В. Малахов^{*}, В.Д. Ожерельев^{*}, В.И. Сурин^{}**

^{} Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция»,
Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

*^{**} Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия*

Приводятся результаты неразрушающего контроля технологического оборудования АЭС: узла приварки коллектора парогенераторов ПГВ 1000М, корпуса проходки и наплавки технологической трубы, выполненного в заводских условиях. Контроль состояния металла сварных соединений узла приварки коллектора парогенераторов ПГВ 1000М осуществлялся методом сканирующей контактной потенциометрии, ручным поточечным сканированием и электрофизическим дефектоскопом ЭДСС-1РД. Измерения выполнялись по восьми измерительным дорожкам. Абсолютная погрешность определения координат дефектов при ручном контроле составляет от одного до двух миллиметров. При проведении ЭФК использовали мобильную информационно-измерительную систему на базе ноутбука AsusX554L с измерительным прибором, мультиметром Agilent34401A.

Ключевые слова: метод сканирующей контактной потенциометрии, неразрушающий контроль сварных соединений технологического оборудования АЭС.

Объектом электрофизического неразрушающего контроля были выбраны сварные соединения (СС) технологического трубопровода, находящиеся в машинном зале (МЗ-1) ТО-1. Персоналом отдела дефектоскопии металла и технологического контроля были предоставлены сварные соединения, одно из которых было выполнено заводом-изготовителем трубопровода (СС_1; находящееся на конденсатопроводе отборов из цилиндра низкого давления), второе было выполнено специалистом по сварке (СС_2; находящееся на трубопроводе подачи дренажа из подогревателя низкого давления -3 (ПНД-3) в тракт основного конденсата).

Целью работы являлись испытания электрофизической системы неразрушающего контроля [1] на действующем технологическом оборудовании АЭС для получения первых экспериментальных результатов.

Построены поверхностные потенциограммы сварных соединений и получены распределения структурных неоднородностей по длине сварного соединения СС_1 и СС_2. Сравнивая данные потенциограммы для уровня фиксации $SLS=2$ в одном масштабе, видны различия, обусловленные разными материалами сварных соединений, условиями эксплуатации и сварки. Например, концентрические шестиугольные рефлексии для СС_2 в поперечном направлении более вытянуты, что свидетельствует о больших действующих касательных напряжениях. Аналогичный вывод можно сделать из сравнения потенциограмм на уровне фиксации $SLS=3$.

На более высоких уровнях фиксации ($SLS=5$) на потенциограммах для СС_1 присутствуют, в основном, одиночные концентрические шестиугольные рефлексии, а для СС_2 мы видим подробную картину структурных неоднородностей на глубине залегания, примерно соответствующей внутренней поверхности сварного соединения, и, вероятно, связанную с протекающим процессом коррозии металла или дефектом, образованным на стадии сварки СС. Информацию о похожих структурных повреждениях СС_1 можно также получить на уровне фиксации $SLS=4$ или других более высоких уровнях фиксации.

Результатами проведенного исследования подтверждается, что основной металл обоих сварных соединений находится в пластически деформированном состоянии.

Данное состояние возникает при сварке в результате интенсивного местного разогрева сварного соединения. В этом случае возможность свободного удлинения его исключается из-за жесткого закрепления свариваемых труб с противоположных концов. Поэтому в сварном соединении возникают сжимающие внутренние напряжения, по величине равные или превышающие предел текучести. В результате чего в нагретой зоне происходит пластическая деформация металла.

Наблюдаемые соответствия результатов метода сканирующей контактной потенциометрии и магнитной анизотропии [2, 3] позволяют установить важные физические корреляции, связанные с влиянием напряженно-деформированного состояния микрообъемов сварного соединения на его электрические и магнитные свойства.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований и выделенным грантом по договору №19-08-00266/19 от 10.01.2019.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сурин, В. И. Методы электрофизической диагностики и контроля реакторного оборудования / В. И. Сурин [и др.] // Глобальная ядерная безопасность. – 2016. – № 4(21). – С. 51-62.
2. Адаменков, А. К. Обеспечение контроля термомеханической нагруженности узла приварки коллектора теплоносителя к патрубку Ду1200 парогенераторов ПГВ-1000 / А. К. Адаменков, И. Н. Веселова, И. В. Малахов // Глобальная ядерная безопасность. – 2015. – № 4(17). – С. 84-89.
3. Адаменков, А. К. Оценка развития эрозионно-коррозионного износа с помощью метода измерения магнитной анизотропии / А. К. Адаменков, И. Н. Веселова, В. Я. Шпицер // Глобальная ядерная безопасность. – 2019. – № 1(30). – С. 113-119.

Results of the Study of Welded Joints of the Turbine Hall Pipeline by Scanning Contact Potentiometry

A.K. Adamenkov^{*1}, I.V. Malakhov^{*}, V.D. Ozherelyev^{*2}, V.I. Surin^{3}**

^{*}Rostov nuclear power plant, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360

^{**}Institute of Nuclear Physics and Technology (INP&T), National Research Nuclear University «MEPhI», Kashirskoye shosse, 31, Moscow, Russia 115409

¹e-mail: anri_61@mail.ru

²e-mail: victorozhereliev@yandex.ru

³e-mail: VISurin@mephi.ru

Abstract – the results of non-destructive testing of NPP technological equipment are given: the welding unit of the steam generator collector PGV 1000M, the body of penetration and surfacing of the process pipe, performed in the factory. The state of the metal of welded joints of the collector welding unit of PGV 1000M steam generators was monitored by scanning contact potentiometry, manual point-to-point scanning and an EDSS-1RD electrophysical flaw detector. The measurements were carried out along eight measuring tracks. The absolute error in determining the coordinates of defects during manual control is from one to two millimeters. During the control, a mobile information-measuring system based on an AsusX554L laptop with a measuring instrument (an Agilent34401A multimeter) was used.

Keywords: scanning contact potentiometry method, nondestructive testing of welded joints of NPP technological equipment.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА ТОПЛИВНЫХ ЗАГРУЗОК

В.А. Адеев

*Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция», Полярные Зори, Мурманская обл.,
Россия*

В работе основное внимание уделено реализации и применению эволюционных стратегий и генетических алгоритмов (ЭС и ГА) для оптимизации компоновки АЗ реакторов ВВЭР. Описан способ формализации компоновки АЗ при использовании ЭС и ГА. Приведена схема отбора вариантов, выполнения расчетов и отображения результатов. Описаны способы графического представления и результаты поиска АЗ с максимальным запасом реактивности для различных критериев. Предложены методы сокращения пространства поиска, обеспечения нахождения глобального оптимума и снижения количества расчетов при помощи эвристик и применения нейронных сетей. Автором разработана программа оптимизации топливной загрузки ВВЭР с использованием ЭС и ГА.

Ключевые слова: компоновка активной зоны, алгоритмы оптимизации, генетические алгоритмы, нейронные сети.

Ужесточение требований по безопасности приводит к введению новых граничных и рамочных параметров для характеристик активной зоны (АЗ). Выбор загрузки существенно усложнился т.к. необходимо рассматривать выполнение ряда критериев: эффективности аварийной защиты, отдельного органа регулирования и рабочей группы СУЗ, температуры повторной критичности и др. Применение выгорающего поглотителя не позволяет оценивать энерговыделение лишь на начало работы загрузки, требуется анализ в течение всего времени ее выгорания, т.к. изменение коэффициентов неравномерности немонотонно. Новые пределы по энерговыделению требуют выполнения потвельных расчетов выгорания. Выбор загрузки реактора сложен и субъективен, зависит от квалификации расчетчика. Разработана программа оптимизации топливной загрузки ВВЭР с использованием ЭС и ГА. Программа применяется при проектировании топливных циклов и непосредственно для выбора топливных загрузок на АЭС. Программа позволяет снизить трудозатраты, найти более совершенный вариант загрузки, объективно оценить влияние граничных и рамочных параметров безопасности на результат выбора.

Upgrading of Core Design Software

V.A. Adeev

*Branch of Rosenergoatom Concern JSC Kola Nuclear Power Plant, Polyarnye Zori, Murmansk region,
Russia 184230
e-mail: adeevam@yandex.ru*

Abstract – The paper focuses on the implementation and application of evolutionary strategies and genetic algorithms (ES and GA) to optimize the core pattern of VVER reactors. A method of formalizing the core pattern when using ES and GA is described. A scheme for selecting options, performing calculations and displaying results is shown. Methods of graphical representation and results of core pattern search with maximum reactivity margin for different criteria are described. Methods for reducing the search space, ensuring the finding of a global optimum and reducing the number of calculations using heuristics and neural networks are proposed. The author has developed a program for optimizing core pattern of VVER using ES and GA.

Keywords: core design, optimization algorithms, genetical algorithm, neural network.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМ МЕТОДОМ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

А.И. Алвахеба^{*}, В.Г. Бекетов^{}, Т.Е. Иванова^{***}, О.В. Иванов^{***}, В.И. Сурин^{*}**

^{}Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия*

*^{**}Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

*^{***}ООО «Техноскан», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

Метод сканирующей контактной потенциометрии использовали для исследования влияния температурного воздействия и пропускания постоянного электрического тока через образец на эффективность выявления структурных неоднородностей в сварном соединении двух пластин из аустенитной стали 12Х18Н10Т размером 200×110×13,5 мм с шириной сварного шва 12 мм. Исследовали влияние, как нестационарного температурного режима, так и пропускания через образец постоянного электрического тока на интенсивность излучения волн механических напряжений и соответствующее изменение амплитуды сигнала.

Ключевые слова: метод сканирующей контактной потенциометрии, неразрушающий контроль сварных соединений.

Метод СКП [1, 2] использовали для исследования влияния температурного воздействия и пропускания постоянного электрического тока через образец на эффективность выявления структурных неоднородностей в сварном соединении двух пластин из аустенитной стали 12Х18Н10Т размером 200×110×13,5 мм с шириной сварного шва 12 мм.

Исследовали влияние, как нестационарного температурного режима, так и пропускания через образец постоянного электрического тока на интенсивность излучения волн механических напряжений и соответствующее изменение амплитуды сигнала. Сила тока через образец, равная 0,01;0,03;0,05;0,07 и 0,1А, задавалась с помощью прибора MATRIX model MPS-3005LK-3.

Пропускание тока через образец приводит к уменьшению среднего значения амплитуды сигнала, по сравнению с режимом без тока, более чем в десять раз. Однако, с увеличением силы тока от 0,01 до 0,1 А среднее значение разности потенциалов начинает возрастать, примерно, в 6-7 раз. Полученные результаты свидетельствуют об усилении эффекта контактной разности потенциалов и уменьшении работы выхода электронов с поверхности контрольного сварного соединения при увеличении силы тока за счет влияния поверхностных линий тока на морфологию дипольного барьера. В результате этого изменяется и электропроводность пятен контакта.

При пропускании постоянного тока через образец удовлетворительно выявляются такие неоднородности, как непровар корня, смещение кромок сварного соединения и другие неоднородности. Нагрев образца активирует излучение волн упругих напряжений, от менее мощных источников, имеющих меньшую интенсивность излучения и расположенные хаотично по объему образца. Такими неоднородностями могут быть включения, крупные поры, скопления пор и другие неоднородности.

Интенсивность излучения волн упругих напряжений при длительной выдержке сварного соединения в нормальных условиях уменьшается, что приводит к размытию их изображений на потенциограммах за счет интерференционных эффектов и наложения рефлексов от других действующих источников.

Исследовано изменение среднего значения амплитуды сигнала контроля в зависимости от выбранного материала преобразователя при линейной скорости

сканирования 8 мм/сек. Поскольку контактная разность потенциалов зависит от работы выхода контактирующих металлов, выбором материала преобразователя в определенных границах можно регулировать эффективность обнаружения тех или иных неоднородностей. Это подтверждается сравнением экспериментальных результатов, полученных при использовании преобразователей из нержавеющей стали X18H10T, платины, и стали Ст3.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по гранту 19-08-00266 / 19 от 10.01.2019.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алвахеба, А. И. Результаты обнаружения структурных неоднородностей в сварных соединениях электрофизическим методом в условиях воздействия внешних факторов / А. И. Алвахеба [и др.] // Информационные технологии в проектировании и производстве. – Москва : ФГУП ВИМИ. 2020. – № 1.
2. Сурин, В. И. Применение методов спектрального анализа для сигналов электрофизической диагностики и неразрушающего контроля / В. И. Сурин, З. С. Волкова, А. И. Алвахеба, А. В. Гальчин // Информационные технологии в проектировании и производстве. – Москва : ФГУП ВИМИ. – 2019. – № 4. – С. 53-57.

Increasing the Efficiency of Detecting Structural Inhomogeneities in Welded Joints by the Electrophysical Method Under Conditions of External Influences

A.I. Alvaheba^{*1}, V.G. Beketov^{2}, T.E. Ivanova^{***3}, O.V. Ivanov^{***4}, V.I. Surin^{***5}**

^{*}*National Research Nuclear University «MEPhI», Kashirskoye shosse, 31, Moscow, Russia 115409*

^{**}*VETI NRNU MEPhI, Lenin street, 73/94, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360*

^{***}*Tekhnoskan Company, Chernikov str., 2, building 31, sq. 162, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347375*

¹*e-mail: anas.kloub@jaec.gov.jo*

²*e-mail: VGBeketov@mephi.ru*

³*e-mail: tehnoskan@mail.ru*

⁴*e-mail: iovoi@mail.ru*

⁵*e-mail: visconst@rambler.ru*

Abstract – the scanning contact potentiometry method was used to study the effect of temperature exposure and passing a direct electric current through the sample on the efficiency of detecting structural inhomogeneities in the welded joint of two plates made of 12Kh18N10T austenitic steel with dimensions of 200 × 110 × 13.5 mm with a weld seam width of 12 mm. The influence of both the non-stationary temperature regime and the transmission of a direct electric current through the sample on the radiation intensity of mechanical stress waves and the corresponding change in the signal amplitude was investigated.

Keywords: scanning contact potentiometry method, non-destructive testing of welded joints.

РАЗРАБОТКА ВОПРОСОВ ЛОГИСТИКИ В ПРОЕКТЕ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЛОКА АЭС

А.И. Берела, С.А. Томилин, А.Г. Федотов

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

Рассмотрено направление совершенствования проектов вывода из эксплуатации блоков АЭС путем использования в нем логистических процедур.

Ключевые слова: вывод из эксплуатации, блок АЭС, логистическая процедура.

Процесс вывода блоков атомных электрических станций (далее – АЭС) из эксплуатации регламентируется законодательной и нормативно-технической документацией (далее – НТД) [1-5]. Анализ современного состояния проблемы вывода блоков АЭС из эксплуатации в России, в том числе регламентирующей его НТД проанализирован и подытожен в недавно изданном учебно-методическом пособии [6]. Анализ НТД [2–5] и содержания пособия [6] показывает, что по отношению к проектам вывода блоков АЭС в определенной мере продвинуты требования и условия обеспечения радиационной безопасности, что вполне объяснимо спецификой выполняемых работ, прежде всего демонтажных [7, 8].

Разработка проекта вывода блока АЭС из эксплуатации опирается на программу вывода из эксплуатации, состав и содержание которой регламентированы руководством по безопасности РБ-013-2000 [3]. В программе содержится перечень взаимоувязанных по целям и срокам организационно-технических мероприятий и работ, планируемых на этапе вывода из эксплуатации блока АЭС, и представлен набор подпрограмм по основным видам деятельности, являющихся базой для разработки соответствующих разделов проекта вывода из эксплуатации блока АЭС. Из набора подпрограмм, важных для разработки проекта вывода из эксплуатации блока АЭС и представляющих интерес для настоящего доклада, следует выделить:

- работы по дезактивации оборудования, систем и строительных конструкций блока АЭС;
- производство демонтажных работ;
- обращение с радиоактивными отходами;
- обращение с материалами повторного использования;
- мероприятия по радиационному и дозиметрическому контролю;
- локализация высокоактивного оборудования в помещениях реакторного отделения (при необходимости).

НТД [2–5] формируют основное положение относительно представляемых в проекте вывода из эксплуатации блока АЭС организационных, технических и технологических мероприятий – они должны обеспечить оптимальное выполнение процесса вывода из эксплуатации. Понятие оптимизации представляется в общем смысле, очевидна необходимость в конкретике и разработке количественных и качественных критериев оптимальности, в этом отношении существует предложение для демонтажных работ [9].

Авторами ранее [10, 11] показано, что для оптимизации проекта вывода из эксплуатации блока АЭС необходимо ввести в него раздел по логистике процесса вывода из эксплуатации. Логистика создает общее направление оптимизации этого процесса и в совокупности представляет его составляющие в части организации:

- материальных потоков на предварительных и преддемонтажных операциях;

- материальных потоков в зоне демонтажных работ с первичной сортировкой демонтированных объектов;
- материальных потоков продукции демонтажа внутри зданий и по примыкающим к ним площадкам к местам размещения в соответствии с физическим и радиационным состоянием демонтированных объектов;
- размещения отходов на площадках и участках обращения с ними, задействованных в процессе вывода блока АЭС из эксплуатации;
- материальных потоков на местах размещения, при выполнении глубокой сортировки демонтированных объектов;
- материальных потоков перемещения сортированных радиоактивных отходов (далее – РАО) на участок их переработки;
- материальных потоков радиоактивных отходов, не подлежащих переработке, на захоронение в региональном могильнике;
- материальных потоков перемещения сортированных низкоактивных (НАО) и очень низкоактивных (ОНАО) радиоактивных отходов на площадки временной выдержки (и разделки на фрагменты при необходимости);
- материальных потоков на площадку сбора и подготовки к реализации нерадиоактивных отходов;
- материальных потоков на участке переработки РАО;
- материальных потоков перемещения продуктов переработки РАО на места временного хранения;
- материальных внешних потоков реализации нерадиоактивных отходов, полученных при демонтаже оборудования и металлоконструкций, и условно «чистых» отходов после временного хранения НАО, ОНАО и переработанных РАО;
- материальных потоков локализации высокоактивного оборудования в помещениях реакторного отделения (при необходимости);
- материальных потоков вторичных РАО, создаваемых при проведении подготовительных работ и работ по переработки РАО;
- информационных потоков, сопровождающих материальные потоки, и поступающих от них реверсных информационных потоков.

Проработка перечисленных организационных мероприятий способствует выработке интегральной логистики процесса вывода из эксплуатации блока АЭС и его оптимизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон №170-ФЗ «Об использовании атомной энергии», 1995.
2. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций (НП-001-15). – Москва : Ростехнадзор, 2015.
3. Требования к содержанию программы вывода из эксплуатации блока атомной станции (РБ-013-2000). – Москва : Госатомнадзор России, 2000.
4. Обеспечение безопасности при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии. Общие положения (НП-091-14). – Москва : Ростехнадзор, 2014.
5. РД ЭО 1.1.2.01.0013-2014. Подготовка и вывод из эксплуатации блока атомной станции. Основные положения. – Москва : ОАО «Концерн Росэнергоатом», 2014.
6. Основы вывода из эксплуатации блоков атомных электрических станций : учебно-методическое пособие / Б. К. Былкин, И. А. Енговатов, Ю. А. Зверков и др.; под общей ред. П. Л. Ипатов, А. А. Дементьева, Ю. М. Семченкова. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2019. – 504 с.
7. Берела, А. И. Анализ и представление среды действия в системе проектирования технологии демонтажа оборудования при выводе из эксплуатации блока АЭС / А. И. Берела, Б. К. Былкин, С. А. Томилин, А. Г. Федотов // Глобальная ядерная безопасность. – 2014. – № 1(10). – С. 25-31.
8. Томилин, С. А. и др. Особенности проектирования демонтажа оборудования блоков атомных станций с учетом нормативного регулирования их вывода из эксплуатации / С. А. Томилин, А. И. Берела, Н. Н. Подрезов, А. Г. Федотов // Глобальная ядерная безопасность. – 2017. – № 1(22). – С. 59-67.

9. Берела, А. И. Оптимизационные аспекты проектирования технологического процесса демонтажа оборудования при выводе из эксплуатации блока атомной станции / А. И. Берела, Б. К. Былкин, В. А. Шапошников // Тяжелое машиностроение. – 2004. – № 6. – С. 9-14.
10. Берела, А. И. Возможности логистики в обеспечении эффективности и радиационной безопасности производственного процесса вывода из эксплуатации блоков атомных станций / А. И. Берела, С. А. Томилин, А. Г. Федотов // Глобальная ядерная безопасность. – 2019. – № 2(31). – С. 68-75.
11. Берела, А. И. Производственная логистика демонтажных работ при выводе из эксплуатации блоков атомных станций / А. И. Берела, С. А. Томилин, А. Г. Федотов // Глобальная ядерная безопасность. – 2019. – № 3(32). – С. 66-73.

Development of Logistics in the Project of Decommissioning of a NPP Unit

A.I. Berela¹, S.A. Tomilin², A.G. Fedotov³

VETI NRNU MEPhI, Lenin street, 73/94. Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360

¹*e-mail: AIBerela@mephi.ru*

²*e-mail: SATomilin@mephi.ru*

³*e-mail: AGFedotov@mephi.ru*

Abstract – The direction of improvement of NPP units decommissioning projects by using logistic procedures in it is considered.

Keywords: decommissioning, NPP unit, logistic procedure.

УДК 620.92:621.311.25

КРИОГЕННЫЙ АККУМУЛИРУЮЩИЙ КЛАСТЕР ДЛЯ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ С АЭС

Ю.А. Бондарчук, А.Н. Игнатенко, Е.С. Рукина, А. А. Лапкис, В. Ю. Королев

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

Современная энергетика требует от АЭС участвовать в регулировании нагрузки и частоты в энергосистеме, зачастую ценой снижения их эффективности и выручки. В качестве решения проблемы сглаживания колебаний нагрузки АЭС предлагается криогенная аккумулирующая установка, которая при наличии избытка мощности запасает энергию в форме сжиженного азота. При дефиците мощности рабочее тело расширяется в газовой турбине, вырабатывая дополнительно электричество для покрытия небольших колебаний в нагрузке станции. Маломощная установка может способствовать маневрированию АЭС при первичном регулировании частоты в сети. А установка большой мощности актуальна для совместной работы с АЭС в суточном графике нагрузки, но при решении проблемы хранения нескольких тысяч кубометров сжиженного газа. Отработавший азот может быть использован для собственных нужд АЭС. В данной работе разработана схема установки, представлено описание использованных технологий, методов и оборудования, использованных в проекте, проанализирован рынок накопителей энергии.

Ключевые слова: криогенное аккумулирование, накопители энергии.

На данный момент существует устоявшийся график нагрузки энергосистемы, определяющийся режимом потребителей. Реальный график нагрузки системы приведен на рисунке 1 [1].

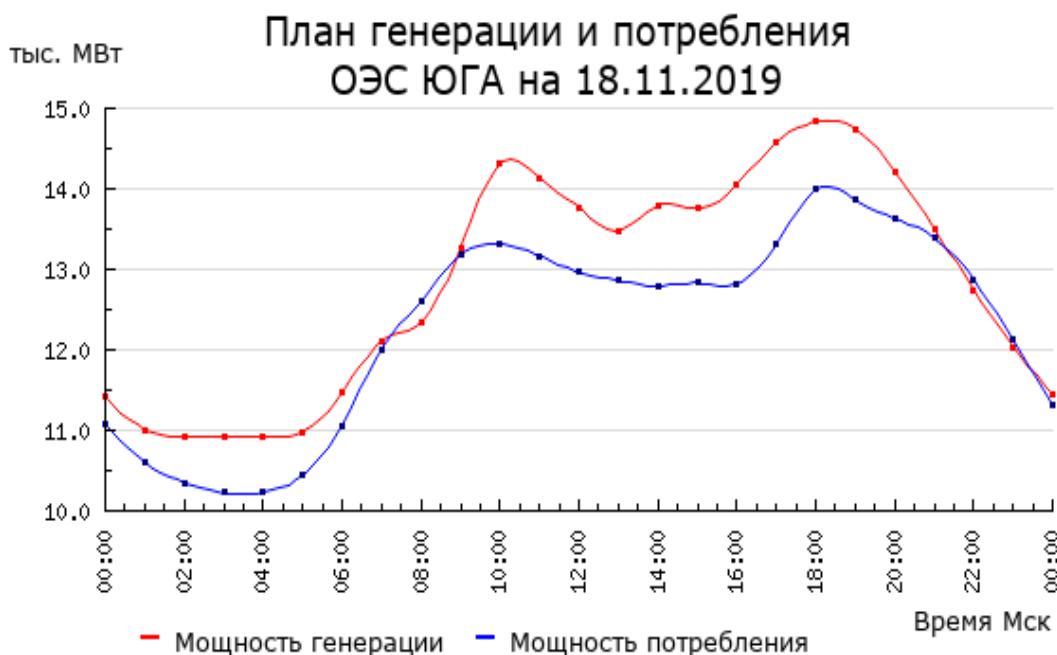


Рисунок 1 – План генерации и потребления ОЭС Юга

График носит неравномерный характер: два максимума – утренний и вечерний и два провала – дневной и ночной, в летнее время утренний максимум ниже вечернего, а в зимнее – наоборот. Конфигурация графика нагрузки имеет большое значение для режима электростанций. Для регулирования мощности возникает необходимость в систематическом подключении-отключении агрегатов или в изменении их нагрузки. Появляются пусковые расходы, расходы на неустановившийся режим, растет нагрузка оперативного персонала.

Также известно, что все производители электроэнергии объединены в единую энергосистему, что обязует атомные электростанции наряду с другими производителями электроэнергии участвовать в регулировании частоты с учетом их технологических особенностей. Данные процессы неразрывно связаны с изменением мощности на работающем блоке АЭС, что нежелательно.

Решением может являться использование криогенного накопителя энергии. Установка большой мощности может быть использована для совместной работы с АЭС в режиме маневрирования для компенсации пиковых нагрузок электроэнергии, а также колебаний электроэнергии в летнее время на АЭС при решении проблемы хранения большого объема сжиженного газа. Установка малой мощности решает проблему отклонения мощности при режиме общего первичного регулирования частоты в энергосистеме.

Предлагается установить дополнительно еще одну турбогенераторную установку мощностью 30 МВт из расчета на компенсацию колебаний мощности $\pm 2\%$ от $N_{\text{ном}}$ на один блок АЭС, которая сможет выдавать заданную мощность в течение 15 минут. Рабочим телом в данной турбине будет являться газ, который предварительно будет охлажден холодильной установкой, после чего отправлен на хранение в теплоизолированный резервуар расчетным объемом 20 м³. Для газификации рабочего тела используется теплообменное оборудование. Нагреть сжиженный газ можно либо паром, отбираемым с отборов ПНД или с отборов конденсатора турбины энергоблока, либо с помощью атмосферных испарителей. Технологическая схема установки представлена на рисунке 2.

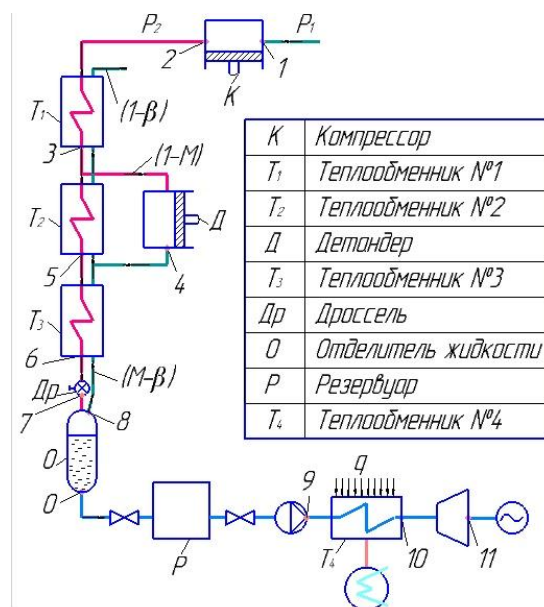


Рисунок 2 – Технологическая схема установки

Описание процесса: в период ночного провала нагрузки, газ охлаждается холодильной установкой до сжиженного состояния, в котором он хранится в емкости. При включении режима ОНРЧ блок продолжает работать в регламентном режиме, для компенсации изменения мощности при колебаниях частоты подключается криогенная установка: газ подается в теплообменник, где, нагреваясь, расширяется и движется по трубопроводу на дополнительную турбину малой мощности. Газ вращает лопасти турбины, отдавая часть своей энергии. Отработавший газ частично выбрасывается в атмосферу, другая его часть расходуется на нужды АЭС.

Использование жидкого воздуха было впервые предложено в Университете Ньюкасла и протестировано компанией Mitsubishi Industries Ltd примерно в 1998 году. В начале 2000-х годов исследователи из Университета Лидса совместно с компанией Highview Power Storage продолжили разработку технологии и предложили ключевые особенности LAES. Накопление энергии жидкого воздуха (LAES) – это новая технология для хранения энергии в сетевом масштабе в виде жидкого воздуха с потенциалом преодоления недостатков накопителей накачанного и сжатого воздуха. Постепенно были представлены различные усовершенствования LAES, и пилотная установка мощностью 350 кВт / 2,5 МВтч, которая сейчас находится в Бирмингемском университете, была построена, чтобы продемонстрировать осуществимость предложенного проекта. В 2018 г. была представлена автономная установка LAES мощностью 100 МВт/300 МВтч [3].

Реализация этого проекта позволит решить вопрос маневренности не только АЭС, но и других электростанций, являясь станцией-спутником, способной накапливать энергию, что является актуальной проблемой современной энергетики. Установка также выступает источником чистого азота и обладает хладопроизводительностью, что в целом повысит КПД электростанции.

Так как пики энергопотребления имеют тенденцию к росту, то в скором времени возникнет проблема нехватки резервных мощностей для их покрытия. Криогенный накопитель энергии может выступать в качестве самостоятельной электростанции, собственные нужды которой будут покрывать небольшие установки на возобновляемых источниках энергии.

Мощность установки имеет достаточно широкий диапазон и ограничивается вместимостью резервуаров для хранения криогенной жидкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Системный оператор единой энергетической системы [Электронный ресурс]. – URL : https://www.so-ups.ru/index.php?id=ees_gen_consump_hour&no_cache=1.
2. Ануров, С. А. Криогенные технологии разделения газов : монография / С. А. Ануров. – Москва : ООО «АР-Консалт», 2017. – 233 с.
3. Sciacovellia, A. Liquid air energy storage (LAES) with packed bed cold thermal storage – From component to system 1 level performance through dynamic modelling / Sciacovellia A., Vecchia A., Dinga Y. // Applied Energy. 15.03.2017. Vol. 190. pp. 84-98. doi:10.1016/j.apenergy.2016.12.118.

Cryogenic Storage Cluster for Joint Work with Nuclear Power Plants

Yu.A. Bondarchuk, A.N. Ignatenko, E.S. Rukina, A.A. Lapkis¹, V.Yu. Korolev

VETI NRNU MEPhI, Lenin street, 73/94. Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360

¹*e-mail: AALapkis@mephi.ru*

Abstract – Modern energy requires nuclear power plants to participate in regulating the load and frequency in the power system, often at the cost of reducing their efficiency and revenue. As a solution to the problem of smoothing load fluctuations at nuclear power plants, a cryogenic storage unit is proposed, which, in the presence of an excess of power, stores energy in the form of liquefied nitrogen. With a power shortage, the working fluid expands in the gas turbine, generating additional electricity to cover small fluctuations in the station load. A low-power plant can facilitate NPP maneuvering during the primary regulation of the frequency in the network. A high-capacity unit is relevant for joint work with a nuclear power plant in a daily load schedule, but when solving the problem of storing several thousand cubic meters of liquefied gas. Spent nitrogen can be used for own needs of the NPP. In this work, a diagram of the installation is developed, a description of the technologies, methods and equipment used in the project is presented, the market of energy storage devices is analyzed.

Keywords: cryogenic storage, energy storage.

УДК 621.039.5-78:621.182.4

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭНЕРГОБЛОКА И ИСКЛЮЧЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ ПУТЕМ ОЧИСТКИ И ЗАЩИТЫ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

М.Н. Галанова, Е.Р. Бартель, Н.В. Богуш

*Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция»,
Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

В работе произведены теплотехнические расчёты по загрязнению теплообменников и по потерям электрической мощности, соответственно им рассчитаны экономические убытки, определены основные размеры водоструйного инжектора, проведены гидравлические расчёты по продувочным трубопроводам пруда-охладителя, построены зависимости по изменению температурных напоров теплообменников по времени, и наконец, составлен сравнительный анализ между существующими и предлагаемыми методами очистки от карбонатных отложений.

Ключевые слова: карбонатные отложения, теплообменная поверхность, недовыработка, инжектор, система шарикоочистки, система газоохлаждения турбогенератора, ультразвуковая очистка, намагничивание воды, жертвенный материал, атомная электростанция.

Одним из способов повышения эффективности работы энергоблока является поддержание теплообменного оборудования в исходно-чистом состоянии. Загрязнение поверхности теплообмена карбонатными отложениями влечет за собой уменьшение теплопередачи, местные перегревы металла, преждевременный износ оборудования за счёт невозможности снижения температуры до эксплуатационных пределов, в результате чего требуется либо снижение нагрузки, либо отключение оборудования и т.д., что сказывается, в итоге, на увеличении потерь электрической мощности, а это уже прямые экономические убытки. Вследствие чего проблема борьбы с карбонатными отложениями становится глобальной в атомной, тепловой энергетике и др., не имеющей полноценного решения и остающейся актуальной по настоящее время.

Карбонатные отложения откладываются на всём оборудовании АЭС: турбинного отделения, влияющего на выработку электроэнергии, так и реакторного отделения, влияющего на ядерную безопасность, а также общестанционной водоподготовки.

Структура карбонатных отложений сравнима с керамикой, которая имеет низкий коэффициент теплопередачи и является трудноудаляемой. Вследствие чего, на данный момент, существующие методы очистки отложений недостаточно эффективны, некоторые при использовании имеют больше недостатков, чем преимуществ [1.2].

В данной работе произведены теплотехнические расчеты, показывающие значительный рост экономических убытков с увеличением загрязнений на теплообменной поверхности оборудования. Предложены четыре способа решения проблемы.

Первый способ – это увеличение эффективности работы системы шарикоочистки путём увеличения циркуляции шариков. Опробование его будет осуществлено на одном теплообменнике системы газоохлаждения турбогенератора после подписания технического решения на Ростовской АЭС. Повысить циркуляцию по расчётам можно с помощью изменения гидравлического сопротивления трубной части теплообменника и добавлением водоструйного инжектора в схему работы для гарантированного возврата шариков.

Второй способ – это уменьшение содержания солей в водоёме-охладителе. Если уменьшить концентрацию соли в циркулирующей воде, то аналогично уменьшится величина отложений на оборудовании. Для этого разработаны специальные мероприятия.

Третий способ – ультразвуковая очистка. Такая установка состоит из втулок для крепления преобразователя на трубной доске, акустических преобразователей (излучатели звука) и ультразвукового генератора.

Излучатели соединены кабелем с ультразвуковым генератором и непрерывно получают от него электрические импульсы с несущей ультразвуковой частотой от 20 до 40 кГц. Этот электрический сигнал преобразуется магнитострикционным сердечником в механические колебания той же частоты. А поскольку излучатель приварен к защищаемому агрегату, ультразвуковые колебания возбуждаются во всей конструкции теплообменника и распространяются как по всей теплообменной поверхности, так и переизлучаются в воду от поверхности. Таким образом, создаются в металле и воде непрерывные микроколебания с амплитудой в несколько микрон, которые безопасны для сварки и вальцовки, но разрушительны для карбонатных и других отложений, вследствие того, что металлическая трубка эластична, поэтому хорошо переносит колебания при небольшой деформации, в отличие от карбонатных отложений, в которых образуются трещины с последующим их разрушением.

На Ростовской АЭС этот метод впервые проходит апробацию на пилотном энергоблоке на теплообменнике ОГЦ системы газоохлаждения турбогенератора. На данный момент введутся наблюдения, снимаются значения параметров, рассчитывается результативность работы по сравнению с другими теплообменниками, но полный эффект будет оценен через полгода работы, т.е. в конце июня 2020 года.

Четвёртый способ – это применение либо намагничивания воды, либо жертвенного материала, на который будут активно осаждаться карбонаты, а в первом случае соли жесткости будут в толще воды, а не на поверхности теплообмена. Данная идея еще не применяется нигде в промышленности, но очень перспективна для будущего, но пока она находится на стадии разработки, изучения и опытов.

Подводя итог, необходимо отметить, что не существует решения во всём мире, которое полностью удалит карбонатные отложения и исключит возможность их появления на поверхности теплообмена, но в данной работе приведены эффективные пути решения по уменьшению накипи на теплообменном оборудовании Ростовской АЭС. Это реальные методы по снижению потерь энерговыработки, которые можно осуществить силами персонала атомной станции, в этом и преимущества предложений, что не потребуются много времени и финансов на заключение внешних договоров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 34.30.403-93 Методические указания по наладке и эксплуатации систем шариковой очистки конденсаторов паровых турбин.
2. РД 34.22.501-87 Методические указания по предотвращению образования минеральных и органических отложений в конденсаторах турбин и их очистке.

Improving the Efficiency of the Power Unit and Eliminating Power Losses by Cleaning and Protecting the Heat Exchange Equipment from Carbonate Deposits

M.N. Galanova¹, E.R. Bartel, N.V. Bogush

Rostov nuclear power plant, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360

¹e-mail: mashoolka@yandex.ru

Abstract – In this work, heat engineering calculations were made for contamination of heat exchangers and for losses of electrical power, respectively, they calculated economic losses, determined the main dimensions of the water jet injector, performed hydraulic calculations for purge pipelines of the cooling pond, built dependencies on changes in temperature heads of heat exchangers over time, and finally, a comparative analysis was made between existing and proposed methods of cleaning from carbonate deposits.

Keywords: carbonate deposits, heat exchange surface, undertreatment, injector, ball cleaning system, turbo generator gas cooling system, ultrasonic cleaning, water magnetization, sacrificial material, nuclear power plant.

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ

А.А. Абу Газал^{*}, А.И. Алвахеба^{*}, В.Г. Бекетов^{}, А.Е. Дембицкий^{**}, В.И. Сурин^{*}**

^{}Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия*

*^{**}Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

Проведены испытания электрофизической системы неразрушающего контроля на действующем технологическом оборудовании АЭС. Объектом контроля выбраны сварные соединения технологического трубопровода, находящиеся в машинном зале (МЗ-1) ТО-1. Результатами проведенного исследования подтверждается, что основной металл сварных соединений находится в пластически деформированном состоянии. Приводится сравнение результатов контроля сварных соединений методами сканирующей контактной потенциометрии и магнитной анизотропии.

Ключевые слова: метод сканирующей контактной потенциометрии, неразрушающий контроль сварных соединений, метод магнитной анизотропии.

Приводятся результаты неразрушающего контроля технологического оборудования АЭС: узла приварки коллектора парогенераторов ПГВ 1000М, корпуса проходки и наплавки технологической трубы, выполненного в заводских условиях. Цель проведения исследования заключалась в обосновании возможного использования метода контактной разности потенциалов на стадии технологической сборки и контроля сварных соединений парогенераторов в заводских условиях, а также определения перспективы использования данного метода в условиях эксплуатации технологического оборудования.

Контроль состояния металла сварных соединений узла приварки коллектора парогенераторов ПГВ 1000М осуществлялся ручным поточечным сканированием и электрофизическим дефектоскопом ЭДСС-1РД. Измерения выполнялись по восьми измерительным дорожкам. Абсолютная погрешность определения координат дефектов при ручном контроле составляет от одного до двух миллиметров. При проведении ЭФК использовали мобильную информационно-измерительную систему на базе ноутбука AsusX554L с измерительным прибором, мультиметром Agilent34401A.

По результатам контроля построены потенциограммы узла приварки коллектора парогенераторов ПГВ 1000М для различных структурных уровней фиксации сигнала SLS. Классификация обнаруженных структурных неоднородностей в сварных соединениях была выполнена путем сопоставления их с известными структурными неоднородностями, выявленными ранее на специально приготовленных контрольных сварных соединениях. Анализ потенциограмм проводили методом последовательной фильтрации сигналов с помощью разработанного программируемого амплитудного дискриминатора измерительных сигналов с регулируемой шкалой амплитудной дискриминации в диапазоне 40 дБ. При анализе сигналов ЭФК и оценке влияния шумовой (случайной) составляющей применяли вейвлетный анализ. Отношение «сигнал-шум» в процессе измерений изменялось в пределах от 10 до 50 дБ в зависимости от уровня сигнала контроля.

Для корпуса проходки исследован характер взаимного расположения структурных неоднородностей по сечению наплавки. Из анализа потенциограмм на различных уровнях фиксации следует, что, приближаясь к внутренней поверхности, неоднородности становятся более структурированными и менее протяженными, что

можно условно принять за показатель качества сварки или квалификацию сварщика. Наблюдаемые неоднородности возникают, в основном, в местах наплавки каждого последующего валика на предыдущий валик и, вероятно, связаны с остаточными напряжениями термического происхождения. Другой причиной может быть возникновение дополнительных фаз или небольших участков образовавшегося шлака и загрязнений. Размеры неоднородностей изменяются в широком диапазоне: от нескольких миллиметров до 10-15 мм и более.

Установлено также, что при ЭФК наплавки трубы полосовая структура потенциограмм связана с последовательным наложением слоев расплава металла один на другой. Полученные результаты предэксплуатационного контроля представляют собой архив измерительной информации, который в дальнейшем может быть дополнен и использован для контроля состояния металла.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по гранту 19-08-00266 / 19 от 10.01.2019.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абу Газал, А. А.* Экспериментальное исследование процесса разрушения стали ЭИ847 методами структурного анализа / А. А. Абу Газал [и др.] // Письма о материалах. – 2019. – Вып. 1, № 9. – С. 33-38.
2. *Alwaheba A.I., Surin V.I., Ivanova T.E., Ivanov O.V., Beketov V.G., Goshkoderov V.A.* Detection of defects in a welded joint by scanning contact potentiometry. Nondestructive testing and evaluation. 2020.

Features of Electrophysical Non-Destructive Testing of Products and Technological Equipment in the Factory

A.A. Abu Gazal^{*}, A.I. Alvakheba^{*1}, V.G. Beketov^{2}, A.E. Dembitsky^{**3}, V.I. Surin^{*4}**

^{}Institute of Nuclear Physics and Technology (INP&T), National Research Nuclear University «MEPhI», Kashirskoye shosse, 31, Moscow, Russia 115409*

*^{**}VETI NRNU MEPhI, Lenin street, 73/94. Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360*

¹e-mail: anas.kloub@jaec.gov.jo

²e-mail: VGBeketov@mephi.ru

³e-mail: AEDembitskii@mephi.ru

⁴e-mail: VISuriv@mephi.ru

Abstract – The electrophysical system of non-destructive testing was tested on the operating process equipment of the NPP. The welded joints of the process pipeline located in the turbine hall were selected as the object of control. The results of the study confirm that the base metal of the welded joints is in a plastically deformed state. A comparison of the results of testing welded joints by scanning contact potentiometry and magnetic anisotropy methods is presented.

Keywords: scanning contact potentiometry method, non-destructive testing of welded joints, magnetic anisotropy method.

ОПТИМИЗАЦИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДНОЙ АРМАТУРЫ В ПЕРИОД ПНР НА СТРОЯЩИХСЯ ЭНЕРГБЛОКАХ АЭС

З.О. Кавришвили, В.Л. Рачков

*Ростовский филиал «Ростоватомтехэнерго» АО «Атомтехэнерго», Волгодонск,
Ростовская обл., Россия*

В работе рассматриваются вопросы необходимости технического диагностирования запорно-отсечной электроприводной арматуры (ЭПА) и применяемые методы оценки ее технического состояния. Кроме того, раскрывается подход к организации пусконаладочных работ (ПНР), связанных с настройкой ЭПА, основанный на их совмещении с диагностическим сопровождением, позволяющим повысить качество и эффективность автономной и комплексной наладки, а также повысить результативность технического руководства гидравлическими испытаниями и сократить их длительность.

Ключевые слова: электроприводная арматура, техническая диагностика, оценка технического состояния, пусконаладочные работы, эффективность, автономная наладка, комплексная наладка.

Необходимость технического диагностирования ЭПА, функционирующей в технологических системах энергоблоков АЭС, на всех этапах жизненного цикла оборудования регламентирована рядом руководящих отраслевых документов [1-3].

Специалисты-диагносты Ростовского филиала «Ростоватомтехэнерго» АО «Атомтехэнерго» (РАТЭ), выполняя работы по диагностированию ЭПА в рамках сопровождения ПНР (наладка дистанционного управления ЭПА (ДУ ЭПА), осуществляемая специалистами цеха ТАИ, гидравлические испытания (ГИ) трубопроводных систем энергоблока, выполняемые под техническим руководством технологов АО «Атомтехэнерго») на энергоблоке № 3 Ростовской АЭС получили ценный опыт, который позволил в полной мере реализовать подход по обеспечению эффективной диагностики ЭПА в период ПНР энергоблока № 4 Ростовской АЭС.

РС, НРС - работоспособное / неработоспособное состояние; МВ, КВ - моментные / концевые выключатели

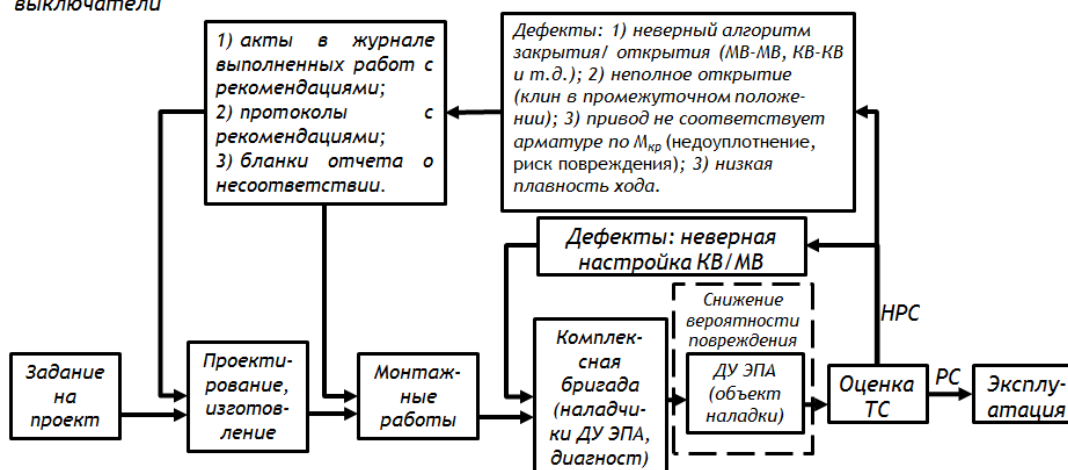


Рисунок 1 – Комплексные бригады, как средство оперативного устранения дефектов оборудования и ошибок проекта

В объеме технической диагностики ЭПА было применено два метода неразрушающего контроля, позволяющих наиболее полно и точно оценить техническое состояние настраиваемой ЭПА:

1) диагностика по параметрам питающей сети (ток, напряжение, активная мощность) [4, 5];

2) контроль герметичности по акустическим сигналам в ультразвуковой области [6].

С целью снижения риска повреждения налаживаемого оборудования и повышения качества ПНР ДУ ЭПА, было решено ввести в состав бригады работников ЦТАИ, налаживающих ДУ ЭПА, специалиста-диагноста, который будет выявлять в режиме реального времени следующие проблемы: события, приводящие к выходу из строя ЭПА (механическое заклинивание, перегрузка по току и др.); несоответствие силовых характеристик электропривода арматуре (избыточный / недостаточный вращающий момент), неверный алгоритм открытия-закрытия, неполный ход (недооткрытие/недозакрытие), низкую плавность хода, неверную настройку МВ и прочие дефекты (рис. 1).

