

ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЕ СОБРАНИЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
АО «КОНЦЕРН РОСЭНЕРГОАТОМ»
ФИЛИАЛ АО «КОНЦЕРН РОСЭНЕРГОАТОМ» «РОСТОВСКАЯ АТОМНАЯ СТАНЦИЯ»
ФИЛИАЛ АО «АЭМ-ТЕХНОЛОГИИ