Кроме того, создание комплексных бригад позволило существенно сократить сроки производства ПНР за счет устранения ряда временных потерь на ожидание устранения ошибок и дефектов, выявленных входе ПНР, а также многократную переделку выполненных работ (рис. 2).

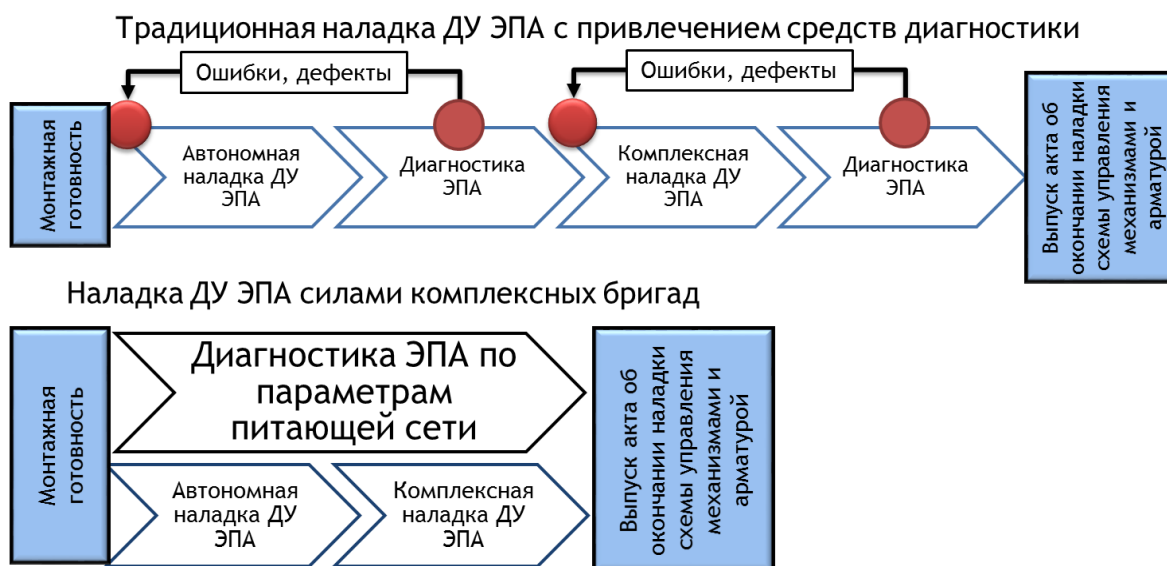


Рисунок 2 – Комплексные бригады, как средство оптимизации сроков ПНР ДУ ЭПА

Контроль герметичности ЭПА при проведении ГИ, с применением диагностики по акустическим сигналам в ультразвуковой области, позволяют ускорить процесс выявления запорно-отсечной ЭПА, не выполняющей свои функции.

Таким образом, введение специалистов-диагностов в состав бригад цеха ТАИ (наладка ДУ ЭПА) и технологических подразделений (техническое руководство проведением ГИ) способствует повышению качества наладки оборудования, передаваемого Заказчику, оптимизации сроков выполняемых работ (т.е. сокращению времени выполнения при сохранении требуемого уровня качества), а также предотвращению случаев повреждения оборудования в ходе выполнения ПНР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО 1.1.1.03.0914-2013. Ввод в эксплуатацию блоков атомных станций с водо-водяными энергетическими реакторами. Порядок выполнения и приемки пусконаладочных работ на АСУ ТП / ОАО «Концерн Росэнергоатом». – Москва, 2013.
2. РД ЭО 0648-2005. Положение о техническом диагностировании электроприводной трубопроводной промышленной арматуры на энергоблоках атомных станций / ОАО «Концерн Росэнергоатом». – Москва, 2005.

3. РД ЭО 1.1.2.01.0190-2010. Положение по оценке технического состояния и остаточного ресурса трубопроводной арматуры энергоблоков атомных станций / ОАО «Концерн Росэнергоатом». – Москва, 2010.
4. МТ 1.2.3.02.999.0085-2010. Диагностирование трубопроводной электроприводной арматуры. Методика / ОАО «Концерн Росэнергоатом». – Москва, 2010.
5. МТ 1.2.1.15.1175-2016. Диагностирование трубопроводной электроприводной арматуры. Методика / АО «Концерн Росэнергоатом». – Москва, 2016.
6. МУ 1.2.3.07.0049-2011. Методические указания по диагностированию герметичности затворов трубопроводной арматуры. Метод ультразвукового обследования / ОАО «Концерн Росэнергоатом». – Москва, 2011.

Optimization and Improvement of the Process of Diagnostics of Electric Drive Valves During Diagnostics at NPP Power Units Under Construction

Z.O. Kavrishvili¹, V.L. Rachkov²

Rostov branch «Rostovatomtechenergo» of JSC «Atomtechenergo», Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360

¹*e-mail: zokavrishvili@roate.ru*

²*e-mail: vlrachkov@roate.ru*

Abstract – The article discusses the need for technical diagnostics of electric drive stop valves, and there are presented applied methods for evaluating the technical condition. In addition, an approach to the organization of commissioning works related to the configuration of electric drive valves is revealed, based on their combination with diagnostic support, which allows to improve the quality and efficiency of Autonomous and complex commissioning, as well as to increase the effectiveness of technical management of hydraulic tests and reduce their duration.

Keywords: electric drive valves, technical diagnostics, technical condition assessment, commissioning, efficiency, autonomous commissioning, complex commissioning.

УДК 621.039.58:621.311.25

СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС

А.В. Лисовой

Филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск, Ростовская обл., Россия

В работе представлены защитные системы, обеспечивающие безопасную работу АЭС. Утверждается, что одним из путей совершенствования систем безопасности АЭС является уменьшение доли энергозависимых (активных) систем безопасности в пользу пассивных систем.

Ключевые слова: системы безопасности АЭС, пассивные системы безопасности реакторной установки, ловушка расплава.

Today, there are such security systems as: protective, localizing, controlling and providing. Security systems are operated, maintained and repaired in accordance with specially developed regulations and instructions, and are regularly checked by regulatory authorities (such as Rostekhnadzor).

An example of a passive safety system of the latest modification of the VVER reactor is just a «melt trap» (or a device for locating the core melt). Actually, the «passivity» of the system is determined by the fact that the «capture in the trap» occurs without the participation of the human factor – only under the influence of gravity.

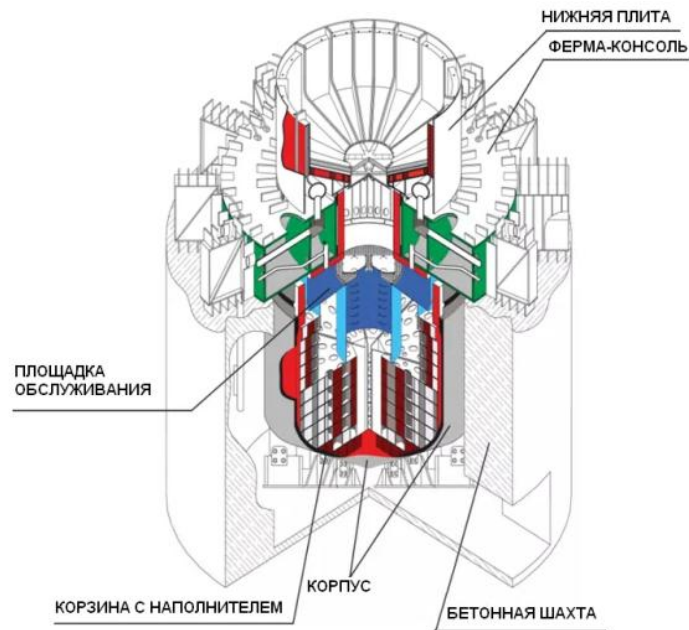


Fig. 1 – Melt localization device

Inside the melt trap is a special compound with the poetic name «sacrificial material», which includes iron oxide and boric acid. The «sacrificial material» of the trap is designed to instantly muffle the reaction.

Protective security systems

The main protective systems of VVER-1000 type reactors are: the reactor emergency shutdown system, the core emergency cooling system, and the first and second circuit protection system against overpressure.

Emergency shutdown of VVER-1000 type reactors is performed by two independent systems: the Electromechanical control and protection system (CPS) and the boron input system.

The main elements of CPS are working bodies in the form of rods containing a neutron absorber (boron carbide) and step electromagnetic drives. Lowering of the working bodies into the core occurs under its own weight when the power supply is removed from the electromagnetic drive by an emergency signal.

The second reactor emergency shutdown system is the boron emergency input system, which supplies boric acid with a concentration of 40 g / kg with high-pressure pumps to the cold pipeline of the main circulation pipeline from the emergency boric acid storage tanks.

Managing and providing security systems

Control systems initiate actions of protective and localizing security systems, control and control when they perform the specified functions. The control systems are part of the automated process control system of the NPP.

Providing systems supply protective, localizing and controlling security systems with energy and working environment, and create conditions for their functioning.

Passive security systems

One of the ways to improve NPP safety systems is to reduce the share of energy-dependent (active) safety systems in favor of passive systems.

Increasing reliability is achieved not only due to the fact that passive systems are usually simpler in design, and therefore more reliable than active systems, but mainly because there is no need for branched control and support systems (power supply system, ventilation and air conditioning system, etc.), i.e. in auxiliary systems that accompany active systems. Along with the branching and complexity of control systems, they are also subject to various types of external influences, the most dangerous of which are fire, flooding, erroneous actions of personnel during inspections, repairs of systems, as well as in the

management process. The operation of passive security systems does not depend on the qualifications of personnel and external circumstances, and is subject only to the fundamental laws of nature.

Passive safety systems of the VVER-TOI reactor plant

The latest modification of VVER-type reactor installations is currently the VVER-TOI reactor plant. The VVER-TOI project is a typical, optimized and computerized project for a two-unit nuclear power plant with a VVER-1300 generation III + reactor. The project was developed between 2009 and 2012.

The VVER-TOI project takes into account all the long-term experience of construction and operation of nuclear power plants with VVER reactor installations both in Russia and abroad. One of the main directions of optimization of VVER-TOI design and technical solutions in comparison with previous VVER projects was the further development of passive security systems.

Composition of passive safety systems of the VVER-TOI reactor plant:

- passive part of emergency core cooling system (hydraulic tank of the CECS);
- system of a passive Gulf of active zone (the system of the hydraulic tank of the second stage);
- water supply system of the holding pool in the first circuit;
- passive heat removal system from steam generators (SPOT system);
- primary circuit over-pressure protection system;
- second circuit over-pressure protection system;
- high-speed reduction unit;
- emergency gas removal system;
- emergency power supply system (batteries);
- passive filtration system for leaks from the inner shell.

The combination of passive and active safety systems envisaged in the VVER-TOI project ensures that the core is not destroyed for at least 72 hours from the beginning of a severe beyond-design accident in any scenario of its development, and the technical solutions of the project guarantee the transition of the reactor plant to a safe state in any combination of initial events.

REFERENCES

1. Bakhmetyev, A. M., Fundamentals of safety of nuclear power plants. – Nizhny Novgorod: publishing house of NSTU, 2006. 172 p.
2. Asmolov V. G. Blinkov V. N., Kovalevich O. M. Fundamentals of nuclear power plant safety. Moscow: publishing house of the Moscow Institute of Economics. 2010. 96 p.

NPP Safety System

A.V. Lisovoy

*JSC «AEM-technology» «ATOMMASH» in Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
e-mail: Lisovoy_av@atom mash.ru*

Abstract – The paper presents protective systems that ensure the safe operation of nuclear power plants. It is argued that one of the ways to improve NPP safety systems is to reduce the share of volatile (active) safety systems in favor of passive systems.

Keywords: NPP safety systems, passive reactor plant safety systems, melt trap.

ЗАДАЧИ ЦИФРОВИЗАЦИИ РЕМОНТНЫХ КАМПАНИЙ, ПРОВОДИМЫХ НА ОБЪЕКТАХ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В.Н. Никифоров, О.Ю. Пугачёва, Н.Н. Подрезов

НИИ АЭМ, Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

В статье коллективом авторов рассматриваются некоторые аспекты решения задач цифровизации по одному из направлений, а именно «Цифровая АЭС». В частности, рассматривается специфика перехода к надёжно-ориентированным (reliability centered maintenance – RCM) методикам проведения ремонтных кампаний, особенностью которых является оперативность получения, обработки, хранения и выдачи больших массивов данных в сочетании с оперативным выполнением процедур прогнозного анализа и детерминированного моделирования (преддиктивная аналитика).

Ключевые слова: RCM (Reliability Centered Maintenance) надёжно-ориентированные методики, техническое обслуживание и ремонт (ТОиР), объект использования атомной энергии (ОИАЭ), надёжность, ресурс, отказ, цифровизация, планово-предупредительный ремонт (ППР), диагностика.

В настоящее время отечественные объекты ядерной энергетики, представляющие собой наиболее интеллектуализированные производства, обладающие развитой инфраструктурой и высоким уровнем автоматизации, имеют значительные преимущества перед другими представителями электроэнергетического дивизиона Государственной корпорации (ГК) «Росатом» для успешного динамичного прохождения процедур цифровизации.

Летом 2018 г. главой ГК «Росатом» был подписан приказ, в котором поставлена задача разработки Программы цифровизации Электроэнергетического дивизиона. К настоящему времени Концерном «Росэнергоатом» в целом основные вопросы программы уже сформированы. В рамках реализации Программы было несколько направлений деятельности для осуществления цифровизации. Необходимость поддержания на протяжении всего жизненного цикла проектного уровня надёжности и безопасной эксплуатации сложного, наукоёмкого и радиационно-опасного промышленного объекта требует комплексного подхода к решению задач цифровизации, учитывающего эксплуатационную цикличность режимов работы энергоблоков АЭС.

The Tasks of Digitalization of Repair Campaigns, Conducted at Nuclear Power Facilities

V.N. Nikiforov, O.Yu. Pugacheva, N.N. Podrezov

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
Lenin St., 73/94, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
e-mail: nii_energomash@mail.ru*

Abstract – In this article the team of authors examines some aspects of solving the problems of digitalization in one direction «Digital nuclear power plant». In particular, we consider the specifics of the transition reliability centered maintenance – methods of repair campaigns, the peculiarity of which is the efficiency of obtaining, processing, storage and issuance of large amounts of data in combination with the operational implementation of the procedures of predictive analysis and deterministic modeling (predictive Analytics).

Keywords: reliability centered maintenance techniques, maintenance and repair, a object of nuclear energy use, reliability, resource, failure, digitalization, preventive maintenance, diagnostics.

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ПАРОГЕНЕРАТОРА АТОМНОЙ СТАНЦИИ

Е.Д. Пестова^{*}, Ю.А. Мефедова^{}**

^{}«Балаковоатомэнергоремонт» – филиал АО «Атомэнергоремонт», Балаково, Саратовская обл., Россия*

*^{**}Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (БИТИ НИЯУ МИФИ), Балаково, Саратовская обл., Россия*

В работе рассмотрена имитационная модель цифровой системы автоматического регулирования уровня парогенератора ПГВ-1000 атомной станции, разработанная в программном продукте Matlab в среде визуального моделирования Simulink.

Ключевые слова: парогенератор, цифровая система автоматического регулирования, регулирование уровня, ПИД-регулятор.

Одной из важнейших задач безопасности атомных станций является своевременная и оптимальная наладка и эксплуатация автоматизированного оборудования. Современные автоматизированные системы имеют регулирование с использованием обратных связей и сложения трех составляющих регулятора: пропорциональной, интегральной и дифференцирующей. Для правильной эксплуатации и пуска систем автоматического регулирования (САР) на энергоблоках атомных станций необходимо рассчитывать коэффициенты ПИД-регулятора (ПИД-контроллера). Одним из способов их расчета является использование компьютерного имитационного моделирования. Имитационная модель цифровой САР позволяет точно определять ПИД-коэффициенты, и при необходимости, скорректировать переходный процесс, изменяя технологические параметры. Преимущество такого подхода заключается в гибкости и простоте использования имитационной модели.

Цифровая система автоматического регулирования уровня парогенератора ПГВ-1000 является трехимпульсной и представляет собой систему с обратными связями, как по уровню, так и по расходам питательной воды и пара. В качестве исполнительного устройства используется механизм электрический однооборотный с регулирующим клапаном, который изменяет расход питательной воды в подающий трубопровод. Модель объекта регулирования разработана на основании системы дифференциальных уравнений, учитывающих кинетическую работу перемещения подпиточной, продувочной воды и пара, работу гравитационных сил для воды и пара в парогенераторе, гидродинамическую работу подпиточной, продувочной воды и пара в паропроводе, термическую работу нагрева воды, пара и парообразования [1].

На рисунке 1 представлена имитационная модель цифровой САР уровня парогенератора, реализованная в Matlab/Simulink с шагом дискретизации 0,1 с. Ранее была разработана и оптимизирована с помощью Simulink-блока Check Custom Bounds имитационная модель непрерывной системы автоматического регулирования [2].

В ходе оптимизации задавались допустимые границы коридора переходного процесса по уровню и определялись соответствующие коэффициенты ПИД-регулятора. При переходе к цифровой системе в модель добавлен экстраполятор нулевого порядка и цифровой ПИД-регулятор.

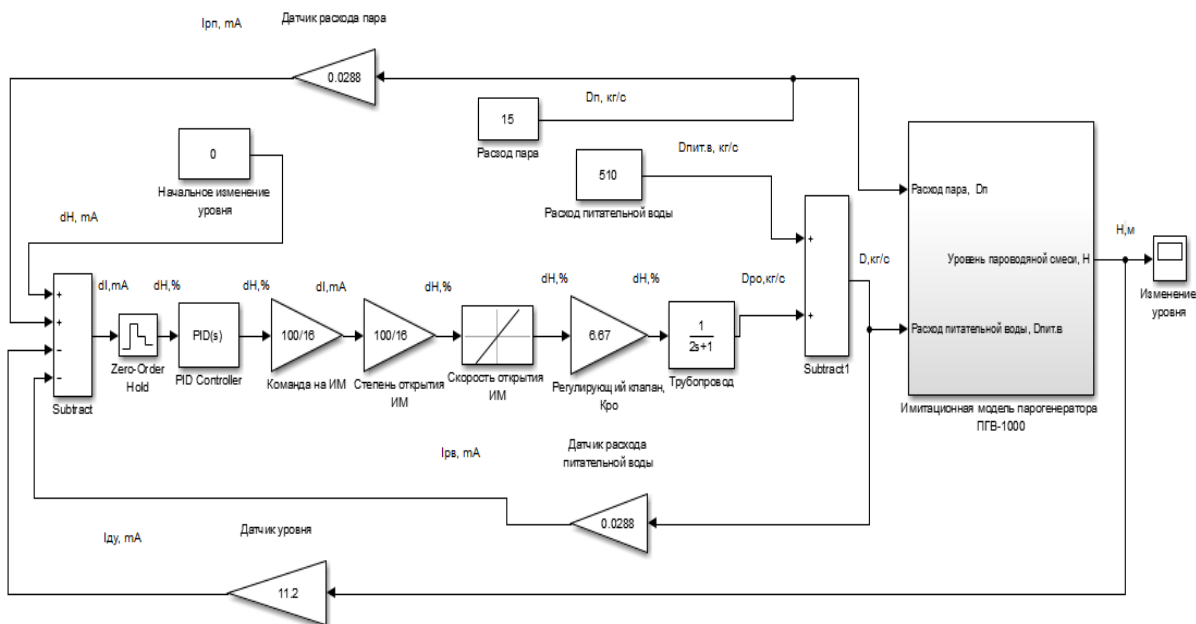


Рисунок 1 – Имитационная модель ЦСАР уровня в парогенераторе

В таблице 1 представлены характеристики переходных процессов непрерывной и цифровой системы (максимальное отклонение и время регулирования) при соответствующих параметрах ПИД-регулятора.

Таблица 1 – Характеристики переходных процессов при различных параметрах ПИД-регулятора

Тип системы	Параметры ПИД-регулятора			Характеристики переходного процесса	
	П	И	Д	Максимальное отклонение уровня Н, м.	Время регулирования t, с.
Непрерывная система	1	0,25	0	0,74	400
Непрерывная оптимизированная система	1,0681	0,282	0	0,5	180
Цифровая система	1,068	1,04	0	0,33	80

Из данной таблицы можно сделать вывод, о том, что САР чувствительны к изменениям ПИД-коэффициентов и оптимальной является цифровая система.

Особенность имитационных моделей заключается в простоте и наглядности проведения исследований при изменении возмущающих воздействий и параметров элементов системы. Для наглядности и просты понимания разработанной ЦСАР пропишем маски для каждого элемента, предварительно объединив в подсистемы отдельные блоки: регулирующее устройство, исполнительный механизм с трубопроводом, парогенератор, датчики уровня, расхода воды и пара. На рисунке 2 представлен пример подсистемы для исполнительного механизма.

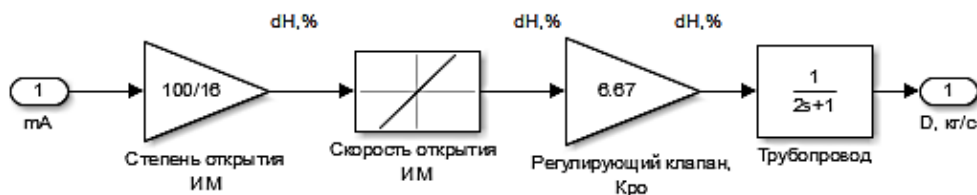


Рисунок 2 – Подсистема исполнительного механизма

В настройках параметров Mask прописываем для каждого элемента путь к соответствующему изображению [3]. Имитационная модель с добавлением масок для подсистем представлена на рисунке 3.

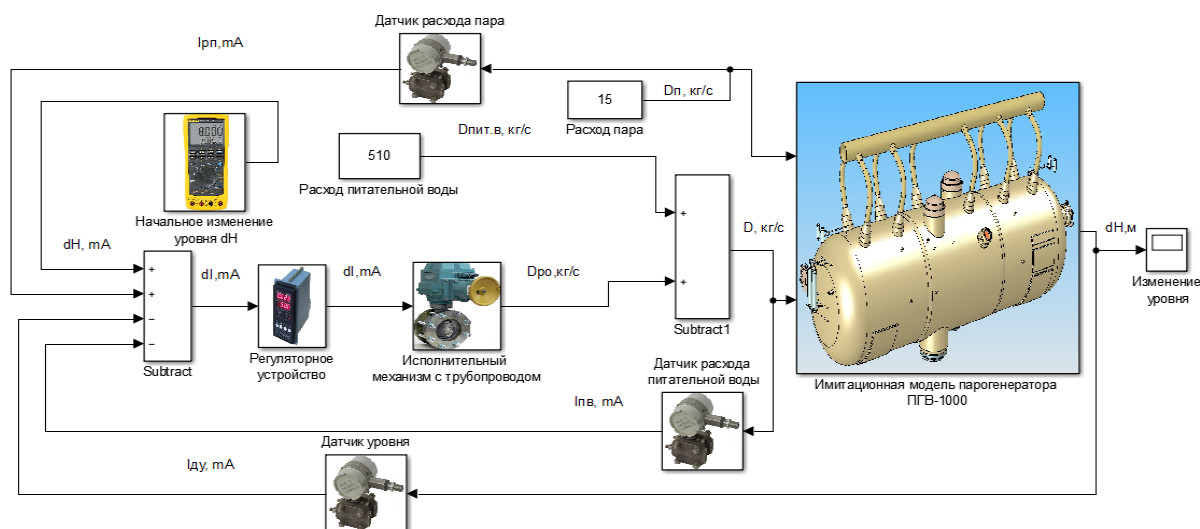


Рисунок 3 – Имитационная модель ЦСАР уровня с масками

Разработанная имитационная модель цифровой САР уровня в парогенераторе позволяет наглядно проводить исследования по влиянию управляющих и возмущающих воздействий на статические и динамические характеристики регулируемого параметра, а также влияние на них параметров цифрового ПИД-регулятора. Пропорциональная и интегральная составляющие последнего для системы регулирования уровня в большей степени удовлетворяют условиям регулирования данного технологического процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мефедова, Ю. А. Разработка модели парогенератора атомной станции / Ю. А. Мефедова, Е. Д. Пестова // Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий: сб. трудов III Международной научно-практ. конференции. – Москва : НИЯУ МИФИ; Балаково : БИТИ НИЯУ МИФИ. – 2017. – С. 186-189.
2. Мефедова, Ю. А. Разработка и исследование имитационной модели САР уровня парогенератора атомной станции / Ю. А. Мефедова, Е. Д. Пестова // Сборник трудов V Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – Москва : НИЯУ МИФИ; Балаково : БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – С. 250-255.
3. Дьяконов, В. П. VisSim+Mathad+Matlab. Визуальное математическое моделирование / В. П. Дьяконов. – Москва : Солон-Пресс, 2004. – 384 с.

The Development of a Simulation Model of a Digital System of Automatic Control of The Level of a Nuclear Power Plant Steam Generator

E.D. Pestova¹, Y.A. Mefedova²

«Balakovoatomenergoremont» – the branch of JSC «Atomenergoremont», Balakovo

²Balakovo Institute of Engineering and Technology of the National Research Nuclear University MEPhI (BITI MEPhI), Balakovo, Russia

¹e-mail: jane-pestova@mail.ru

²e-mail: YAMefedova@mephi.ru

Abstract – The paper considers a simulation model of a digital system of automatic control of the level of the steam generator PGV-1000 of a nuclear power plant, developed in the Matlab software product in the Simulink visual modeling environment.

Keywords: steam generator, digital automatic control system, level control, PID controller.

ТЕХНОЛОГИЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ВОДЫ НА ОСНОВЕ ДИСКОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

А.С. Лаптев*, А.А. Шимоняк*

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом – «Ростовская атомная станция», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

Работа рассматривает вопрос повышения эффективности, действенности и надёжности оборудования фильтроустановок Ростовской АЭС – ХВО и ДОУ 1-4 с помощью внедрения систем дисковой фильтрации в цикл очистки воды Ростовской АЭС.

Ключевые слова: ВХР, Химводоочистка, фильтрация, сульфогли, обессоливание, прозрачность.

На Ростовской АЭС приготовление химически обессоленной воды высокой чистоты для первичного заполнения контуров и для последующей их подпитки проводят на установках ХВО и ДОУ, используя исходную воду – воду из Цимлянского водохранилища.

В настоящее время действует три схемы получения обессоленной воды (рис. 1):

I способ – установка ХВО, в состав которой входит осветлитель, механические фильтры, ионообменная цепочка, фильтр смешанного действия.

II способ – установка ДОУ, состоящая из дистилляционной испарительной установки, работающей по схеме 10-ступенчатой выпарки с прямоточным питанием по воде и пару, и фильтра смешанного действия.

III способ – совместная работа установок ХВО и ДОУ.

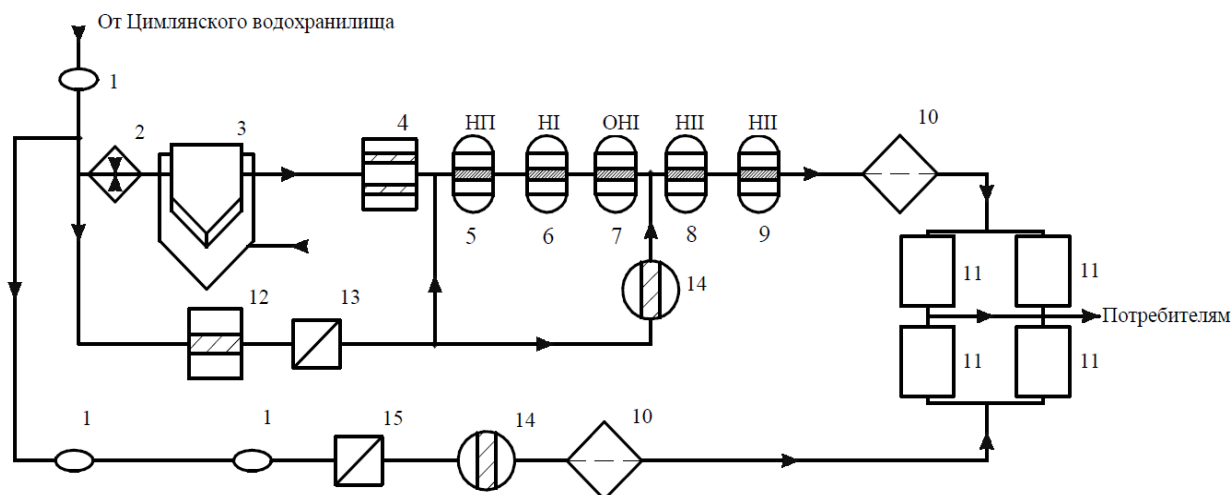


Рисунок 1 – Действующая схема получения химически обессоленной воды: 1 – фильтр Таргоге, 2 – подогреватель сырой воды, 3 – осветлитель, 4 – механический фильтр, 5 – фильтр Н-катионитовый предвключенный, 6 – фильтр Н-катионитовый I ступени, 7 – фильтр ОН-катионитовый I ступени, 8 – фильтр Н-катионитовый II ступени, 9 – фильтр ОН-катионитовый II ступени, 10 – фильтр смешанного действия, 11 – бак запаса конденсата, 12 – механический фильтр, 13 – испарительная установка ДОУ 1-4, 14 – фильтр, 15 – испарительная установка ДОУ 5-8

Вода Цимлянского водохранилища находится в постоянном контакте с атмосферой, почвой и недрами земли и представляют собой различающиеся по составу растворы минеральных веществ, газов и органических соединений, что влияет также на прозрачность исходной воды.

Кроме растворенных солей вода всегда содержит нерастворенные примеси, которые принято называть взвешенными веществами. Природа взвешенных частиц может быть различная: песок и речной ил, пылевые частицы, попадающие в водохранилище, соли жесткости, отмывающиеся с поверхности оборудования, частицы оксида железа. Отложения взвешенных частиц могут приводить к опасной и трудно контролируемой подповерхностной коррозии на ТОП ТОО.

Работа технологической схемы установки ДОУ 1-4 предусматривает термическую очистку исходной воды на механических фильтрах с последующей обработкой на дистилляционных обессоливающих установках и на цепочке ионообменных фильтров.

Эффективная и надёжная работа технологической схемы установки ДОУ 1-4 зависит от качества предварительной очистки исходной воды и последующего ведения ВХР.

Обессоливание природной воды методом термической дистилляции приводит к образованию на теплообменных поверхностях технологического оборудования накипи. Действующая стабилизация воды в установке ДОУ 1-4 с добавлением ингибиторов (антинакипинов) позволяет значительно снижать скорость процесса образования отложений на ТОП оборудовании, однако скорость обрастания остаётся достаточной высокой, чтобы в период трёх месяцев потребовалась кислотная промывка с использованием сульфаминовой кислоты и реагента «Дескам» (или эквивалент) для восстановления производительности установки.

В технологическом цикле ХВО предусматриваются очистка исходной воды от механических примесей в механических фильтрах, а также ионная очистка в анионитовых и катионитовых фильтрах. В механическом фильтре, который заполняется антрацитом, отделяются взвешенные вещества, имеющие основное влияние на прозрачность воды. Далее вода очищается в несколько приёмов на ионообменных фильтрах.

Действующие фильтры типа ФИПа, установленные в технологических цепочках ХВО и ДОУ 1-4, с загрузкой сульфоуглём подвержены быстрому истощению фильтроресурса, деградации фильтрозагрузки в ходе работы, а также имеют эргономические недостатки, осложняющие обслуживание оперативным персоналом.

Критерий вывода установленных механических фильтров на промывку – уменьшение прозрачности фильтрата менее 90%, определяемое фотометрическим методом. Обработка воды в цикле работы осветлителя и механических фильтров приводит к улучшению качества исходной воды по критерию прозрачности, однако недостаточно, что приводит к эксплуатационным недостаткам установленных механических фильтров. Практические характеристики фильтра в случае загрязнения фильтрозагрузки резко снижаются (вплоть до 50% падения расхода) относительно расчётных эксплуатационных режимов работы, что прямо влияет на эффективность и экономичность работы установок ХВО и ДОУ 1-4.

Отключение фильтра на промывку производится согласно регламенту, что представляет собой классическую промывку обратным током «снизу-вверх» через слой фильтрозагрузки. Восстановление фильтрующей способности для механических насыпных фильтров, применяемых на Ростовской АЭС до абсолютных значений начала эксплуатации невозможно, в связи с естественной пористостью фильтроматериала и его связующими свойствами.

Основной проблемой насыпных механических фильтров является сложность их очистки от загрязнений и большие трудо- и времязатраты на восстановление фильтрующей способности.

На замену установленным механическим фильтрам типа ФИПа с загрузкой сульфоуглём рассматривались:

- дисковые механические фильтры;
- барабанные механические фильтры;

- системы обратного осмоса и ультрафильтрации.

Основываясь на данных, полученных в ходе эксплуатации системы дисковой фильтрации на ТЭС с аналогичным или близким качеством исходной воды, оптимальным вариантом было принято использование дисковых фильтров с возможностью автоматической обратной промывки.

Система дисковой фильтрации предлагается к установке взамен действующим механическим фильтрам, установленным в технологических схемах ХВО и ДОУ 1-4.

В установке ХВО во время эксплуатации данной системы ожидается:

- увеличение критерия прозрачности до 95%;
- уменьшение эксплуатационных расходов;
- увеличение работоспособности технологической схемы;
- увеличение фильтроцикла (фильтроресурса) ионообменных фильтров (Н-предвключёного) на 5-9%.

В установке ДОУ 1-4 из-за условий эксплуатации технологической схемы ожидается:

- снижения расхода на собственные нужды до 63% на максимальной производительности;
- снижению содержания взвешенных частиц перед испарительной установкой;
- снижение расхода реагентов на химические промывки на 15-20%;
- увеличение коэффициента чистоты и уменьшения термического сопротивление трубок конденсатора.

Дисковая фильтрация имеет следующие преимущества на рынке относительно иных систем фильтрации:

- низкая стоимость и дешевизна эксплуатации;
- меньшие габариты;
- меньшие времени и трудозатраты на обслуживание;
- полное восстановление фильтрующей способности после промывки.

В связи с малым распространением систем фильтрации дискового типа на АС требуется дополнительная оценка влияния на безопасность АС, ФХХ сред АС и межремонтные интервалы ТОО АС.

Внедрение системы фильтрации с дисковыми фильтрами в установки ХВО и ДОУ 1-4 взамен действующих засыпных механических фильтров позволит снизить эксплуатационные расходы на 35-40%. Таким образом, повысив эффективность и надёжность работы очистительных установок.

Technology of Water Stabilization Based on Disc Filtration

A.S. Laptev¹, A.A. Shimonyak²

Rosenergoatom JSC – Rostov NPP, Volgodonsk, Rostov region, Russia

¹*e-mail: laptev-as@vdnpp.rosenergoatom.ru*

²*e-mail: anya-annetta.anya@yandex.ru*

Abstract – This paper adreeses the issue of enhancing the efficiency, effectiveness and equipment reliability of Rostov NPP filtering units – HVO and DOU 1-4 due implementing of disc filtration units in Rostov NPP water treating cycle.

Keywords: NPP, Chemistry condition, filtration, carbon, desalting, transparency.

СЕКЦИЯ 2

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И РАДИОЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС**

УДК 504:621.039:664

**АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ТЕРРИТОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ РОСТОВСКОЙ АТОМНОЙ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

К.С. Аксенова, И.А. Бубликова, О.Ф. Цуверкалова

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

В работе проведено исследование по оценке влияния Ростовской АЭС на радиационные параметры территории ее размещения. Результаты исследования могут быть полезны населению региона, опасаящемуся негативных последствий эксплуатации атомной станции, и специалистам в области радиационной экологии.

Ключевые слова: Ростовская АЭС, регион размещения, суммарная β -активность выпадений, погодные факторы, планово-предупредительные ремонты.

Цель работы: установить наличие влияния эксплуатации Ростовской АЭС на радиационные характеристики территории ее размещения.

В данной работе использовались результаты государственного мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и производственного контроля метеопараметров. Был использован регрессионный и статистический анализ данных в MS Excel.

Первоначально была выдвинута гипотеза о влиянии эксплуатации Ростовской АЭС таким образом, что при изменении устойчивости ветра, дующего от атомной электростанции, соответственно меняется динамика суммарной бета-активности атмосферных выпадений. Помимо этого, при наличии осадков вблизи Ростовской АЭС, максимальное количество исследуемого параметра будет осаждаться возле радиационного объекта

В качестве одного из анализируемых параметров была выбрана суммарная β -активность атмосферных выпадений. Был выполнен анализ среднемесячных суточных величин $\Sigma\beta$ активности выпадений в приземном слое воздуха в пяти населенных пунктах, расположенных на разной удаленности от Ростовской АЭС, по-разному ориентированных от атомной станции по сторонам света. Анализ данных выполнялся для следующих территорий: г. Ростов-на-Дону [1], г. Волгоград [1], г. Котельниково [5], п. Зимовники [5], г. Цимлянск [5]. Зависимость $\Sigma\beta$ активности выпадений была исследована по двум метеорологическим факторам: устойчивость направления ветра [4] и среднемесячное количество осадков [4]. Период анализа динамики данных с января 2009 г. по декабрь 2018 года. Пример динамики данных для г. Волгоград представлен на рисунке 1.

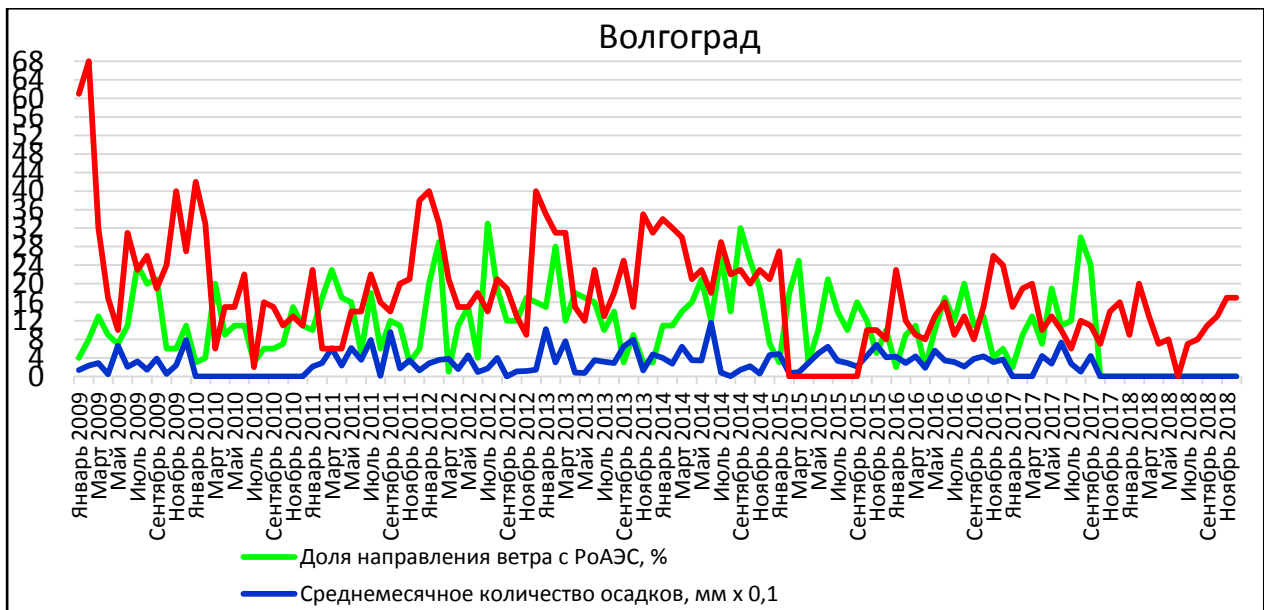


Рисунок 1 – Зависимость суммарной бета-активности атмосферных выпадений от устойчивости ветра (%) и количества осадков (мм), Бк/(м² x сут.)

Проверка предполагаемых гипотез проводилась с помощью регрессионного анализа. Уравнения трендов оказались статистически не значимы.

С позиции консервативного подхода, используемого в атомной энергетике, был выполнен анализ не только среднемесячных, но и максимальных суточных величин $\Sigma\beta$ активности атмосферных выпадений. Показатели рассматривались по тем же населенным пунктам за тот же период времени. Характер динамики данных по максимальным значениям $\Sigma\beta$ активности атмосферных выпадений повторяет динамику среднемесячных значений.

Помимо суммарной бета-активности выпадений были проанализированы объемные активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в приземном слое воздуха в г. Цимлянск [5], в сравнении с допустимыми объемными активностями (ДОА) [3]. Период анализа динамики данных с 2005 по 2018 гг. Пример динамики данных представлен на рисунке 2.

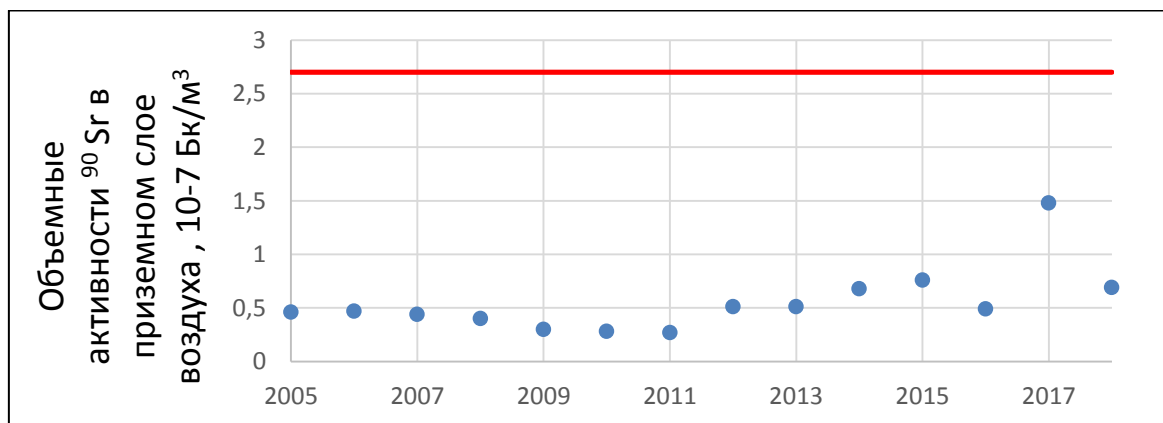


Рисунок 2 – Динамика объемной активности ^{90}Sr в приземном слое воздуха в г. Цимлянск

Регрессионный анализ данных позволил получить следующие выводы: уравнение регрессии для ^{90}Sr статистически значимо, модель является надежной. Прослеживается тенденция к увеличению параметра во времени. Уравнений тренда для ^{137}Cs статистически не значимо.

Большая часть годовых выбросов радионуклидов с эксплуатирующийся атомной станции приходится на период планово-предупредительных, капитальных и внеплановых ремонтов (ППР), на время энергетических пусков энергоблоков. Был

выполнен анализ среднемесячных суточных величин суммарной β -активности атмосферных выпадений в периоды пусков блоков и ППР [2] за тот же период по тем же населенным пунктам.

Для проверки гипотезы также использовался регрессионный метод анализа данных. По полученным уравнениям регрессии можно сделать вывод об отсутствии зависимости исследуемого показателя региона от метеоусловий в период проведения планово-предупредительных ремонтов.

В результате исследования можно сделать вывод: влияние эксплуатации Ростовской АЭС на радиационные характеристики региона ее размещения не обнаружено. Зависимость между погодными условиями на промплощадке АЭС и суммарной β -активностью атмосферных выпадений населенных пунктов региона не выявлена. Зависимость исследуемого показателя региона от метеоусловий в период проведения планово-предупредительных ремонтов не выявлена. Объемные выпадения радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr находятся ниже допустимых удельных активностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Единая государственная автоматизированная система мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации / Справки, ежегодники по загрязнению ОС. – URL : <http://egasmro.ru> (дата обращения: 15.02.2020).
2. Отчеты по экологической безопасности Ростовской АЭС. – URL : http://rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-rostovskoy-aes/bezopasnost-i-ekologiya/ekologicheskie-otchety/ (дата обращения: 20.02.2020).
3. Санитарные правила и нормативы: СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): 2.6.1. ионизирующее излучение, радиационная безопасность. – Москва, 2009. – 225 с.
4. Технические отчеты АО ИК «АСЭ» «О натуральных гидрометеорологических наблюдениях» за 2009- 2018 гг. – Волгодонск : Ростовская АЭС.
5. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды / Научно-производственное объединение «Тайфун» // Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств. – URL : <http://egasmro.ru/ru/data/overall/anrep/radsituation> (дата обращения: 16.02.2020).

Analysis of the Dynamics of the Radiation Characteristics of the Territory of the Rostov Nuclear Power Plant

K.S. Aksenova¹, I.A. Bublikova², O.F. Tsuverkalova³

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPHI»,
Lenin St., 73/94, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360*

¹*e-mail: kseniya.08.26.2014@gmail.com*

²*e-mail: IABublikova@mephi.ru*

³*e-mail: OFTsuverkalova@mephi.ru*

Abstract – A study was conducted to assess the impact of the Rostov NPP on the radiation parameters of its location. The results of the study may be useful to the population of the region, fearing the negative consequences of the operation of the nuclear power plant, and to specialists in the field of radiation ecology.

Keywords: Rostov NPP, location region, total β -activity of precipitation, weather factors, preventive maintenance.

СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КСЕНОНОВОГО ДЕТЕКТОРА *

В.М. Демин, Е.М. Колодин, М.П. Панин

Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия

Методом Монте-Карло рассчитаны аппаратурные спектры гамма-излучения радиоактивного загрязнения ^{137}Cs с различным распределением активности по глубине. Рассмотрен спектрометр на основе Хе высокого давления. Показана возможность идентификации типа загрязнения (поверхностное/заглубленное) с помощью сравнения спектральной функции в фотопике и области между фотопиком и краем комптоновского распределения.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, аппаратурный спектр, спектрометрия ионизирующих излучений, радиационная авария, радиационная безопасность.

Определение характеристик радиоактивного загрязнения грунта или строительных конструкций вследствие радиационной аварии является неотъемлемой частью работ по ликвидации ее последствий. К важнейшим таким параметрам относится активность, приходящаяся на единицу площади, радионуклидный состав и распределение активности по глубине. Информация о степени проникновения загрязнения вглубь грунта или материала дает возможность принять адекватное решение о мерах по их дезактивации.

Экспресс-оценка состава загрязнения гамма-излучающими нуклидами успешно решается методами гамма-спектрометрии. При известном радионуклидном составе загрязнения и геометрически простой форме пятна загрязнения, которое сразу после аварии можно считать поверхностным, измерение поля излучения дает однозначный ответ об уровне загрязнения поверхности. В отсутствие достоверной информации о степени проникновения загрязнения вглубь конструкций или грунта однозначность измерения активности, сосредоточенной на единице площади, утрачивается.

Определение параметров заглубления загрязнения может быть достигнуто анализом соотношения площадей пика полного поглощения и области спектра («долины») между фотопиком и правым краем комптоновского распределения. Заполнение каналов в «долине» происходит, главным образом, за счет малоуглового рассеяния фотонов в слоях грунта выше источника. Вероятность такого рассеяния растет по мере заглубления источника. Этот прием известен как метод «пик/долина» [1]. Однако на простых сцинтилляционных спектрометрах его реализация на затруднена в силу невысокого разрешения.

В настоящей работе применение данного метода смоделировано для спектрометра на основе Хе высокого давления [2] с плотностью 3 г/см^3 . Данный детектор, обладая разрешением около 2% по линии ^{137}Cs , занимает промежуточное положение между сцинтилляционными и полупроводниковыми спектрометрами. При этом он существенно дешевле полупроводниковых спектрометров и не требует охлаждения.

Моделируемый в настоящей работе детектор содержал около 640 г рабочего вещества и имел почти цилиндрическую форму. Он располагался на высоте 1 м от исследуемой поверхности и ориентировался вертикально. Его боковая поверхность закрывалась коллиматором, так что излучение падало только на его торец, обращенный к поверхности.

В качестве радионуклида, формирующего загрязнение, рассмотрен ^{137}Cs . Размеры пятна загрязнения считались бесконечными, а распределение активности по

поверхности – равномерным. Исследовались два типа источников: поверхностный и равномерно распределенный в слое толщины h .

Расчет аппаратурного спектра выполнен методом Монте-Карло в два этапа. Сначала одномерной программой рассчитывалось энергоугловое распределение, которое затем было использовано в качестве источника для моделирования в трехмерной геометрии взаимодействия излучения с рабочим телом и конструкциями детектора. Рассчитанные спектры пропущены через фильтр, имитирующий конечное разрешение спектрометра.

На рисунке 1 приведены полученные аппаратурные спектры для различной глубины распределения ^{137}Cs , в том числе и для поверхностного источника в слое толщиной $h = 0$. Спектры нормированы на значение в вершине фотопика.

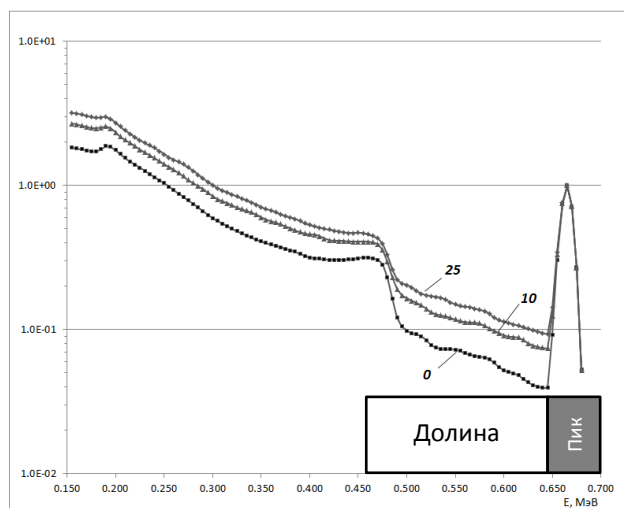


Рисунок 1 – Аппаратурные спектры для загрязнения с различной толщиной заглубления в грунт (см)

Видно, что в области «долины» между краем комптоновского распределения и пиком полного поглощения (500 – 640 кэВ) чувствительность к заглублению источника максимальна. Отношения площадей «пик/долина» для поверхностного ($h = 0$) источника и равномерно распределенного в слое $h = 10$ см, отличаются в 1,7 раза, а внутри слоя $h = 25$ см – в 2,1 раза.

Скорость счета в каналах «долины» в 5 – 30 раз ниже, чем в максимуме фотопика, поэтому для получения статистически достоверной величины отношения важно максимально использовать ширину «долины», которая для линии ^{137}Cs в идеальном спектрометре с нулевым разрешением составила бы 184 кэВ. Реальное разрешение ксенонового спектрометра оставляет для нее ширину около 140 кэВ. Для сцинтилляционного спектрометра с разрешением 8% на 662 кэВ «долина» практически отсутствует (около 10 кэВ).

Полученная высокая чувствительность отношения «пик/долина» к степени заглубления источника, а также большая протяженная область «долины», обеспеченная хорошими спектрометрическими характеристиками Хе-детектора, доказывает возможность экспрессной оценки степени заглубления радиоактивного загрязнения с помощью анализа аппаратурного спектра вблизи пика полного поглощения.

**Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (уникальный идентификатор проекта RFMEFI61419X0003).*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zombori P., Andradi A., Nemeth I. A New Method for the Determination of Radionuclide Distribution in the Soil by In Situ Gamma-Ray Spectrometry. International Atomic Energy Agency (IAEA), IAEA-AL-088 report, 1995, – 33 p.
2. Перспективы использования ксеноновых гамма-спектрометров для экологического мониторинга С.Е. Улин [и др.] // Экологические системы и приборы. – 2010. – № 7. – С. 3-10.

Spectrometric Characterization of Radioactive Contamination Using a Xenon Detector

V.M. Demin, E.M. Kolodin, M.P. Panin¹

National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia

¹e-mail: mppanin@mephi.ru

Abstract – The Monte Carlo method is used to calculate the pulse height spectra of ¹³⁷Cs radioactive contamination with various distribution of activity by depth. A high-pressure Xe-based spectrometer is considered. The possibility to identify the type of contamination (surface/deep) by analyzing spectrum shape in photopeak vicinity is demonstrated.

Keywords: radioactive contamination, pulse height spectrum, gamma rays spectrometry, radiation accident, radiation safety

УДК. 681.5:621.37:534.321.9:502

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ИЗ ПОДВОДНОГО ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ИЗМЕРЕНИИ ПРИДОННОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ В ГЛУБОКОВОДНЫХ АКВАТОРИЯХ

А.П. Елохин*, А.А. Василенко*, С.Е. Улин*, С. Юксеклер**, М. Юксеклер**

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

**АО АККУЮ НУКЛЕАР, Мерсин, Турция

В статье представлено исследование системы автоматизированного управления подводного радиоуправляемого беспилотного аппарата (в рамках макета), осуществляющего радиационный контроль придонных областей глубоководных акваторий (глубиной больше 10 м), и система построения канала связи между оператором и аппаратом. Радиационный контроль осуществляется стандартным методом с использованием спектрометрического, дозиметрического оборудования и эхолота, располагающихся на подводном аппарате. Построение канала связи с объектом, расположенным на земле, осуществляется двумя способами: в воде – путём передачи информации посредством ультразвука до буферного устройства, плавающего на поверхности акватории, и через него, путём ретрансляции – оператору на берег по радиоканалу. Управление подводным аппаратом осуществляется в обратном порядке: от оператора до буферного устройства – по радиоканалу, с последнего до подводного аппарата – путём ретрансляции сигнала в ультразвук и далее путём последующей ретрансляции до приёмного устройства подводного аппарата.

Ключевые слова: ультразвуковая передача информации, радиоуправляемый подводный аппарат, радиационный контроль придонных областей акваторий, спектрометрическое, дозиметрическое оборудование, радиоканал связи.

Анализ радиационных аварий в России и за рубежом убеждают в необходимости разработки дистанционных (бесконтактных для человека) средств оценки радиоактивного загрязнения окружающей среды. В представленной работе рассматривается подобное средство оценки радиоактивного загрязнения акваторий и их донной поверхности, например, прудов-охладителей АЭС или прибрежной области Японского моря в регионе японской АЭС «Фукусима-1» и др.

Внедрение подобных технологий радиационного контроля окружающей среды, позволит осуществлять радиационный контроль не только прудов – охладителей АЭС, но служить более фундаментальным целям охраны водной среды при радиационных авариях, связанных с утечкой радиации, яркими примерами которых являются: авария

на Фукусима-1 в Японии в марте 2011 года, авария в бухте Чажма в августе 1985 года, радиационная авария в губе Андреева в феврале 1982 (СССР).

Суть метода, используемого для оценки радиоактивного загрязнения акваторий и их донной поверхности [1, 2], довольно проста и заключается в использовании радиоуправляемого подводного аппарата (подводного дозиметрического комплекса, ПДК), содержащего как необходимое дозиметрическое оборудование, выполняющее измерения мощности дозы и спектрального состава γ -излучения радионуклидов, загрязняющих донную поверхность, так и ряд других приборов и устройств, функциональные возможности которых позволяют передавать полученную информацию оператору, располагающемуся на берегу. Этот результат достигается за счет того, что кроме размещения на небольшом (не более 1,5 м) подводном беспилотном радиоуправляемом аппарате γ -спектрометра, дозиметра поглощенной дозы γ -излучения, эхолотов, измеряющих расстояние между донной поверхностью и подводным аппаратом, а также между подводным аппаратом и каким-либо препятствием, возникающим на пути его следования, располагается блок бесконтактной дистанционной передачи информации, которая предварительно оцифровывается, кодируется и затем поступает на ультразвуковой датчик, расположенный на поверхности подводного аппарата.

Причем передача информации, осуществляемая в водной среде, регистрируется ультразвуковым детектором, располагающимся на буферном устройстве, которое помещают на водной поверхности вблизи побережья, декодируется и затем ретранслируется по радиоканалу на приемное устройство оператора, располагающегося на берегу.

Отличительной особенностью выбранного метода оценки радиоактивного загрязнения донной поверхности глубоководных акваторий, в отличие от рассмотренного ранее [1], является предварительное измерение эхолотом эффективной высоты ПДК над придонной поверхностью акватории h_D , оптимальное значение которой с учетом поглощения водой γ -излучения радионуклидов, осевших на донную поверхность акватории, рассчитывалось методом Монте-Карло. Расчет, представляя собой высотное распределение мощности дозы γ -излучения от загрязненной донной поверхности, показал, что эффективная высота ПДК над донной поверхностью должна составлять порядка $h_D = 40$ см, а значение эффективного радиуса сканирования, может быть определено через измеренную высоту по формуле $R_D = 0,75h_D$ [3]. Другой отличительной особенностью предлагаемого метода является то, что использование ультразвуковых датчиков позволяет осуществлять передачу информации относительно радиоактивного загрязнения донной поверхности в режиме реального времени из глубоководных акваторий глубиной больше 10 м в морской воде, путем использования ультразвукового канала между ПДК и буферным устройством и радиоканала между буферным устройством и оператором.

Предлагаемый способ связи с ПДК на основе ультразвуковых преобразователей, позволит в реальном времени получать данные с датчиков, установленных на его борту, а также осуществлять дистанционное управление его положением под водой, в режиме реального времени, ориентируясь на показания эхолотов и данных детекторов ГЛОНАСС или GPS. Достоинством предложенного способа связи с подводным аппаратом является способность сохранять его мобильность при функционировании на большой глубине ввиду компактности ультразвуковых элементов, используемых для осуществления связи.

При исследовании донной поверхности относительно её радиоактивного загрязнения, которое осуществляется с помощью ксенонового γ -спектрометра, детектора мощности дозы γ -излучения и измерения расстояния между ПДК и донной поверхностью, необходимо передавать информацию в режиме реального времени оператору, который располагается на берегу. Эта процедура осуществляется

следующим образом. Результаты измерений, представляющие собой аналоговые сигналы, оцифровываются и передаются на ультразвуковой детектор, который предварительно выбирает оптимальное направление передачи сигнала между ПДК и буферным устройством, располагающимся на поверхности акватории и также содержащим ультразвуковой датчик. Далее сигнал (информация) с ультразвукового датчика буферного устройства кодируется и передаётся по радиоканалу на персональный компьютер (ПК) оператору, где и происходит её окончательная обработка. Для эффективной работы ультразвукового детектора, передающего информацию из подводного положения ПДК, необходимо использовать излучатели с резко выраженной диаграммой направленности излучения, форма которой зависит от технологии изготовления детектора. Использование излучателей такого вида позволит увеличить дальность действия акустических волн без дополнительного увеличения мощности [4].

Однако следует иметь в виду, что при распространении ультразвуковых волн в воде, как и в любой другой среде, имеют место некоторые ограничения, обусловленные как затуханием сигнала с расстоянием, так и потерей мощности излучения, вызванной перегревом ультразвукового генератора (детектора) в случае длительной непрерывной работы. Анализ указанных эффектов [5] показал, что при дальности распространения ультразвуковых волн в воде ~ 4 км, наиболее оптимальная частота f для ультразвуковых датчиков, используемых для решения поставленной задачи, должна составлять порядка 100-200 кГц.

Передачик располагается снаружи на верхней поверхности подводного аппарата. Оборудование с целью его изолирования от попадания воды помещается в водонепроницаемый корпус, а ультразвуковой детектор, напротив, находится в воде. Шаговые двигатели, расположенные под платформой в корпусе ПДК, осуществляют вращение в меридианальном и азимутальном направлениях, а ультразвуковой детектор регистрирует ультразвуковой сигнал определённого характера, посылаемый ему с базы и означающий начало приёма-передачи с определённого заданного направления, которое детектор должен обнаружить. В меридианальном направлении угол θ изменяется от 0 до $\pi/2$, а в азимутальном φ – от 0 до π (180 градусов), затем быстро возвращается к 0 и продолжает вращение от 0 до $-\pi$. Последнее связано с тем, чтобы не запутать и не оборвать кабели питания, управления и считывания информации с ультразвукового детектора. Такая процедура осуществляется для любого заданного меридианального угла, заполняя, таким образом, матрицу, которая записывается на специальное считываемое устройство – микроконтроллер. После заполнения матрицы показаний, микроконтроллер проводит её анализ и детектор поворачивается в соответствие с направлением, в котором показания детектора максимально, после чего осуществляется сеанс приёма-передачи информации, который также заканчивается специальным кодом. Работа детектора может осуществляться более детально, для чего необходимо перепрограммировать микроконтроллер, задавая более мелкий шаг по углам θ и φ . Экспериментальная проверка идеи проводилась на макете и показала удовлетворительные результаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нырок-2: дистанционный метод радиационного контроля донных отложений. – URL : <http://www.atomic-energy.ru/technology/18974>.
2. Пырков, И. В. Разработка и апробация метода радиационного контроля донных отложений IN STU на основе погружного полупроводникового γ -спектрометра / И. В. Пырков, А. С. Коротков, И. И. Тихонов // Экологические системы и приборы. – 2010. – № 9. – С. 15-18.
3. Елохин, А. П. Методы и средства систем радиационного контроля окружающей среды : монография / А. П. Елохин. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2014. – 520 с.
4. Лепендин, Л. Ф. Акустика / Л. Ф. Лепендин. – Москва : Высшая школа, 1978. – 448 с.

5. Воробьев, Е. А. Теория ультразвуковых колебаний как основа построения и применения технических средств получения информации / Е. А. Воробьев. – Санкт-Петербург : СПбГУАП, 2002. – 54 с.

Study of the Automated Control System for the Underwater Dosimetry Kit in a Remote Measurement of the Bottom Radioactivity in Deepwater Areas

A.P. Elokhin^{*1}, A.A. Vasilenko^{*2}, S.E. Ulin^{*3}, S. Yuksekler^{**4}, M. Yuksekler^{**5}

**National Research Nuclear University Moscow Engineering Physics Institute (NRNU MEPhI), Kashirskoye shosse, 31, Moscow, Russia 115409*

***AKKUYU NUCLEAR JSC, Buyukejeli District, Akkuyu Avenue No: 0 Gulnar / Mersin, Turkey 33715*

¹e-mail: elokhin@yandex.ru

²e-mail: im-ver@yandex.ru

³e-mail: seulin@gmail.com

⁴e-mail: millinukleer@gmail.com

⁵e-mail: m.yuksekler@akkuyu.com

Abstract – The paper presents a study of the automated control system for the underwater radio-controlled unmanned vehicle (as a prototype), which monitors the radiation in the bottom in the deepwater areas (with the depth over 10 m), and a system of the operator-vehicle communication line. A standard approach to the radiation monitoring is applied with the help of spectrometric and dosimetry equipment, as well as an echo sounder mounted on the underwater vehicle. The communication line with a facility located on the ground is exercised in the following two ways: when in water, it is arranged through the information transmission by ultrasound to the buffer gear floating on the surface of the water area, and through the gear it gets in a retransmission to the operator on the ground via a radio channel. The control of the underwater vehicle is exercised in the reversed sequence: from the operator to the buffer gear, it goes through a radio channel, then it goes from the latter to the underwater vehicle by the retransmission into ultrasound, and then it reaches the receiving device of the underwater vehicle through further retransmission.

Keywords: ultrasound data transmission, radio-controlled underwater vehicle, radiation monitoring of the bottom of water areas, spectrometric, dosimetry equipment, radio communication channel.

УДК 614 876:502:613:621.039

ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ; ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЕГО РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

Б.К. Орумо, А.П. Елохин, А.И. Ксенофонтов

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

В работе приводится краткий аналитический обзор радиационных эффектов, связанных с воздействием ионизирующего излучения на биологические объекты. Рассматриваются процессы воздействия ионизирующего излучения на молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), возникающие в организме на клеточном уровне при его поглощении. Показано, что в широком диапазоне мощностей доз, создаваемых ионизирующим излучением при воздействии последнего на биологические объекты и, в частности, на человека, наиболее опасными являются генетические последствия, играющие важную роль для населения стран, активно использующих ионизирующее излучение в промышленности, медицине, особых видах производств, а также при производстве электроэнергии на атомных электростанциях. Особое внимание в работе уделяется воздействию ионизирующего излучения на детей, требуя повышенного внимания при диагностике заболеваний при постядерных авариях, а также во время диагностики или лечения радиацией. В качестве методов радиационного контроля ионизирующего излучения в статье приводится краткое представление автоматизированной системы радиационного

контроля окружающей среды с её целями, задачами и методами, позволяющими минимизировать последствия радиационных аварий на действующих АЭС.

Ключевые слова: ионизирующее излучение, радиационное повреждение, дезоксирибонуклеиновая кислота ДНК, радиочувствительность, автоматизированная система радиационного контроля окружающей среды (АСКРО), доза и мощность дозы ионизирующего излучения.

При прохождении ионизирующего излучения (ИИ) через какую-либо биологическую среду или ткань какого-либо биологического объекта необходимо учитывать вид ИИ (α , β , γ , n_0 , p и пр.), поскольку его поглощенная доза существенно зависит от качества излучения, т.е. свойств ионизирующих частиц, зависящих от их ионизирующей способности, которые, в свою очередь зависят от массы частицы ее заряда и энергии, равно как от заряда и плотности вещества, в котором распространяется ИИ. Величина поглощенной дозы вычисляется по формуле (1), [1-3] и носит название *эквивалентной дозы* ($H_{T,R}$), единицей измерения которой служит Зиверт (Зв).

$$H_{T,R} = W_R \times D_{T,R}, \quad (1)$$

где $D_{T,R}$ – средняя поглощенная доза в органе или ткани T ;

W_R – взвешивающий коэффициент для излучения R , значения которого для различных видов ИИ приводятся в специальной литературе.

При воздействии различных видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для этих видов излучения.

При воздействии ИИ на какой-либо биологический объект находят *эффективную эквивалентную дозу* (H_E), величина которой используется как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности [2]. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты, формула (2):

$$H_E = \sum_T W_T \cdot H_T, \quad (2)$$

где H_T – эквивалентная доза в T -м органе или ткани;

W_T – взвешивающий коэффициент для органа или ткани T , представляющий собой отношение стохастического риска смерти в результате облучения T -го органа или ткани к риску смерти от равномерного облучения тела при одинаковых эквивалентных дозах, величина $W_T = 0,30$, отведенная на все другие органы, распределяется поровну между пятью оставшимися органами и тканями, которые получили самую высокую эквивалентную дозу.

Результаты исследований постядерных эффектов жителей, выживших после атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки показали [4], что интенсивное воздействие ИИ приводит к возникновению онкологических заболеваний, а воздействие в детском возрасте может привести к увеличению избыточного риска развития рака у детей по сравнению со взрослыми, что указывает на их более высокую чувствительность к воздействию радиации и образованию опухолей. Это показали результаты исследований, проведенные в Чернобыле группой авторов указанной работы, в которой рассматривался вопрос онкологических заболеваний щитовидной железы у детей и взрослых, которые подвергались воздействию высоких доз облучения щитовидной железы (более 1 Гр).

Доза ионизирующего излучения, поглощенная в биологической среде, инициирует сложный процесс различных событий. Во-первых, это физическая активность с передачей энергии от ионизирующих частиц к атомам и молекулам окружающих тканей, процесс, который занимает около 10^{-13} с. Далее следуют физико-химические методы, такие как передача внутримолекулярной энергии, возбуждение и ионизация атомов с длительностью около 10^{-10} с. Затем химические процессы и в этот момент первичное повреждение биологических структур начинается на продолжительности около 10^{-6} с. Далее следуют биологические процессы. На этом этапе поврежденные органические структуры могут быть восстановлены или необратимо повреждены. Наблюдаемое повреждение может привести к гибели клеток, которая может происходить в течение периодов от нескольких секунд до нескольких лет. Все эти процессы приводят к окончательному радиобиологическому воздействию радиации на организм человека [5].

Воздействие ионизирующего излучения на клетку может происходить непосредственно, например, путем взаимодействия γ - или β -излучения с атомами или молекулами хромосом, или опосредованно при радиоллизе воды или других химических веществ, содержащейся в цитоплазме клетки. В первом случае, при невысокой плотности ИИ, ДНК может восстановиться, если разрыв связи произошел только на одной нити, если же эффект разрыва связи произошел на двух нитях ДНК, то она не подлежит восстановлению (рис. 1), но в дальнейшем может принимать участие в создании неполноценных молекул, создавая, таким образом, очаг поражения, который может привести в дальнейшем к негативным последствиям. В процессе деления происходит расхождение нитей ДНК и синтез на каждой нити, как на матрице еще по одной нити с сохранением последовательности оснований. В отличие от ядра, содержащего уникальные молекулы ДНК, в цитоплазме содержатся многочисленные дублирующие структуры, отвечающие за энергетику клетки, синтез белка, транспорт питательных веществ и т.д.

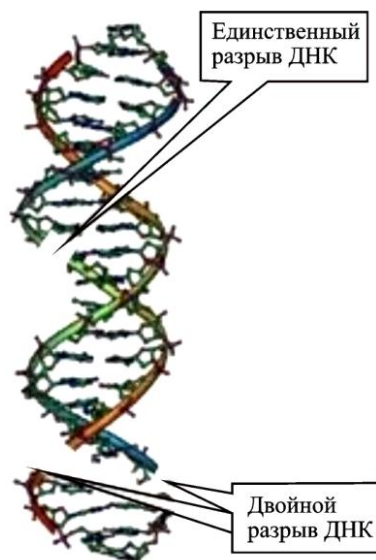


Рисунок 1 – Виды разрывов ДНК при воздействии ионизирующего излучения [6]

В активно делящихся клетках период между двумя клеточными делениями занимает от 12 до 48 ч. При этом на сам процесс деления приходится не более часа. Пока клетка не делится, ее системы не воспринимают факт нарушений, который возник от действия ионизирующих излучений (или от некоторых химических соединений). Однако в процессе деления в месте поврежденной ДНК образуется разрыв хромосомы и образуются фрагменты, обрывки хромосом. Новообразованная клетка, лишенная части ДНК, утрачивает способность к синтезу жизненно важных веществ и может быть обречена на гибель. Поэтому интенсивно делящиеся клетки в большей степени

подвержены действию ионизирующих излучений. Вместе с тем в организме действует механизм репараций, который может «залечивать» некоторые повреждения. Это относится, прежде всего, к одноразрывным дефектам в нитях хромосом.

Механизм биологического действия ионизирующего излучения на биологическую ткань можно определить несколькими актами. В первом (физическом акте) энергия ионизирующего излучения при прохождении через биологическую ткань передается атомам и молекулам. Это приводит к образованию ионов и возбужденных молекул. Следующий акт определяется химическим этапом поражения клетки.

В основе первичных радиационно-химических изменений молекул могут лежать два механизма:

1) прямое действие, когда данная молекула испытывает изменения за счет ионизации или возбуждения непосредственно при взаимодействии с излучением;

2) косвенное действие, когда молекула непосредственно не поглощает энергию ионизирующего излучения, а получает ее путем передачи от другой молекулы.

Таким образом, из результатов исследований воздействия ИИ на клетку следует, что за ионизацией часто образуются свободные радикалы, которые весьма эффективно взаимодействуют с биологическими молекулами, включая очень восприимчивый генетический материал. Этими уязвимыми участками в ядре являются хромосомы, представляющие собой двухспиральные структуры, состоящие из ДНК и белка, количество которых варьируется у разных организмов, вызывая наибольшее повреждение в делящихся клетках. Из последнего следует, что негативный результат от косвенного воздействия ИИ оказывается более распространенным, чем от его непосредственного воздействия, главным образом для излучения с низкой удельной ионизацией [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы радиационной безопасности. НРБ – 99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523 – 09.
2. *Машкович, В. П.* Защита от ионизирующих излучений. Справочник / В. П. Машкович, А. В. Кудрявцева. – Москва : Энергоатомиздат, 1995.
3. Защита от ионизирующих излучений. Т. 1. Физические основы защиты от излучений / Н. Г. Гусев, Л. Р. Кимель, В. П. Машкович, Б. Г. Пологих, А. П. Суворов. – Москва : Атомиздат, 1969.
4. Kristy R. Kutanzi, Annie Lumen, Igor Koturbash, and Isabelle R. Miousse. Pediatric Exposures to Ionizing Radiation: Carcinogenic Considerations. *Int J Environ Res Public Health*. 2016 Nov; 13 (11): 1057.
5. *Кемп, П.* Введение в биологию / П. Кемп, К. Армс. – Москва : Мир, 1988. – 672 с.
6. *Елохин, А. П.* Основы экологии и радиационно-экологического контроля окружающей среды / А. П. Елохин, А. И. Ксенофонтов, И. В. Пырков. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2016. – 680 с.
7. Effects of Ionizing Radiation on DNA. – URL : <https://teachnuclear.ca/all-things-nuclear/radiation/biological-effects-of-radiation/effects-of-ionizing-radiation-on-dna/>.

The Effect of Ionizing Radiation on Biological Objects, and Instrumental Methods of its Radiation Control

B.K. Orumo¹, A.P. Elokhin², A.I. Ksenofontov³

*National Research Nuclear University Moscow Engineering Physics Institute (NRNU MEPhI),
Kashirskoye shosse, 31, Moscow, Russia 115409*

¹*e-mail: elokhin@yandex.ru*

²*e-mail: -orumokenoll@yahoo.com*

³*e-mail: AIKsenofontov@mephi.ru*

Abstract – The article provides a brief analytical review of radiation effects associated with the impact of ionizing radiation on biological objects. The processes of the action of ionizing radiation on molecules of deoxyribonucleic acid (DNA), which occur in the body at the cellular

level during its absorption, are considered. It is shown that in a wide range of dose rates generated by ionizing radiation when the latter acts on biological objects and, in particular, on humans, the most dangerous are the genetic consequences, which play an essential role for the population of countries that actively use ionizing radiation in industry. Other uses includes medicine, particular types of production, as well as in the production of electricity at nuclear power plants. Particular attention is paid to the effects of ionizing radiation on children, requiring increased attention in the diagnosis of diseases in post-nuclear accidents, as well as during the diagnosis or treatment of radiation. As methods of radiation monitoring of ionizing radiation, the article provides a brief presentation of an automated system of radiation monitoring of the environment with its goals, objectives, and methods to minimize the consequences of radiation accidents at existing nuclear power plants.

Keywords: ionizing radiation, radiation damage, deoxyribonucleic acid DNA, radiosensitivity, automated system of environmental radiation monitoring (ASKRO), dose, and ionizing radiation dose rate.

УДК [628.54 : 628.477] : 621.311.25

ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ОТХОДОВ НА РОСТОВСКОЙ АЭС

Ю.А. Фетисова, О.И. Горская

*Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция», Волгодонск,
Ростовская обл., Россия*

В работе сформулированы основные направления деятельности Ростовской АЭС в области обращения с отходами производства и потребления. Разработка и введение в действие процедур по селективному сбору отходов, содержащих полезные компоненты, в соответствии с распоряжением Правительства РФ от 25.07.2017 №1589-р. 3 этапа ввода процедур по разделному сбору отходов: сбор макулатуры, сбор и накопление химических источников тока (батареек), сбор полиэтиленовой и стеклянной тары, сбор и накопление светодиодных ламп и полиэтиленовой пленки.

Ключевые слова: Ростовская АЭС, отходы производства и потребления, сбор, накопление, раздельный сбор, макулатура, химические источники тока, тара, пленка, светодиодные лампы.

Основными направлениями деятельности Ростовской АЭС в области обращения с отходами являются:

- 1) контроль за соблюдением нормативов качества и допустимого воздействия на окружающую среду;
- 2) соблюдение природоохранного законодательства в области обращения с отходами производства и потребления;
- 3) организация и осуществление мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду и рациональному использованию природных ресурсов;
- 4) реализация природоохранных мероприятий при обращении с отходами;
- 5) минимизация объемов их образования;
- 6) обезвреживание, утилизация и размещение отходов всего объема образующихся на станции отходов силами специализированных предприятий на договорной основе.

На Ростовской АЭС организован раздельный сбор отходов производства и потребления с учетом класса их опасности и агрегатного состояния [1].

В соответствии с распоряжением Правительства РФ от 25.07.2017 №1589-р [2] на Ростовской АЭС разработаны и введены в действие процедуры по селективному сбору отходов, содержащих полезные компоненты:

1. сбор и накопление отходов бумаги и картона;
2. сбор и накопление отходов полиэтиленовой и стеклянной тары;
3. сбор и накопление химических источников тока (ХИТ);
4. сбор и накопление светодиодных ламп, утративших потребительские свойства;
5. сбор и накопление полиэтиленовой пленки.

3 этапа ввода процедур по отдельному сбору отходов.

1-й этап: сбор макулатуры на Ростовской АЭС осуществляется с 15.12.2017 [3]. Согласно процедуре, сбор макулатуры осуществляется каждый третий вторник месяца. В 2019 и 2020 гг. по договорам было продано 74,65 тонн бумаги и 8,87 тонн картона.

2-ой этап:

– сбор и накопление химических источников тока (батареек) осуществляется в специализированных контейнерах для сбора ХИТ в местах, определенных процедурой сбора и накоплению ХИТ (холлы административных, лабораторных и инженерно-бытовых корпусов). В 2019 и 2020 гг. было собрано и передано на переработку 0,601 тонн батареек [4];

– сбор полиэтиленовой и стеклянной тары осуществляется в специализированные контейнеры, имеющие соответствующую маркировку. Места сбора и накопления определены процедурой по сбору и накоплению отходов полиэтиленовой и стеклянной тары (контейнерные площадки на территории станции) [5].

3-й этап: введение в действие процедур по сбору и накоплению светодиодных ламп и полиэтиленовой пленки [6, 7]. Проводится работа по обучению персонала отдельному сбору отходов: выпускаются информационные плакаты, памятки и обучающие видеоролики по отдельному сбору отходов.

Планы:

1. Обустройство площадки накопления отходов производства и потребления, содержащие полезные компоненты.

2. Заключение договоров на реализацию отходов, содержащие полезные компоненты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон №89-ФЗ от 24.06.1998 «Об отходах производства и потребления».
2. Распоряжение Правительства РФ от 25.07.2017 №1589-р «Перечень видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается».
3. Процедура «Сбор, накопление, транспортировка и продажа отходов бумаги и картона от канцелярской деятельности и делопроизводства», Ростовская АЭС, 2017.
4. Процедура «Сбор и накопление химических источников тока (ХИТ), Ростовская АЭС, 2019.
5. Процедура «Сбор и накопление отходов полиэтиленовой и стеклянной тары», Ростовская АЭС, 2019.
6. Процедура «Сбор и накопление светодиодных ламп, утративших потребительские свойства», Ростовская АЭС, 2020.
7. Процедура «Сбор и накопление полиэтиленовой пленки», Ростовская АЭС, 2020.

Organization of Separate Waste Collection at Rostov NPP

Yu.A. Fetisova, O.I. Gorskaya

Rostov nuclear power plant, Volgodonsk, Rostov region, Russia

e-mail: medulka-iv@vdnpp.rosenergoatom.ru

e-mail: gorskaya-oi@vdnpp.rosenergoatom.ru

Abstract – The paper formulates the main directions of the Rostov NPP activity in the field of production and consumption waste management. Development and implementation of procedures for the selective collection of waste containing useful components, in accordance with the order of the Government of the Russian Federation dated July 25, 2017 No. 1589-р. 3 stages of introduction of procedures for separate collection of waste: collection of waste paper, collection and accumulation of chemical current sources (batteries), collection of plastic and glass containers, collection and accumulation of LED lamps and plastic film.

Keywords: Rostov NPP, production and consumption waste, collection, accumulation, separate collection, waste paper, chemical power sources, containers, film, LED lamps.

УДК 621.311.25:502.51(470.61)

АНАЛИЗ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ РОАЭС НА ЦИМЛЯНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

А.С. Грачев, Е.С. Кириллова, И.А. Бубликова

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

Целью исследования является анализ значимости влияния тепловой нагрузки АЭС на Цимлянское водохранилище. Для этого рассматривались температуры в точках, расположенных водоеме-охладителе РоАЭС и в Цимлянском водохранилище. По этим точкам был проведен анализ динамики среднегодовых температур воды. Также отдельно подробно были проанализированы два года: во время работы одного блока станции и во время работы двух. Для каждого из этих годов построены графики внутригодовых динамик разностей температур, показывающие степень нагрева забираемой воды от АЭС и степень нагрева воды в Цимлянском водохранилище от водоема-охладителя. Проведено сравнение параметров воды в точках при работе одного и двух блоков. Оценена значимость поступления тепла от АЭС в Цимлянское водохранилище путем сравнения тепла от АЭС с общим поступлением тепла.

Ключевые слова: Ростовская АЭС, водоем-охладитель, Цимлянское водохранилище, атомная энергетика, экологическая безопасность.

Первые два блока Ростовской АЭС (РоАЭС) для охлаждения используют прилегающий к станции искусственный водоем-охладитель (ВО). Он отделен от акватории Цимлянского водохранилища (ЦВ) фильтрующей дамбой, постоянно пропускающей воду из ВО в ЦВ. Эта вода, забирающая тепло от атомной станции, не может не оказывать влияние на температуру воды в ЦВ. С точки зрения экологического благополучия водохранилища было решено провести исследование, целью которого является проведение анализа значимости влияния тепловой нагрузки АЭС на ЦВ.

Тепловое влияние ВО на ЦВ оценивалось по температуре воды в точке 3, находящейся в акватории ЦВ вблизи фильтрующей дамбы, и в точке 7, находящейся в ВО вблизи дамбы.

Тепловое воздействие РоАЭС на температуру воды в ВО оценивалось по разности параметра в точке 16, расположенной в отводящем канале ВО, и точке 17, расположенной в подводящем канале ВО.

Анализ динамики среднегодовых температур воды за период 2002-2019гг. в точке 3 и точке 7 показал, что за период эксплуатации РоАЭС разность температур воды в рассматриваемых точках находится на уровне 2,61 °С.

Для более подробного анализа внутригодовой динамики температуры воды в рассматриваемых точках были выбраны 2007 г. (рис 1, 2) [1], когда работал один блок, и 2014 г. (рис 3, 4), когда работало уже два блока [2].

По тому, насколько в каждом графике кривые удалены друг от друга в каждой точке оси X, можно судить о разнице параметра в каждой из пар этих точек.

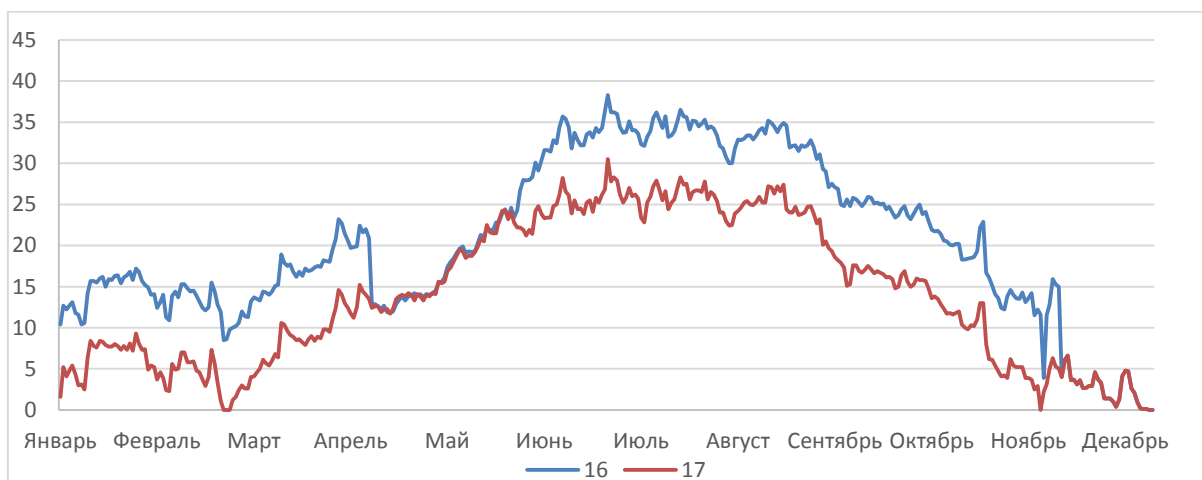


Рисунок 1 – Внутригодовая динамика разностей температур точек 16 и 17 в течение 2007 года

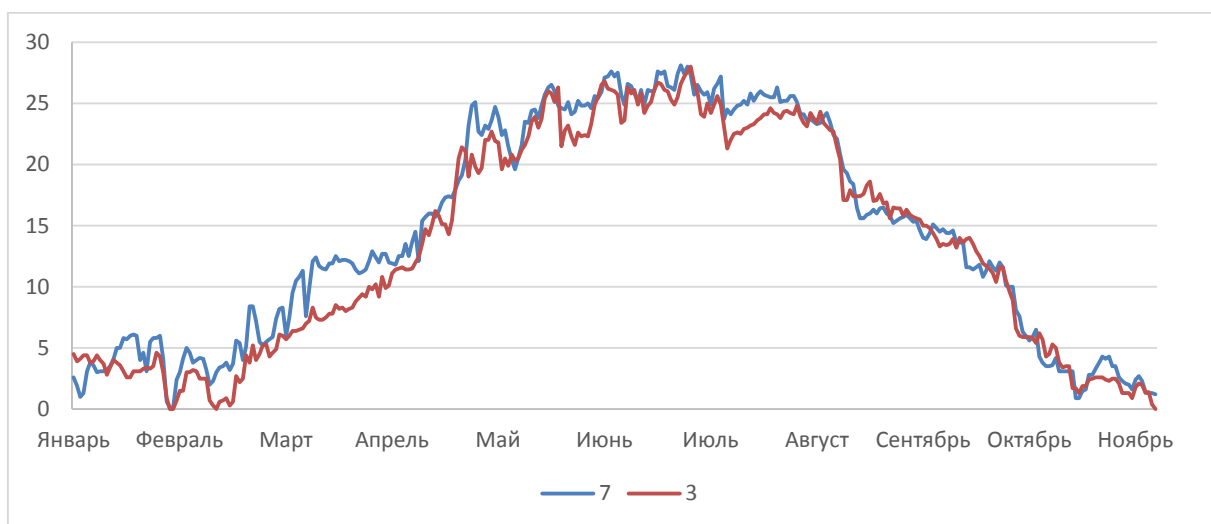


Рисунок 2 – Внутригодовая динамика разностей температур точек 3 и 7 в течение 2007 года

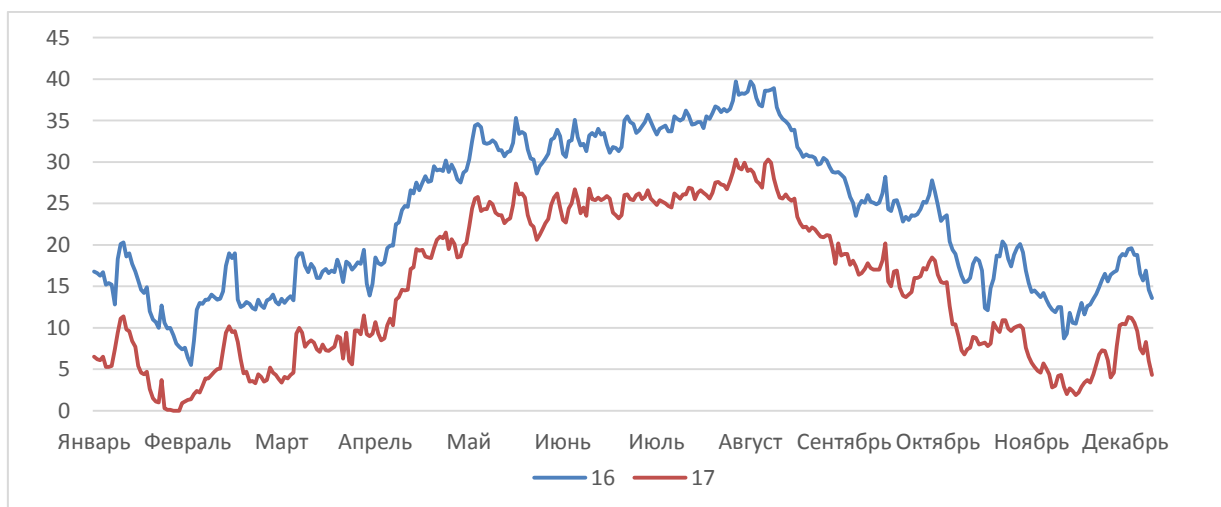


Рисунок 3 – Внутригодовая динамика разностей температур точек 16 и 17 в течение 2014 года

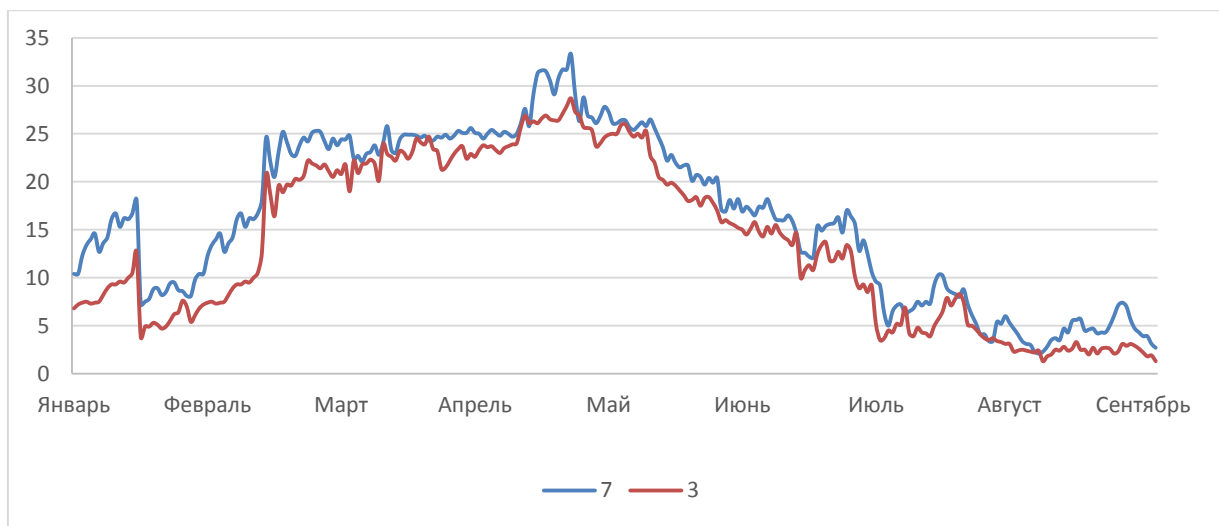


Рисунок 4 – Внутригодовая динамика разностей температур точек 3 и 7 в течение 2014 года

За вычетом дней, когда проводился планово-предупредительный ремонт (ППР), в 2007 г. средняя температура воды в отводящем канале больше на 8,2 °С соответствующих значений отводящего канала. Величина среднеквадратического отклонения по разностям параметра в точках 16,17 меньше единицы, т.е. колебания температур минимальны. Это означает, что количество теплоты, которое атомная станция выделяет в течение года, остается приблизительно постоянным.

Для сравнения данных за 2007 и 2014 г. была составлена таблица 2.

Таблица 2 – Сравнение данных за 2007 и 2014 года

Год	2007		2014	
	Точки	16,17	3,7	16,17
Среднее, °С	8,29	0,87	8,65	1,53
Среднеквадратическое отклонение, °С	0,94	1,48	1,09	1,75

Установлено, что средняя разность температуры воды между 16 и 17 точками в 2014 г. Увеличилась с 8,2 °С до 8,6 °С. Средняя разность температур между 3 и 7 точкой увеличилась с 0,87 °С до 1,53 °С. По результатам сравнения можно судить о том, что хоть разность температур между 3 и 7 точкой и увеличилась примерно в два раза.

Для оценки значимости поступления тепла с фильтрующейся водой из ВО в ЦВ была выполнена оценка его доли в притоке тепла в тепловом балансе ЦВ [3], которая составила $1,14 \times 10^{-3}$ %.

Это подтверждает, что выделение теплоты атомной станцией не вносит существенного вклада в тепловой режим ЦВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приходько, С. А., Леденев, В. Н. Ростовская АЭС, Блок №2, Технический отчет о натуральных гидрометеорологических наблюдениях за 2007 год, 2008.
2. Мищенко, Д. Г., Леденев, В. Н. Ростовская АЭС, Блок №3, Технический отчет о натуральных гидрометеорологических наблюдениях за 2014 год, 2015.
3. Знаменский, В. А., Гейтенко, В. М. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР, Цимлянское, водораздельные и Манычские водохранилища, 1977.

Analysis of Thermal Influence of RoNPP on the Tsimlyan Reservoir

A.S. Grachev¹, E.S. Kirillova², I.A. Bublikova³

Abstract – The aim of the research is to analyze the significance of the effect of heat load on nuclear power plants on the Tsimlyansk reservoir. For this, temperature conditions, reservoirs and water bodies in the Tsimlyansk reservoir are considered. Analysis of the dynamics of the average annual water temperature. Two years were also analyzed in detail. For each of these constructed graphs, different types of temperatures are used, as well as the water level in the Tsimlyansk reservoir from the reservoir-cooler. A comparison of water parameters in the work. Estimates of the significance of heat input from nuclear power plants to the Tsimlyansk reservoir based on a comparison of heat from nuclear power plants with the total heat input.

Keywords: Rostov NPP, cooling pond, Tsimlyansk reservoir, nuclear energy, environmental safety.

УДК 621.039.5 : 621.311.25

УВЕЛИЧЕНИЕ РЕЖИМОВ ПРОДУВКИ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ РОСТОВСКОЙ АЭС В СВЯЗИ С ПУСКОМ ЭНЕРГБЛОКОВ № 3 И № 4

О.И. Горская, И.В. Медулька

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

Объектом исследования является водоём-охладитель Ростовской АЭС и приплотинный участок Цимлянского водохранилища. В работе проведена разработка оптимального варианта продувки водоёма-охладителя Ростовской АЭС в круглогодичном режиме для обеспечения нормализации его минерализации, при соблюдении экологических требований по термическому и гидрохимическому загрязнению приплотинного участка Цимлянского водохранилища. Применение современного метода численного моделирования гидродинамики и тепло- и массопереноса, а также метода расчёта солевых балансов, основанного на законе сохранения массы, позволило определить наиболее оптимальный режим осуществления продувки водоёма-охладителя в круглогодичном режиме, который обеспечит нормализацию и поддержание минерализации воды в водоёме-охладителе при минимальном объёме его продувки и, соответственно, наименьшей степени влияния на термический и гидрохимический режимы приплотинного участка Цимлянского водохранилища.

Ключевые слова: Ростовская АЭС, Водоём-охладитель, минерализация воды, Цимлянское водохранилище, приплотинный участок, градирня, продувка, расчет гидрохимического режима, солевой баланс, годовой объём.

По состоянию на 2020 г. на Ростовской АЭС эксплуатируется четыре энергоблока суммарной мощностью 4000 МВт. Водоём-охладитель Ростовской АЭС является частью системы технического водоснабжения Ростовской АЭС и представляет собой искусственный водоём отсечного типа, образованный путём возведения земляной плотины в мелководной левобережной части приплотинного плёса Цимлянского водохранилища и предназначенный для обеспечения охлаждающей водой потребителей системы нормальной эксплуатации и потребителей системы безопасности энергоблоков № 1 и № 2 Ростовской АЭС. Для охлаждения энергоблоков № 3 и № 4 Ростовской АЭС используются градирни системы охлаждения конденсаторов турбин.

Ежегодная продувка водоёма-охладителя Ростовской АЭС осуществляется с 2010 г. по причине значительной минерализации воды в нём. Поступление в водоём-

охладитель продувочных вод градирен энергоблоков № 3 и № 4, введенных в эксплуатацию в 2014 г. и 2018 г. соответственно, обусловило дополнительную нагрузку на его гидрохимический и гидротермический режимы.

Расчёты термического и гидрохимического режимов водоёма-охладителя Ростовской АЭС и приплотинного участка Цимлянского водохранилища были проведены на перспективу работы станции в 40 лет (чередование 18-летнего периода со средними гидрометеорологическими параметрами и 4-летнего жаркого и маловодного периода), при мощности 4000 МВт и осуществления сброса продувочных вод градирен энергоблоков № 3 и № 4 в водоём-охладитель, учитывая соблюдение экологических требований по термическому и гидрохимическому загрязнению приплотинного участка Цимлянского водохранилища.

На начало 2020 г. минерализация воды в водоёме-охладителе Ростовской АЭС составляла в среднем 1350 мг/дм³ при ПДК_{рыб} = 1000 мг/дм³, и её нормализация при осуществлении продувки водоёма-охладителя по предыдущим вариантам (проведение продувки с апреля по ноябрь включительно) с годовыми объёмами продувки в 31,5-33,7 млн. м³ более невозможна.

Предложены и рассмотрены два новых варианта осуществления продувки водоёма-охладителя Ростовской АЭС в круглогодичном режиме с увеличенными объёмами продувки, включая:

- вариант № 1: величина продувки 1,6 м³/с в течение всего года (годовой объём продувки 50,5 млн. м³);
- вариант № 2: величина продувки 1,6 м³/с в апреле-октябре и 1,0 м³/с в ноябре-марте (годовой объём продувки 42,6 млн. м³).

Выявление в разрезе года неравномерной нагрузки на гидрохимический режим приплотинного участка Цимлянского водохранилища и регулярное повышение значений минерализации в ВО выше 1000 мг/дм³ при осуществлении продувки водоёма-охладителя Ростовской АЭС по вариантам № 1 и № 2, привело к рассмотрению дополнительного варианта (Вариант № 3) круглогодичной продувки водоёма-охладителя с пониженной величиной продувки в зимние месяцы, а именно: расход продувочной воды: в марте – 0,40 м³/с; в апреле – 1,60 м³/с, в мае-июне – 3,20 м³/с, в июле-ноябре – 1,60 м³/с и в декабре-феврале – 0,40 м³/с (годовой объём продувки 46,3 млн. м³).

Вариант № 3 продувки водоёма-охладителя Ростовской АЭС в условиях средних по гидрометеорологическим условиям лет позволит нормализовать минерализацию воды в нём в первые 3-5 лет осуществления продувки: среднегодовая минерализация воды прогнозируется в размере около 950 мг/дм³, а её максимальное годовое значение – около 985 мг/дм³. Экологические требования по термическому загрязнению акватории приплотинного участка Цимлянского водохранилища при осуществлении продувки водоёма-охладителя Ростовской АЭС по Варианту № 3 не нарушаются. Вариант № 3 предполагает минимально допустимый годовой объём продувки водоёма-охладителя Ростовской АЭС, в размере 46,3 млн. м³, для нормализации минерализации воды в нём и наименьшую из возможных в рассматриваемых условиях нагрузку на гидрохимический режим приплотинного участка Цимлянского водохранилища, является оптимальным из рассмотренных. С 01.09.2020 г. Ростовской АЭС получено Решение на осуществление круглогодичной продувки водоёма-охладителя, таким образом, Вариант № 3 принят к реализации [1-4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Научно-технический отчёт «Оценка влияния продувки градирен Блоков №№ 3 и 4 в круглогодичном режиме на гидрохимический режим водоёма-охладителя РоАЭС (Блоки №№ 1 и 2) и Цимлянское водохранилище» АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». – Санкт Петербург, 2020.
2. Научно-технический отчёт «Определение влияния продувки градирен блоков 3, 4 на гидрохимический режим водоёма-охладителя РоАЭС бл. 1, 2 и Цимлянское водохранилище, определение оптимального объёма продувки водоёма-охладителя, согласование увеличения квоты сброса продувочных вод водоёма-охладителя с Федеральным агентством водных ресурсов», АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2018 г.
3. Водный баланс водоёма-охладителя Ростовской АЭС, 2020.
4. Отчёт о качестве сточных, чистых (без очистки) и поверхностных вод Ростовской АЭС, 2019, 2020.

Increase in Purge Modes of the Rostov NPP Water Cooler in Connection with the No. 3 and No. 4 Units Start-Up

O.I. Gorskaya, I.V. Medulka

*Rostov nuclear power plant, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
e-mail: gorskaya-oi@vdnpp.rosenergoatom.ru
e-mail: medulka-iv@vdnpp.rosenergoatom.ru*

Abstract – The object of the study is the cooling pond of the Rostov NPP and the dam section of the Tsimlyansk reservoir. In this work, the development of the optimal variant of blowing the cooling reservoir of the Rostov NPP in a year-round mode to ensure its mineralization, subject to environmental requirements for thermal and hydrochemical pollution of the dam section of the Tsimlyansk reservoir, was carried out. The use of a modern method of numerical simulation of hydrodynamics and heat and mass transfer, as well as a method for calculating salt balances based on the law of conservation of mass, made it possible to determine the most optimal mode of blowing the cooling reservoir in a year-round mode, which will ensure the normalization and maintenance of water salinity in the cooling reservoir. with the minimum volume of its blowdown and, accordingly, the least degree of influence on the thermal and hydrochemical regimes of the near-dam section of the Tsimlyansk reservoir.

Keywords: Rostov NPP, cooling pond, water salinity, Tsimlyansk reservoir, dam section, cooling tower, blowdown, calculation of hydrochemical regime, salt balance, annual volume.

СЕКЦИЯ 3
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО
ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС

УДК 621.22

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПЕРВОГО КОНТУРА
ДВУХКОНТУРНОЙ
ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

А.В. Разуваев

Балаковский инженерно-технологический институт НИЯУ МИФИ, Балаково, Саратовская обл., Россия

В работе рассматривается модернизированная схема установки компенсатора давления в первый контур двухконтурной ядерной энергетической установки, способствующая повышению надежности самого корпуса компенсатора давления и в целом самого контура за счет равномерного его прогрева. А также должны снизиться затраты электроэнергии для теплонагревающих устройств, входящих в состав компенсатора давления и тем самым повысить в целом экономичность всей энергетической установки. Детализированы расчетные гидравлические параметры системы компенсатора давления.

Ключевые слова: компенсатор давления, гидравлическая схема с компенсатором давления, модернизированная схема подключения компенсатора в схему первого контура.

Учитывая важнейшую актуальность повышение надежности и экономичности такого сложного технологического объекта как атомная электрическая станция, при создании которых у нас в стране и за рубежом постоянно ведутся работы в этом направлении. В данной работе предлагается к рассмотрению модернизированная схема установки компенсатора давления в первом контуре двухконтурной ядерной энергетической установки.

С целью упрощения выделим гидравлическую схему первого контура двухконтурной ядерной энергетической установки с компенсатором давления, представлена на рисунке 1 [1-3], которая и является предметом подробного анализа.

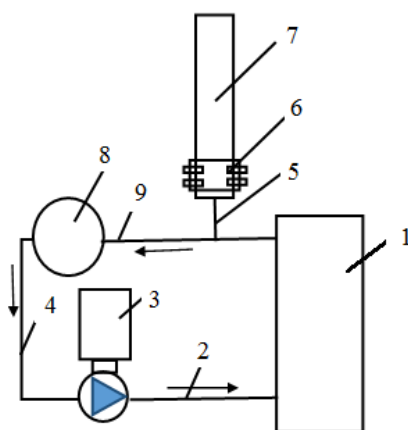


Рисунок 1 – Принципиальная упрощенная гидравлическая схема первого контура двухконтурной ядерной энергетической установки: 1 – реактор; 2 – трубопровод: главный циркуляционный насос – реактор; 3 – главный циркуляционный насос; 4 – трубопровод: парогенератор – главный циркуляционный насос; 5 – трубопровод от нижней части компенсатора давления к первому контуру; 6 – трубчатые электронагреватели; 7 – компенсатор давления; 8 – парогенератор; 9 – трубопровод: реактор – парогенератор

Из этой схемы следует, что внутренний объем КД подключен только по одному нижнему трубопроводу, по которому объем горячей воды пойдет только при

увеличении ее температуры, т.е. при постепенном прогреве во всем контуре – во время прогрева первого контура. А эта ситуация подачи горячей воды приводит в лучшем случае к прогреву нижней части корпуса КД. При этом верхняя часть самого корпуса остается с меньшей температурой.

Эти обстоятельства говорят о возникновении, как минимум при прогреве первого контура, к возникновению внутренних термических напряжений в материале корпуса и как следствие к ограничению скорости прогрева всего контура.

Вышеперечисленные обстоятельства говорят о необходимости иметь более равномерный перепад температуры по всему корпусу КД. На основании этого предлагается модернизированная гидравлическая схема включения КД в первый контур двухконтурной ядерной энергетической установки. Модернизированная гидравлическая схема представлена на рисунке 2 [4].

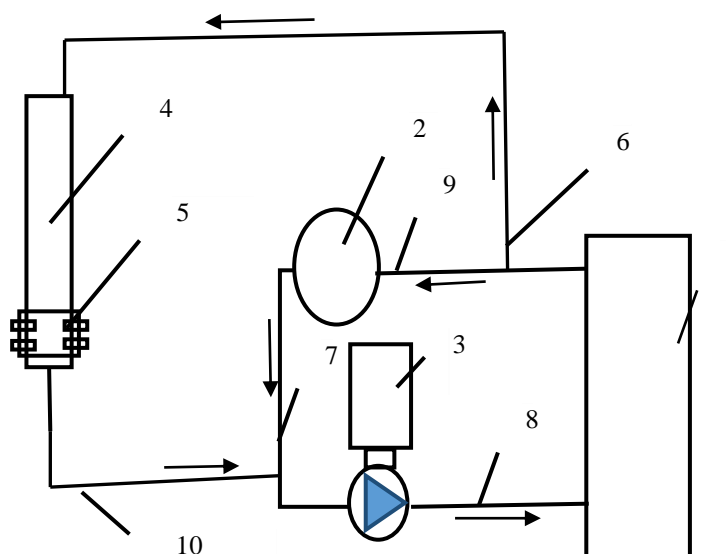


Рисунок 2 – Предлагаемая модернизированная гидравлическая схема включения компенсатора давления в первый контур системы циркуляции двухконтурной ядерной энергетической установки:

- 1 – реактор; 2 – парогенератор; 3 – главный циркуляционный насос; 4 – компенсатор давления;
- 5 – трубчатые электронагреватели; 6 – трубопровод к верхней части компенсатора давления;
- 7 – трубопровод парогенератор – главный циркуляционный насос; 8 – трубопровод главного циркуляционного насос – реактор; 9 – трубопровод реактор – парогенератор; 10 – трубопровод от нижней части компенсатора давления на вход главного циркуляционного насоса

В предлагаемой модернизированной схеме представлена схема включения КД в первый контур энергетической установки. При этом системы контроля, мониторинга, защиты и другие системы по возможности остаются прежними – теми же штатными. Особое внимание необходимо уделить системе трубопроводов т.к. это непосредственно касается модернизированной схемы. Первое, это то, что при циркуляции воды по первому контуру (в существующей схеме), отсутствует циркуляция горячей воды через компенсатор давления и при этом возникают термические напряжения при работе трубопроводов систем и оборудования первого контура за счет возникающего перепада температур. Это связано с тем, что горячая вода первого контура по трубопроводу 9 (см. рис. 1) не поступает в компенсатор давления, а только передает увеличивающийся объем воды из-за повышения ее температуры. Второе. Как уже было сказано, что в качестве источника пара применяются электрические нагреватели. При этом расходуется электрическая энергия на собственные нужды, которая и вырабатывается самой электростанцией. Третье. В инструкции по эксплуатации имеются требования по обеспечению перепада температур в системах (например, в инструкции по эксплуатации реакторной установка В-320) [5]. Тем самым необходимо при работе обеспечивать эти перепады температур, что влечет за собой их контроль, работу

системы автоматики и работу электрических нагревателей, что влечет за собой потребление выработанной электроэнергии и снижению КПД самой энергетической установки.

Техническим результатом предлагаемой модернизированной схемой установки КД является создание первого контура системы циркуляции двухконтурной ядерной энергетической установки повышению ее надежности и экономичности путем установки компенсатора давления параллельно ректору. При этом ТЭНы могут использоваться только для поддержания необходимого давления пара до необходимого, но уже с учетом создаваемого давление пара при циркуляции воды и ее испарения в объеме компенсатора давления. Причем при изменении температуры воды, поступающей в компенсатор давления, будет изменяться и давление в нем, а это будет зависеть от нагрузки на ректоре. Проведенная расчетом величина давления воздуха в свободном от воды объеме внутри КД, при повышении его температуры и уменьшения объема не обеспечивает необходимый квантационный запас ГЦН, но, тем не менее, может обеспечить стабильный водяной поток, хотя и на грани вскипания.

Необходимо определится с расходом горячей воды в верхнюю часть КД с обеспечением ее слива. Поэтому обосновываю расход подачи воды в КД, величиной допуска расхода воды по главному циркуляционному насосу, который составляет $21\ 220 \frac{+1000}{-1200} \text{ м}^3/\text{ч}$ или допуск в относительных величинах: «+4,7 %» и «- 5,6 %». Тогда приняв 5% от расхода петли контура расход через КД составит $1061 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($0,295 \text{ м}^3/\text{с}$), примем диаметр подающей трубы из номенклатуры труб для АЭС $D_{\text{под}} = 219 \text{ мм}$.

Сначала расчетом проведем проверку обеспечения слива воды (расходом от подачи в корпус КД) с дыхательного объема по трубе диаметром (внутренним) 426 мм. Причем этот диаметр является «штатным», т.е. уже имеющимся. Сначала оценим уровень воды в КД над точкой слива воды на всасывании в ГЦН. Причем точка всасывания воды насосом (ГЦНом в данном случае) имеет самое минимальное давление по контуру. По монтажно – габаритному эскизу эта величина составляет – 6 м. Расчет высоты напора воды в корпусе КД определим с учетом температуры ($320 \text{ }^\circ\text{C}$) воды и удельного веса ($\rho = 666,9 \text{ кг/м}^3$). Результат расчета составил $\sim 4 \text{ м}$.

Сравнения эти данные можно сделать вывод о достаточности пропускной способности сливной трубы с КД и обеспечение циркуляция воды через КД.

Рассмотренные выше вопросы являются частью проведенных исследований и анализа в этом направлении, представленной модернизированной схемой установки КД в первом контуре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дмитриев, С. М.* Основное оборудование АЭС с корпусными реакторами на тепловых нейтронах: / С. М. Дмитриев, Д. Л. Зверев, А. Г. Орлов [и др.]; / под общ. ред. С.М. Дмитриева; Н. Новгород : НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2008. – 458 с.
2. *Маргулова, Т. Х.* Атомные электрические станции / Т. Х. Маргулова. – Москва : Издательство по атомной технике (ИздАТ), 1994. – 269 с.
3. *Дмитриев, С. М.* Конструирование основного оборудования АЭС: / С. М. Дмитриев, В. А. / под общ. ред. С.М. Дмитриева; Н. Новгород : НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2009. – 509 с.
4. Патент 2685220 Российская Федерация, МПК G21C 15/00 (2006/01). Устройство первого контура двухконтурной ядерной энергетической установки : заявитель и патентообладатель Разуваев А. В. – № 2018114884 ; заявл. 18.09.2017 ; опубл. 17.04.2019 Бюл. № 11, Разуваев А.В. – 8 с.
5. Инструкции по эксплуатации «Системы первого контура реакторной установки» ИЭ.3.УА.РЦ-2/03.

Improving the Reliability of the First Two-Contour Circuit Nuclear Power Plant

A.V. Razuvaev

*Balakovsky Institute of Technology NIIAU MIFI, Balakovo, Russia
e-mail: vipdomik@mail.ru*

Abstract – The paper examines the modernized scheme of installing a pressure compensator in the first contour of two contoured nuclear power plant, which contributes to improving the reliability of the pressure compensator body itself and in general the contour itself at the expense of evenly warm it up. As well as reduce the cost of electricity for heat-heating devices, which are part of the pressure compensator and thereby increase the overall efficiency of the entire power plant. The hydraulic parameters of the pressure compensator system are detailed.

Keywords: pressure compensator, hydraulic scheme with pressure compensator, upgraded scheme of connecting the compensator to the scheme of the first circuit.

УДК 621.791

УПРАВЛЕНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДУГОВОГО РАЗРЯДА С ПОМОЩЬЮ КВАЗИГАРМОНИЧЕСКОЙ КОМПОНЕНТЫ ПИТАНИЯ

С.М. Бурдаков, А.В. Чернов, О.Ф. Цуверкалова, К.Д. Зокиров

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

В работе представлены результаты экспериментального исследования влияния дополнительного низковольтного напряжения частотой 40кГц на газодинамические характеристики дугового разряда, при сварке покрытыми электродами.

Ключевые слова: производство, сборка, монтаж, ремонт оборудования АЭС, несущие металлические конструкции, устойчивость горения дугового разряда, квазигармоническая компонента питания, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации, скорость изменения силы тока и напряжения дуги, уравнения динамики дуги, среднестатистическое давление, силы давления дуги, скоростной напор плазмы.

Производство, сборка, монтаж, ремонт оборудования и несущих металлических конструкций объектов атомно-энергетического комплекса связано с применением ручной дуговой сварки покрытыми электродами. Улучшение качества сварных соединений в большой степени связано с протекающими газодинамическими процессами дугового разряда и его устойчивости. Повышение устойчивости дугового разряда, улучшит его технологические свойства, эксплуатационную надежность изделий атомно-энергетического комплекса [1].

В данном случае было использовано комбинированное применение постоянного тока основного сварочного источника (ВДУ–504) и переменного от вспомогательного устройства для формирования квазигармонической компоненты питания (ККП) (Напряжение 80В, частота воздействия на дуговой разряд постоянного тока 40кГц) [1].

Эксперименты выполнялись в соответствии с методикой работы [2].

Исследовали устойчивость горения дуги в нижнем положении сварочной ванны с использованием покрытого электрода марки УОНИ 13/55 $d=3\text{мм}$, $I_{\text{св}}=100\text{А}$, с наложением и без наложения ККП на дуговой разряд постоянного тока (рис. 1).

На основе обработки осциллограмм были получены коэффициенты вариации: $KVI_{св}$, $KVU_{д}$ [3]. Так при сварке (исследование осциллограмм рисунке 1) на $I_{св}=100$ (без наложения ККП), $KVI_{св}= 19,324$; $KVU_{д}= 15,935$; среднее значение напряжения на дуге $\mu_{U_{д}}= 21,964$ В; среднее значение сварочного тока $\mu_{I_{св}}= 91,036$ А. Для сварки на $I_{св}=100$ (при наложении ККП $f=40$ кГц), $KVI_{св}= 22,387$; $KVU_{д}= 15,349$; $\mu_{U_{д}}= 22,336$ В – среднее значение напряжения на дуге; $\mu_{I_{св}}= 89,925$ А – среднее значение сварочного тока.

Повышение значения падения напряжения на дуговом разряде свидетельствует о повышении его устойчивости при наложении ККП [4]. Увеличение коэффициента вариации $KVI_{св}$ в 1,7 раза может свидетельствовать о повышении числа коротких замыканий и увеличении частоты каплепереноса в процессе сварки при использовании ККП. Снижение коэффициента вариации $KVU_{д}$ в 1,04 раза говорит о повышении стабильности падения напряжения на дуге при наложении ККП $f=40$ кГц.

Динамическая характеристика дугового разряда в большой степени зависит от скорости изменения силы тока, т. е. от величины $dI_{св}/dt$ [4, 5].

Нарушение устойчивости горения дуги происходит при малых значениях $dI_{св}/dt$, что приводит к нестабильному процессу сварки, нарушению газодинамических процессов дугового разряда, отрицательно отражается на качестве сварного шва.

Анализируя полученные зависимости (рис. 1), можно сделать вывод, что при наложении ККП на дуговой разряд скорость изменения сварочного тока повышается в 1,3 и в 1,1 скорость изменения напряжения на дуге и его динамические характеристики.

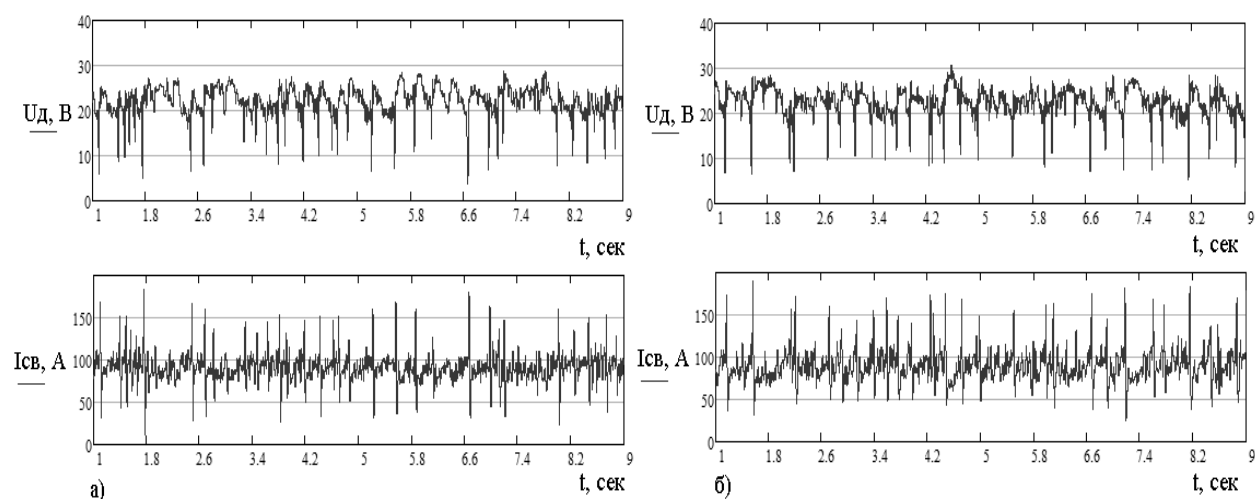


Рисунок 1 – Осциллограммы сварочного тока и напряжения на дуге, время измерения 8 сек (после фильтрации): а) $I_{св}=100$ А; б) $I_{св}=100$ А с наложением на дугу ККП

$$\frac{dI_{д.макс.}}{dt} = 9,027 \cdot 10^3 \text{ – максимальная скорость изменения } I_{св} \text{ без ККП на дугу, А/сек;}$$

$$\frac{dI_{д.макс.ВЧ}}{dt} = 1,138 \cdot 10^4 \text{ – максимальная скорость изменения } I_{св} \text{ с ККП на дугу, А/сек;}$$

$$\frac{dU_{д.макс.}}{dt} = 1,888 \cdot 10^3 \text{ – максимальная скорость изменения } U_{д} \text{ без ККП, В/сек;}$$

$$\frac{dU_{д.макс.ВЧ}}{dt} = 2,031 \cdot 10^3 \text{ – максимальная скорость изменения } U_{д} \text{ с ККП, В/сек;}$$

Оценку динамических характеристик дугового разряда можно попробовать провести с использованием параметра импульсного воздействия, $(d^3I_{св}/dt^3, d^3U_{д}/dt^3)$ – векторной физической величины, характеризующей темп изменения второй производной скорости изменения сварочного тока (напряжения на дуге).

$$\frac{d^3 I_{д.макс.}}{dt^3} = 6,686 \cdot 10^9 \text{ – максимальное импульсное воздействие } I_{св} \text{ без ККП, А/сек}^3;$$

$$\frac{d^3 I_{д.макс.ВЧ}}{dt^3} = 1,582 \cdot 10^{10} \text{ – максимальное импульсное воздействие } I_{св} \text{ с ККП, А/сек}^3;$$

$$\frac{d^3 U_{д.макс.}}{dt^3} = 9,396 \cdot 10^7 \text{ – максимальное импульсное воздействие } U_{д} \text{ без ККП, В/сек}^3;$$

$$\frac{d^3 U_{д.макс.ВЧ}}{dt^3} = 1,783 \cdot 10^9 \text{ – максимальное импульсное воздействие } U_{д} \text{ с ККП, В/сек}^3;$$

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что при наложении ККП на дуговой разряд импульсное воздействие сварочного тока повышается в 2, 4 раза и в 19 раз импульсное воздействие напряжения на дугу.

Анализ устойчивости дугового разряда может быть произведен с применением уравнения динамики дуги, и анализа постоянной времени θ , характеризующей инерционность изменения проводимости дуги при изменении тока [5].

Так при сварке на $I_{св}=100$ А (без ККП), $\theta = 0,205$ сек; соответственно; для сварки на $I_{св}=100$; (с ККП), $\theta = 7,03 \cdot 10^{-3}$ сек; соответственно. Полученные результаты говорят о существенном (в 29,2 раза) снижении инерционности изменения проводимости дугового разряда при ККП, что связано с протекающими в нем физическими процессами [6] и приближает данный вариант питания дугового разряда к работе с современными источниками питания ($\theta=15\dots 50 \cdot 10^{-3}$ сек) [5].

Силовое воздействие дуги определяет движение жидкого металла в сварочной ванне и может вызвать появление различных дефектов [7]. Для управления газодинамическими процессами дугового разряда помимо регулирования динамических характеристик необходимо определение среднестатистического давления, силы давления дуги, скоростного напора плазмы [7, 8].

Среднее значение статической составляющей давления у поверхности сварочной ванны $P_{ср.ст}$ [8]. При использовании сварочного режима $I_{св}=100$ А (без ККП), $P_{ср.ст} = 32,834$ Па ($R=2$ мм); соответственно; для сварки на $I_{св}=100$; (с устройством наложения ККП $f=40$ кГц), $P_{ср.ст} = 39,553$ Па ($R=1,8$ мм); соответственно. Полученные результаты говорят о увеличении (в 1,2 раза) среднего значения статической составляющей давления у поверхности сварочной ванны при наложении ККП, за счет 20% обжата дугового разряда [6]. Возникающий при наложении ККП эффект контрагирования дуги с увеличением $P_{ср.ст}$ приводит к увеличению концентрации тепловой энергии в ней и, следовательно, к увеличению глубины проплавления [9].

Среднее значение скоростного напора плазмы $P_{ср.к}$ определим по [8]. При использовании сварочного режима $I_{св}=100$ А (без наложения квазигармонического сигнала), $P_{ср.к} = 18,892$ Па ($R=2$ мм, $r=1,5$ мм); соответственно; для сварки на $I_{св}=100$; (с устройством наложения квазигармонического сигнала $f=40$ кГц), $P_{ср.к} = 14,423$ Па ($R=1,8$ мм, $r=1,5$ мм); соответственно. Полученные результаты говорят об уменьшении (в 1,3 раза) среднего значения скоростного напора плазмы при наложении ККП, что будет способствовать улучшению структуры металла шва и его ударной вязкости [9].

Сила статического (газокинетического) давления на поверхность сварного шва F_r не зависят ни от закона распределения плотности тока по сечению дуги и активного пятна, ни от размеров столба и активного пятна [7].

Изменение длины дуги или радиуса активного пятна дуги приведет к изменению площади, на которой приложена сила F_r , а ее значение останется постоянным [10].

Так при сварке на $I_{св}=100$ А (без ККП), $F_r = 4,124 \cdot 10^{-4}$ Н; соответственно; для сварки на $I_{св}=100$; (с ККП), $F_r = 4,024 \cdot 10^{-4}$ Н; соответственно. Полученные результаты говорят о незначительном изменении силы газокинетического давления на поверхность сварного шва.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернов, А. В. и др. Повышение устойчивости горения дуги при сварке покрытыми электродами / А. В. Чернов, Ю. В. Полетаев, З. О. Кавришвили, С. М. Бурдаков // Сварочное производство. – 2000. – № 2. – С. 7-9.
2. Бурдаков, С. М. Экспериментальные исследования устойчивости горения сварочной дуги с использованием информационно-измерительной и управляющей системы / С. М. Бурдаков // Сборник докладов 5-й Международной научной-практической конференции «Качество науки–качество жизни», Россия, Тамбов, 26-27 февраля 2009г. – Тамбов : Центр Конференций ТГТУ, 2009. – С. 54.
3. Букаров, В. А., Ермаков С. С., Дорина Т. А. Оценка стабильности дуговой сварки по осциллограммам процесса с использованием статистических методов / В. А. Букаров, С. С. Ермаков, Т. А. Дорина // Сварочное производство. – 1990. – №12. – С. 30–32.
4. Финкельбург, В. и др. Электрические дуги и термическая плазма В. Финкельбург, Г. Меккер. – Москва : Изд-во иностр. лит., 1961. – 370 с.
5. Соколов, О. И. Источники питания для дуговой сварки: учебное пособие / О. И. Соколов. – Москва : МГИУ, 2011. – 194 с.
6. Бурдаков, С. М. и др. Физическая модель электрического дугового разряда с наложением высокочастотного напряжения / С. М. Бурдаков, А. В. Чернов, Ю. В. Полетаев, С. В. Полежаев. // Сварочное производство. – 2001. – № 11.– С.13-16.
7. Кубарев, В. Ф., Рыбачук, А. М., Доронин, Ю. В. Влияние распределения плотности тока в дуге на статическое давление дуги / В. Ф. Кубарев, А. М. Рыбачук, Ю. В. Доронин // Глобальная ядерная безопасность. – 2017. – №3(24). – С. 61–67.
8. Ленивкин, В. А., Петров, П. И. Скоростной напор плазмы в сварочной дуге / В. А. Ленивкин, П. И. Петров // Сварочное производство. – 1985. – №7. – С. 34–36.
9. Новые методы теоретических и экспериментальных исследований материалов, приборов и технологий: сб. научн. тр. / Волгодонский ин-т. ЮРГТУ. Новочеркасск : ЮРГТУ, 2001. – 131с.

Control of Gas-Dynamic Characteristics of an Arc Discharge by a Quasi-Harmonic Power Component

S.M. Burdakov¹, A.V.Chernov², O.F.Cuverkalova³, K.D.Zokirov⁴

Volgodonsk Engineering Technical Institute – branch of National Research Nuclear University "MEPhI"

¹*e-mail: SMBurdakov@mephi.ru*

²*e-mail: AVChernov@mephi.ru*

³*e-mail: OFTsuverkalova@mephi.ru*

⁴*e-mail: zokirovkarim45@yandex.ru*

Abstract – The article presents the results of an experimental study of the effect of additional low-voltage voltage with a frequency of 40 kHz on the gas-dynamic characteristics of an arc discharge, when welding with coated electrodes.

Keywords: production, assembly, installation, repair of NPP equipment, supporting metal structures, stability of arc discharge burning, quasi-harmonic power component, standard deviation, coefficient of variation, rate of change of current and arc voltage, equations of arc dynamics, average statistical pressure, arc pressure, velocity head plasma.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЩИТНОЙ ГЕРМООБОЛОЧКИ ЭНЕРГОБЛОКА АЭС МЕТОДАМИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДО ПРЕДНАПРЯЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

О.А. Губеладзе, А.Р. Губеладзе

Донской государственный технический университет (ДГТУ)

Рассмотрены вопросы оценки железобетонных конструкций защитных герметичных оболочек АЭС с реактором ВВЭР-1000 в период строительства. Приводятся результаты определения прочностных характеристик бетона, толщины защитного слоя арматуры и параметров трещин, выполненных в рамках инструментального обследования. Проведен анализ применимости методов определения прочности бетона для данного типа сооружений.

Ключевые слова: защитная герметичная оболочка, методы неразрушающего контроля, деформации, перемещения, трещины, прочность бетона.

Исходными данными для расчетов напряженно-деформированного состояния (НДС) защитной герметичной оболочки (ЗГО) являются: результаты контроля пространственного положения и геометрических параметров ЗГО геодезическими методами [1], а также данные о физико-механических свойствах строительного сооружения. Обследование при возведении ЗГО осуществляется путем реализации инструментального контроля по утвержденной программе. Прочность бетона, толщина защитного слоя арматуры и параметры трещин определяются методами неразрушающего контроля. Геометрические параметры ЗГО определяются после установки крана кругового действия на подкрановый путь. Оценивается эллиптичность рельсового пути до установки облицовки купольной части ЗГО, после установки купольной части, в период обкатки крана и во время его испытаний [1,2]. В ходе визуального обследования оболочки выявляются видимые дефекты и деформации строительных конструкций ЗГО, способные снизить несущую способность и долговечность, в частности наличие: горизонтальных и вертикальных трещин; участков с крупными раковинами, крупнопористым бетоном; мест с некачественным уплотнением бетона; участков с коррозией оголенной арматуры. В качестве примера ниже приводятся некоторые результаты натуральных наблюдений за строительством ЗГО проекта НП-1000 энергоблока одной из АЭС с ВВЭР-1000. В результате визуального обследования цилиндрической и купольной ее частей обнаружены: участки с некачественным уплотнением бетона и участки с поверхностными раковинами; трещины (глубина 20-60 мм, величина раскрытия 0,1-0,2 мм), сформированные в результате усадки бетона, расположение которых имеет случайный характер. Зона на горизонте крепления консолей крана кругового действия была обследована особо тщательно. На этом горизонте были обнаружены трещины, распределенные (практически равномерно) по окружности оболочки. После монтажа крана радиального действия на подкрановый путь, на консоли, расположенные в районе ходовых колес, воздействует сила, обусловленная его весом. Стена защитной оболочки в зоне крепления консоли воспринимает момент силы, который вызывает упругие деформации стены оболочки. При этом зона крепления консоли является фрагментом стены, где расположенные выше и ниже зоны обладают соответствующей на конкретный момент строительства жесткостью [3]. Данная зона обследовалась трижды до преднапряжения оболочки. Каждая выявленная трещина отмечалась несмываемой

краской и нумеровалась. Параметры трещин определялись: глубина - ультразвуковым прибором УК1401; ширина раскрытия трещин - измерительной лупой ЛИ-3-10^x.

Защитный слой бетона определялся на внешней стороне оболочки также на каждом ярусе по четырем захваткам (на каждой не менее 4-х участков). При этом регистрировались результаты только на участках, где определялся диаметр арматуры, соответствующий реальным значениям. В качестве основного метода определения защитного был принят магнитно-вихревой (прибор ИПА-МГ-4.01). На горизонтах расположения встроенных датчиков напряжения и температуры участки контроля совмещали с секторами расположения датчиков (участки располагали не ближе 100 мм до края яруса).

Определение прочности бетона конструкции ЗГО затруднялось требованием провести исследование без малейших повреждений защитной оболочки, т.е. косвенными методами неразрушающего контроля. Однако этим методам свойственна большая погрешность результатов измерения прочности, чему способствуют различные факторы, к которым относятся обработка поверхности; микротрещины, поры, каверны, расслоения в месте измерения; включения крупного заполнителя; наличие арматуры в месте измерения; размораживание, промасливание или увлажнение поверхностного слоя.

Для определения прочности бетона в конструкции, предварительно устанавливают градуировочную зависимость между прочностью бетона и косвенной характеристикой прочности. Методы пластической деформации, упругого отскока или ударного импульса при обследовании конструкций, бетон с параметрами, отличающимися от материала, по которому была построена градуировочная зависимость, могут применяться только с уточнением данной зависимости, что подразумевает испытание бетона разрушающими методами. Испытание контрольных образцов позволяет оценить качество бетонной смеси, но не прочность бетона самой конструкции. Это вызвано тем, что невозможно обеспечить идентичные условия набора прочности для бетона в конструкции и бетонных кубиков образцов. Так, бетон для одного из ярусов, согласно протокола испытаний образцов на прочность в условиях лаборатории, имел среднее значение прочности 58,0 МПа или 592 кг/см² (при требуемой прочности 51,3 МПа), а у образцов этого же бетона на площадке среднее значение составило 56,8 МПа и это для летнего периода. При этом прочность исследуемого бетона имеет высокую неоднородность с коэффициентом вариации 13,5 %. Наименьшей погрешностью измерения характеризуется ультразвуковой метод, а разброс результатов измерения ударно-импульсным методом максимален (коэффициент вариации 31,2%).

В итоге для повышения достоверности результатов использовались два косвенных неразрушающих метода определения прочностных свойств бетона: 1 – ударно – импульсный (прибор Beton Pro CONDTRON); 2 – ультразвуковой (прибор УК1401). Окончательные результаты определялись в соответствии с методикой установления, корректировки и оценки параметров градуировочных зависимостей. Прочность бетона определялась по четырем захваткам на внешней стороне оболочки на каждом ярусе. На каждой захватке по соответствующему ярусу выбирались доступные участки контроля, на которых выполняли определение прочности в пяти точках. В качестве итогового результата принимали среднее из десяти полученных значений. В каждой контролируемой точке перед выполнением измерений внешняя поверхность оболочки очищалась от наплывов бетона и выравнивалась от местной шероховатости. После проведения измерений контролируемая точка на поверхности оболочки маркировалась окрашиванием и подписывался ее номер.

В проекте на производство работ по возведению ЗГО сформулированы требования по величине усадочных трещин, прочности бетона и толщине защитного слоя. В реальности эти значения не всегда соответствовали нормативным [2].

Проведенное инструментальное обследование позволило получить достаточно достоверные сведения о параметрах строительного сооружения защитной гермооболочки и в дальнейшем использовать их при расчете НДС ЗГО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. № 2546990 Российская Федерация, МПК G01 M 99/00. Способ определения деформационных характеристик защитной герметичной оболочки / Ю. И. Пимшин, Ю. С. Забазнов, О. А. Губеладзе [и др.]; опубл. 10.04.2015, бюл. № 10. – 2 с.: ил.
2. Пимшин, Ю. И. Влияние крана кругового действия на техническое состояние строящейся защитной оболочки АЭС / Ю. И. Пимшин, Е. Б. Клюшин, О. А. Губеладзе [и др.] // Глобальная ядерная безопасность – 2016, – № 2(19). С. 33-42.
3. Губеладзе, О. А. Определение геометрических и физико-механических характеристик элементов энергоблока АЭС и их использование в качестве исходных данных для вероятностного анализа безопасности / О. А. Губеладзе, А. Р. Губеладзе, С. М. Бурдаков // Глобальная ядерная безопасность – 2017, – № 3(24). С. 102-109.

Definition of Physicomechanical Characteristics of the Protective Containment of The Power Unit of the Npp by Methods of Nondestructive Monitoring Up to the Pretension of the Building Construction

O.A. Gubeladze, A.R. Gubeladze

*Don State Technical University
e-mail: buba26021966@yandex.ru*

Abstract – Questions of assessment of reinforced concrete structures of protective tight shells of the NPP with the VVER-1000 reactor during construction are considered. Results definitions of strength characteristics of concrete, thickness of an armor coat of fittings and parameters of the cracks executed within tool inspection are given. The analysis of applicability of methods of determination of durability of concrete for this type of constructions is carried out.

Keywords: protective tight shell, methods of nondestructive monitoring, deformation, movement, crack, concrete durability.

УДК 930.24

ИСТОРИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЗНАЧЕНИЕ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ РОСТОВСКОЙ АЭС

Л.В. Постой, С.М. Бурдаков, Д.А. Чубкина, П.Н. Игнатенко

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск

В работе представлены результаты аналитического исследования истории строительства и значения в энергетическом комплексе Российской Федерации Ростовской АЭС. Строительство Ростовской атомной станции (АЭС) является одним из главных событий в развитии Южного федерального округа Российской Федерации и города Волгодонска. Ростовская АЭС является одним из крупнейших предприятий энергетики на Юге России. Это самая южная из российских АЭС. Станция обеспечивает около 50% производства электроэнергии в Ростовской области. Технический проект Ростовской АЭС разработан Нижегородским отделением института «Атомэнергопроект». Разработанный технический проект предполагал строительство Ростовской (АЭС) из четырех энергоблоков с водно-водяными ядерными реакторами модели ВВЭР-1000. В июне 1988 г. на первый энергоблок с Волгодонского производственного объединения атомного энергетического машиностроения «Атоммаш» был доставлен корпус ядерного реактора и другое оборудование. В августе 1990 г. принято решение об остановке строительства. На

основании заключения экспертной комиссии и постановления Правительства РФ в 1999 году начались работы по расконсервации и продолжения строительства объектов Ростовской АЭС. С получением лицензии Ростовская АЭС официально стала строящейся атомной электростанцией России. 30 марта 2001 г. состоялся пуск первого энергоблока. Второй блок был пущен 18 марта 2010 г. Энергоблок № 3 был пущен 27 декабря 2014 года. 1 февраля 2018 г. президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин посетил г. Ростов-на-Дону и в режиме видеоконференции дал старт работе нового четвертого энергоблока Ростовской АЭС. В настоящее время Ростовская АЭС обеспечивает электроэнергией Крым, – это решение стратегической государственной задачи.

Ключевые слова: Строительство Ростовской атомной станции, город Волгодонск, реактор ВВЭР-1000, Атомэнергопроект, Атоммаш, Единая энергетическая система России, генеральный проектировщик, генеральный подрядчик, экология, радиационный контроль, промышленное развитие.

Строительство Ростовской атомной станции (АЭС) является одним из главных событий в развитии Южного федерального округа Российской Федерации и города Волгодонска. Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция» расположена в Ростовской области на южном берегу Цимлянского водохранилища. В настоящее время размер санитарно-защитной зоны Ростовской АЭС составляет 3 км, а размер зоны наблюдения – 30 км. В зону Ростовской АЭС радиусом 30 км входят 5 муниципальных образований Ростовской области, из них наиболее крупным является город Волгодонск, находящийся на расстоянии 13,5 км от Ростовской АЭС [1].

Ростовская АЭС является одним из крупнейших предприятий энергетики на Юге России. Это самая южная из российских АЭС. Станция обеспечивает около 50% производства электроэнергии в Ростовской области. От Ростовской АЭС электроэнергия по шести ЛЭП-500 поступает в Волгоградскую и Ростовскую области, Краснодарский и Ставропольский края, по двум ЛЭП-220 – в г. Волгодонск. Ростовская АЭС относится к серии унифицированных проектов АЭС с ВВЭР-1000, удовлетворяющих требованиям поточного строительства. Вся мощность АЭС предназначалась для покрытия потребности объединенной энергосистемы Северного Кавказа [2].

Технический проект Ростовской АЭС разработан Нижегородским отделением института «Атомэнергопроект» в соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 21.10.76 № 87Д и на основании [3, 4]:

- решения Минэнерго СССР от 29.03.77 №5 по утверждению технико-экономического обоснования строительства Волгодонской АЭС, согласованного Госпланом СССР и Госстроем СССР (письмо от 11.01.77 № ВИ-2612-3-7);

- задания на разработку технического проекта Волгодонской АЭС мощностью 4000 МВт, утвержденного Минэнерго СССР от 07.12.77 и дополнения к нему, утвержденного Минэнерго СССР 16.03.78;

- акта выбора пункта строительства атомной электростанции мощностью 4000 МВт в Ростовской области, утвержденного Ростовским облисполкомом Совета народных депутатов 24.10.75 и Минэнерго СССР 20.10.77;

- решения Технического совета института «Атомэнергопроект» по «Основным положениям унифицированного проекта АЭС с реакторами ВВЭР-1000» от 31.12.77.

Проект АЭС был утвержден приказом Минэнерго СССР от 12.10.79 № 133-ПС. В 1980 г. проект прошел экспертизу Госстроя СССР и решением Коллегии Госстроя СССР от 03.02.81 № 4 получил положительную оценку. В соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 15.11.79 № 1000 строительство Ростовской АЭС начато в 1979 г. [4].

Разработанный технический проект предполагал строительство Ростовской (АЭС) из четырех энергоблоков с водно-водяными ядерными реакторами модели ВВЭР-1000. В первую очередь в период с 1979-1981 гг. были построены строительно-хозяйственная

база АЭС, склады и временные объекты, пуско-резервная котельная, автомобильная и железная дороги, связывающие город Волгодонск и строительную площадку станции. Так же в этот период были начаты работы по отсыпке плотины пруда-охладителя для охлаждения воды, циркулирующей через конденсаторы турбин [5]. В 1981 г. началось строительство первого энергоблока станции, в 1983 г. – второго энергоблока. По первоначальному плану окончание строительства и ввод первого энергоблока станции планировался на 1986-1987 гг., последующие энергоблоки должны были вводиться за первым энергоблоком каждый год. Таким образом, к 1990 г. на Ростовской АЭС должны были быть построены и введены в эксплуатацию все планировавшиеся 4 энергоблока [6].

В июне 1988 г. на первый энергоблок с Волгодонского производственного объединения атомного энергетического машиностроения «Атоммаш» им. Л. И. Брежнева – крупнейшего в мире предприятия по изготовлению продукции атомного машиностроения был доставлен корпус ядерного реактора и другое оборудование. На энергоблоке шли работы по монтажу устройств и оборудования [7, 8]. Были начаты работы по подготовке площадок под строительство энергоблоков № 3 и № 4.

После катастрофы на Чернобыльской АЭС в 1986 г., а также из-за начала экономического кризиса в СССР Ростовский совет народных депутатов в августе 1990 г. принял решение об остановке строительства (на тот момент первый энергоблок был готов на 95%). Возведение АЭС было законсервировано на десять лет. 10 мая 2000 г. Госатомнадзор разрешил продолжить строительство [3, 4].

К августу 1990 г. на Ростовской АЭС готовность первого энергоблока составила 95%, второго энергоблока – 30%; сооружена фундаментная плита третьего энергоблока, и вырыт котлован для четвертого энергоблока. Однако в связи с получившими широкое распространение выступлениями и под давлением экологических организаций против пуска в эксплуатацию Ростовской АЭС по просьбе Совета народных депутатов Ростовской и Волгоградской областей было принято решение Совета Министров СССР и РСФСР о приостановлении с 01.09.90 г. строительства Ростовской АЭС (протокол совещания у Председателя Совета Министров РСФСР И.С. Силаева и заместителя Председателя Совета Министров СССР Л. Д. Рябева от 29.08.90). Этим же решением Минатомэнергопрому СССР было предписано обеспечить полную сохранность построенных зданий и сооружений и смонтированного в них оборудования, а Госкомприроды СССР обеспечить проведение экологической экспертизы проекта. Постановлением Правительства РФ от 28.12.92 № 1026 Минатому РФ предписано продолжить консервацию Ростовской АЭС, а Минприроды РФ провести в установленном порядке государственную экологическую экспертизу проекта [4].

Проект Ростовской АЭС, включая раздел проекта «Оценка воздействия Ростовской АЭС на окружающую среду», разработан Нижегородским институтом «Атомэнергопроект», был представлен на рассмотрение в Минприроды России в 1994 г. Заключение научно-общественной экологической комиссии по Ростовской АЭС представлено в Минприроды России Законодательным Собранием Ростовской области 27.12.94 г. Приказом Минприроды России от 31.03.95 г. № 131 была образована экспертная комиссия государственной экологической экспертизы по проекту Ростовской АЭС, согласно заключению, которой от 14.07.95 г. проект строительства АЭС был одобрен при условии реализации замечаний и предложений экспертной комиссии и ограничения мощности АЭС двумя энергоблоками [4].

В соответствии с поручением Правительства Российской Федерации от 12.08.98 г. № БН-П7-23423 Нижегородским институтом «Атомэнергопроект» с привлечением многочисленных научно-исследовательских организаций, в том числе из Ростовской области, выполнена доработка проекта. Минатомом России представлен на государственную экологическую экспертизу в Госкомэкологии России доработанный

проект Ростовской АЭС с учетом замечаний и предложений «Сводного заключения экспертной комиссии государственной экологической экспертизы Минприроды России по проекту Ростовской АЭС» от 14.07.95 г. и «Решения Совета государственной экологической экспертизы Минприроды России по результатам государственной экологической экспертизы проекта Ростовской АЭС» от 03.10.95 №22. 11 августа 1999 г. – приказ Роскомэкологии России о проведении государственной экологической экспертизы на Ростовской АЭС. 7 февраля 1999 г. в Роскомэкологии состоялось заключительное заседание экспертной комиссии, призванной оценить экологическую безопасность Ростовской АЭС. Независимые эксперты дали проекту РоАЭС положительную оценку [4].

На основании заключения экспертной комиссии и постановления Правительства РФ в 1999 г. начались работы по расконсервации и продолжения строительства объектов Ростовской АЭС. 10 мая 2000 г. Госатомнадзором России была выдана лицензия, дающая право на сооружение энергоблока № 1 Ростовской АЭС с реактором ВВЭР-1000 [3]. В 2001 г. – лицензия на эксплуатацию энергоблока. 30 марта 2001 г. осуществлено включение турбогенератора энергоблока № 1 в Единую энергетическую систему России [2].

С получением лицензии Ростовская АЭС официально стала строящейся атомной электростанцией России. 30 марта 2001 г. состоялся пуск первого энергоблока. После пуска продолжилось строительство второго энергоблока, который был пущен 18 марта 2010 г. [3]. В феврале 2009 г. были проведены общественные слушания по строительству энергоблоков № 3 и № 4 на Ростовской АЭС, а уже в июне того же года Ростехнадзором была выдана лицензия на строительство блоков № 3 и 4 Ростовской АЭС. Тем самым было решено вернуться к первоначальному проекту станции в составе 4 энергоблоков. Энергоблок № 3 был пущен 27 декабря 2014 г. [3].

1 февраля 2018 г. президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин посетил Ростов-на-Дону и в режиме видеоконференции дал старт работе нового четвертого энергоблока Ростовской АЭС [3].

После запуска четвертого энергоблока суммарная установленная мощность АЭС составила 4,14 гигаватта [3, 4].

Генеральный проектировщик и генеральный подрядчик сооружения энергоблоков Ростовской АЭС – группа компаний ASE, инжиниринговый дивизион госкорпорации «Росатом» [3, 4].

В 2017 г. на Ростовской АЭС было выработано 23 млрд 178 млн кВт-ч электроэнергии. Станция обеспечивает около 40% производства электроэнергии в Ростовской области [3, 4].

Значение Ростовской АЭС для экономики Ростовской области и всего юга Российской Федерации невозможно переоценить. В 2015 г. индекс промышленного производства в Ростовской области составил 154,6%. По этому показателю Ростовская область занимает первое место в России и говорит о положительном росте экономики всего Южного федерального округа. В производстве и распределении электроэнергии, газа и воды рост составил 110%. Во многом благодаря развитию Ростовской АЭС, филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск интегрированному в группу компаний госкорпорации «Росатом» выпускающий продукцию для атомной отрасли [9].

Что касается экологической составляющей, то Ростовская АЭС вкладывает колоссальные средства в природоохранные мероприятия [1].

Радиационный контроль Ростовской АЭС осуществляется в полном соответствии с регламентом РГ.33.02 «Радиационный контроль Ростовской атомной станции», разработанным на основании требований Федеральных законов и требований нормативных документов РФ в области радиационной безопасности. Регламент согласован с Межрегиональным Управлением №5 Федеральным медико-

биологическим агентством России и определяет основные виды, периодичность и точки радиационного контроля. В целом, организация радиационного контроля позволяет получать достоверную и оперативную информацию о количественных параметрах радиационных факторов на территории размещения атомной станции [10].

Рост производства требует роста энергетических мощностей. Наибольшую долю этих мощностей может обеспечить только новый – четвертый блок Ростовской АЭС. В настоящее время Ростовская АЭС обеспечивает электроэнергией Крым, – это решение стратегической государственной задачи [9]. Главной целью Ростовской АЭС в области энергетического менеджмента является эффективное и рациональное использование энергетических ресурсов при безусловном соблюдении требований безопасности и надежности при эксплуатации систем и оборудования АЭС. Каждый энергоблок Ростовской АЭС – это возможности для развития промышленного потенциала юга России и крупный инвестиционный проект стоимостью более двух миллиардов долларов. На сегодняшний день с каждого энергоблока мощностью 1000 МВт Ростовская АЭС генерирует по 8 млрд. кВт/ч электроэнергии. Четыре энергоблока увеличивают выработку до 30 млрд. кВт/ч, что покрывает потребности региона и обеспечивает электроэнергией Крымский полуостров.

Ростовская АЭС во многом является отправной точкой для промышленного развития регионов, которые к ней подключены. С появлением крупного генерирующего объекта создание и функционирование любого производства не является проблемой. Специалисты ожидают подъема во многих отраслях экономики. Кроме того, сама станция как объект хозяйственной деятельности вносит крупный налоговый вклад в экономику Ростовской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богоровская, С. А. Повышение биоразнообразия древесных культур в насаждениях общего пользования тридцатикилометровой зоны РОАЭС / С. А. Богоровская // Глобальная ядерная безопасность. – 2014. – № 2(11). – С. 39-43.
2. Ростовская АЭС [Электронный ресурс] // Официальный сайт АО «Концерн Росэнергоатом». – URL : https://rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-rostovskoy-aes/.
3. Ростовская АЭС. Досье [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федерального государственного унитарного предприятия «Информационное телеграфное агентство России (ИТАР-ТАСС)». – URL : <https://tass.ru/info/4921083>.
4. Ростовская АЭС. Характеристика объекта, геологической среды и их взаимодействия. [Электронный ресурс] // Официальный сайт базы данных: Геологическая среда и объекты ЯТЦ России, Copyright © ГЦ РАН. – URL : <http://wdecb.ru/mining/ronpp/Main2.html>.
5. За строкой проекта Основных направлений. Ростовская Атомная... [Электронный ресурс] // Газета «Волгодонская Правда», № 18 (7341), 3 февраля 1981 года. – URL : [http://волгодон.рф/images/vp/1981/02.03.1981_18\(7341\).pdf](http://волгодон.рф/images/vp/1981/02.03.1981_18(7341).pdf).
6. Атомэнергопроект. История ОАО «НИАЭП» в документах и воспоминаниях ветеранов. 1951–2008. [Электронный ресурс] // Официальный сайт электронной библиотеки «История Росатома». –URL : http://elib.biblioatom.ru/text/istoriya-niaep_2008/go,0/.
7. Реактор прибыл на АЭС. [Электронный ресурс] // Газета «Волгодонская Правда», № 103 (8828), 26 июня 1988 года. – URL : [http://волгодон.рф/images/vp/1988/06.28.1988_103\(8826\).pdf](http://волгодон.рф/images/vp/1988/06.28.1988_103(8826).pdf).
8. Садошенко, С. Я – Атоммаш (Серия: флаги социалистической индустрии). – Альбом // С. Садошенко [и др.]. – Москва : Плакат, 1987. – 176с.
9. Значение Ростовской АЭС для экономики юга России невозможно переоценить [Электронный ресурс] // Официальный сайт Центра энергетической экспертизы/ – URL : <http://energy-experts.ru/comments19725.html>. – 22.03.2020.
10. Симаков, А. Ю. Организация радиационного контроля в районе размещения Ростовской АЭС / А. Ю. Симаков // Глобальная ядерная безопасность. – 2012. – № 2-3(4). – С. 8-12.

Construction History and Importance in the Energy Complex Rostov NPP

L.V.Postoy¹, S.M. Burdakov², D.A. Chubkina³, P.N. Ignatenko

Abstract – The results of analytical study of construction history and significance in the energy complex of the Russian Federation of the Rostov NPP are presented in the work. Construction of the Rostov Nuclear Power Plant (NPP) is one of the main events in the development of the Southern Federal District of the Russian Federation and the city of Volga. Rostov NPP is one of the largest energy enterprises in the South of Russia. This is the southernmost of Russia's nuclear power plants. The station provides about 50% of power generation in Rostov region. The technical design of the Rostov NPP was developed by the Nizhny Novgorod branch of the Atomenergoproekt Institute. The developed technical project envisaged the construction of Rostov (NPP) from four power units with water-water nuclear reactors of model ВВЭР-1000. In June 1988, the nuclear reactor vessel and other equipment were delivered to the first power unit from the Volga Production Association of Atomic Energy Engineering "Atom mash." In August 1990, it was decided to stop construction. On the basis of the opinion of the expert commission and the resolution of the Government of the Russian Federation in 1999, work began on depreservation and continuation of construction of the facilities of the Rostov NPP. With the acquisition of the license Rostov NPP officially became the nuclear power plant of Russia under construction. On March 30, 2001, the first power unit was launched. The second block was kicked off on 18 March 2010. Power Unit No. 3 was launched on 27 December 2014. On February 1, 2018, President of the Russian Federation Vladimir Vladimirovich Putin visited Rostov-on-Don and by videoconference launched the work of the new fourth power unit of the Rostov NPP. At present Rostov NPP provides electricity to Crimea, is a solution to the strategic state task.

Keywords: Construction of the Rostov nuclear plant, Volgodonsk city, VVER-1000 reactor, Atomenergoproekt, Atom mash, Unified Energy System of Russia, general designer, general contractor, ecology, radiation control, industrial development.

УДК 624.04.45.001.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕДНАПРЯЖЕНИЯ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ПРОЕКТА АЭС-2006

**Александр С. Киселев, Алексей С. Киселев, В.Н. Медведев, А.Н. Ульянов,
В.Ф. Стрижов, М.И. Скорикова**

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Москва

В работе приводится описание методологии моделирования преднапряжения внутренней защитной оболочки проекта АЭС-2006 в соответствии с порядком натяжения армоканатов на реальном объекте.

Ключевые слова: защитная оболочка, расчетная модель, перемещения, деформации, напряжения, усилия.

Целью данной работы является оценка уровня усилий в канатах системы СПЗО после завершения процесса натяжения арматурных канатов. Система СПЗО обеспечивает обжатие бетонной защитной оболочки (ЗО) с целью исключения появления растягивающих напряжений в теле оболочки при воздействии внутреннего аварийного давления. Особенностью технологии натяжения армоканатов является то, что они нагружаются не одновременно, а последовательно. При этом процесс преднапряжения длится 6-8 месяцев. Под действием обжимающей нагрузки меняется геометрия ЗО, как вследствие упругого деформирования бетона, так и из-за ползучести бетона, скорость которой в первые годы после возведения ЗО может быть высокой. В

результате радиус оболочки уменьшается, что приводит к уменьшению длины армоканатов и снижению усилий натяжения. Поэтому усилия в армоканатах, натянутых на ранних стадиях, могут снижаться к моменту окончания преднапряжения.

Защитные оболочки АЭС имеют достаточно сложную геометрическую форму и большое количество конструктивных неоднородностей (узлы сопряжения элементов различной жесткости, отверстия, неравномерности траекторий арматурных канатов и другие), а нагрузки со стороны СПЗО неравномерны. В этой связи расчеты НДС необходимо выполнять с использованием современных численных методов (метод конечных элементов [1], метод суперэлементов [2]) и подробной трехмерной математической модели защитной оболочки. Математическая модель должна учитывать реальные геометрические характеристики оболочки, герметизирующую облицовку, армирование оболочки.

Конечноэлементная модель внутренней ЗО проекта АЭС-2006 (рис. 1), разработанная в рамках данной работы, включает 3257407 узлов, 4053592 конечных элемента, стержневая арматура моделируется стержневыми конечными элементами. Алгоритм задания нагрузок – узловых усилий на гранях конечных элементов, которые пересекает отдельный канат, состоит в следующем. Трассировка каждого каната на развертке задается некоторым количеством отрезков прямых и дуг, которые описываются координатами начала и конца отрезков или координатами центра и радиуса дуги. Двигаясь от одного анкера к анкеру на противоположном конце каната, находят грани конечных элементов, которые канат пересекает, и координаты точки пересечения отрезков каната с ребрами очередной грани конечноэлементной сетки – рисунок 2. Зная длину отрезка каната, пересекающего грань конечного элемента, и кривизну поверхности можно рассчитать, какое суммарное усилие приходится на грань конечного элемента. Далее считается, что эта сила приложена в точке, соответствующей центру отрезка каната внутри грани конечного элемента – точка с координатами X_c , Y_c на рисунке 2. Эта сила перераспределяется в узлы грани (номера 1-4) обратно пропорционально расстоянию точки центра отрезка до этих узлов.

Наибольшая неоднородность распределения усилий от системы преднапряжения наблюдается в зоне крупных технологических проходов даже при однородном нагружении стенки, что обуславливается, главным образом, наличием отверстия большого диаметра, формой усиления зоны отверстия и наличием отгибов арматурных канатов [3].

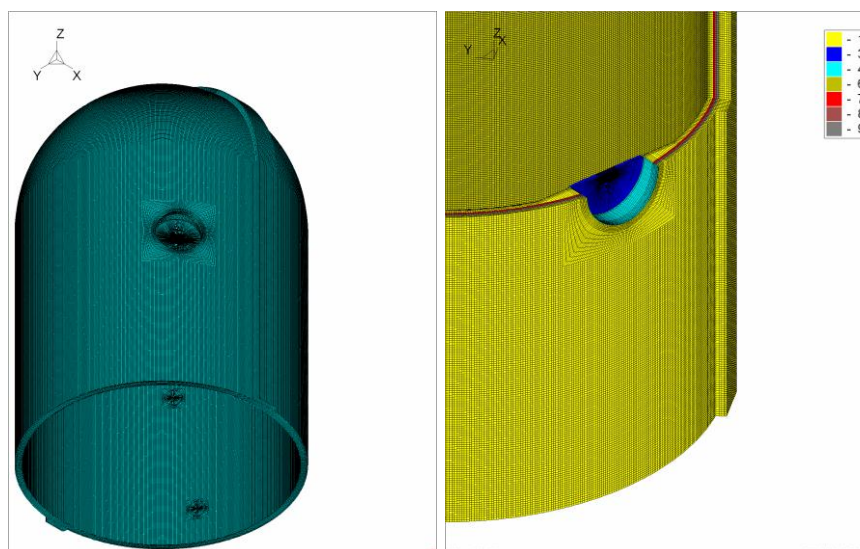


Рисунок 1 – Конечноэлементная модель внутренней защитной оболочки проекта АЭС2006

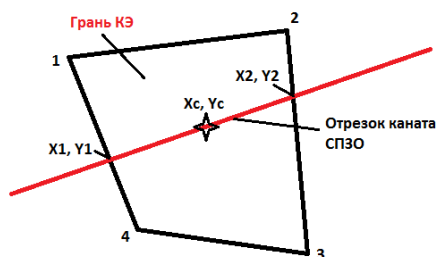


Рисунок 2 – Схема расчета нагрузки со стороны каната СПЗО на грань конечного элемента, который пересекает канат

Для того, чтобы оценить уровень потерь усилий в канатах системы СПЗО в процессе преднапряжения из-за изменения геометрии оболочки вследствие появления дополнительной обжимающей нагрузки по мере натяжения все большего числа армоканатов и процесса ползучести бетона, необходимо выполнить моделирование процесса деформирования оболочки с учетом действующих нагрузок и характеристик ползучести бетона. Поскольку скорость ползучести бетона зависит от уровня действующих напряжений и времени, прошедшего с момента окончания возведения, процесс расчета разбивается на шаги по времени. На каждом шаге по времени проводится расчет НДС модели ЗО с учетом действующих на начало шага нагрузок и ползучести бетона. По перемещениям узлов конечноэлементной модели ЗО, полученным в конце текущего шага расчета, рассчитывается изменение длины каждого арматурного каната и его деформации и, соответственно, изменение величины действующих в нем усилий.

Результаты расчетных исследований, приведенные ниже, получены с использованием программного комплекса CONT 1.0, разработанного в ИБРАЭ РАН (Паспорт аттестации №347 от 21.11.2013), предназначенного для поведения трехмерных расчетов параметров напряженно-деформированного состояния защитных оболочек АЭС различных типов.

При моделировании преднапряжения внутренней ЗО проекта АЭС-2006 общее количество армоканатов (62 горизонтальных, 50 вертикальных, 13 горизонтальных на куполе) разбито на 12 групп, в соответствии с порядком их натяжения на реальном объекте. В результате моделирования получены графики изменения усилий в армоканатах за весь период преднапряжения – рисунок 3. Максимальные потери усилий могут составлять ~80 тонн (в среднем ~50 тонн). Проведено сравнение изменения уровня усилий в четырех арматурных канатах, на которых установлены датчики контроля усилий, полученных расчетным путем и измеренных в процессе преднапряжения ЗО. Погрешность расчетов составляет не более 4%.

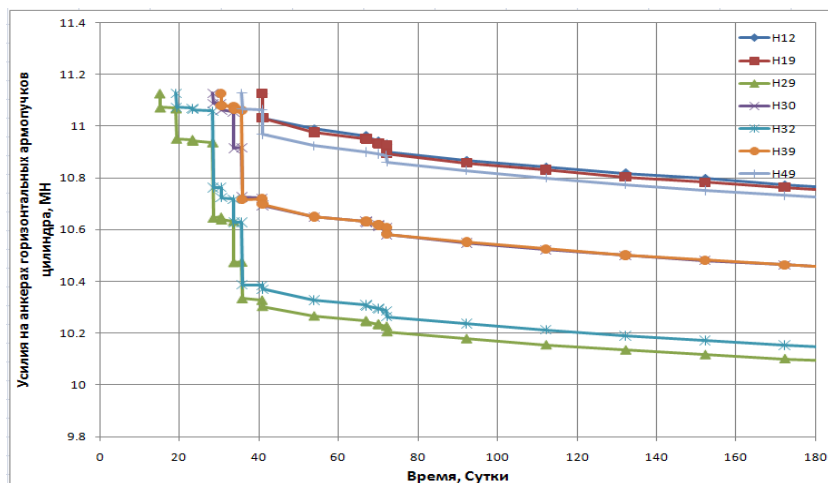


Рисунок 3 – Зависимость от времени усилий на анкерах горизонтальных пучков армоканатов на цилиндре

Полученные данные показывают, что на момент начала эксплуатации усилия в армоканатах распределены неравномерно, даже если в процессе натяжения каждого из канатов на домкрате были одинаковые усилия. Это необходимо учитывать при обосновании эксплуатационной пригодности ЗО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зенкевич, О.* Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – Москва : Мир, 1975. – 341 с.
2. *Постнов, В. А.* Метод суперэлементов в расчетах инженерных сооружений / В. А. Постнов, С. П. Дмитриев. – Ленинград : Судостроение, 1979. – 287 с.
3. *Медведев, В. Н.* Натурные наблюдения на этапе строительства защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС / В. Н. Медведев, Александр С. Киселев, Алексей С. Киселев, А. Н. Ульянов, В. Ф. Стрижов, Е. А. Потапов // Глобальная ядерная безопасность. – 2014. – № 3(12). – С. 89-99.

Modeling the Process of Prestressing Containment of the NPP-2006 Project

Aleksandr S. Kiselev, Aleksei S. Kiselev, V.N. Medvedev¹, A.N. Ulianov, V.F. Strizhov, M.I. Skorikova²

Nuclear safety institute of the Russian academy of sciences

¹*e-mail: cont@ibrae.ac.ru,*

²*e-mail: skorikova@ibrae.ac.ru,*

Abstract – The article describes the methodology for modeling the prestressing of the inner containment of the NPP-2006 project in accordance with the order of tendons tension on a real object.

Key words: containment, calculation model, displacements, deformations, stresses, forces.

УДК 528.541.8

МЕТОДИКА МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ЭТАЛОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ

Ю.И. Пимшин^{*}, Д.М. Арсеньев^{}, И.Ю. Пимшин^{**}**

^{*}*Национальный исследовательский ядерный университет (МИФИ), Волгоград, Ростовская обл.*

^{**}*Донской государственный технический университет (ДГТУ), Ростов-на-Дону*

В работе рассмотрены вопросы исследования точности измерения прямоугольных декартовых координат контролируемых точек электронными тахеометрами. Предлагается для метрологического эталонирования электронных тахеометров на коротких расстояниях (до 60 м) использовать лазерный трекер.

Ключевые слова: электронный тахеометр, лазерный трекер, точность определения прямоугольных декартовых координат, ошибки измерений, поправки.

Одним из основных условий решения производственных задач является критерий точности. Общеизвестно, что основными источниками ошибок измерений являются: личные, инструментальные и обусловленные влиянием внешней среды. Личные ошибки исключаются внедрением автоматизации измерений. Ошибки, обусловленные влиянием внешней среды, учитываются введением поправок за метеоданные, выбора оптимального времени, когда воздействие внешних факторов минимально и т.д. Инструментальные ошибки минимизируются метрологическим эталонированием средств измерений. Данный подход для повышения точности замеров позволяет

выполнять геодезические работы на пределе точностной возможности приборов, что особенно актуально при сопровождении монтажа и контроля геометрических параметров технологического оборудования.

На сегодняшний момент времени наиболее популярными геодезическими приборами являются электронные тахеометры, являющиеся универсальными координато-измерительными системами, объединяющими в себе электронный теодолит, светодальномер и микроЭВМ. Электронные тахеометры работают в полярной системе координат, то есть измеряют горизонтальные, вертикальные углы и наклонные расстояния от прибора до контролируемой точки. У современных тахеометров паспортная точность измерения углов варьируется от 0,5" до 6" и наклонных расстояний от $\pm (0,5+1 \text{ мм/км} \times D)$ мм до $\pm (3+2 \text{ мм/км} \times D)$ мм. Однако при расчетах, обработке и анализе данных наиболее удобно использовать прямоугольную декартовую систему координат. Приведем формулы перевычисления полярной системы координат в прямоугольную декартовую систему координат:

$$\begin{cases} x_i = x_{CT} + \Delta x_i = x_{CT} + S_i \cos v_i \cos \alpha_i; \\ y_i = y_{CT} + \Delta y_i = y_{CT} + S_i \cos v_i \sin \alpha_i; \\ h_i = h_{CT} + \Delta h_i = h_{CT} + S_i \sin v_i + j - v_i; \end{cases} \quad (1)$$

где x_i, y_i, h_i – координаты определяемых (контролируемых) точек (пикетов);

x_{CT}, y_{CT}, h_{CT} – прямоугольные координаты станции стояния прибора;

$\Delta x_i, \Delta y_i, \Delta h_i$ – приращения координат и превышения между прибором и контролируемыми точками;

v_i, α_i – вертикальные и горизонтальные углы;

S_i – наклонные расстояния от прибора до контролируемых точек.

j, v_i – высота прибора и высоты наведения.

Используя данные формулы, перешли к их средним квадратическим ошибкам (СКО):

$$\begin{cases} m_x^2 = m_{x_{CT}}^2 + m_S^2 \cos^2 v \cos^2 \alpha + S^2 \sin^2 v \cos^2 \alpha \frac{m_v^2}{\rho''^2} + S^2 \cos^2 v \sin^2 \alpha \frac{m_\alpha^2}{\rho''^2}; \\ m_y^2 = m_{y_{CT}}^2 + m_S^2 \cos^2 v \sin^2 \alpha + S^2 \sin^2 v \sin^2 \alpha \frac{m_v^2}{\rho''^2} + S^2 \cos^2 v \cos^2 \alpha \frac{m_\alpha^2}{\rho''^2}; \\ m_h^2 = m_{h_{CT}}^2 + m_S^2 \sin^2 v + S^2 \cos^2 v \frac{m_v^2}{\rho''^2} + m_j^2 + m_v^2; \end{cases} \quad (2)$$

где m_x, m_y, m_h – СКО определения декартовых координат определяемых точек;

x_{CT}, y_{CT}, h_{CT} – СКО прямоугольных координат станции стояния прибора;

$m_v, m_\alpha, m_S, m_j, m_v$ – СКО измерения вертикальных, горизонтальных углов и наклонного расстояния, а также высот прибора и наведения.

Если измерения выполняются с одной станции в системе координат тахеометра, то СКО координат станции стояния прибора, а также высоты прибора и наведения можно пренебречь. Тогда СКО положения планово-высотных координат определяемых точек прямо пропорциональны величинам контролируемых горизонтальных, вертикальных углов и наклонным расстояний, а также погрешностям их измерений.

Для метрологического эталонирования электронных тахеометров на коротких расстояниях (до 60 м) предлагается использовать лазерный трекер, например FARO Laser Tracker Vantage, у которого паспортная точность измерения углов составляет $\pm 10 \text{ мкм} + 2,5 \text{ мкм/м}$ ($\pm 0,0004'' + 0,0001''/\text{м}$) и наклонных расстояний $\pm 8 \text{ мкм} + 0,4 \text{ мкм/м}$.

То есть лазерный трекер на порядок точнее выполняет измерения, чем любой тахеометр.

Методика исследования точности измерения прямоугольных декартовых координат электронным тахеометром при помощи лазерного трекера заключается в следующем. Данные приборы на штативах вплотную устанавливаются в конце коридора, размер которого должен быть не менее 60 м (рис. 1). Системы координат обоих приборов ориентируют вдоль коридора. Затем вдоль оси абсцисс электронного тахеометра на расстоянии минимального фокусного расстояния устанавливают отражатель лазерного трекера на специальном штативе. По данному отражателю выполняют одновременные многократные измерения электронным тахеометром и лазерным трекером. Первый замер является исходным (базовым) для всех других измерений в данном (первом) цикле. После этого отражатель лазерного трекера на специальном штативе последовательно перемещается вдоль оси абсцисс электронного тахеометра с шагом порядка 1 м до конца коридора. При каждой постановке отражателя выполняются измерения электронным тахеометром и лазерным трекером. Затем трекер тахеометра разворачивают на головке штатива на угол, равный порядка 45° , и все вышеописанные действия повторяют (второй цикл измерений). Данные действия повторяют и при развороте трекера тахеометра относительно его первоначального положения на угол 90° (третий цикл измерений).

Обработка результатов измерений выполняется в следующей последовательности. По общеизвестным формулам выполняют преобразование декартовых прямоугольных координат при одновременном переносе и повороте осей системы координат лазерного трекера в систему координат тахеометра:

$$\theta = \arctg\left(\frac{y_n^{mp.}}{x_n^{mp.}}\right) - \arctg\left(\frac{y_n^{max.}}{x_n^{max.}}\right); \quad (3)$$

$$x_0 = x_i^{max.} - x_i^{mp.} \cos \theta + y_i^{mp.} \sin \theta = -x_i^{mp.} + x_i^{max.} \cos \theta + y_i^{max.} \sin \theta; \quad (4)$$

$$y_0 = y_i^{max.} - x_i^{mp.} \sin \theta - y_i^{mp.} \cos \theta = -y_i^{mp.} - x_i^{max.} \sin \theta + y_i^{max.} \cos \theta; \quad (5)$$

$$x_i^{n.mp.} = (x_i^{max.} - x_0) \cos \theta + (y_i^{max.} - y_0) \sin \theta; \quad (6)$$

$$y_i^{n.mp.} = -(x_i^{max.} - x_0) \sin \theta + (y_i^{max.} - y_0) \cos \theta; \quad (7)$$

где θ – угол разворота системы координат лазерного трекера относительно системы координат электронного тахеометра;

x_0, y_0 – несовпадение начала систем координат приборов;

$x_i^{max.}, y_i^{max.}$ – координаты точек, измеренные электронным тахеометром;

$x_i^{mp.}, y_i^{mp.}$ – координаты точек, измеренные лазерным трекером;

$x_i^{n.mp.}, y_i^{n.mp.}$ – координаты точек лазерного трекера, преобразованные в систему координат электронного тахеометра.

Преобразование прямоугольных декартовых координат точек, измеренных лазерным трекером, в систему координат электронного тахеометра нужно сделать для каждого цикла по отдельности. Затем для каждого цикла по отдельности вычисляют разность преобразованных координат, измеренных лазерным трекером, с координатами, определенными электронным тахеометром, по формулам:

$$\Delta_X = x_i^{max.} - x_i^{n.mp.}; \quad \Delta_Y = y_i^{max.} - y_i^{n.mp.}; \quad (8)$$

где Δ_X, Δ_Y – погрешности измерения координат электронным тахеометром.

Таким образом исследуется реальная точность измерения прямоугольных декартовых координат электронным тахеометром для различных на расстояний

(2-60 м) и горизонтальных углов (0°, 45°, 90°), что обеспечивает достижение предельной инструментальной точности измерений.

Methods of Metrological Standing of Electronic Total Stations

Yu.I. Pimshin ^{*1}, D.M. Arseniev ^{}, I.Yu. Pimshin ^{**}**

^{}National Research Nuclear University (MEPhI), Volgodonsk, Rostov region, Russia*

*^{**}Don State Technical University (DSTU), Rostov-on-Don, Russia*

¹e-mail: YIPimshin@mephi.ru

Abstract – The paper deals with the study of the accuracy of measuring rectangular Cartesian coordinates of controlled points by electronic tacheometers. It is proposed to use a laser tracker for metrological standardization of electronic tacheometers at short distances (up to 60 m).

Keywords: electronic total station, laser tracker, accuracy of determining rectangular Cartesian coordinates, measurement errors, corrections.

СЕКЦИЯ 4

КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: СОЦИОКУЛЬТУРНЫЙ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ АСПЕКТЫ

УДК [351.862.82 : 005.5] : 621.039

КОУЧИНГОВЫЙ ПОДХОД В ФОРМИРОВАНИИ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

В.А. Руденко, Ю.А. Евдошкина, И.С. Василенко

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

Рассматривается коучинг как эффективная технология формирования культуры безопасности. Анонсированы результаты диагностики развития навыков управления руководителями, которые могут обосновать стратегию лидерства в вопросах культуры безопасности на предприятиях атомной отрасли.

Ключевые слова: культура безопасности, модель руководителя-лидера, тип управленческого взаимодействия, коучинг.

Принцип лидерства руководителей всех уровней в целях безопасности последовательно внедряется в ГК «Росатом» как один из основных инструментов деятельности. На предприятиях атомной отрасли, где обеспечение безопасности является основным приоритетом, существует необходимость постоянного совершенствования процесса управления персоналом для достижения наилучших результатов деятельности. Приказом АО «Концерн Росэнергоатом» №9/1133-П от 15.08.2019 г. внедрена модель руководителя-лидера в области развития культуры безопасности [2]. Ее применение позволяет формировать и оценивать реальное поведение руководителей по отношению к достижению целей безопасности и эффективности. В задачах и поведенческих признаках в поддержку достижения ожидаемых результатов коучинг выделен как особый тип управленческого взаимодействия руководителя с персоналом.

На Ростовской АЭС в рамках поддержания высокого уровня безопасности предприятия и формирования лидерства руководителей различных уровней в вопросах культуры безопасности в 2020 г. преподаватели ВИТИ НИЯУ МИФИ провели два новых обучающих курса: «Модель поведения руководителя-лидера в развитии культуры безопасности» и «Поведенческий аудит. Наблюдение на рабочем месте. Коучинг». С целью реализации практической части программы для 56-ти руководителей Ростовской АЭС были организованы следующие диагностические процедуры: диагностика навыков работы из разных управленческих ролей; тестирование по методике доктора психологических наук, профессора Р. Белбина; исследование локус контроля по методике Дж. Роттера.

Результаты исследований и их обсуждение с руководителями позволили составить общие рекомендации для развития навыков управления участников тренинговых занятий, возможностей применения коучингового подхода в деятельности руководителя на атомной станции, а также, в целом, оценить собственный потенциал в рамках концепции «лидер – руководитель».

Тестирование по методике «Групповые роли» показало следующие тенденции:

1. Наиболее высокими показателями у руководителей Ростовской АЭС стали средние значения по шкалам «Организованность» (7) и «Ориентация на результат» (8),

А это значит, что все испытуемые владеют навыками организации своей деятельности и деятельности сотрудников своих подразделений. Также не маловажным, является показатель ориентации на результат в работе, что проявляется в четком понимании цели деятельности, пути ее достижения и выполнения конкретных операций для этого. Данные показатели на высоком уровне являются обязательным требованием для эффективности руководителя.

2. Формальное и неформальное лидерство выражены на «среднем» и «выше среднего» уровнях, что показывает понимание необходимости совмещать «руководство по должности» и «лидерскую позицию» в коллективе сотрудников.

3. Однако, ориентация на взаимодействие внутри группы, т.е. в своем ближайшем коллективе, в подразделении выражено слабо. В связи с этим можно рекомендовать участникам развитие навыков и форм нерегламентированного общения, целью которого является не выполнение производственной задачи, а понимание мотивации, поддержка сотрудников в выполнении рабочих процедур.

4. Показатель генерации идей диагностирован на низком уровне, что не является критичным для данной отрасли. Деятельность руководителей и сотрудников на атомной станции всегда была и будет строго регламентированной с целью обеспечения необходимого уровня безопасности, поэтому низкие показатели по данному критерию являются скорее необходимой нормой.

5. Показатель «Оценочная позиция» в результатах группы занимает верхнюю границу «нормы». Данный показатель свидетельствует об уровне ориентации на оценку результатов деятельности и навыков людей, которые ее выполняют, а это первая и прямая обязанность руководителя любой отрасли. В связи с этим, участникам группы можно рекомендовать развивать оценочную позицию.

В ходе тренинговых занятий использованы методы группового анализа и обсуждения, а также метод самооценки. В результате такой работы были получены мнения участников программы обучения по ряду важных вопросов. Результаты самооценки функций показали, что опрошенные руководители высоко оценивают выраженность данных функций в своей работе. Наибольшие дискуссии вызвала функция «Ресурсы», связанная авторами теории с возможностью принимать твердые и обоснованные решения по поводу людей, энергии и т.д.

Рассматривая роль лидера-руководителя участники оценили выраженность следующих видов приверженности к организационной культуре К. по Нордстрем, Й. Риддерстрале: *отношения* – привязанность к людям, коллегам, подчиненным, руководителю или к месту работы; *долг* – связанность моральными обязательствами по отношению к конкретным людям в организации; *расчет* – привязанность к организации, обусловленная соображениями выгоды; *верность самому себе* – верность своим нематериальным интересам, своему предназначению и жизненным ценностям.

Большое количество практических упражнений, групповые дискуссии, позволили рассмотреть блоки теории в более интересной, интерактивной форме для участников. В такой работе руководители чувствуют постоянную связь рассматриваемого материала с их реальной ситуацией, деятельностью в организации. Проведенные исследования подчеркивают значимость ценностей и ценностных ориентаций личности работника АЭС, что обусловлено тем, что ценностные ориентации – важнейшая составляющая структуры личности, включающая мотивационный, отношенческий, когнитивный, эмоциональный и оценочный компоненты [2-4]. Использование коучингового подхода представляет собой наиболее гибкий, предполагающий свободный выбор, а, следовательно, всесторонний учёт индивидуальных интересов и потребностей персонала.

Можно сделать вывод, что процесс формирования лидерства в культуре безопасности должен быть ориентирован на формирование модели и личностного

стиля поведения специалистов, которые способствуют повышению уровня безопасности при эксплуатации АЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ АО «Концерн Росэнергоатом» №9/1133-П от 15.08.2019 г. «Об утверждении и введении в действие Плана внедрения модели руководителя – лидера в развитии культуры безопасности»
2. Руденко, В. А. Практические методы формирования приверженности культуре безопасности на индивидуальном уровне у студентов вуза. / В. А. Руденко, Н. П. Василенко // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – № 1 (6). – С. 100-103.
3. Лобковская, Н. И. К вопросу об инновационном потенциале студентов отраслевых вузов-партнеров ГК «Росатом» / Н. И. Лобковская, А. В. А. В. Железнякова, А. Н. Неборубов // Глобальная ядерная безопасность. – 2020. – № 1 (34). – С. 116-124.
4. Руденко, В. А. Ценностная составляющая культуры безопасности / В. А. Руденко, Н. П. Василенко // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – № 4 (9). – С. 82-86.

Implementation of a Coaching Approach in the Formation, Maintenance and Development of Safety Culture at the Enterprises of the State Corporation «Rosatom»

V.A. Rudenko¹, Y.A. Evdoshkina², I.S. Vasilenko³

Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,

Volgodonsk, Rostov region, Russia

¹e-mail: VARudenko@mephi.ru

²e-mail: YAEvdoshkina@mephi.ru

³e-mail: isv.trener@gmail.com

Abstract – Coaching is considered as an effective technology for the formation of a safety culture. The results of diagnostics of the development of management skills of managers who can substantiate a leadership strategy in matters of safety culture at enterprises of the nuclear industry were announced.

Keywords: safety culture, leader-leader model, type of management interaction, coaching.

УДК 338.24 : 351.862.6

ВОЗМОЖНОСТИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

М.В. Головкин

*НАН ЧОУ ВО «Академия маркетинга и социально-информационных технологий – ИМСИТ»,
Краснодар, Россия*

В представленных тезисах доклада рассмотрено значение комплаенс-контроля для повышения эффективности корпоративного менеджмента. Приведен пример ведущих российских компаний – ГК «Росатом» и ПАО «МТС». Обозначены преимущества цифровизации для выбора инструментов проведения проверок контрагентов с целью выявления потенциальных рисков.

Ключевые слова: комплаенс-контроль, эффективность менеджмента, культура экономической безопасности, бизнес-процессы, ГК «Росатом», ПАО «МТС», корпоративный менеджмент, цифровизация, базы данных, due dilligance.

Преимущества современных тенденций цифровизации традиционно рассматриваются с точки зрения их положительного влияния на производительность труда, снижение издержек, создание новых рабочих мест и в целом на

конкурентоспособность предприятий и территорий [1, 2]. В то же время все более очевидным становится, что повышение эффективности менеджмента также во многом зависит от того, насколько активно и, что важно, адекватно применяются информационные технологии.

В последнее время актуализируется проблема комплаенс-контроля. Этот термин прочно вошел в обиход управленцев не только в банковской сфере, но и других отраслях. Комплаенс-контроль дает возможность своевременно выявлять и предотвращать коррупционные и мошеннические схемы, используемые инсайдерами в целях максимизации личной выгоды, как правило, путем сговора с контрагентами и должностными лицами государственных и муниципальных органов власти. Помимо этого, комплаенс-контроль позволяет выявлять профессиональные ошибки работников компаний, что позволяет своевременно их корректировать и устранять, изменять при необходимости систему автоматизированного учета операций, цифровые платформы, а также обучать (переобучать) работников и т.п. [3].

В рамках первой линии защиты можно выделить такие приоритетные сферы как инновации, закупки, маркетинг, B2B/B2G, стартап-проекты, благотворительность. Здесь основными инструментами становятся комплаенс-контроль, due dilligence, мониторинг и тестирование. Во второй линии защиты в функционал комплаенс-менеджмента включаются операции по data-аналитике, надзору, расследованиям и внутреннему аудиту.

Пример работы эффективной системы комплаенс-контроля демонстрируют уже многие российские компании, как правило, ведущие активную внешнеэкономическую деятельность и акции которых котируются на международных биржах, например ГК «Росатом» и ПАО «МТС». Федеральной антимонопольной службой РФ совместно с ГК «Ростех», ГК «Росатом», ГК «Роскосмос», ПАО «ОАК», АО «ОСК» и Минпромторгом России разработан комплаенс для предприятий оборонно-промышленного комплекса и исполнителей гособоронзаказа. В основу разработки данных рекомендаций лежит бенчмаркинг крупнейших корпораций, на зарубежном опыте и принципах менеджмента качества, предусмотренных стандартами ИСО 9001.

Далее приведем пример показателей эффективности комплаенс-контроля для ПАО «МТС» (рис. 1).



Рисунок 1 – Показатели оценки эффективности комплаенс-контроля в ПАО «МТС» [4]

Деятельность ГК «Росатом» в указанной сфере осуществляется в соответствии с Планом противодействия коррупции государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» на 2018-2020 гг., разработанным в соответствии с Федеральным законом от 25.12.2008 г. № 273-ФЗ «О противодействии коррупции» и другими нормативно-правовыми актами федерального уровня. Эффективность мероприятий, реализуемых в рамках комплаенс-контроля подтверждается, например, следующим:

- лидирующая позиция ГК «Росатом» (1-е место) в рейтинге главных администраторов средств федерального бюджета Федерального казначейства России;

- в 2019 г. по результатам проверок государственными органами России отсутствовали существенные нарушения;
- в 2019 г. были привлечены к дисциплинарной ответственности 586 сотрудников ГК «Росатом», уволены 11 топ-менеджеров;
- предотвращен материальный ущерб на сумму более 13 млрд руб.;
- к дисциплинарной и материальной ответственности привлечено 1 200 должностных лиц;
- в правоохранительные органы направлено 320 материалов о выявленных признаках правонарушений, по которым возбуждено свыше 140 уголовных дел [5].

Особое внимание корпоративному менеджменту следует уделять проверке потенциальных контрагентов – due dilligence. В этих целях рекомендуется использование специализированных онлайн-сервисов, позволяющих аккумулировать практически все сведения о компании, размещенные как в специфических базах данных (например, финансовая отчетность, недобросовестных закупщиков, руководители, попавшие в реестр лиц, уволенных в связи с утратой доверия), а также в проводить мониторинг СМИ на негативные новости, получать полную информацию о компаниях, находить связи, биографические данные физических лиц, юридическую историю (по архивам судебных разбирательств), проверять по спискам санкций и политически значимых лиц (PEP Desk Database, World Compliance).

На сегодняшний день сформировано множество списков санкций международного уровня:

- списки политических санкций и мер, содержащиеся в файлах OFAC (Office of Foreign Assets Control) Управления по контролю за иностранными активами Казначейства США;
- INFO 4 C – проверка физических и юридических лиц по всем санкционным спискам, списку Буша, а также OFAC SDN list (Specially Designated Persons);
- списки наблюдения и черные списки Blacklists от финансовых регуляторов и супервайзеров (FMAS, CBFA, FINMAX, M&A), таких как Bafin, FSA, списки «разыскиваются» от полицейских федеральных и департаментов международных правительств, следственных организаций (Interpol, FBI, DEA, DIA).

Особого внимания заслуживает анализ аффилированности потенциальных контрагентов с офшорными компаниями или непосредственное владение ими, проводимый авторитетными компаниями, например, Lexis Nexis (рис. 2).

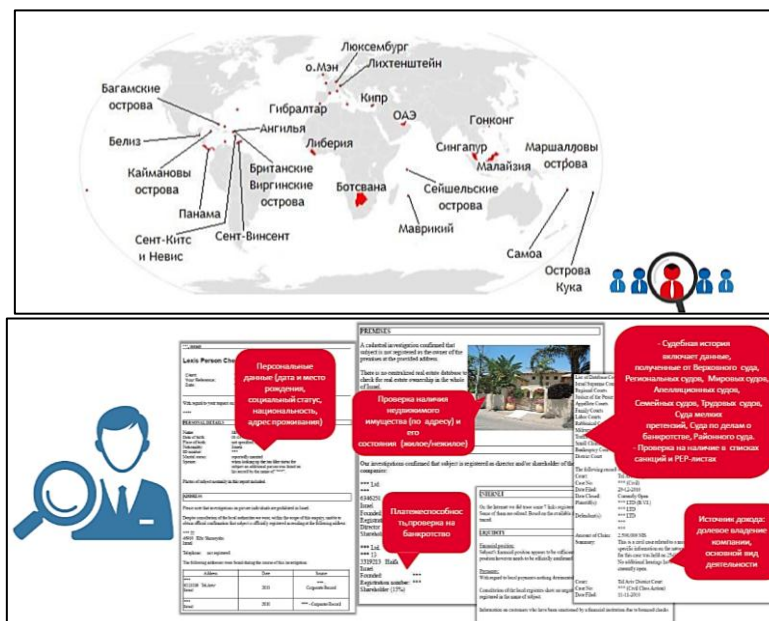


Рисунок 2 – Пример отчета компании Lexis Nexis о проблемных странах [6]

Перечисленными инструментами не исчерпывается полный перечень возможностей цифровизации для осуществления комплаенс-контроля. Очевиден их экономический эффект, поскольку затраты на разработку и внедрение системы комплаенс-контроля минимален, а выходы, оцениваемые по финансовому результату (предотвращенному ущербу, например), значительны. Цифровой комплаенс-контроль способствует развитию культуры экономической безопасности, понимаемой как управление бизнес-процессами на основе высокого уровня предпринимательской этики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад Всемирного Банка о мировом развитии «Цифровые дивиденды» [Электронный ресурс]. – URL : <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/23347/210671RuSum.pdf> (дата обращения: 6 12.10.2020).
2. Стратегия развития информационного общества в России на 2017-2030 годы, утвержденная Указом Президента РФ от 09.05.2017 г. № 203 [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919> (дата обращения 12.10.2020).
3. *Абрамов В. Ю.* Руководство по применению комплаенс-контроля в различных сферах хозяйственной деятельности: практическое пособие / В. Ю. Абрамов. – Москва : Юстицинформ, 2020. – 172 с.
4. Официальный сайт ПАО «МТС». Комплаенс и деловая этика [Электронный ресурс]. – URL : <https://moskva.mts.ru/about/komplaens-i-delovaya-etika> (дата обращения 12.10.2020).
5. Официальный сайт ГК «Росатом». Публичная отчетность за 2019 год [Электронный ресурс]. – URL : <https://rosatom.ru/upload/iblock/033/03395b2a9751b4fcd385d746a2f9df15.pdf> (дата обращения: 12.10.2020).
6. Официальный сайт компании «Lexis Nexis» [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.lexisnexis.ru/> (дата обращения: 12.10.2020).

Opportunities for Digitalization to Form a Culture of Economic Security

M.V. Golovko

*NAS CHO VO «Academy of marketing and social and information technologies-IMSIT» (Krasnodar),
Krasnodar, Russia
e-mail: golovko178@mail.ru*

Abstract – In the presented theses of the report, the importance of compliance control for improving the efficiency of corporate management is considered. An example is given of leading Russian companies – Rosatom State Corporation and MTS PJSC. The advantages of digitalization for the selection of tools for conducting inspections of counterparties in order to identify potential risks are outlined.

Keywords: compliance control, management efficiency, culture of economic security, business processes, Rosatom State Corporation, MTS PJSC, corporate management, digitalization, databases, due diligence.

ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ В СТРАНАХ С ПРЕОБЛАДАЮЩИМ МУСУЛЬМАНСКИМ НАСЕЛЕНИЕМ: ФЕТВА

А.Н. Недорубов, Н.И. Лобковская

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

Рассматривается такой риск строительства и эксплуатации объектов атомной энергетики в странах с преобладающим мусульманским населением как оформленное мнение религиозных лидеров – фетва.

Ключевые слова: безопасность строительства и эксплуатации объектов атомной отрасли, фетва, страны с преобладающим мусульманским населением, риски, мнение религиозных лидеров, традиционное общество.

Одним из мало обсуждаемых аспектов безопасности строительства и эксплуатации объектов атомной отрасли в странах с преобладающим мусульманским населением является мнение их религиозных лидеров. На 2020 г. в мире насчитывается 419 ядерных реакторов, но только 6 из них находятся в исламских странах, что составляет всего 1,5% от общего числа: Пакистан, у которого есть две атомные электростанции (у Чанша четыре реактора, а у Карачи один реактор) и Иран (у Бушера один реактор). В настоящее время строятся еще 10 реакторов: два реактора строит китайская государственная компания CNNC в Пакистане, четыре – корейская компания КЕРСО в ОАЭ. Есть два реактора в Бангладеш и по одному в Иране и Турции, все четыре реактора строятся российской госкорпорацией «Росатом» [1-2].

Эти исламские государства столкнулись со множеством проблем в начале проектирования и строительства атомных электростанций. Например, помимо финансовых, научных и технических – с религиозной. Так, в Индонезии, самой большой мусульманской стране в мире, вопрос о создании АЭС активно изучается властями с 1997 года. В июле 2006 г. было принято принципиальное решение в пользу развития атомной энергетики: до 2025 г. планировалось построить четыре атомных электростанции общей электрической мощностью не менее 4 ГВт согласно государственной программе. (подрядчиками должны были выступить американские компании Westinghouse и General Electric). [3] Но уже в 2007 г. в штаб-квартире Нахдлатул-улама инезийского города Джапара тысячи людей собрались, чтобы выразить свой интерес к двухдневному собранию внутри штаб-квартиры этой крупнейшей традиционной религиозной организации, насчитывающей более 30 млн членов. Более ста региональных исламских религиозных лидеров приняли участие в общественных слушаниях по строительству 4-х блоков атомной электростанции Балонг на полуострове Мурия. Исламские правоведа выслушали правительственных министров, высокопоставленных чиновников, ученых, юристов, социологов и активистов, выступающих за и против плана правительства Индонезии. После спора между сторонниками и противниками собравшиеся улемы удалились, чтобы рассмотреть вопрос с точки зрения исламской религиозной юриспруденции и вынести вердикт. [4]

На следующий день на пресс-конференции представитель организаторов этих слушаний объявил, что собрание религиозных экспертов по АЭС Мурия пришло к убедительному выводу против плана правительства, назвав его харамом (то, что запрещено исламским законом). Средства массовой информации и профессиональные информационные агентства ядерной отрасли Индонезии, США и Австралии сообщили,

что лидеры индонезийских исламистов издали фетву, осуждающую строительство атомной электростанции. Издание фетв – это официальный ответ в рамках религиозной юриспруденции, данный авторитетным лицом (организацией), задача которого – сохранить доминирующую роль Корана, но в то же время сформулировать конкретные обязанности на практике. Путаница атомных лоббистов была вполне объяснима, поскольку издание фетвы имело огромное значение в трех совершенно разных плоскостях: во-первых, это решение ознаменовало публичное объединение мощной сети оппозиции планам правительства Индонезии, которое объединило доминирующую религиозную общину страны с другими местными гражданскими, деловыми и политическими группами и укрепило их влиянием, связав деревенских активистов с салонами Джакарты; во-вторых, массовая организация не радикального ислама впервые в мире авторитетно высказалась по проблеме ядерной энергетики; в-третьих, инициатива Нахдлатул-улам стала важной вехой в творческом использовании классической исламской юриспруденции или фикха для ответственного и конструктивного решения острых социальных проблем мусульманского сообщества в рамках процесса возрождения исламской культуры в Индонезии.

Встреча улемов началась с выражения мнений после выслушивания аргументов экспертов, прежде чем перейти к основному делу – изучению соответствующих утверждений в Коране и Сунне (высказывания пророка, записанные в хадисах), а также принципов и прецеденты в аккредитованных текстах юриспруденции. Поскольку решение мусульманских кадисов должно было иметь большое значение для широкого круга индонезийского исламского сообщества, многое зависело от конкретных масштабов этой фетвы, начиная с вопроса о ядерной энергии в целом и заканчивая предложением о строительстве атомной электростанции. Это будет еще больше зависеть от обоснования и ссылок, цитируемых в поддержку этого решения в мире исламской юриспруденции. Специалисты по религиозному праву в постановлении отметили как положительные, так и отрицательные стороны вопроса строительства АЭС.

Долгосрочное безопасное захоронение и хранение радиоактивных отходов было первой негативной проблемой, за которой последовали опасения по поводу потенциальных местных и региональных воздействий на окружающую среду, например, воздействия нагретой охлаждающей воды в местных рыболовных угодьях. Другой поднятый вопрос заключался в отсутствии финансовой ясности в отношении проекта и, в частности, в отношении будущих потенциальных затрат, особенно если проект будет основан на сборочной модели. В долгосрочной перспективе это оставит Индонезию со старой атомной электростанцией, и тогда стране придется нести расходы по ее выводу из эксплуатации. Последний отрицательный аспект, упомянутый в решении, связан с националистическими опасениями по поводу внешней зависимости. Проектирование, эксплуатация и техническое обслуживание атомных электростанций будут находиться в руках иностранцев, делающих Индонезию зависимой страной. Сырье для ядерной энергетики потребует обогащения, а в Индонезии есть только небольшой урановый рудник с низкосортной рудой. Если, подобно Ирану, Индонезия попытается обогатить сама уран без распространения ядерного оружия, то она станет конкурентом Запада как развивающаяся страна, но всегда будет зависеть от иностранных производителей урана.

Несмотря на эти негативные последствия, были также отмечены три положительных аспекта: потенциальный вклад атомных электростанций в решение проблемы энергетического кризиса страны; гипотетический вклад в ограничение глобального потепления; прогнозируемый вклад в снижение затрат на электроэнергию. После каждого из них последовало краткое опровержение, а аргументы Национального энергетического совета Индонезии не были приняты во внимание, поскольку не было убежденности, например, в более выгодной стоимости атомной электроэнергии.

Некоторые кади решительно высказались за предложение построить электростанцию в Мурии, но их было немного. Некоторые участники встречи хотели занять золотую середину, но конечный результат был очевиден. Как позже объяснил Нуруддин Амин, председатель Джепарского отделения совета Нахдлатул-улама, строительство АЭС Мурия в Джепаре явно считалось запрещенным (харам), иное применение ядерной энергии не обсуждалось религиозными лидерами. Амин признал, что другие атомные электростанции могут считаться нейтральными, «возможно, ядерная энергетика принесет пользу населению, сельскому хозяйству или промышленности, но мыотреагируем негативно» [5]. Это решение было основано на правиле, согласно которому запрещение вреда или негативных последствий должно быть поставлено выше преимуществ или положительных последствий.

Создатели фетвы основали свой главный аргумент о ядерной энергии в классической традиции исламской юриспруденции, которая подчеркивает иерархию потребностей в спорах об общественных интересах. Они были полностью соотнесены с культурной и религиозной традицией обоснованности потребностей в исламском праве. Резюмируя свое решение по АЭС Мурия, отвечая на вопрос об ответственности за благополучие общества, они заявили, что и правительство, и народ обязаны остановить развитие ядерной энергетике в стране. Эта фетва показывает взаимодействие священных текстов и современной социальной реальности. Фикх (исламское право) стал инструментом стратегически важного решения с опорой на идеалы шариата о принятии законов халяль или харам (разрешенных или запрещенных). До этого не было прецедентов применения исламского права по таким вопросам. Издание фетвы свидетельствует о сложности этого социального и культурного фактора при строительстве объектов атомной энергетике в исламских странах, и не учитывать его будет невозможно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мусульманская страна против строительства АЭС / Исламский портал. – URL : <http://www.islam-portal.ru/novosti/105/7667/> (дата обращения: 01.06.2020).
2. Атомная энергетика. – URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Атомная_энергетика_по_странам (дата обращения: 01.06.2020).
3. Indonesia planning to have for nuke plants by 2025. Antara. – Сайт индонезийского государственного новостного агентства «Антара». – URL : <https://www.zol.ru/n/29d0> (дата обращения: 10.06.2020).
4. *Tanter, R.* Nuclear fatwa: Islamic jurisprudence and the Muria nuclear power station proposal. – URL : <https://nautilus.org/apsnet/nuclear-fatwa-islamic-jurisprudence-and-the-muria-nuclear-power-station-proposal/> (дата обращения: 10.06.2020).
5. *Schiller, J.* *Developing Jepara: State and Society in New Order Indonesia*, Monash Asia Institute, 1996, and Schiller, *Inside Jepara, Inside Indonesia*, 63, July 2000 (дата обращения: 10.06.2020).

Safety Issues of Construction and Operation of Nuclear Facilities in Countries with a Predominantly Muslim Population: Fatwa

A.N. Nedorubov¹, N.I. Lobkovskaya²,

Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,

Volgodonsk, Rostov region, Russia

¹*e-mail: batrakan@rambler.ru*

²*e-mail: NILobkovskaya@mephi.ru*

Abstract – The fatwa (formalized opinion of religious leaders) is considered as a risk of construction and operation of nuclear power facilities in countries with a predominantly Muslim population.

Keywords: safety of construction and operation of nuclear facilities, fatwa, countries with a predominantly Muslim population, risks, opinion of religious leaders, traditional society

ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ В ОБЗОРЕ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПО РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СССР

Н.И. Лобковская, Е.Л. Локонова, А.В. Железнякова

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

Рассматривается вопрос формирования культуры безопасности в отечественной атомной отрасли в целом через эволюцию нормативного регулирования радиационной безопасности.

Ключевые слова: культура безопасности, атомная отрасль, радиационная безопасность, нормативные документы.

С развитием атомной отрасли возникла необходимость введения актуальных норм безопасности при работе с радиоактивными веществами. В 1953 г. в СССР вышел первый документ «Санитарные правила и нормы при работе с радиоактивными изотопами» [1], от Главной государственной санитарной инспекции Министерства Здравоохранения, в котором фиксировались нормы профессионального облучения, правила работы с радиоактивными веществами, нормы транспортировки и хранения радиоактивных веществ, меры личной безопасности для работающих с радиоактивными элементами. В нем были недопустимые значения пороговых доз облучения, ведь уже в 1954 г. было зафиксировано, что любая доза радиации, превышающая дозу от естественного фона, считается опасной. В документе утверждалось, что защита от бета-излучения различных изотопов в зависимости от энергии бета-частиц будет обеспечена при наличии экранировки [2]. Кроме того, появилась необходимость в фиксировании предельно допустимых доз для населения в целом. В СССР этот показатель составил 5 бэр/год, а опасной дозой считалась такая доза излучения, при которой некоторые из появившихся изменений в организме могут быть необратимыми. [3] Доктор Ф.Г. Кротков в 1957 г. создал кафедру радиационной гигиены в Центральном ордена Ленина институте усовершенствования врачей, которая готовила специалистов для стратегически важной области. В 1969 г. были приняты «Нормы радиационной безопасности НРБ-69», где учитывались возможные последствия влияния ионизирующих излучений на организм, и вводилось понятие санитарно-защитной зоны. В 1979 г. в данный документ были внесены поправки. Указанные эволюционные изменения в процессе изучения радиационной безопасности показывают поэтапное формирование правовых аспектов культуры безопасности в атомной отрасли в целом и дают проверенную базу данных по дальнейшему отслеживанию достижений мировой науки для своевременного отражения результатов в соответствующей нормативной документах. Именно нормативные документы по радиационной безопасности закладывают основы формирования культуры безопасности в атомной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санитарные правила и нормы при работе с радиоактивными изотопами, Главная государственная санитарная инспекция Министерства Здравоохранения. – URL : <http://docs.cntd.ru/document/456045153> (дата обращения: 01.03.2020).
2. Санитарные правила и нормы при работе с радиоактивными изотопами, Главная государственная санитарная инспекция Министерства Здравоохранения. – URL : <http://docs.cntd.ru/document/456045153> (дата обращения: 23.03.2020).

3. International Recommendations on radiological protection. Revised by the International Commission on Radiological Protection at the Sixth International Congress of Radiology, London, July 1950. URL : <http://www.icrp.org/publication.asp?id=1950%20Recommendations> (дата обращения: 23.03.2020).

Formation of a safety culture of the nuclear industry in the review of regulatory documents on radiation safety in the USSR

N.I. Lobkovskaya¹, E.L. Lokonova², A.V. Zheleznyakova³

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
Volgodonsk, Rostov region, Russia*

¹*e-mail: nadezhda-lobkovskaya@yandex.ru*

²*e-mail: ellokonova@mephi.ru*

³*e-mail: avzheleznyakova@mephi.ru*

Abstract – The issue of the formation of a safety culture in the domestic nuclear industry as a whole through the evolution of regulatory regulation of radiation safety is considered.

Keywords: safety culture, nuclear industry, radiation safety, regulatory documents.

УДК [338.45:620.9]:351.862.6

ЭВОЛЮЦИЯ ЭКОНОМИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ В КОНТЕКСТЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ

С.П. Агапова, И.А. Ухалина, Н.А. Ефименко

Волгодонский инженерно-технический институт Филиал национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» в г. Волгодонск, Россия

В работе исследованы актуальные вопросы обеспечения национальной безопасности в контексте создания экономических основ роста конкурентоспособности энергетической отрасли. Проведен анализ энерговооруженности в России в сравнении с развитыми странами. Определены проблемы и перспективные направления роста и достижения конкурентоспособности энергетической отрасли и экономики страны в целом.

Ключевые слова: электроэнергетика, энергетическая безопасность, национальная безопасность, энерговооруженность, эффективность производства, конкурентоспособность, экономический рост, тарифы, альтернативные источники энергии, прогнозирование энергопотребления.

Проблема энергетической безопасности стран и регионов не теряет своей актуальности на протяжении последнего столетия, равно как и вопрос эффективной выработки энергии в связи с глобальным ростом потребности в ней (за последние 150 лет в 30 раз выросло потребление электроэнергии в мире).

В настоящее время одним из объективных критериев оценки экономического уровня развития стран считают энерговооруженность, т.е. годовое потребление энергии на душу населения. Национальная безопасность и экономический рост требуют стабильности и надежности энергоснабжения всех секторов экономики и конечных потребителей [1].

В экономически наиболее развитых странах годовое потребление энергии на душу населения составляет 6-12 кВт/год (около 6-12 ТУТ/год) при годовом ВВП 20-40 тыс. дол./чел. год. Полная энергетическая мощность России – 1490 ГВт

могла бы обеспечить энерговооруженность около 10 кВт/чел. Однако из-за экспорта более 40 % энергоносителей она снижена до примерно 6 кВт/чел. (Россия производит энергии больше, чем потребляет). Очевидно, что энерговооруженность в «чистом» виде не может отражать реальный уровень благосостояния людей и состояния экономики страны, следует учитывать такие факторы как: направления использования энергии, природно-географические, объем экспорта, тарифы и другие факторы.

Уже сейчас стало очевидным углубление противоречия между используемыми источниками энергии и возрастающими издержками на их производство, в том числе и с ростом в них экологической составляющей. Замедление экономического роста, снижение деловой активности, ухудшение политических отношений с рядом стран, негативно сказываются на темпах развития и эффективности энергетического сектора экономики России.

В целях обеспечения устойчивого роста экономики, национальной безопасности и укрепления внешнеэкономических позиций России, повышения качества жизни населения необходимо обеспечить условия для:

– комплексной модернизации и развития внутренней инфраструктуры электроэнергетики в целях повышения доступности и качества электрической и тепловой энергии;

– повышения эффективности выработки электроэнергии, учитывая возрастающие затраты на собственно производство энергии и воспроизводство экосистемы (не путем увеличения тарифов);

– активизации технологических разработок использования альтернативных (нетрадиционных) возобновляемых источников при условии их экономической и экологической эффективности;

– преобразования структуры, управления и регулирования энергетического сектора экономики с целью снижения затрат и тарифов, что обеспечит рост конкурентоспособности российских товаров на внешних рынках и послужит импульсом роста деловой активности отечественных производителей и ВВП страны [2].

Считаем, что чрезмерная зависимость от внешних нестабильных энергетических рынков (а Россия занимает лидирующее место в мировой торговле энергоресурсами и экспортирует почти половину производимой первичной энергии) является реальной угрозой национальной безопасности России и активизация внутреннего спроса посредством снижения тарифов, повышение надежности поставок электроэнергии позволит обрести большую стабильность и конкурентоспособность экономики страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Фортов, В. Е.* Энергетика в современном мире / В. Е. Фортов, О. С. Попель. – Долгопрудный : Издательский дом «Интеллект», 2011 – 168 с.
2. Энергетическая стратегия России до 2035 года. – URL : <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf>.

Evolution of the Economy of the Energy Industry in the Context of Ensuring the National Security of the Country

S.P. Agapova¹, I.A.Ukhalina², N.A. Efimenko³

Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,

Volgodonsk, Rostov region, Russia

¹*e-mail: SPAgapova@mephi.ru*

²*e-mail: IAUhalina@mephi.ru*

³*e-mail: NAEfimenko@mephi.ru*

Abstract – The paper investigates topical issues of ensuring national security in the context of creating the economic foundations for increasing the competitiveness of the energy industry. The analysis of the power supply in Russia in comparison with developed countries is carried out. The problems and perspective directions of growth and achievement of competitiveness of the energy industry and the country's economy as a whole are identified.

Keywords: electric power industry, energy security, national security, power supply, production efficiency, competitiveness, economic growth, tariffs, alternative energy sources, energy consumption forecasting.

УДК 378: 621.039

РОЛЬ ФИЗИКИ В ФОРМИРОВАНИИ И РАЗВИТИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ (HARD-SKILLS) И УНИВЕРСАЛЬНЫХ (SOFT-SKILLS) НАВЫКОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Н.В. Ермолаева

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

В работе проанализированы основные требования к работникам корпорации «Росатом», отмечены мероприятия, проводимые на базе кафедры физики ВИТИ НИЯУ МИФИ, способствующие формированию и развитию навыков hard-skills и soft-skills у будущих работников атомной промышленности. Отмечена важная роль физики при подготовке высококвалифицированного кадрового потенциала для атомной отрасли. Подчеркивается, что для высококвалифицированных профессиональных кадров знание основ физики необходимо, поскольку данная дисциплина закладывает прочную основу будущих профессиональных знаний, умений и навыков. Указывается, что для формирования навыков Soft- skills у студентов технических специальностей в рамках дисциплины «Общая физика» необходимо усилить научную работу со студентами, более активно привлекать их к участию в различных олимпиадах и турнирах по физике, более широко использовать инновационные методы обучения.

Ключевые слова: общая физика, навыки hard-skills и soft-skills, госкорпорация Росатом, адровая Политика, квалификационные требования, компетенции, подготовка специалистов.

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» является локомотивом инновационного развития России. И поскольку атомная отрасль динамически развивается, ежегодно потребность в новых кадрах для работы Госкорпорации возрастает. Тем более актуальным остается вопрос кадрового обеспечения стратегической для страны отрасли атомной энергетики высококвалифицированными специалистами, способными оперативно и качественно решать возникающие производственные задачи [1].

Следует отметить, что высокий профессионализм сотрудников и их непрерывное развитие лежат в основе кадровой политики «Росатома». К выпускникам вузов, претендующих стать сотрудниками Госкорпорации, выдвигается целый ряд требований: высокий уровень подготовки в ВУЗе, способность к инновационной инженерной деятельности и к принятию нестандартных решений, готовность к развитию новых идей, решению исследовательских, производственных задач, развитые навыки межличностных отношений, желание и умение заниматься самообразованием, развиваться, учиться, постоянно повышать свой уровень квалификации [2].

Перечисленные квалификационные требования включают в себя как профессиональные и технические навыки Hard-skills, так и социально-психологические навыки и качества Soft- skills.

Проведем анализ, какие из перечисленных навыков и умений формируются у студентов технических специальностей при изучении дисциплины «Общая физика».

Следует отметить, что в рабочих программах дисциплины «Общая физика» указано, что данная дисциплина направлена на формирование общепрофессиональной компетенции (ОПК-1): способность применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности, то есть на формирование навыков Hard-skills.

Однако данная дисциплина также обладает большим потенциалом для развития и формирования у студентов личностных навыков.

Физика, как наука, выросла из потребностей техники, является основой современной техники, служит базой для ее дальнейшего развития и лежит в основе развития инновационных высоких технологий. Именно физика развивает умение экспериментировать и технически мыслить, что особенно актуально и востребовано сегодня во всех наукоемких и высокотехнологичных отраслях [3, 4]. Поэтому для высококвалифицированных профессиональных кадров знание основ физики необходимо.

При изучении физики необходимо усвоить большой объем разнообразной информации. Поэтому в ходе обучения развиваются познавательные возможности: самостоятельно изучать новую литературу, ориентироваться в потоке научно-технической информации, учиться логически мыслить и переходить от логического мышления к диалектическому и творческому. Наконец, воспитательная функция физики состоит в формировании научного мировоззрения, воспитании экологического мышления и поведения [4]. В таблице 1 указаны пути формирования навыков Soft-skills. у студентов технических специальностей.

Таблица 1 – Развитие навыков Soft- skills на занятиях по общей физике

Навыки Soft- skills	Описание	Пути формирования навыков у студентов
Коммуникативные	Умение договориться, решить конфликт, убедить, выслушать собеседника, работа в команде	-выполнение и защита лабораторных работ бригадным методом; -научная работа студенческих коллективов и подготовка докладов на студенческие научные конференции.
Личностные	Ответственность, креативность, умение критически мыслить, пунктуальность, настойчивость, стратегическое системное мышление, самостоятельность, практико-ориентированность.	- индивидуальная подготовка к практическим и лабораторным занятиям; - участие в олимпиадах по физике (Инженерная олимпиада Росатома, «Я-профессионал» и т.д.), турнир ТЕМП; - участие в работе клуба естествоиспытателей на кафедре физики
Управленческие	Целеустремленность, мотивирование, лидерство, амбициозность, принятие решений	- научная работа со студентами.

Как уже отмечалось, для работника атомной отрасли важными являются такие качества, как гибкость мышления, открытость к инновациям, способность творчески мыслить и постоянно обучаться все новым умениям и навыкам. Изучение дисциплины «Общая физика» может способствовать формированию данных личностных навыков Soft- skills у студентов. Для этого необходимо усилить научную работу со студентами, более активно привлекать их к участию в олимпиадах по физике, более широко использовать инновационные методы обучения в рамках дисциплины.

В заключении отметим следующее. На кафедре физики проводится многоплановая работа, способствующая формированию у студентов устойчивого интереса к вопросам ядерной энергетики и высоких технологий, системного, технического и инновационного мышления, развивающая самостоятельность, практикоориентированность, умение работать в команде. Данная дисциплина закладывает прочную основу будущих профессиональных знаний, умений и навыков и универсальных (soft-skills) навыков при подготовке специалистов атомной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руденко, В. А. и др. Ранняя профессиональная ориентация в сфере атомной энергетики как фактор стратегического развития атомной отрасли / В.А. Руденко, М.В. Головкин, Н.В. Ермолаева, Н.И. Лобковская // Глобальная ядерная безопасность. – 2018. – № 4 (29). – С. 97-108.
2. Руденко, В. А. и др. Формирование универсальных компетенций на этапе ранней профессиональной ориентации в области атомной энергетики. / В. А. Руденко, Н. П. Василенко, Н. В. Ермолаева, Н. И. Лобковская // Глобальная ядерная безопасность. – 2019. – № 4 (33). – С. 110-123..
3. Ермолаева, Н. В. Роль физики в реализации опережающей профессиональной подготовки школьников. / Н. В. Ермолаева. // Стратегические ориентиры развития высшей школы: сборник научных трудов участников Национальной научно-практической конференции. – Москва, 2019. – С. 179-188.
4. Ермолаева, Н. В. Мероприятия по подготовке высококвалифицированных кадров для производственной сферы, проводимые на кафедре физики ВИТИ НИЯУ МИФИ. / Н. В. Ермолаева. // Высшая школа: традиции и инновации. Актуальные вопросы и задачи системы образования РФ : монография. – Москва : РУСАЙН, 2019. – Гл. 5.9. – С. 286-293.

The Role of Physics in the Formation and Development of Professional (Hard-Skills) and Universal (Soft-Skills) Skills in the Training of Nuclear Industry Specialists

N.V. Ermolayeva

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
Volgodonsk, Rostov region, Russia
e-mail: ermolv@mail.ru*

Abstract – The paper analyzes the main requirements for employees of the Rosatom Corporation, and notes the events held at the Department of physics of VITI MEPhI that contribute to the formation and development of hard-skills and soft-skills for future employees of the nuclear industry. The important role of physics in training highly qualified personnel for the nuclear industry was noted. It is emphasized that for highly qualified professional personnel, knowledge of the basics of physics is necessary, since this discipline lays a solid Foundation for future professional knowledge, skills and abilities. It is indicated that in order to develop Soft-skills among students of technical specialties within the discipline "General physics", it is necessary to strengthen scientific work with students, more actively involve them in various Olympiads and tournaments in physics, and more widely use innovative teaching methods.

Keywords: General physics, hard-skills and soft-skills, Rosatom state Corporation, personnel policy, qualification requirements, competencies, training of specialists.

ФОРМИРОВАНИЕ ЯЗЫКОВОЙ КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТОВ ВЕТИ НИЯУ МИФИ В РАМКАХ ПОДГОТОВКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ГК «РОСАТОМ»

**И.В. Зарочинцева, Л.В. Захарова, Ю.А. Лупиногина, Н.В. Бунамес,
Е.В. Колесникова**

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета МИФИ, Волгодонск, Ростовская обл., Россия

В статье рассматривается формирование языковой компетенции в рамках коммуникативно-ориентированного подхода с учетом требований ГК «Росатом». Обсуждается компетентностный подход, ориентированный на организацию учебной и познавательной деятельности. Представлен опыт использования современных коммуникационных технологий, интернет-ресурсов, онлайн-сервисов. Предлагаются пути улучшения учебного процесса. Учитываются компетенции, приобретенные в результате изучения иностранного языка.

Ключевые слова: коммуникативные компетенции, компетентностный подход, коммуникативный подход.

The modern world is changing rapidly, countries no longer seem distant, thanks to digital technologies, borders have been erased, and everyone has the opportunity to communicate with citizens of other countries without leaving their states, cities and even apartments. And to achieve these goals, you need a language that is understandable. The strategy of the Foreign Languages Department of VETI NRNU MEPhI is aimed at the formation of the students' language competence at the technical university, which is located in a unique place – Volgodonsk, which is the only city in the country where enterprises of four divisions of Rosatom State Corporation operate: from the equipment production for nuclear power plants, its installation and commissioning, to direct operation and maintenance.

Today, the mission of the nuclear industry is to establish leadership positions in the global technology market by 2030 and to ensure state interests: maintaining the country's nuclear potential, solving legacy problems, energy security. [1] Fulfillment of the mission requires setting and achieving strategic goals of increasing the share in international markets, which implies the participation of specialists from our university in all types of cooperation and work abroad, which accordingly requires high-quality language training. The ambitious goals set by Rosatom State Corporation require appropriate staff support. In this regard, one of the tasks of NRNU MEPhI and its regional branches is to increase the efficiency of training highly qualified personnel for nuclear industry enterprises in profession-oriented specialties in order to strengthen the positions of the university and Rosatom State Corporation on the global nuclear technology market in the countries of presence.

Today, VETI NRNU MEPhI orients its strategic development as an international educational and production center (IOPC) for the provision of personnel and promotion of domestic nuclear technologies to the world market in order to maintain positions in the nuclear power industry leadership. The response to new trends in the industry is "the joint development of requirements for graduates and the participation of experts of the State Corporation in the educational process and quality control of graduates," as noted by E. Vesna, Vice-Rector for Academic and Methodological Work, NRNU MEPhI, which determines the main directions of development of NRNU MEPhI and its branches in the training of specialists for the nuclear industry [5].

All of the above makes universities look for more productive methods and forms of education for the modern student. Digital technologies in universities have become the basis

for the redistribution of study time in favor of "real practical and project activities of full-time students, deeply focused on the educational process" [7]. There is a need to search for new approaches and methods that would allow to make effective education in the field of foreign languages within the framework of their studies at the university and active preparation for professional activity at the enterprises of the State Corporation "Rosatom".

Within the framework of the competence-based approach, specific skills and competencies of students required for the nuclear industry are taken into account. The main competence of the discipline "Foreign language" is as follows: the ability to apply modern communication technologies, including in foreign language(s), for academic and professional interaction. Therefore, the staff of the department uses the most effective method of teaching foreign languages - the communicative method (The Communicative Approach).

The communicative approach in teaching foreign languages (Communicative language teaching) is one of the methods of learning foreign languages. The main goal of training is the formation of the students' communicative competence, which is described in more detail in the authors' article "Communicative Competences in the Process of Foreign Language Teaching at a Technical University" [8]. In this work, the meaning of this term will be clearer and more understandable if we compare it with the concept of grammatical competence.

The communicative technique, as its name implies, is aimed precisely at the possibility of communication. Of the 4 main aspects on which any language training (teaching writing, reading, speaking and listening comprehension) is based, the latter two are given special attention.

When using communicative approach, a teacher does not lecture and does not formulate rules using grammatical terms, but, as a rule, acts as an assistant, friend, and advisor. The focus is on group teaching. The task of the teacher and students is to learn to work together, to move away from individualized learning. The student learns to listen to his peers, conduct conversations and discussions in the group, work on projects with other group members. The student focuses more on his groupmates than on his teacher as a model. An effective method is also to involve the student in a professional language environment at the same time as studying in a communicative language group, exercises and assignments that are used in teaching foreign languages according to the communicative method, communicative games, communication exercises.

To make the lessons more varied and the process of memorizing new language constructions more effective, the teacher uses video and audio materials in addition to teaching aids, oral and written exercises. Reading and listening to podcasts dramatically speeds up the process of introducing learners into the language environment.

The main textbook for teaching a foreign language is Navigate, Oxford University Press. The textbook contains new interesting texts, modern global topics, is equipped with an excellent electronic platform for a teacher with video and audio assignments, tests, additional materials. But in connection with the requirements of modern trends and the digitalization of the educational process, the teachers of the department create lesson books based on the textbook, where they insert hyperlinks to services, platforms, and sites for additional, independent work of students to master a foreign language. This filling with Internet resources allows students independently to master the material that they need. Audio and video files are embedded in the electronic version of the textbook, as well as links-transitions to homework are given.

For better vocabulary memorizing in the classroom and at home, the Quizlet service is used – this is a free service that makes it easy to memorize any information presented in the form of training cards. The teachers of the department create interactive material – their own cards, adding pictures and audio files to them, and then students, performing exercises and playing games, memorize this material. Students can answer the teacher-created tests from tablets, laptops, smartphones, that is, from any device that has an access to the Internet.

The WordWall service is easy to use and helps you create exercises that are optimal for both an interactive whiteboard and for individual work on computers, does not require special knowledge and skills from the teacher, and allows you to create interactive exercises using images and tests. The built-in image finder automatically finds and suggests images. In addition, an online editor allows you to perform exercises remotely and collect statistics on student assignments.

Liveworksheets is a great resource for creating interactive self-checking worksheets. It allows any worksheet in *doc* or *pdf* format to be converted into an interactive one. It is a powerful and easy tool for creating interactive worksheet assignments electronically. Electronic interactive workbooks take full advantage of new technologies applied in education: they can include sounds, videos, drag-and-drop exercises, multiple choice ... and even conversational exercises that students perform with a microphone.

The teachers of the department provide students with the necessary educational and teaching materials for the discipline, downloading them in the LMS Moodle (Learning Management System), which allows to create a networked environment of virtual e-learning, which includes the means of preparing and delivering educational content, as well as management of the educational process, which is very convenient for distance learning. Moodle provides a complete set of knowledge testing systems: tests, assignments, seminars, forums.

So, we found out that the formation of communicative competencies is necessary to reach modern intensive methods that have a communication-oriented nature in achieving practical knowledge of a foreign language, which will allow the future specialist to use the language in professional activities effectively. The implementation of the listed activities aimed at solving the priority tasks of the main industrial partners, enterprises-employers, allows VETI NRNU MEPhI to enter a competitive level, fulfill the efficiency criteria established by the current legislation, and train personnel in accordance with the strategy of innovative growth of the national economy.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миссия, стратегические задачи, ценности / Официальный сайт ГК «Росатом». – URL : <https://www.rosatom.ru/about/mission/>.
2. Весна, Е. Гарантировать подготовку специалистов / РЭА. – 2019. – № 11. – С. 28-24.
3. Криштал, М. М. От «лоскутной» автоматизации к цифровому университету / Аккредитация в образовании. – 2019. – № 6. – С. 56-59.
4. Захарова, Л. В. Коммуникативные компетенции в процессе обучения иностранному языку в техническом вузе / Л. В. Захарова, Л. А. Гунина // Иностранные языки: лингвистические и методические аспекты : межвузовский сборник научных трудов. – Тверь, 2015. – Вып. 30. – С. 66-74.

Language Competence Formation among VETI NRNU MEPhI Students in the Framework of Training Competitive Specialists for State Corporation «Rosatom»

**I.V. Zarochintseva¹, L.V. Zakharova², Yu.A. Lupinogina³, N.V. Bunames⁴,
E.V. Kolesnikova⁵**

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
Volgodonsk, Rostov region, Russia*

¹ e-mail: michael.mus.2000@mail.ru

² e-mail: zakharova11@mail.ru

³ e-mail: matashonok@mail.ru

⁴ e-mail: bunames@bk.ru

⁵ e-mail: lenusikmix@mail.ru

Abstract – The paper deals with the formation of language competence within the framework of a communication-oriented approach in the light of the requirements of the State Atomic Energy Corporation «Rosatom». The paper discusses a competence-based approach that focuses on the organization of educational and cognitive activities. It presents the experience of using modern communication technologies, Internet resources, online services. The ways of improving the learning process are proposed. The competencies acquired as a result of learning a foreign language are considered.

Keywords: communicative competencies, competence-based approach, communication-oriented approach.

УДК 330.101.8

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ ЛИДЕРСТВА И КОМАНДООБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»)

И.Е. Лыскова

Коми республиканская академия государственной службы и управления, Сыктывкар, Республика Коми, Россия

В работе обосновывается значимость эффективного управления человеческими ресурсами организации в современных социально-экономических условиях, актуализируются задачи развития лидерства и командообразования на примере Госкорпорации «Росатом».

Ключевые слова: организация, управление человеческими ресурсами, качество человеческих ресурсов, лидерство, командообразование, Госкорпорация «Росатом».

Современная социально-экономическая ситуация требует качественного обновления бизнес-процессов организаций. Одно из самых существенных организационных изменений последних десятилетий связано с активным внедрением проектной деятельности в виде непрерывных процессов разработки и реализации множества проектов на различных уровнях, от глобального до локального.

Развитие проектного управления требует обновления и качества бизнес-процессов, и качества самих человеческих ресурсов. Это обосновано следующими тенденциями:

- усложнение бизнес-процессов организации в современных политических и социально-экономических условиях;
- рост значимости высокой оперативности реагирования на условия внешней и внутренней среды, в процессе принятия решений;
- усиление взаимозависимости организационных процессов и преобладание системного подхода к управлению организацией в целом и проектом, в частности;
- повышение степени рисков, непредсказуемости и неопределённости, высокий уровень вероятности проблем и трудностей в проектном управлении;
- усложнение структуры современной организации как социальной системы;
- необходимость развития гибкой, высоко адаптивной структуры управления проектом;
- возрастание требований к развитию демократического стиля управления и горизонтальных коммуникаций в процессе разработки и реализации проектов;
- осознание ценности открытости, доверия, этики и культуры делового общения в проектном управлении;
- признание роли эффективной системы обратной связи;

– развитие инновационной модели организационного поведения, инициативы, творчества, лидерства, командообразования в проектном управлении.

Наряду с эффективным руководством проектной деятельностью значительная роль в процесс реализации стратегии организации, поставленных целей и задач отводится процессу развития лидерства и командообразования. Командой проекта (проектной командой, проектной группой) обычно называют небольшую группу людей, которая целенаправленно и эффективно решает поставленные задачи посредством плодотворной совместной деятельности. Отличительными признаками команды проекта являются: наличие общей цели, системы ценностей и основополагающих принципов совместной деятельности; высокий уровень сплочённости членов группы; взаимозависимость и взаимодополняющие функции членов команды; совместная ответственность членов команды; внутригрупповое самоуправление; равноправие членов команды при принятии решений.

Целесообразное формирование команды влияет на эффективность всей последующей деятельности: улучшаются руководство и качество принятия решений; изменяется командная организационная культура (обычно в сторону большей открытости); появляются последовательность в отстаивании своей позиции и разумная кооперация среди всех членов команды. Для эффективного функционирования команд требуются определённые условия:

– осознание руководством проектной деятельности, что проектная команда функционирует в соответствии с определённым жизненным циклом, стадией формирования и развития совместного сотрудничества членов группы;

– адекватность количественного состава команды согласно поставленным задачам;

– психологическая совместимость участников команды, искреннее желание и настроенность на совместную работу;

– высокий уровень развития организационной культуры;

– эффективные деловые коммуникации внутри команды;

– эффективная обратная связь, высокий уровень демократичности в проектной группе;

– возможность коллективного участия в обсуждении процесса реализации проекта и др.

Модель формирования эффективной команды проекта предусматривает следующие действия:

– характеристика (анализ) исходных данных (характеристика проекта, анализ окружения проекта, анализ рисков и др.);

– структурирование процессов формирования команды проекта (структурирование содержания проекта, бизнес-процессов, полномочий и ответственности и др.);

– работка системы требований к процессу планирования и реализации проекта (в том числе требований и индивидуальным и профессиональным качествам команды, оформление требований к качеству бизнес-процессов, формирование требований к системе коммуникаций проекта и др.);

– выявление потенциальных кандидатов в команду проекта;

– формирование организационной структуры команды и структуры команды управления проектом, закрепление ролей, зон ответственности и полномочий;

– запуск проекта (формирование организационной культуры, организация совместной деятельности, коммуникаций, системы управления в команде и др.);

– эффективное функционирование команды проекта;

– реализация целей и задач проекта.

Каждая стадия формирования и развития команды предполагает внимательное отношение к количественным и качественным характеристикам проектной команды. Важно выдерживать необходимый баланс между численным составом рабочей группы и уровнем подготовленности специалистов, их способностью и готовностью решать поставленные задачи. Высокий уровень сплочённости, мотивации, профессионализма, психологической совместимости обеспечат желаемые результаты, мощный синергетический эффект сотрудничества. Развитие команды проекта – процесс совершенствования компетенций, взаимодействия членов команды и общих условий работы команды для улучшения исполнения проекта. Ключевая выгода данного процесса состоит в том, что его результатом является улучшение командной работы, расширение навыков и компетенций, повышение мотивации сотрудников, уменьшение текучести кадров и улучшение общего исполнения проекта [3].

Проектный метод управления является преобладающим в производственной системе Госкорпорации «Росатом». Широкий комплекс реализуемых проектов непосредственным образом связан с задачами развития эффективных моделей лидерства и командообразования. Наряду с направлениями, обеспечивающими плодотворное международное сотрудничество в области атомной энергетики, развитие прикладной и фундаментальной отечественной науки, внедрение цифровых технологий др., особенно важно выделить комплекс мероприятий по реализации эффективной кадровой политики, продвижению системы обучения и развития работников атомной отрасли, программ профессионального признания, мощной мотивации личностного профессионального роста и коллективного сотрудничества и многое другое [4].

Госкорпорация «Росатом» является социально ответственной организацией, деятельность которой оказывает существенное экономическое влияние на комплексные задачи социально-экономического развития субъектов Российской Федерации. В разных сферах жизнедеятельности (экологии, здравоохранении, спорте, культуре, образовании, социальной защите) при поддержке Госкорпорации «Росатом» реализуется значительное количество социальных проектов. Широкий спектр направлений благотворительной деятельности безусловно способствует позитивному имиджу организации. Производственная система «Росатома» основана на культуре бережливого производства, социального доверия и системе непрерывного совершенствования процессов в интересах обеспечения конкурентного преимущества на мировом уровне [1, 2].

Таким образом, стратегические планы развития организации, Госкорпорации «Росатом» в частности, обосновывают значимость внедрения новых подходов к проектному управлению, управлению качеством человеческих ресурсов, что способствует эффективности и высокому качеству бизнес-процессов организации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лыскова, И. Е. Основные задачи формирования эффективных поведенческих моделей сотрудников в аспекте менеджмента качества человеческих ресурсов (на примере Госкорпорации «Росатом») // Глобальная ядерная безопасность. – 2018, – № 4 (29). – С. 109-117.
2. Лыскова, И. Е. Внедрение моделей устойчивого развития и бережливого производства в систему экологической и социальной безопасности современной организации (на примере Госкорпорации «Росатом») // Глобальная ядерная безопасность. 2019. – № 4 (33). – С. 85-95.
3. PMBOK – Свод знаний в области управления проектами Института управления проектами США (Project Management Body of Knowledge, PMI, 2008. – URL : [https:// www.works.gov.bh](https://www.works.gov.bh) (дата обращения: 02.05.2020).
4. ГК «Росатом» – URL : [https:// www.rosatom.ru](https://www.rosatom.ru) (дата обращения: 02.05.2020).

The main tasks of leadership development and team building in a modern organization (on the example of State Corporation «Rosatom»)

I.E. Lyskova

The Komi Republican Academy of State Service and Administration, Syktyvkar, Russia

e-mail: IrinaLyskova@mail.ru

Abstract – The article settles the importance of effective human resources management in the modern socioeconomic conditions. It emphasizes the tasks of leadership development and team building in a modern organization on the example of State Corporation «Rosatom».

Keywords: organization, human resources management, human resources quality, leadership, team building, State Corporation «Rosatom».

УДК 338.012

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МАРКЕТИНГА

Т.С. Попова^{*}, А.А. Воронов^{**}

^{}Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

*^{**}Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

В работе рассмотрены особенности использования экологического маркетинга в атомной промышленности и исследована целесообразность применения инструментов экологического маркетинга на предприятиях Госкорпорации «Росатом» в целях обеспечения конкурентоспособности предприятий, входящих в состав объединения.

Ключевые слова: экологические катаклизмы, маркетинговые инструменты, ядерная энергетика, конкурентоспособность, национальный проект «Экология», коммуникационная политика.

Сокращение техногенных выбросов углекислого газа признано одной из наиболее значимых цивилизационных проблем человечества. Это нашло своё отражение в многосторонних международных договорах и соглашениях (Киотский протокол, 1997; Парижское соглашение, 2015). Между тем деятельность мировой энергетики обуславливает около половины этих выбросов. Поэтому создание масштабной «безуглеродной энергетики», основанной на иных физических принципах, кроме сжигания органического топлива, является важнейшей задачей современности. А именно такова атомная энергетика.

Очевидно, что в России, как и во всем мире, особо приоритетными и заметными в последнее время являются экологические протесты против строительства полигонов, мусоросжигательных заводов, и прочих предприятий, отравляющих воздух в регионе. Тем не менее, строительство подобных заводов является частью национального проекта «Экология» и поэтому не является единичным случаем.

Следует отметить, что сжиганием мусора, его консервацией, общим системным ухудшением качества жизни людей не ограничиваются проблемы с экологией у нас в стране. За последнее время экологические катаклизмы увеличились как в объемах, так и по частоте. Примечательно, что официальная экологическая повестка в России включает в себя следующие ключевые компоненты: борьба с глобальным потеплением, сортировка и переработка отходов, охрана воздуха, почв и воды. Но данные темы на

фоне коронавирусной инфекции, экономической рецессии, последовавшей после ней, и политических событий выглядят не самыми приоритетными.

Если обратиться к постулатам теории модернизации, то очевидно, что важность заботы об экологии входит в набор постиндустриальных ценностей, когда потребности в экономической стабильности и безопасности удовлетворены, то наступает время позаботиться и о качестве жизни человечества на планете. На сохранение экологии, на разумность пользования ресурсами, на потребление экологичных товаров и услуг ориентирован экологический маркетинг. Используя его инструменты, ГК «Росатом» популяризирует свои достижения в области охраны потенциала окружающей среды, тем самым имея возможность повышать уровень своей конкурентоспособности, уровень потребительской лояльности.

Современный маркетинг ориентирован на рынок, все его инструменты используются для того, чтобы достигнуть баланса экономических интересов производителя и потребителя, то есть в целом он преследует достижение исключительно экономических целей. Однако реальность такова, что правительство, ученые, широкую общественность все больше стали волновать вопросы влияния производственной сферы на компоненты окружающей среды. Именно потребитель сыграл решающую роль в становлении экомаркетинга. Бизнес уловил изменение общественных настроений. Запрос на экологичность быстро превратился в новый маркетинговый тренд. «Зеленые настроения» общественности и реалии сегодняшнего мира привели к тому, что в экологической деятельности предприятий, относящихся к разряду энергетических, возникли новые направления деятельности: экологический менеджмент, экологический аудит, экологический маркетинг, появилась международная система стандартов, возникли определённые требования к «экологической прозрачности» товаров.

Экологический маркетинг в ГК «Росатом» можно представить как некий алгоритм, включающий в свой состав следующие операции:

- обеспечение открытости деятельности корпорации перед широкой общественностью, которая основана на надежности и достоверности всей той информации, которая поступает во внешнюю среду;
- разъяснение контактными аудиториями информации относительно безопасности ядерной энергетики путем использования такого маркетингового инструмента как маркетинговые коммуникации;
- обеспечение экобезопасности, под которой следует понимать использование ресурсосберегающих технологий и четкость процесса обращения с отходами;
- реализация мероприятий, направленных на получение экоконтурных преимуществ и формирование нового взгляда на проблемы защиты окружающей среды.

В распоряжении Госкорпорации «Росатом» имеется мощная внутриведомственная автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО). Обладая новейшим аппаратным и информационным обеспечением, АСКРО объединяет в единую структуру службы радиационных измерений и экологического мониторинга на всех 11 АЭС России и 4 важнейших предприятий атомной отрасли. Экологизация спроса на услуги предприятий энергетического комплекса находит свое отражение в стратегиях их бизнеса. Для удовлетворения растущих требований со стороны экологического законодательства и роста числа запросов потребителя предприятия дивизиона вынуждены полностью модифицировать технологические процессы, ориентируя их на экологизацию производства.

Таким образом, современный маркетинг вышел на новый уровень, создав такую новейшую тенденцию как «зеленый» бренд, и, как следствие крупнейшие компании, к числу которых можно отнести корпорацию «Росатом» встают на путь экологизации своего производства. Но очевидно, что для усовершенствования имеющихся

экологических практик предприятиям необходимо поощрять инновации и внедрять наилучшие экологические технологии в процесс создания и реализации своей продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гельманова З. С., Осик Ю. И. Экологический маркетинг / З. С. Гельманова, Ю. И. Осик // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 4-2. – С. 494-499.
2. Зиновьев В. В. Как организовать экологический контроль на предприятии / В. В. Зиновьев, С. А. Варягов, С. В. Коняев, Е. В. Маслова // Экология производства. – № 10(39). – 2016. – С. 45-51.

Ensuring the Competitiveness of Nuclear Energy Through the Use of Environmental Marketing

T.S. Popova^{*1}, A.A. Voronov^{2}**

**Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
Volgodonsk, Rostov region, Russia*

***Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

¹e-mail: ivanov_123@yandex.ru

²e-mail: petr_345@mail.ru

Abstract – The work considered the peculiarities of using environmental marketing in the nuclear industry and investigated the feasibility of using environmental marketing tools at ROSATOM enterprises in order to ensure the competitiveness of enterprises that are part of the association.

Keywords: environmental disasters, marketing tools, nuclear energy, competitiveness, national project «Ecology», communication policy.

УДК 339.9

МИРОВАЯ ЭКОНОМИКА ПОСЛЕ ПЕРВОГО ПОЛУГОДИЯ 2020 ГОДА

С.Ю. Субачев, В.В. Корниенко

*НАН ЧО ВО «Академия маркетинга и социально-информационных технологий – ИМСИТ»,
Краснодар, Россия*

Показаны причины текущего экономического кризиса, утверждается, что экономика до эпидемии находилась в крайне напряженном состоянии – любое масштабное воздействие вывело бы ее из неустойчивого равновесия в масштабный кризис.

Ключевые слова: всемирные торговые отношения, мировая экономика, экономический кризис, глобализация, роль государства, суверенитет, прекариат.

По результатам исследований мировая экономика продолжает замедляться ускоренными темпами, несмотря на стимулирующую политику ведущих центробанков мира. Неопределенность в отношении дальнейшего развития пандемии коронавируса привела к тому, что деловой оптимизм находится на историческом минимуме. В США динамика опережающих индикаторов указывает на резкое торможение экономики. Участники консенсус-прогноза ожидают резкое ухудшение экономической ситуации в крупнейших странах и регионах мира в текущем году. При этом торможение или спад вызван не столько накопленными диспропорциями в экономике различных стран, сколько временной приостановкой услуг и производства. Прогноз на следующий год

предполагает значительный восстановительный рост, превышающий, как правило, докризисные прогнозы и потенциальные темпы роста экономики рассматриваемых стран. При этом, чем сильнее спад или торможение экономики будет в текущем году, тем сильнее прогнозируется рост в последующем. Никто из участников прогноза, по всей видимости, не ожидает продления карантинных мер или второй волны пандемии в следующем году.

В США рост экономики в текущем году, согласно консенсус-прогнозу, может составить всего 1,3% против 2,3% в 2019 г. и 2,9% в 2018 году. В то же время значительно меньшие темпы роста прогнозируют Morgan Stanley и Ifo Institute, а JPMorgan так и вовсе ожидает спад на 0,4%. Пессимистические прогнозы вызваны масштабами коронавирусной эпидемии в стране и дальнейшим ужесточением карантинных мер. При этом после их снятия рост экономики в 2021 г. может достигнуть 3,9% при прогнозном диапазоне 2,7–4,8%.

Заново следует посмотреть на требования, которые предъявляются к мировым организациям. В идеальном варианте они должны достраивать систему, где основными игроками являются государства. При этом государства должны делегировать часть своих полномочий международным организациям, что и сделали практически все, включая признанного лидера – США. На определенном этапе США устраивала работа МВФ, Всемирного Банка, ВТО с позиций их поддержки лидирующей роли своей страны в глобальной экономике. Логика первого этапа глобализации предполагала, что правила и нормы относительно справедливы. В настоящее время статус международных организаций оспаривается не только США, но и пандемией, а также неизбежным ростом регионального эгоизма. Если международные организации, к примеру, Всемирная организация здравоохранения, превратились в «памятники самим себе», то последняя надежда остается на «свое» государство. Об этом далее.

В марте 2010 г. была одобрена европейская стратегия экономического развития. Этот план, названный «Европа 2020: стратегия разумного, устойчивого и всеобъемлющего роста» [1], интересен тем, что представляет собой удивительный пример несовпадения желаемого и действительного. Развитие Европы как экономического и политического объединения вызывало вопросы безотносительно к кризисам 2020 года. Реальная политическая практика государств Европы – «поддержать национальное сообщество, даже если это означает пожертвовать международным» [2]. Разрушение единого экономического пространства следует считать маловероятным сценарием развития Европы, но даже ограничение шенгенских свобод, в конечном счете, будет иметь как социально-политическое, так и экономическое значение. В начале 2020 г. никаких принципиально новых проблем экономического и политического развития в Европе не появилось. Повышенная волатильность цен на нефть не может рассматриваться как новый и/или уникальный фактор. После 1973 г. скачки цен на нефть если не стали нормой, то и уникальными не являются. Впрочем, можно согласиться с тем, что сочетание эпидемиологических вызовов и повышенной волатильности нефтяных цен представляет собой проблему для мировой экономики.

Несмотря на постепенное снятие карантинных мер в Китае и появление оперативной статистики, разброс ожидаемых темпов роста китайской экономики в текущем году крайне высок – от 1 до 5%, при этом среднее значение консенсус-прогноза роста ВВП составляет 3,1% при темпах роста выше 6% в предыдущие годы. С одной стороны, ранняя и жесткая реакция на COVID-19 позволят быстро компенсировать первичный негативный экономический эффект от карантинных мер. С другой стороны, коронавирусная пандемия будет сдерживать внешний спрос, а банкротство части бизнеса и рост безработицы будет ограничивать рост внутреннего спроса. В 2021 г. экономический рост в Китае прогнозируется в диапазоне 5,8–10,0%

при среднем значении консенсус-прогноза на уровне 7,6% – более высоком, чем до пандемии.

С учетом ухудшения ситуации и в других странах, общий рост мировой экономики в текущем году, по нашим расчетам, не превысит 1% по паритету покупательной способности. Значение ниже 2,0–2,5% указывает на рецессию. В 2021 г. рост может ускориться до 4%, что будет связано в основном с низкой базой предыдущего года. Проблема в том, что создать какую-нибудь математическую модель или эффективно использовать опыт прежних экономических кризисов достаточно сложно. Фактически речь идет о формировании нового опыта, опровергающего предшествующие представления.

Очевидно, перед нами не циклический, не отраслевой, не структурный и не денежно-кредитный или долговой кризис. Уже в апреле 2020 г., очевидно, что элементы и признаки всех указанных видов кризиса присутствуют одновременно. Пандемия коронавируса, помимо вызовов, непосредственно связанных со здравоохранением, не вызвала ряд новых политических, экономических и социальных проблем. Более правильно говорить об актуализации всех накопленных за десятилетия проблем в экономической организации общества. Если после кризиса 2008 г. определенные надежды на межгосударственное сотрудничество сохранялись, то в 2020 г. одним из вызовов будет ослабление всех интеграционных проектов и всех иных форм международного сотрудничества. Само понятие о мировой экономике предполагает существование определенной общности стран, связанных некоторыми правилами. «Война всех против всех» в условиях глобальной неопределенности лишь формально может считаться последствием пандемии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кондратьев, В.* Перспективы развития мировой экономики в 2019 г. // Перспективы. Электронный журнал. – 2018. – № 2.
2. *Евстафьев, Д.* – «Новая Ялта» Владимира Путина: стратегическая перспектива для Евразии. [Электронный ресурс]. – URL : <https://eurasia.expert/novaya-yalta-vladimira-putina-strategicheskaya-perspektiva-dlya-evrazii> (дата обращения: 03.11.2020).

The World Economy after the First Half of the Year 2020

S.Yu. Subachev¹, V.V. Kornienko²

*NAS CHO VO «Academy of marketing and social and information technologies-IMSIT» (Krasnodar),
Krasnodar, Russia*

¹*e-mail: ss73-08@mail.ru*

²*e-mail: Kornienkoviola16@mail.ru*

Abstract –The reasons for the current economic crisis are shown, it is argued that the economy was in an extremely tense state before the epidemic – any large-scale impact would bring it out of an unstable equilibrium into a large-scale crisis.

Keyword: world trade relations, world economy, economic crisis, globalization, role of the state, sovereignty, precariat.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Н.А. Симакова

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

В работе представлены разработанные виртуальные лабораторные стенды, предназначенные для изучения теплотехнического оборудования систем управления АЭС. Стенды оснащены инсталляционными дистрибутивами для их установки на любом современном компьютере и методическими указаниями для выполнения лабораторных работ на них.

Ключевые слова: виртуальный лабораторный стенд, лабораторная работа, изучение теплотехнического оборудования.

В настоящее время в ВИТИ НИЯУ МИФИ ежегодно приобретает современное лабораторное оборудование для подготовки специалистов атомной отрасли [1].

Современная атомная станция представляет собой человеко-машинную систему с высоким уровнем централизации. Поэтому, навыки оператора должны быть связаны со структурой и функциями цифровых систем управления АЭС [2]. Очевидно, что при подготовке будущих сотрудников с системами управления на уровне лабораторных работ представляет собой актуальную задачу.

Роль создания лабораторных стендов с использованием виртуальных цифровых технологий особенно возрастает при организации дистанционных методов обучения. В основе методического обеспечения лабораторных работ заложена идеология развития навыков будущих специалистов атомных станций для взаимодействия их с автоматизированными средствами управления АЭС.

Структура и идеология построения виртуальных лабораторных стендов во многом соответствует принципам действия и режимам работы оборудования атомной станции, что обеспечивает студенту формирование практических навыков работы с техническими устройствами систем управления.

Разработанные методики проведения лабораторных работ включают в себя алгоритмы активного контроля полученных результатов, что повышает эффективность выполнения работ студентами и снижает временные затраты преподавателя на проверку работы.

Таким образом, применение цифровых технологий для повышения эффективности использования лабораторного оборудования существенно повышает качество подготовки студентов различных направлений, что формирует навыки культуры безопасности будущих специалистов атомной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РБ-129-17 Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по формированию и поддержанию культуры безопасности на атомных станциях и в эксплуатируемых организациях атомных станций». – URL : <http://docs.cntd.ru/document/456098877>.
2. *Иванова, Г. М.* Теплотехнические измерения и приборы: учебник для вузов / Г. М. Иванова, Н. Д. Кузнецов, В. С. Чистяков. – Москва : Издательство МЭИ, 2005. – 460 с.

Application of Digital Technologies to Improve the Efficiency of Laboratory Equipment Use

N.A. Simakova

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
Volgodonsk, Rostov region, Russia
e-mail: simnataalex@gmail.com*

Abstract – The paper presents the developed virtual laboratory stands designed for studying the thermal equipment of NPP control systems. The stands are equipped with installation distributions for installation on any modern computer and guidelines for performing laboratory work on them.

Keywords: virtual laboratory stand, laboratory work, study of heat engineering equipment.

СЕКЦИЯ 5

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЕ АЭС

УДК 620.18 : 621.039

**ВЛИЯНИЕ МИКРОЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА
ИНТЕНСИВНОСТЬ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕДЕЛАХ В ЗАГОТОВКАХ ИЗ СТАЛИ
10ГН2МФА**

С.А. Томилин^{*}, М.Е. Жидков^{}, Е.И. Колоколов^{*}, Е.Ю. Попов^{**}**

^{}Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

*^{**}Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск, Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

В работе рассмотрено влияние рекристаллизационных процессов на свойства материала горячеизогнутых колен Ду 850 ГЦК ВВЭР-1200 при их гибке и последующей термической обработке.

Ключевые слова: горячая гибка колен главного циркуляционного контура, химическая неоднородность, статическая рекристаллизация, термическая обработка, влияние микролегирующих элементов на микроструктуру стали 10ГН2МФА.

В работе авторов [1] было рассмотрено влияние химической и структурной неоднородности на свойства заготовок из стали 10ГН2МФА. Показано, что это явление может вызывать появление дефектов сварочного происхождения в околошовной зоне, снижать механические свойства. При проведении горячей обработки давлением изделий из стали 10ГН2МФА, например, гибки колен трубопроводов ГЦК, ликвационная неоднородность может привести к рекристаллизационным процессам, изменяющим их механические свойства. При нагреве под гибку происходит частичное растворение микролегирующих частиц карбидов ванадия (VC), в результате чего начинается рекристаллизация аустенита в участках обедненных легирующими элементами [2]. Для выработки технологических рекомендаций по данному вопросу рекомендовалось проведение специального исследования. Полые заготовки для изготовления отводов главного циркуляционного контура Ду 850 изготавливают методом электрошлакового переплава в условиях Филиала АО «АЭМ-технологии» «Петрозаводскмаш» в г. Петрозаводск. На внутреннюю поверхность осуществляется электрошлаковая наплавка в один проход лентой Св-02Х21Н11Г2Б по заводской технологии. Макроструктура поперечного сечения колена приведена на рисунке 1, где хорошо видна химическая неоднородность основного металла.



Рисунок 1 – Макроструктура колена с однопроходной электрошлаковой наплавкой внутренней поверхности (вверху)

После проведения контролей полуфабрикат направляется в Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск для гибки, отжига и формирования свойств изделия путем основной термической обработки. Согласно [3] химический состав стали нормирован согласно таблице 1. Требования к раскислителям – в ковшовой пробе содержание *Al* должно быть 0,005 – 0,035, *Ti* – не более 0,015. Азот в данных сталях не нормирован, поэтому наличие нитридов и карбонитридов не контролируется.

Таблица 1 – Химический состав сталей типа 10ГН2МФА

Марка стали	Массовая доля элементов, %									
	C	Si	Mn	Ni	Mo	V	Cr	Cu	S	P
							Не более			
10ГН2МФА	0,08–0,12	0,17–0,37	0,80–1,10	1,8–2,3	0,40–0,70	0,03–0,07	0,30	0,30	0,20	0,20
10ГН2МФА-ВД										
10ГН2МФА-Ш										
10ГН2МФА-А	0,09–0,11	0,20–0,30	0,90–1,0	1,8–2,0	0,55–0,65	0,04–0,06	0,15	0,16	0,002	0,006

На рисунке 2 приведены данные по растворимости карбидов и карбонитридов *V*, *Ti* и *Al*. Видно, что первые растворяются при нагреве в аустенитной области уже при температурах 800-900⁰С, причем для карбидов данный процесс осуществляется значительно быстрее. Это означает, что они не являются эффективными упрочнителями при дисперсионном твердении и не препятствуют росту зерна. При нагреве под гибку в отличающиеся по химическому составу обедненных легирующими элементами ликвационных участках стали происходит растворение этих частиц, и соответствующий рост зерна аустенита, выражающийся в ярко выраженной первичной рекристаллизации. Это может приводить к снижению предела текучести и ударной вязкости.

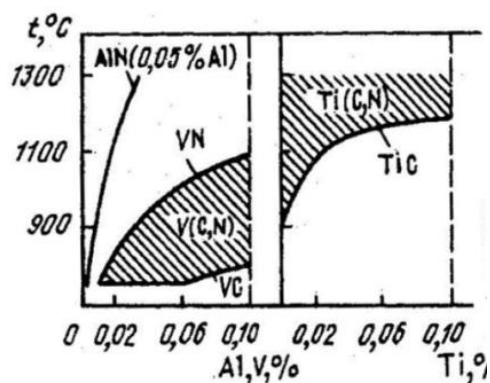


Рисунок 2 – Растворимости *V*, *Al* и *Ti* в аустените низколегированных сталей в зависимости от температуры нагрева

Анализ микроструктуры рекристаллизации после гибки колен показывает причины ухудшения свойств. Типичные микроструктуры приведены на рисунке 3. Обычная микроструктура, характерная для участков повышенной травимости (с хорошо выраженной игольчатостью) и пониженной (игольчатость не выражена), приведена на рисунке 3 а. В процессе отжига после гибки произошла первичная рекристаллизация в участках с пониженной травимостью (рис. 3 б) с образованием двухфазной микроструктуры. Эти участки при большом увеличении представляют собой близкие по размеру равноосные рекристаллизованные зерна (рис. 3 в) с довольно крупными включениями мартенситно-аустенитной составляющей [1], которая представляет собой охрупчивающую фазу. Такая рекристаллизованная микроструктура обладает пониженной вязкостью и пластичностью. В участках повышенной травимости выражена типичная бейнитная структура (рис. 3 з).

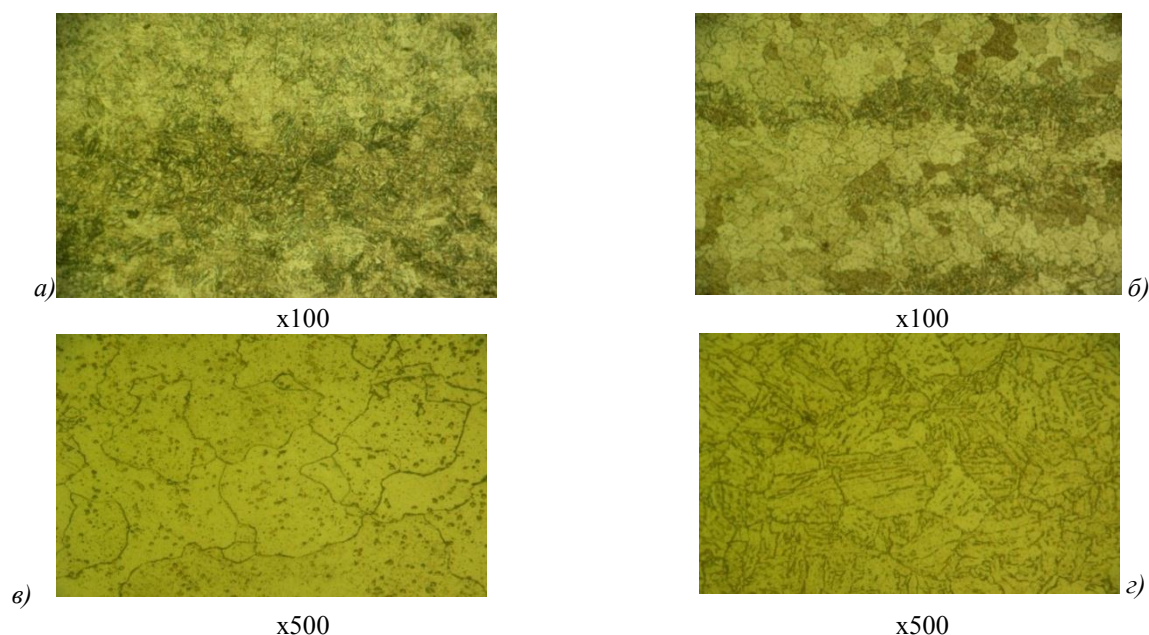


Рисунок 3 – Характерные микроструктуры рекристаллизации после гибки колен

Известно, что предотвращение роста зерна аустенита в системе легирования, характерной для сталей типа 10ГН2МФА, наиболее эффективно при наличии наиболее тугоплавких карбонитридов титана и алюминия [2] (рис. 2). Эксперименты, проведенные в упомянутой работе, показали существенное различие кинетики статической рекристаллизации в зависимости от состава сталей и наличия этих тугоплавких частиц. Поэтому, желателен контроль процессов раскисления, содержания азота и отношения Ti/N при выплавке стали для устранения этого отрицательного явления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колоколов, Е. И., Томилин, С. А., Жидков, М. Е. Ликвационная неоднородность и свариваемость стали 10ГН2МФА – Е. И. Колоколов, С. А. Томилин, М. Е. Жидков // Глобальная ядерная безопасность. 2019. – № 4(33). – С. 27-36.
2. Частухин, А. В. Закономерности процессов рекристаллизации аустенита и совершенствование технологии контролируемой прокатки микролегированных трубных сталей повышенной хладостойкости : Автореферат дис. кан. техн. наук, / А. В. Частухин. – Москва, 2017. – 24 с.
3. ТУ 0893-014-00212179-2004. Заготовки из стали марок 10ГН2МФА, 10ГН2МФА-ВД, 10ГН2МФА-Ш, 10ГН2МФА-А для оборудования АЭС. Технические условия. 2004.

Influence of Microalloying Elements on the Intensity of Recrystallization Processes During Technological Conversions in Billets from Steel 10GN2MFA

S.A. Tomilin ^{*1}, M.E. Zhidkov ^{**2}, E.I. Kolokolov ^{*3}, E.Y Popov ^{**4}

^{*}Volgodonsk Engineering and Technical Institute – a branch of the National Research Nuclear University «MEPhI», Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360

^{**}Branch of AEM-Technologies JSC «Atommash» in Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360

¹e-mail: SATomilin@mephi.ru

²e-mail: Zhidkov_ME@Atommash.ru

³e-mail: E.I.Kolokolov@yandex.ru

⁴e-mail: egorpopov.98@mail.ru

Abstract – The paper considers the effect of recrystallization processes on the material properties of hot-bent bends DN 850 FCC VVER-¹200 during their bending and subsequent heat treatment.

Keywords: hot bending of the main circulation loop bends, chemical heterogeneity, static recrystallization, heat treatment, the effect of microalloying elements on the microstructure of 10GN2MFA steel.

АВТОМАТИЗАЦИЯ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ДВУХСЛОЙНОЙ НАПЛАВКИ ТРУБ И ПАТРУБКОВ МАЛОГО ДИАМЕТРА ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

Д.Н. Кучерявин, П.А. Меженский

** Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск, Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

Целью данной работы является определение возможности автоматизации процесса выполнения антикоррозионной наплавки труб и патрубков малого диаметра оборудования АЭС с использованием сварочной установки «ГЕТА-5-5 Титан» для автоматической аргонодуговой сварки/наплавки.

Ключевые слова: ручная дуговая наплавка электродами, анализ макроструктуры, нормативно-техническая документация, антикоррозионная наплавка, снижение трудоемкости, экономический эффект, автоматическая аргонодуговая наплавка, преимущества ААДН над РДН, высокая производительность.

Задача формирования качественного антикоррозионного покрытия на трубах малого диаметра в настоящий момент остается актуальной и находится в центре внимания многих специалистов, работающих в области разработки современных сварочных технологий. Патрубки малого диаметра традиционно на предприятиях наплавляются вручную с помощью ручной дуговой наплавки электродами (РДС), данный способ наплавки имеет преимущества в технологичности выполнения процесса, но также допускается возможность снижения качества выполняемой наплавки [1].

Применение автоматической аргонодуговой наплавки (ААДН) взамен ручной дуговой способом покрытым электродом (РДН) при выполнении многослойной наплавки на патрубках малых диаметров дает преимущества. Доклад отображает перспективность и инновационность использования данного способа при плавке штатных изделий АЭС в рамках действующей нормативно-технической документации [2].

В работе были изучены действующие технологические процессы предприятия, по выполнению антикоррозионной наплавки в патрубках малого диаметра.

Рассмотрим данную технологию на примере выполнения антикоррозионной наплавки «к» – труба с наплавкой, элемент опорного устройства в верхнем блоке реактора ВВЭР 1200 (рис. 1).

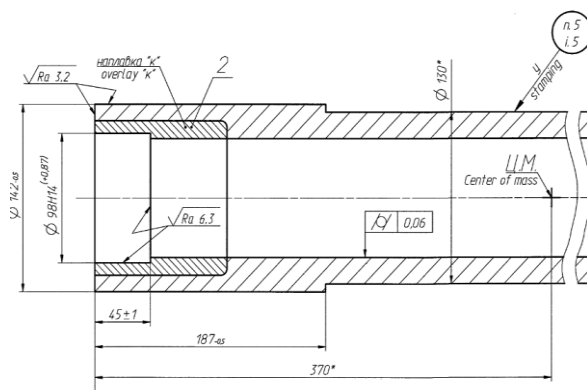


Рисунок 1 – Труба с наплавкой

По существующему технологическому процессу, наплавка «к» выполняется способом (РДН), после наплавки первого слоя выполняется механическая обработка слоя для последующего проведения «травления» наплавленной поверхности на

отсутствие следов выхода основного металла на поверхность переходного слоя наплавки. Выполнение наплавки «к» ручным дуговым способом сварки является трудоемким процессом и имеет прямую зависимость от человеческого фактора и квалификации сварщика. Наплавка выполняется внутри трубы, диаметр которой на последнем слое составляет 83 мм, выполнение сварки на первых кольцевых валиках, расстояние до которых 107 мм от края. Вследствие ограниченности доступа затруднительно выполнить полноценный визуальный контроль качества валиков в процессе их наложения и поэтому уровень дефектности наплавки по данной технологии может быть достаточно высоким.

Повысить качество наплавки возможно заменой технологии РДН на ААДН, используя для этого установку для автоматической аргодуговой наплавки ТЕТА-5-5 в соответствии с ее техническими возможностями [3].

Преимущества ААДН над РДН при выполнении наплавки «к»:

- снижение уровня дефектности, возникающего из-за человеческого фактора (дефекты могут возникать из-за плохого доступа в месте сварки/наплавки, наличие большого количества остановок для смены электрода).

- снижение трудоемкости, благодаря геометрически более точной наплавке ААДН, и возможности выполнения наплавки «к» без промежуточной механической обработки первого слоя.

В процессе работ было принято решение изменить на изделии внутреннюю поверхность трубы для наплавки «к» с тем условием, чтобы обеспечить полное проплавление (рис. 2).

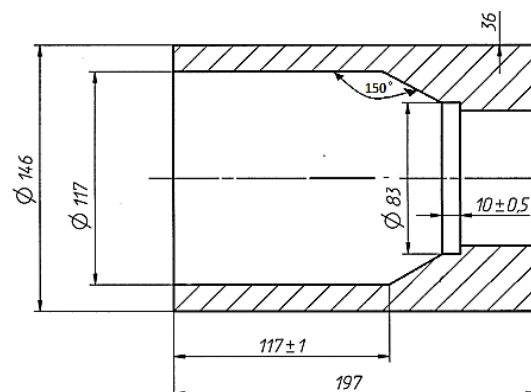


Рисунок 2 – Предлагаемая внутренняя расточка трубы для наплавки «к»

В рамках отработки технологии были подобраны оптимальные режимы для выполнения наплавки «к», позволяющие получить высокую производительность при стабильности процесса и высоком качестве наплавленной поверхности (табл. 1). На основе этих режимов создана программа в модуле управления установки ТЕТА-5-5.

Таблица – Режимы сварки

Слой наплавки	Сила тока I _{св}	Напряжение на дуге U _д	Скорость проволоки V _{пров}	Скорость сварки V _{св}
Первый слой наплавки	190- 200 А	16-16.5В	0.78м/м	4см/мин
Второй и последующие слои наплавки	185- 190 А	16.5-17 В	0.85м/м	4см/мин

Для обеспечения непрерывного процесса выполнения наплавки «к» на имитаторе установили оснастку для обдува сжатым воздухом из системы, чтобы исключить перегрев на изделии. Температура в процессе сварки варьировалось в диапазоне 60-68С⁰, что соответствует требованиям существующего техпроцесса для выполнения наплавки «к», где порог ограничения по температуре не выше 100С⁰.

В процессе всех работ по отработке технологии наплавки «к» было выполнено наплавка на 5-ти образцах, среднее время практически непрерывного выполнения наплавки «к» на одном изделии составляет 14 часов.

На трех пробах была выполнена наплавка первого слоя – далее механическая обработка и проведён контроль «Травлением» на выявление следов выхода основного металла на поверхность наплавки «к» [4]. Следов выхода основного металла на поверхность наплавки «к» не было обнаружено.

После выполнения наплавки в соответствии с требованиями чертежа, на образцах были проведены контроли УЗК (ультразвуковая дефектоскопия) и РГК (рентгенографическая дефектоскопия), согласно требованиям и нормам ПНАЭГ-7-010-89, НП-104-18, НП-105-18 как для антикоррозионной наплавки и анализ макроструктуры на наличие внутренних дефектов сплавления, глубины проплавления и характер формирования многопроходной наплавки. На всех образцах был получен положительный результат, что подтверждается заключениями, выданными исследовательской лабораторией [4, 5].

При замене технологии наплавки с РДН на ААДН не требуется механическая обработка первого слоя наплавки. Следовательно, экономический эффект возможный при внедрении нового способа может быть достигнут за счет снижения трудоемкости и повышения качества и соответственно снижения расходов на ремонт изделий в случае дефектов наплавки.

Пробная наплавка на установке ТЕТА-5-5 подтверждает возможность получения качественного наплавленного покрытия соответствующего требованиям нормативной и конструкторской документации на изделие.

Изменение технологии для наплавки «к» с РДН на ААДН на установке ТЕТА-5-5, даёт нам возможность гарантированно повысить качество антикоррозионной наплавки, по данным неразрушающего и разрушающего контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Севбо, П. И. Комплексная механизация и автоматизация сварочного производства / П. И. Севбо // «Техника», (Материалы и их поведение при сварке), 1974 г. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2009.
2. Гителвич, А. Д., Этингер, Л. А. Механизация и автоматизация сварочного производства – Москва : Машиностроение, 1979.
3. Руководство по использованию сварочной установки ТЕТА-5-5.
4. Унифицированная методика контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Капиллярный контроль. ПН АЭ Г-7-018-89. – Москва – Энергоатомиздат, 1990.
5. Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Правила контроля. ПН АЭ Г-7-010-89. – Москва – Энергоатомиздат, 2000.

Automation of Anticorrosive Double-Layer Surfacing of Small-Diameter Pipes and Pipes of NPP Equipment

D. N. Kucheryavin¹, P.A. Mezhenkiy²

Volgodonsk branch of joint-Stock company «Engineering company» AEM-technologies («Branch of JSC «AEM-technologies» «Atommash»), Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360

¹*e-mail: kucheryavin_dn@mail.ru;*

²*e-mail: mejensky_pa@atommash.ru*

Abstract – The purpose of this work is to determine the possibility of automating the process of performing anticorrosive surfacing of pipes and small-diameter pipes of NPP equipment using the Teta-5-5 Titanium welding unit for automatic argon arc welding/surfacing.

Keywords: manual arc surfacing with electrodes, macrostructure analysis, regulatory and technical documentation, anticorrosive surfacing, reduction of labor intensity, economic effect, automatic argon arc surfacing, advantages of AADN over RDN, high productivity.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РАСЧЕТУ НА ИЗГИБ КРУГЛЫХ ПЛАСТИН ПРИ МАЛЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ

А.С. Кравчук^{*}, С.А. Томилин^{**}, А.И. Кравчук^{***}, С.Ф. Годунов^{**}, А.Ф. Смалюк^{***}

^{*}Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

^{**}Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

^{***}Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Впервые разработана теория чистого изгиба круглых пластин моментами постоянной интенсивности, приложенными к их круговым границам. Предложен метод определения эквивалентных моментов по действующей осесимметричной нагрузке. В рамках предлагаемой теории продемонстрированы решения задач изгиба круглых пластин. При внедрении в процесс проектирования предлагаемый подход позволит не только уточнить получаемые значения поперечных перемещений, но и существенно сократить время проведения изысканий при конструировании объектов и технологического оборудования атомной энергетики.

Ключевые слова: чистый изгиб, круглая пластина, вычисление эквивалентного момента.

Введение. Повышение требований к безопасности объектов атомной энергетики стимулирует разработку новых теорий и методов решений задач прочности и жесткости конструктивных элементов, как технологического оборудования, так и конструкции зданий и сооружений атомных станций.

Многие современные конструкционные решения состоят из элементов, которые можно классифицировать как пластины. Данные пластины могут быть постоянной или переменной толщины, при этом на них могут оказывать влияния не только силовые, но и терморadiационные воздействия [1]. Однако в данном исследовании они не учитываются.

Как известно, классическая теория пластин строится на основе гипотез Кирхгофа, одна из которых (геометрическая) предполагает отсутствие давления между слоями пластин, и как следствие сдвигов в направлении перпендикулярном плоскости пластины. Кроме того напряжение σ_z не учитываются, но тогда в соответствии с закона Гука будут равны нулю и перерезывающие поперечные силы. Это фактически вступает в противоречие с гипотезами Кирхгофа, так как поперечная поверхностная нагрузка остается неуравновешенной [2, 3].

В данной работе впервые построена непротиворечивая теория чистого изгиба круглых пластин поперечной осесимметричной нагрузкой. Идея исследования заключается в том, чтобы действующую поперечную осесимметричную нагрузку заменить эквивалентным моментом, приложенным к краю круглой пластины.

При решении задачи об изгибе круглой пластинки, принимаются пластинки постоянной толщины. Рассматривая чистый изгиб круглой пластинки, ее разделяют на элементарные слои. При этом предполагается, что все продольные слои параллельные срединной поверхности не взаимодействуют друг с другом. То есть в направлении перпендикулярном плоскости пластинки. Моменты приложены к краю пластинки, так же как при расчете балок, в пластинке существует нейтральный слой, который при изгибе не деформируется (рисунок).

Будем предполагать, что нормальные радиальные $\varepsilon_r(z)$ деформации элементарного слоя относительно геометрического положения нейтрального слоя распределены следующим образом [4]:

$$\varepsilon_r(z) = (z - \delta) / \rho_r, \quad (1)$$

где δ – координата нейтрального слоя относительно геометрической середины пластины;

ρ_r – радиус кривизны осесимметричного нейтрального слоя в плоскости rOz . Исходя из формул радиальных и окружных перемещений [4], с учетом (1) можно утверждать, что для окружных деформаций будет выполняться равенство $\varepsilon_\theta(z) = \varepsilon_r(z)$

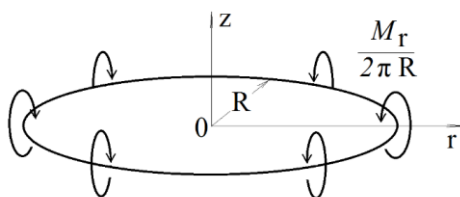


Рисунок 1 – Чистый изгиб круглой пластины постоянной толщины моментом постоянной интенсивности, приложенным к ее краю

Для плоского напряженного состояния (т.е. $\sigma_z = 0$) получены уравнения для нормальных напряжений $\sigma_r(z)$, $\sigma_\theta(z)$. Поскольку пластина изгибается приложенным по краю моментом с постоянной интенсивностью, то при чистом изгибе круглой пластины $\sigma_r(z) = \sigma_\theta(z)$. Поэтому при полном отсутствии сдвигов необходимо удовлетворить два уравнения равновесия для вычисления положения нейтрального слоя δ относительно середины высоты пластины, и величины радиуса кривизны ρ_r :

$$\delta = 0, \quad \frac{1}{\rho_r} = \frac{6 \cdot (1 - \nu)}{E \cdot h^3} \cdot \frac{1}{\pi \cdot R} M_r. \quad (2)$$

Исходя из условий шарнирного закрепления при $r = R$, из известного дифференциального уравнения, определяющего кривизну пластины, можно получить единственное решение уравнения (2) в виде:

$$w(r) = \frac{6 \cdot (1 - \nu)}{E \cdot h^3} \cdot \frac{1}{\pi \cdot R} M_r (r^2 - R^2) \quad (3)$$

Определение перемещений круглой пластины под действием поперечной осесимметричной нагрузки при шарнирном закреплении по периметру. Пусть поперек пластины на ее верхней поверхности, действует внешняя осесимметричная распределенная нагрузка с интенсивностью $q(r) < 0$, действующая в круге радиуса a ($a < R$) поверхности пластины. В этом случае интенсивность вертикальной реакции при закреплении по периметру равна $-\frac{1}{R} \int_0^a q(r) \cdot r dr$. Для расчета прогибов при действии поперечной нагрузки $q(r)$ по формуле (3) можно использовать уравнения, определяющие эквивалентный момент:

$$M_r = -2\pi \int_0^a q(r) \cdot r^2 dr.$$

Результаты и выводы. Впервые разработана теория чистого изгиба круглых и кольцевых пластин моментами постоянной интенсивности, приложенными к их круговым границам. При внедрении в процесс проектирования предлагаемый подход позволит не только уточнить получаемые значения поперечных перемещений, но и

существенно сократить время проведения изысканий при конструировании объектов и технологического оборудования атомной энергетики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садигов, И. Р. Исследование устойчивости многослойных круглых пластин переменной толщины из нелинейно-упругого материала / И. Р. Садигов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 7(85), Ч. 1. – С. 31-37 DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.85.7.006>.
2. Ермоленко, А. В. Расчет круглых пластин по уточненным теориям / А. В. Ермоленко // Вестник Сыктывкарского университета. – 2006. – Сер. 1. – Вып. 6. – С. 79-86.
3. Саченков, А. А. Цикл лекций по теории изгиба пластин / А. А. Саченков. – Казань : КФУ, 2012. – 54 с.
4. Тимошенко, С. П. Пластинки и оболочки / С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. – Москва : Наука, 1966. – 636 с.

New Approaches to the Calculation of the Bending of Round Plates with Small Transverse Displacements

A.S. Kravchuk^{*1}, S.A. Tomilin^{**2}, A.I. Kravchuk^{***}, S.F. Godunov^{**3}, A.F. Smalyuk^{**5}

**Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus*

***Volgodonsk Engineering and Technology Institute – a branch of the National Research Nuclear University MEPHI, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360*

**Belarusian State University, Minsk, Belarus*

¹e-mail: ask_belarus@inbox.ru

²e-mail: satomilin@mephi.ru

³e-mail: SFGodunov@gmail.com

Abstract – For the first time, a theory of the pure bending of round plates by moments of constant intensity applied to their circular boundaries was developed. A method for determining equivalent moments from the acting axisymmetric load is proposed. Within the framework of the proposed theory, solutions to the problems of bending round plates are demonstrated. When introduced into the design process, the proposed approach will not only clarify the obtained values of transverse displacements, but also significantly reduce the time spent on designing nuclear facilities and technological equipment.

Keywords: pure bending, round plate, equivalent moment calculation.

УДК 621.791.011;620.184.6

ОБРАЗОВАНИЕ И ХАРАКТЕР ТРЕЩИН В ЗОНЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ МНОГОПРОХОДНЫХ СВАРНЫХ ШВОВ СТАЛИ 10ГН2МФА, ВЫПОЛНЕННЫХ МЕТОДОМ АСФ

Е.И. Колоколов^{*}, А.В. Чернов^{*}, А.А. Голубов^{}**

**Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

***Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск, Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

В работе рассмотрены причины появления и характер трещин повторного нагрева в ОШЗ многопроходных сварных соединений стали 10ГН2МФА, выполненных методом АСФ. Показано, что в зависимости от типа неметаллических включений в свариваемых поковках, реализуются разные механизмы образования надрывов в ОШЗ, вскрывающихся при испытании гибовых образцов.

Ключевые слова: эвтектические сульфиды, сложные оксиды, гибовые образцы, фрактографические исследования, очаги образования трещин на первичных сульфидных включениях, трещины повторного нагрева, ослабленные границы крупных зерен ОШЗ, наличие технологического фактора.

Для изготовления парогенераторов и некоторых других изделия ВВЭР используются поковки из стали 10ГН2МФА [1], в которых заметна ликвационная неоднородность (рис. 1), выражающаяся в наличии участков различной степени травимости. В поковках, отличающихся отличиями в технологии выплавки, на этих участках могут располагаться неметаллические включения разной природы. В некоторых преобладают эвтектические сульфиды с пониженной температурой плавления. Разработанные для их устранения технологии внепечной обработки [2] приводят к ограничению неметаллических включений сложными оксидами, экзогенного происхождения или образующимися при раскислении или модифицировании. В работе [3] было показано, эти различия, а также химическая и структурная неоднородность могут вызвать появление в околошовной зоне (ОШЗ) дефектов сварочного происхождения.

В настоящей работе более подробно рассмотрены причины появления и характер дефектов сварочного происхождения в ОШЗ многопроходных сварных соединений, выполненных методом АСФ. Исследования проводили на гибовых образцах контрольных проб для аттестации технологии сварки. После изгиба на некоторых образцах образовывались надрывы разного раскрытия в ОШЗ (рис. 1 а), выходящие на внешнюю механически обработанную поверхность (рис. 1 б). После долома образцов проводили фрактографические исследования зон первичных надрывов.

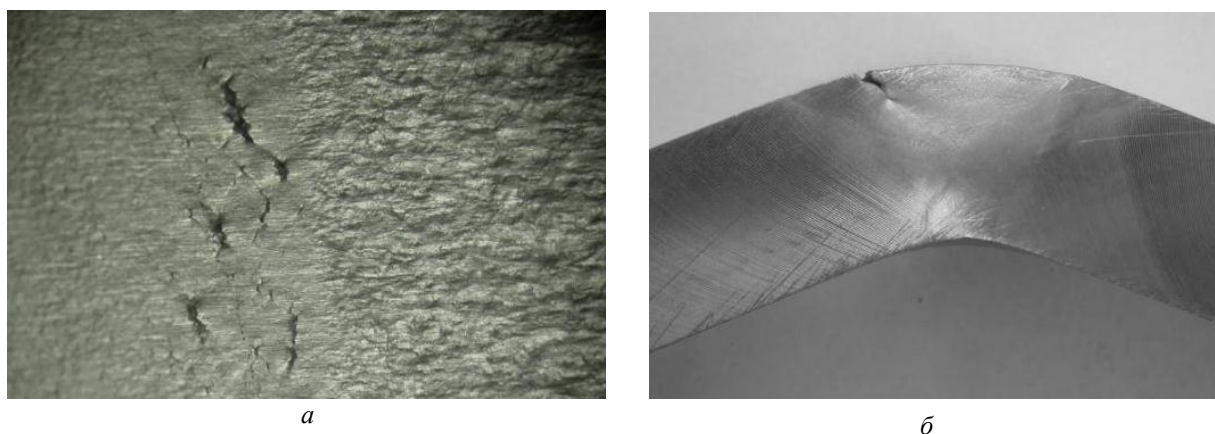


Рисунок 1 – Надрывы разного раскрытия в ОШЗ

Были выявлены два основных типа образующихся дефектов, отличающихся характером очагов зарождения трещин, общий вид которых приведен на (рис. 2 а). В первом случае очагами являются кристаллизационные микрополости, формирующиеся на частично растворенных при сварке комплексных включений, основой которых являются скопления первичных сульфидных включений (рис. 2 б). Вокруг них вскрываются границы оплавленных зерен с повторными выделениями плоских сульфидных включений и эвтектик на их поверхности. Дальнейшее развитие надрывов осуществляется в пределах ОШЗ по вязкому межзеренному механизму на выделениях вырожденной сульфидной эвтектики (рис. 2 в), характерному для трещин повторного нагрева. Долом образца за пределами ОШЗ осуществлялся по механизму вязкого разрушения. Второй вариант образования надрывов реализуется при использовании поковок, в которых первичные сульфиды, невелики, а микроскопические очаги зарождения трещин отсутствуют. При нагреве первичные сульфиды частично растворяются и происходит локальное расплавление приграничных объемов крупных зерен основного металла ОШЗ при взаимодействии с металлической ванной. Под

действием турбулентности металлической ванны, содержащиеся в ней мелкие глобулярные окисные включения проникают в расплавленные зоны и при кристаллизации остаются на границах зерен (рис. 2 *з*), снижая их прочность. При охлаждении ниже линии солидус происходит повторное выделение сульфидов марганца в виде вырожденной эвтектики на границах крупных зерен ОШЗ (рис. 2 *в*). При дальнейшем охлаждении ниже линии A_{c1} на этих границах происходит преимущественное выделение легированных карбидов (рис. 2 *г*), о чем свидетельствуют результаты микрорентгеноспектрального анализа. При загибе образцов происходит вскрытие ослабленных неметаллическими включениями и карбидами границ крупных зерен в ОШЗ. Дальнейшее развитие трещины осуществляется аналогично первому варианту (рис. 2 *а*). Таким образом, и при отсутствии выраженного очага появления надрывов происходит по механизму образования трещин повторного нагрева.

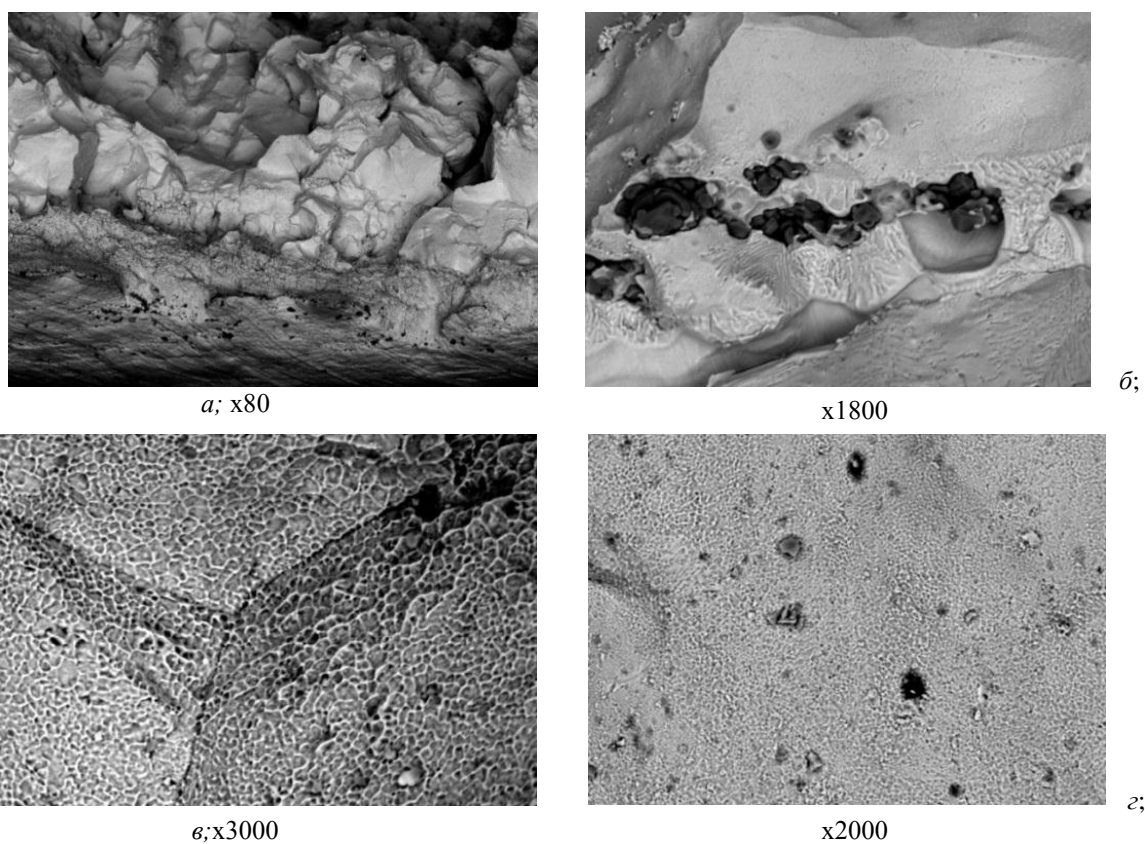


Рисунок 2 – Типы дефектов

Появление надрывов, выявляющихся при загибе образцов, носит случайный нерегулярный характер. Это свидетельствует о наличии технологического фактора – отклонениях в технологии раскладки валиков, тепловом режиме выполнения сварки, стремлении получить «красивую» поверхность шва, наличии ремонтных участков, которые могут привести к появлению микродефектов и избыточным внутренним напряжениям. Надрывы чаще всего появляются на образцах, вырезанных из нижней части Х-образной разделки шва, что свидетельствует о перегреве этой части сварного соединения при выполнении сварки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТУ 0893-014-00212179-2004. Заготовки из стали марок 10ГН2МФА, 10ГН2МФА-ВД, 10ГН2МФА-Ш, 10ГН2МФА-А для оборудования АЭС. Технические условия. 2005. С изм. 8. 2019.

2. Ефимов, М. В. и др. Исследование неметаллических включений в крупных слитках, произведенных ПАО «Энергомашспецсталь» / М. В. Ефимов, А. А. Селютин, П. М. Явтушенко, В. В. Пашинский. – Наукові праці ДонНТУ. Metallurgy. Выпуск 1(14)-2(15). 2012. – С. 147-155.
3. Колоколов, Е. И. Ликвационная неоднородность и свариваемость стали 10ГН2МФА. Е.И. Колоколов, С.А. Томилин, М. Е. Жидков // Глобальная ядерная безопасность. – 2019. – № 4(33). – С. 27-36.

Formation and Nature of Cracks in the Heat-Affected Zone of Multi-Pass Welded Joints of Steel 10GN2MFA, Made by the ASF Method

E.I. Kolokolov^{*1}, A.V. Chernov^{*2}, A.A. Golubov^{3}**

**Volgodonsk Engineering and Technical Institute – a branch of the National Research Nuclear University "MEPhI", Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360*

***Branch of AEM-Technologies JSC «Atomash» in Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360*

¹e-mail: E.I.Kolokolov@yandex.ru

²e-mail: AVChernov@mephi.ru

³e-mail: golubow.tema@yandex.ru

Abstract – The paper considers the reasons for the appearance and nature of reheating cracks in the welded joint of multipass welded joints of steel 10GN2MFA, made by the ASF method. It is shown that, depending on the type of nonmetallic inclusions in the welded forgings, different mechanisms of the formation of tears in the welded joint are realized, which are opened during testing of bend samples.

Keywords: eutectic sulfides, complex oxides, bending specimens, fractographic studies, cracking centers on primary sulfide inclusions, reheating cracks, weakened boundaries of large grains of OZ, the presence of a technological factor.

УДК 539.4:624.012.45.04:621.039.538

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ ТРЕХЛУЧЕВОЙ МОНТАЖНОЙ ТРАВЕРСЫ

С.А. Томилин, Р.В. Пирожков, Е.А. Цвелик, Э.В. Пинчук

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

В работе по результатам проверочного расчета на прочность и устойчивость представлены рекомендации по оптимизации конструкции трехлучевой траверсы для монтажа армоблока бетонной шахты реактора. Рекомендации направлены на уменьшение металлоемкости и снижение расходов и времени на ее изготовление и монтаж.

Ключевые слова: трехлучевая траверса; армоблок бетонной шахты реактора; оптимизация конструкции; металлоемкость; работоспособность.

Для оборудования, используемого при монтаже конструкций атомных станций, предъявляются повышенные требования к критериям работоспособности, в частности к прочности и надежности [1-6]. В то же время, разумное уменьшение металлоемкости, оптимизация конструкций позволяет существенно сократить расходы и время на изготовление и монтаж, а так же упростить процесс управления данным оборудованием при его использовании.

Для монтажа армоблока бетонной шахты реактора используется трехлучевая траверса грузоподъемностью 100 т, общий вид которой показан на (рис. 1).

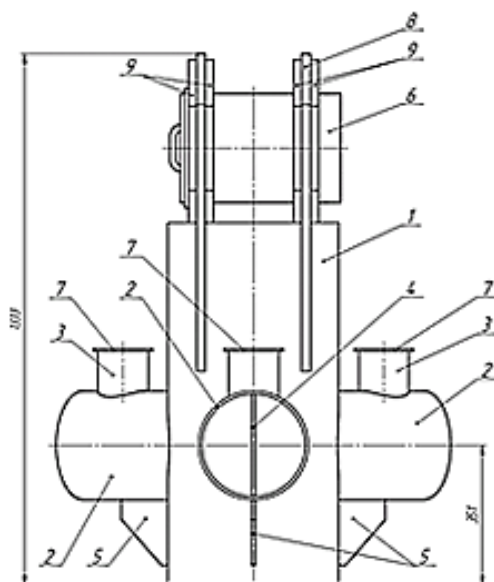


Рисунок 1 – Общий вид трёхлучевой монтажной траверсы: 1 – рама; 2 – фланец несущий; 3 – фланец упорный; 4, 5 – ребро жёсткости; 6 – палец; 7 – ребро; 8 – проушина; 9 – косынка

При построении модели поиска оптимальных параметров металлоемкости, которые обеспечат минимальные материальные затраты Z , необходимо учитывать требования к запасу прочности изделия. Затраты Z функционально зависят от диаметра используемых в конструкции траверсы труб $\{d_i\}$, т.е. $Z=f(\{d_i\})$.

В то же время, запас прочности $\Delta\sigma_i$ каждого отдельного i -го элемента траверсы также определяется диаметром трубы этого элемента: $\Delta\sigma_i=g(d_i)$ и должен быть > 0 . Математическая модель задачи оптимизации примет вид:

$$Z=f(\{d_i\}) \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} \Delta\sigma_1 = g(d_1) > 0 \\ \dots \\ \Delta\sigma_i = g(d_i) > 0 \end{cases}$$

Для оптимизации конструкции в части сокращения металлоемкости и упрощения некоторых ее элементов трёхлучевой траверсы грузоподъемностью 100 т для монтажа армоблока бетонной шахты реактора были проведены проверочные расчёты на прочность и устойчивость основных несущих элементов траверсы – несущего фланца; рамы конструкции; проушин и косынок и пальца.

По результатам расчетов предлагаются следующие рекомендации по оптимизации конструкции траверсы:

1. Поскольку прочность несущего фланца по нормальным напряжениям обеспечена с запасом порядка 23%, можно уменьшить диаметр трубы, ориентировочно, до 245/8. Экономия в весе фланцев в этом случае составит 10%.

2. Рама выполнена с запасом прочности 42 %. Можно уменьшить диаметр трубы, ориентировочно, до 299/8. Экономия в весе рамы в этом случае составит 40%.

3. Проушины и косынки спроектированы с двукратным запасом прочности. Можно уменьшить как толщину листа, так и габариты изделий.

4. Конструкцию траверсы можно упростить, упразднив такие элементы как проушины и соответствующие сварные швы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-23-81* Стальные конструкции. – Москва : ФГУП ЦПП. 2005. – 90 с.
2. Пособие к СНиП II-23-81 «Пособие по расчёту и конструированию сварных соединений стальных конструкций». – Москва : Стройиздат. 1984. – 18 с.

3. The optimization of construction of hexactinal cross arm for bearing framework mounting of support reactor carcass. Dudchenko A.N., Tomilin S.A., Pinchuk M.E., Pinchuk E.V. In the World of Scientific Discoveries, Series B. 2014. Т. 2. № 2. P. 23-28.
4. Analysis of safety characteristics and optimization of traverse structural elements for installation of WSG-1000M steam generators support. Tomilin S.A., Pinchuk M.E., Pinchuk E.V., Godunov S.F. In the World of Scientific Discoveries, Series B. 2015. Т. 3. № 2. P. 103-110.
5. Шохрина, Н. В. Основы методики обоснования технических характеристик изделия / Н. В. Шохрина, А. Н. Феофанов, Т. Г. Гришина // Вестник МГТУ Станкин. – 2015. – № 4(35). – С. 113-117.
6. Кашковский, В. В. системный подход к определению состояния технических изделий по характеристикам надёжности / В. В. Кашковский, И. И. Тихий // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016. – № 4(52). – С. 143-150.

Suggestions for Optimizing the Design of a Three-Beam Mounting Traverse

S.A. Tomilin¹, R.V. Pirozhkov², E.A Tsvelik³, E.V Pinchuk⁴

*Volgodonsk engineering and technical Institute-branch Of the national research nuclear University "MEPhI",
Volgodonsk*

¹*e-mail: SATomilin@mephi.ru*

²*e-mail: RVPirozhkov@mephi.ru*

³*e-mail: EATsvelik@mephi.ru*

⁴*e-mail: pinchuk.ed@yandex.ru*

Abstract – Based on the results of a test calculation for strength and stability, recommendations are presented for optimizing the design of a three-beam traverse for mounting the armoblock of a concrete reactor shaft. The recommendations are aimed at reducing metal consumption and reducing costs and time for its production and installation.

Keywords: three-beam cross member; armoblock concrete shaft of the reactor; design optimization; metal; performance.

УДК 621.86.06

ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ СЪЕМНЫХ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ КАНТОВАНИЯ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЭЛЛИпсоИДНЫХ ДНИЩ КОРПУСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

П.Д. Кравченко, Ю.П. Косогова

*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского
ядерного университета МИФИ, Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

В работе рассмотрена возможность использования съемных грузозахватных устройств с геометрическим замыканием для перемещения и кантования эллипсоидных днищ парогенератора ПГВ-1000. Предложенное конструктивное решение позволит повысить безопасность эксплуатации корпусного оборудования АЭС и снизить трудо- и материалоемкость технологической оснастки путем отказа от привариваемых грузозахватных и установочных элементов.

Ключевые слова: съемные грузозахватные устройства, кантование и перемещение.

Технологический процесс перемещения корпусного оборудования АЭС при изготовлении в производственном объединении АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск осуществляется с применением приварных грузозахватных и установочных деталей.

На рисунке 1 представлены положения эллипсоидного днища парогенератора ПГВ 1000 в процессе его кантования и перемещения на заданные технологические позиции.

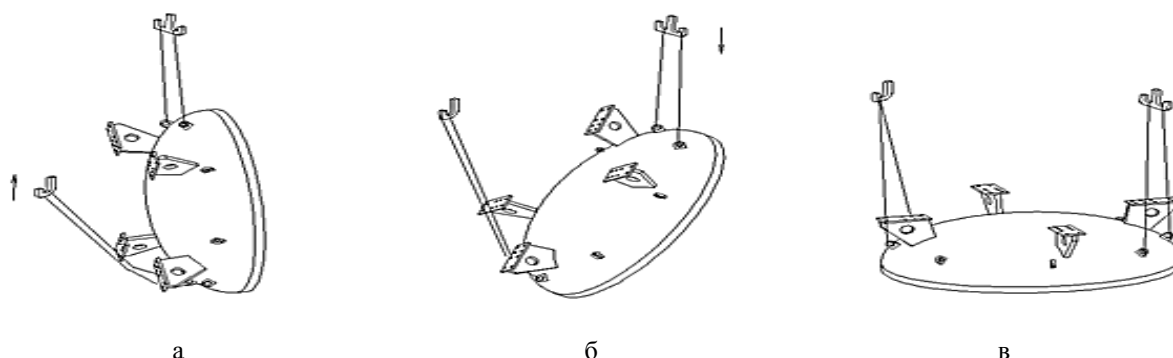


Рисунок 1 – Промежуточные положения днища из позиции «чаша» в позицию «купол»: а – начало кантования; б – кантование (захват за проушины); в – положение днища в процессе перемещения без кантования

Привариваемые элементы после выполнения требуемых технологических операций срезаются. В местах приварки указанных элементов образуется неравновесная структура в сварных швах, где смешиваются металл объекта, металл электрода, флюс [1-4]. Это может привести в дальнейшем при эксплуатации корпусного оборудования к возможности межкристаллитной коррозии или охрупчиванию. Такие состояния при эксплуатации оборудования АЭС не наблюдались, однако возможность их проявления не исключается, особенно в условиях эксплуатации корпусного оборудования первого контура.

На рисунке 2 представлена модель подвешенного кантователя эллипсоидного днища, выполненная в масштабе 1:10. Модель испытана в лабораторных условиях кафедры технологии атомного машиностроения, результаты доказали ее работоспособность.

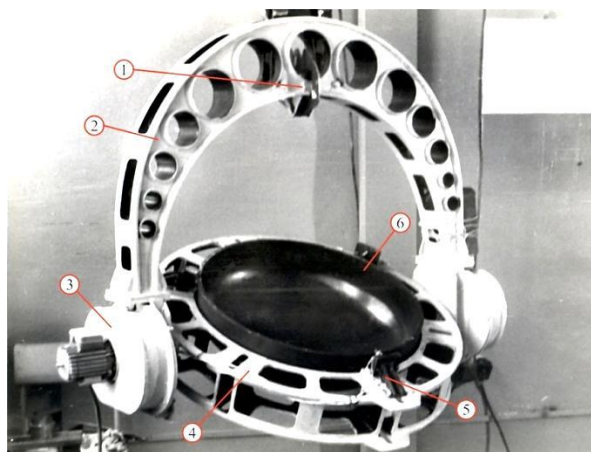


Рисунок 2 – Модель подвешенного кантователя эллипсоидных днищ: 1 – автоматический захват двурогого крюка; 2 – траверса; 3 – блок привода поворота; 4 – несущее кольцо; 5 – блок зажима объекта; 6 – эллипсоидное днище

По чертежам сотрудников кафедры технологии атомного машиностроения Волгодонского филиала Новочеркасского политехнического института в производственном объединении «Атоммаш» были изготовлены все детали и узлы натурного образца подвешенного кантователя эллипсоидных днищ корпусного оборудования реактора типа ВВЭР-1000 [5]. Однако в результате социально-экономического кризиса в РФ в 90-х годах XX столетия этот проект не был завершен.

Сотрудниками кафедры «Машиностроение и прикладная механика» ВИТИ НИЯУ МИФИ было продолжено направление создания съемных грузозахватных устройств для кантования и перемещения эллипсоидных днищ (рис. 3) [6].

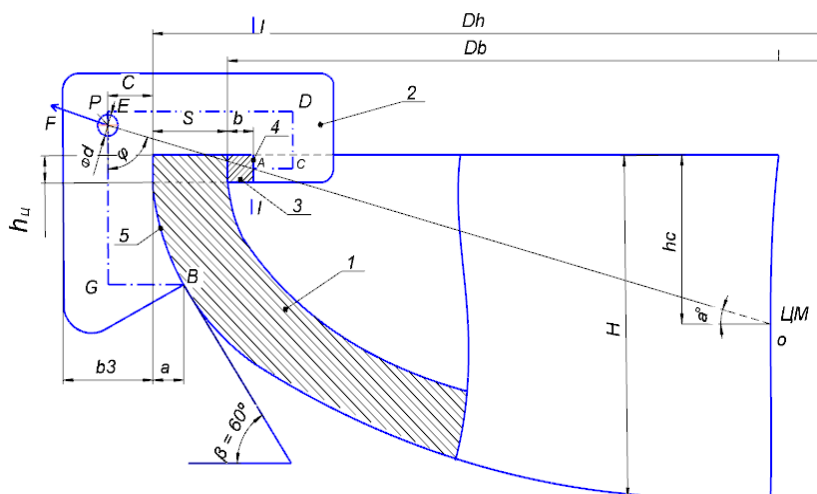


Рисунок 3 – Расчетная модель захвата с геометрическим замыканием (1 – днище; 2 – захват; 3 – вставка; 4, 5 – поверхности контакта; ЦМ – центр масс днища; GE, ED, DC – геометрические оси элементов захвата; AC, BG – привязочные элементы; F – подъемная сила; φ – угол поворота днища в процессе кантования; PAO – расчетная силовая линия)

На рисунке 4 представлен вариант расчетной схемы захватного устройства с рычагом.

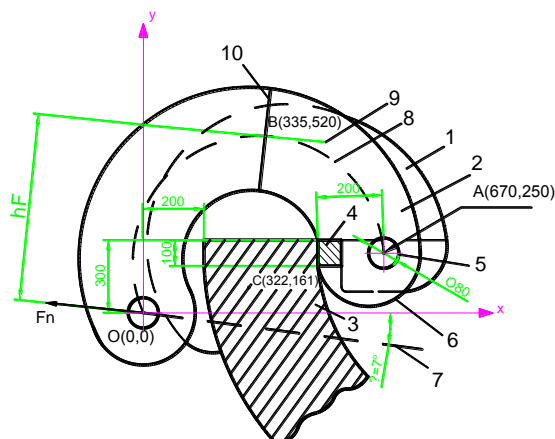


Рисунок 4 – Расчетная модель захватного устройства с рычагом: 1 – захват; 2 – рычаг; 3 – эллиптическое днище; 4 – вставка; 5 – ось вращения; 6 – кулачок (контактная поверхность рычага); 7 – силовая линия; 8 – геометрическая ось рычага; 9 – касательная к геометрической оси; 10 – расчетное поперечное сечение

Вариант обоснован расчетами и функциональная пригодность доказана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Margolin, B.Z. Radiation embrittlement of support structure materials for WWER RPVS / B.Z. Margolin, V. Yurchenko, V.I. Kostylev, A.M. Morozov, A.Y.Varovin, S.V. Rogozkin, A.A. Nikitin // Journal of nuclear materials. Elsevier Science Publishing Company, Inc. – 2018. – Vol. 508. – P. 123-138.
2. Холопов, А. А. и др. Транспортировка и монтаж укрупненных элементов АЭС / А. А. Холопов, К. А. Дудкевич, Б. К. Пергаменщик // Вестник МГСУ. – 2010. – № 4-2. – С. 266-274.
3. Цовьянов, А. А. и др. Особенности термической обработки сварных соединений крупногабаритных агрегатов при монтаже АЭС / А. А. Цовьянов, Ю. Н. Кокорев, Д. В. Ходаков, Д. А. Пралиев // Сварочное производство. – 2014. – № 11. – С. 47-52.

4. Орлов, В. В. и др. Металлургия и машиностроение – традиции и инновации / В. В. Орлов, К. Л. Косырев, В. С. Дуб // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2019. – Т. 75. – № 12. – С. 1321-1331.
5. Kravchenko, P. D. New Engineering Decisions in Nuclear Engineering / P.D. Kravchenko, D.N. Fedorenko // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – VOL. 11. – № 3, February. – P. 1951-1955.
6. Кравченко, П. Д. и др. Расчетное обоснование способа применения съемных грузозахватных устройств при перемещении эллипсоидных днищ корпусного оборудования АЭС [Электронный ресурс] / П. Д. Кравченко, Ю. П. Косонова, С. Ф. Годунов, Т. В. Антонова, В. А. Леонов // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 1. – URL : – <http://www.ivdon.ru/rumagazine/archive/N1y2020/6265>

The Problem of Using Removable Load-Handling Devices for Turning and Moving Ellipsoid Bottoms of Npp Hull Equipment

P. D. Kravchenko¹, Y. P. Kosogova²

*Volgodonsk Engineering Technical Institute, the Branch of the National Research Nuclear University "MEPhI",
Lenin St., 73/94, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
e-mail: krapa21@yandex.ru
e-mail: kosogova-up@yandex.ru*

Abstract – The paper considers the possibility of using removable load-handling devices with a geometric closure for moving and turning ellipsoid bottoms of the PGV-1000 steam generator. The proposed design solution will improve the safety of operation of the nuclear power plant's hull equipment and reduce the labor and material consumption of technological equipment by eliminating the welded load-handling and installation elements.

Keywords: removable lifting devices, turning and moving.

УДК 620.178.746;621.791.011-019

ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРА ВЯЗКО-ХРУПКОГО ПЕРЕХОДА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ МЕТАЛЛА МНОГОПРОХОДНЫХ ШВОВ СТАЛИ 15Х2НМФА ПРИ ПОЯВЛЕНИИ МЕЖДЕНДРИТНОГО И МЕЖЗЕРЕННОГО РАЗРУШЕНИЯ

Е.И. Колоколов^{*}, С.О. Павленко^{}**

^{} Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

*^{**} Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск, Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

В работе рассмотрено влияние технологических параметров многопроходной АСФ на характер изменения температурной зависимости ударной вязкости металла шва при появлении в изломе участков междендритного и межзеренного разрушения.

Ключевые слова: многопроходная АСФ корпусной стали 15Х2НМФА, кат 1, отклонения от требований нормативной документации, различие в макроструктуре, междендритное и межзеренное разрушение металла шва, расширение интервала вязко-хрупкого перехода в сторону более высоких температур.

В последние годы для корпусных материалов атомных реакторов типа ВВЭР для повышения их эксплуатационной надежности применяют стали нового поколения, полученные из чистой первородной шихты с применением технологий внепечной металлургии [1]. Для основного металла наиболее ответственных заготовок корпусов

реакторов применяют сталь 15Х2НМФА, кат. 1. Выполнения сварных соединений осуществляют, в основном, методом многопроходной АСФ, которая должна обеспечивать адекватные основному металлу свойства. Материалы и технологии сварки регламентированы НП-104-2018 [2]. Вместе с тем, до сих пор значения критической температуры хрупкости металла шва существенно выше результатов, соответствующих основному металлу, что снижает показатели надежности. Основная причина снижения связана с меньшей чистотой шва по вредным примесям и его литой структурой. Проведенные исследования показали, что ухудшения свойств связаны с появлением в изломе металла участков хрупкого междендритного и межзеренного разрушения, связанных с наличием скоплений легкоплавких металлических примесей на границах первичных зерен (дендритов) [1].

В данной работе рассмотрено влияние отклонений технологических параметров сварки от требований нормативной документации и технологических инструкций на возможность и характер охрупчивания металла шва. Был проанализирован характер излома образцов контрольных проб, испытанных на ударную вязкость в течение 2018-2019 гг. при аттестации технологий. Установлено, что большая часть испытанных в требуемом температурном интервале образцов разрушается в соответствии с ГОСТ 4543-2016 [3], согласно приложению Г которого хрупкая составляющая располагается в виде трапеции в середине сечения излома образца и характерна для скола по плоскостям спайности (рис. 1 а). Другая часть изломов образцов имеет аномальное строение. В них ярко выражены светлые сглаженные участки дендритного строения, расположенные в изломе произвольным образом в зависимости от ориентации образцов и места расположения надреза (рис. 1 б-г). Симметричность трапеции хрупкого излома не прослеживается, а наличие участков междендритного и межзеренного разрушения характерно для температур выше температуры $T_{ко}$, определенной в соответствии со стандартной методикой. Ниже этой температуры междендритный характер разрушения выражен меньше.

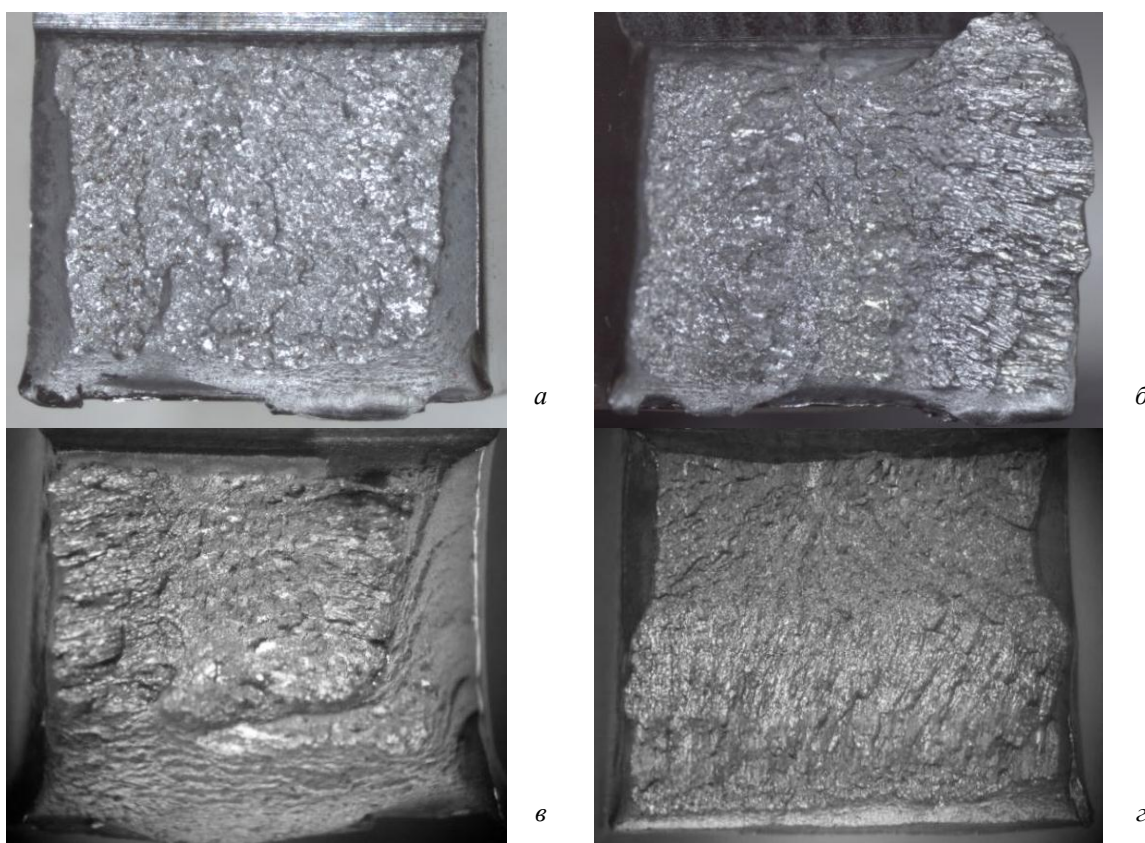


Рисунок 1 – Изломы образцов

Но обобщенной схеме температурной зависимости ударной вязкости и доли вязкой составляющей видно (рис. 2), что междендритное разрушение существенно расширяет интервал вязко-хрупкого перехода в сторону повышения температур (штриховая линия на рисунке) [1], уменьшая наклон кривой вязко-хрупкого перехода.

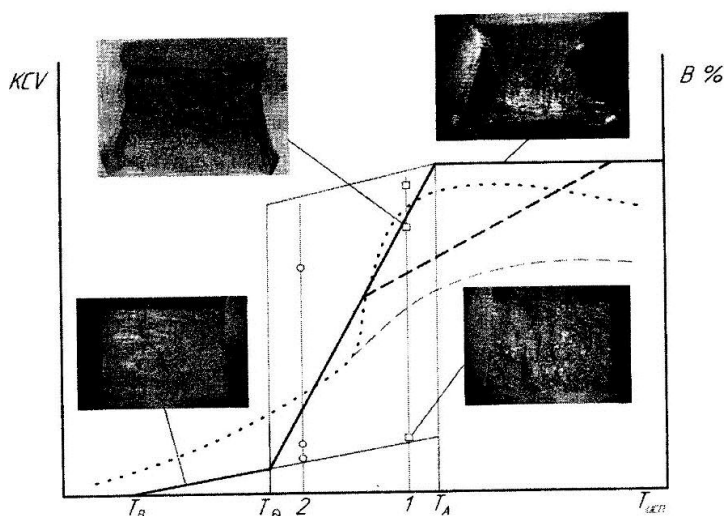


Рисунок 2 – Обобщенная схема температурной зависимости

Анализ макроструктуры сварных соединений показал, что в ряде случаев строение наплавленного металла не соответствует «композиционному» строению многопроходных швов, характерных для оптимальных свойств наплавленного металла. Согласно существующим требованиям последующие валики должны располагаться в средней части над предыдущими. При этом должны быть явно выражены более темные участки зон перекристаллизации между этими валиками. При отклонениях от оптимальной раскладки валиков и теплового режима выполнения шва в макроструктуре может проявляться транскристаллитное строение, плохо прослеживается зона перекристаллизации. Это свидетельствует о неправильной раскладке валиков и отклонениях в температурах или сокращении времени между выполнением валиков. Эти факторы способствуют появлению междендритного и межзеренного разрушения наплавленного металла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колоколов, Е. И. Обеспечение конструктивной прочности сварных соединений реакторных установок посредством применения новых сварочных материалов и технологий. / Е. И. Колоколов., С. А. Томилин., В. В. Шишов // Глобальная ядерная безопасность. – 2017. – № 3 (24). – С. 77-90.
2. НП-104-2018. Сварка и наплавка оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. – 2018. – 260 с.
3. ГОСТ 4543-2016. Металлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – Москва : Стандартинформ. – 2017. – 50с.

Changes on the Nature of the Ductile-Brittle Transition During Impact Toughness Tests of The Metal of Multi-Pass Welds of 15Kh2NMFA Steel with the Appearance of Interdendritic and Intergranular Fracture

E.I. Kolokolov¹, S.O Pavlenko^{}**

^{*}Volgodonsk Engineering and Technical Institute – a branch of the National Research Nuclear University «MEPhI», Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360

^{**}Branch of AEM-Technologies JSC «Atomash» in Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360

¹e-mail: E.I.Kolokolov@yandex.ru

Abstract – The paper considers the influence of the technological parameters of a multipass ADF on the nature of the change in the temperature dependence of the impact toughness of the weld metal when areas of interdendritic and intergranular fracture appear in the fracture.

Keywords: multipass ASF of 15Kh2NMFA body steel, cat 1, deviations from the requirements of regulatory documents, difference in macrostructure, interdendritic and intergranular fracture of the weld metal, expansion of the ductile-brittle transition interval towards higher temperatures.

УДК 621.039.5.01/08

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОРПУСА РЕАКТОРА ВВЭР-ТОИ

М.Г. Утигалиева

Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» Волгодонск, Ростовская область, Россия

В работе продемонстрирован вариант изготовления корпуса реактора с исключением сварного шва №4 путем исполнения фланца реактора цельнокованым с обечайкой зоны патрубков верхней. Произведены моделирование поковки и заготовки изделия, оценка реализации изготовления и изменения суммарной металлоемкости.

Ключевые слова: корпус реактора, фланец, обечайка зоны патрубков, производственное контрольное сварное соединение.

В настоящее время возможности существующего технологического оборудования позволяют увеличивать габариты поковок для изделий ответственного назначения. В частности, в атомном машиностроении – реализован проект ВВЭР-ТОИ в четырехшовном варианте КР (корпус реактора) (рис. 1 а), основным отличием которого является отсутствие сварных швов по высоте активной зоны. Оптимизация конструкции корпуса реактора за счет увеличения габаритов составных изделий – это результат исключения трудоемких сварных соединений, требующих большого количества операций по подготовке и их выполнению, а также затрат времени на термическую обработку и контроль качества, сокращения металлоемкости за счет уменьшения количества колец ПКСС (производственное контрольное сварное соединение) и проб для механических испытаний. Вариант дальнейшей модернизации – КР с цельнокованым исполнением фланца реактора с ОЗП (обечайкой зоны патрубков) верхней (рис. 1 б).

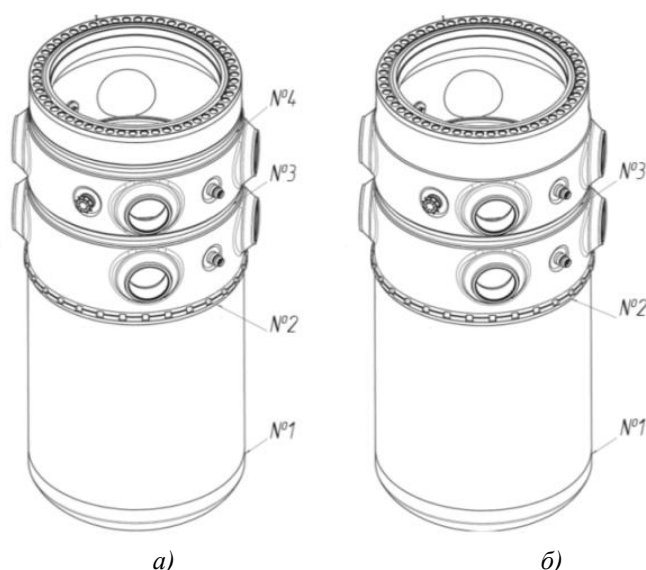


Рисунок 1 – Сравнение проектов КР: а) КР по проекту ВВЭР ТОИ-4, б) КР по проекту ВВЭР-ТОИ-3

Исключение сварного шва №4 позволяет исключить комплект производственных сварных соединений для этого шва, что должно снизить массу металла поковки. Из-за изменения габаритов и массы изделия изменяются требования к отбору проб, распространяющиеся на поковки из стали 15Х2НМФА.

Сравнение количества отбираемых пробных колец и ПКСС, а также их размеры и положение в теле поковки приведены на рисунке 2 а, б.

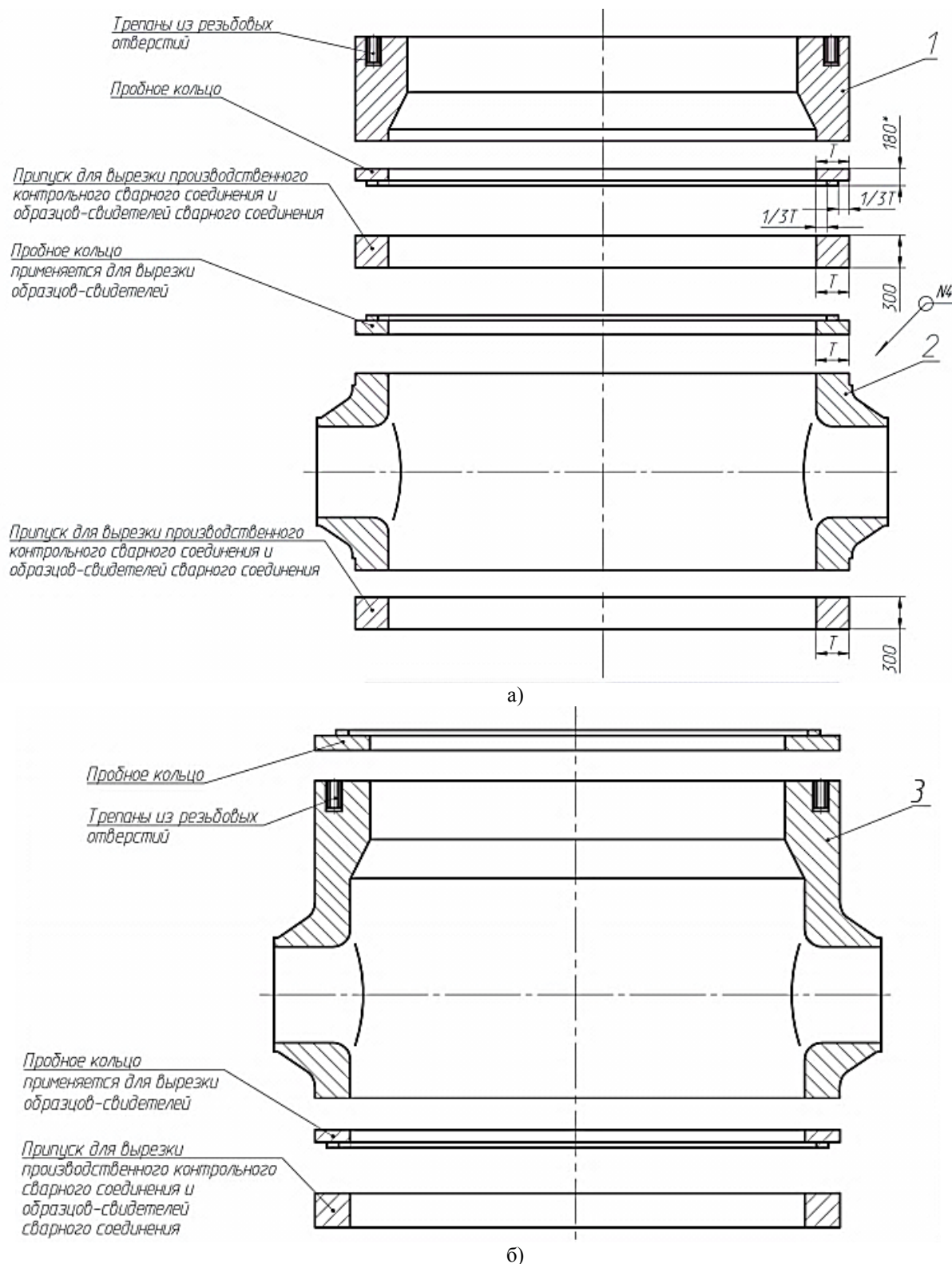


Рисунок 2 – Сравнение отбора проб: а) от фланца и ОЗПВ по проекту ВВЭР ТОИ-4, б) от модернизированного фланца по проекту ВВЭР-ТОИ-3

Ранее схема отбора проб предполагала для шва №4 отбор планок ПКСС только от ОЗП верхней как аналогичной контролируемому производственному соединению по партии (плавке) основного материала и партии (сочетанию партий) сварочных материалов. С введением НП-105-18 это допущение исключено, что предполагает закладывать кольцо ПКСС в поковку фланца (рис. 2 а). С учетом действия актуальных правил предложенный вариант с цельным исполнением фланца с ОЗПВ (рис. 2 б) является целесообразным, так как сокращает металлоемкость более чем на 15 тонн (масса кольца ПКСС).

Для оценки возможности изготовления поковки была рассчитана ее масса с помощью построенной 3D-модели в среде NX Siemens. Учитываются технологические припуски, а также припуски по длине для отбора проб и для изготовления колец ПКСС.

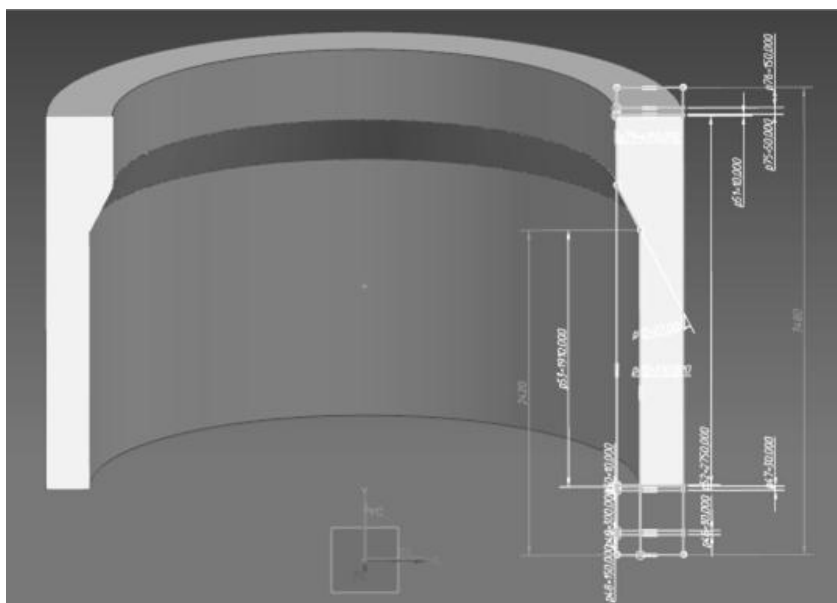


Рисунок 3 – Построение 3D-модели изделия

Результатом проектирования является кольцевая полая поковка массой 169722 кг, с консервативно заложенными допусками на механообработку, припусками для вырезки кольца ПКСС и пробных колец. Масса изделия после механической обработки и отделения пробных колец составляет более 105 тонн (рис. 3).

Расчет массы поковки показал, что для ее исполнения требуется отлить слиток, аналогичный по массе слитку для ОАЗ (для выполнения заготовки ОАЗ массой 169995 кг был отлит самый крупный в реакторостроении слиток весом 420 т). Однако для точной оценки необходим расчет и компьютерное моделирование технологических процессов всего производственного цикла заготовки.

Стоит отметить положительный эффект удлиненной конструкции – при штамповке патрубков DN850 фланцевая часть создаст дополнительную жесткость, что позволит снизить эллипсность заготовки после производства штамповки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. НП-089-15. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. – Москва, 2016.
2. НП-105-18. Правила контроля металла оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок при изготовлении и монтаже.
3. ТУ 0893-013-00212179-2003. Заготовки из стали марок 15X2НМФА, 15X2НМФА-А и 15X2НМФА класс 1 для корпусов, крышек и других узлов реакторных установок. Технические условия.

4. *Мохов, В. А.* Корпус реактора проекта ВВЭР-ТОИ. Конструкция и конструкционные материалы / В. А. Мохов, А. С. Зубченко, И. Ф. Акбашев, В. П. Семишкин // Вопросы атомной науки и техники. – 2014. – № 4. – С. 5-11.

Modernization of the WWER-TOI Reactor Vessel

M.G. Utigalieva

*Branch of JSC «AEM-technology» «Atommash» Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
e-mail: utigalieva_mg@atommash.ru*

Abstract – The paper represents an ability to manufacture a reactor vessel with the elimination of welding joint No. 4 by making the reactor flange solid forged with the upper nozzles shell. The forgings and billets of the product were modelled, the possibility of manufacturing and changes in the total metal consumption were evaluated.

Keywords: reactor vessel, flange, upper shell of the nozzle area.

УДК 620.186.5;621.9.011

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И НАЛИЧИЯ МИКРОДЕФЕКТОВ НА СКЛОННОСТЬ ЗАГОТОВОК ИЗ СТАЛИ 16ГНМА К ОБРАЗОВАНИЮ ХОЛОДНЫХ ТРЕЩИН

Е.И. Колоколов^{*}, С.С. Таранов^{}**

^{}Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

*^{**}ООО «Атомспецсервис», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

В работе рассмотрено влияние термической обработки листовых заготовок для штампованных днищ из стали 16ГНМА на склонность к образованию флокеноидов – микротрещин, развивающихся по механизму псевдоскола, характерного для водородного охрупчивания.

Ключевые слова: термическая обработка, нормализация, высокий отпуск, ликвационная неоднородность, микрофрактографические исследования, объемные микродефекты металлургического происхождения, коллекторы водорода, флокеноиды на микродефектах в участках с бейнитной структурой, псевдоскол.

В течение длительного периода известны случаи катастрофического разрушения барабанов высокого давления ТЭС, изготовленных из стали 16ГНМА. Длинномерные цилиндрические сосуды диаметром до 2000 мм с толщиной стенки до 120 мм хрупко разрушались взрывообразным образом после ремонтной сварки и гидроиспытаний [1]. Разрушения начинались в околошовной зоне (ОШЗ), не содержащей видимых дефектов, но имеющих в ряде случаев повышенную неравновесность ввиду высокой твердости, и распространялись в основном металле. В других случаях происходил рост зерна ОШЗ, в которой наблюдалось наличие микронадрывов. В первом случае проводилась сварка без подогрева, а во втором случае применялись технологии сварки с подогревом. Местная термическая обработка после ремонтной сварки не проводилась. В обоих случаях характерно начало разрушения путем образования холодных трещин. Роль водорода в их образовании в данной статье не рассматривалась.

В настоящем исследовании был проведен анализ влияния термической обработки на структуру и свойства штампованных днищ барабанов из листовой стали 16ГНМА толщиной 115 мм. Проводилось сравнение свойств днищ после нормализации и

нормализации с высоким отпуском (табл. 1). После охлаждения на воздухе предел текучести был выше нормативных значений, а относительное удлинение, ударная вязкость и ударная вязкость после мехстарения – ниже нормативных значений. Это свидетельствует о неравновесности – подкалке заготовок и их охрупчивании. Высокий отпуск возвращает соответствующие результаты к нормативным значениям.

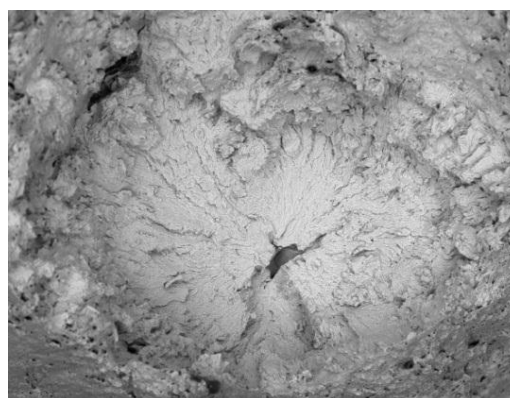
Таблица 1 – Сравнение свойств дниц

	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{0.2}$, МПа	δ , %	Ψ , %	KCU, Дж/см ²	KCU _{MC} Дж/см ²
Нормативные значения по ОСТ108.030.118-78	500	323-510	20	50	78	39
Нормализация	665	524	18.2	53.2	33	22.3
Нормализация, высокий отпуск	615	509	25.4	72.8	199	144

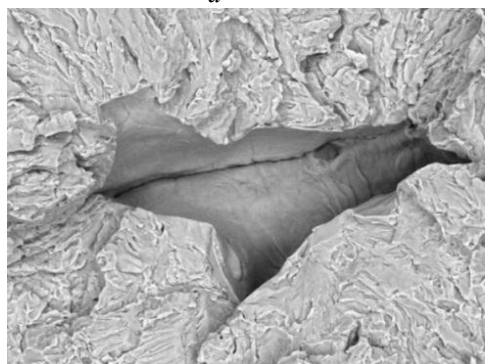
На изломах образцов для растяжения после нормализации, показавших пониженную пластичность, были выявлены многочисленные светлые блестящие пятна (рис. 1 а), которые отсутствуют после испытаний на ударную вязкость. Микрофрактографические исследования показали, что каждое из таких пятен представляет собой флокеноид – плоский дефект водородного происхождения с характерным псевдоручьистым рельефом (рис. 1 б). В литературе такой вид излома часто называют квазисколом, хотя логичнее применять термин – псевдоскол. В работе [2] показано, что к сколу такое разрушение отношения не имеет, так как имеет совершенно иную природу. Коллекторами водорода, от которых распространяется водородные трещины, являются расположенные в их центре объемные микродефекты металлургического происхождения: в основном, незалеченные при прокатном обжати стьки аустенитных зерен со сглаженным рельефом и следами деформации (рис. 1 в), скопления неметаллических включений, горячие микротрещины с расположенными в них шлаковыми включениями (рис. 1 г).



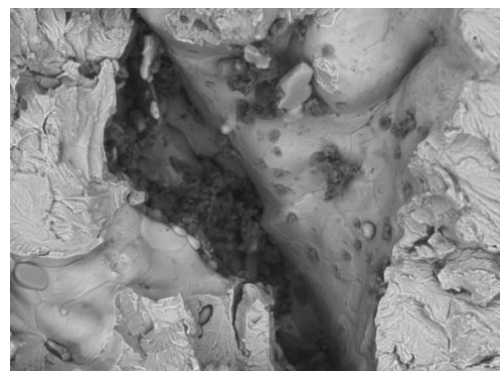
а



б; x200



в; x3000

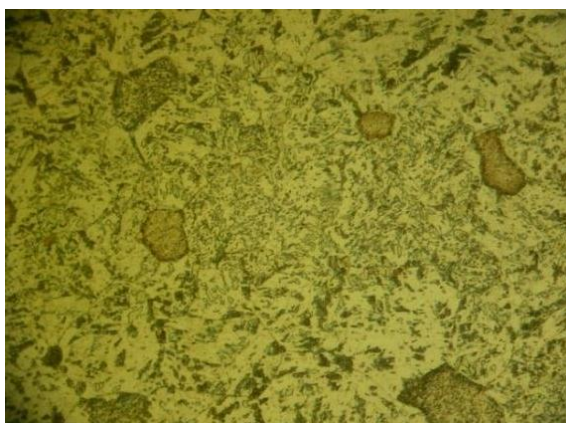


г; x1200

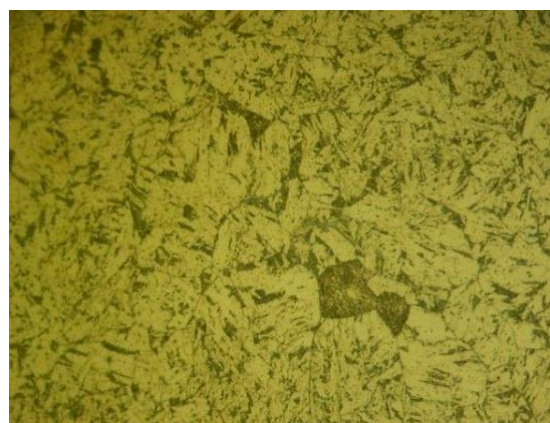
г;

Рисунок 1 – Изломы образцов

Микроструктурный анализ выявил в нормализованном металле ликвационную неоднородность с разной степенью неравновесности, выражающейся в бейнитных участках повышенной твердости, включающих скопления небольших нетравящихся включений мартенситно-аустенитной составляющей различной формы в ферритной матрице – в одних зонах, и ферритно-перлитную структуру – в других (рис. 2). Маркерами дефектов, вызывающих образование флокеноидов, являются округлые участки коричневатого цвета, расположенные в зонах с бейнитным строением (рис. 2 а). После отпуска микроструктура во всех зонах имеет ферритно-перлитное строение (рис. 2 б), а следы водородного охрупчивания отсутствуют. Это свидетельствует об эффективности для удаления водорода высокого отпуска стали 16ГНМА после нормализации.



а; x500



б; x500

Рисунок 2 – Нетравящиеся включения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ланин, А. А. Влияние технологии сварочного ремонта на хрупкую прочность барабанов высокого давления / А. А. Ланин., Ю. Т. Дьяков, В. В. Рева. // Энергетик. – 2018. – № 4. – С. 14-17.
2. Мерсон, Е. Д. О природе квазискола в низкоуглеродистой стали, охрупченной водородом. / Е. Д. Мерсон, В. А. Полуянов, Д. Л. Мерсон, А. Ю. Виноградов // МиТОМ. – 2019. – №3. С. 53-57.

Influence of Heat Treatment and the Presence of Microdefects on The Tendency of Workpieces from Steel 16GNMA to Cold Cracking

E.I. Kolokolov^{*1}, S.S. Taranov^{2}**

**Volgodonsk Engineering and Technical Institute – a branch of the National Research Nuclear University «MEPhI», Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360*

***ООО «Atomspetservice», Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360*

¹e-mail: E.I.Kolokolov@yandex.ru

²e-mail: realren0@mail.ru

Abstract – The paper considers the effect of heat treatment of sheet blanks for stamped heads made of 16GNMA steel on the tendency to form flokenoids – microcracks developing by the mechanism of pseudo-cleavage characteristic of hydrogen embrittlement.

Keywords: heat treatment, normalization, high tempering, liquation inhomogeneity, microfractographic studies, bulk microdefects of metallurgical origin, hydrogen collectors, flokenoids on microdefects in areas with a bainitic structure, pseudo-spall.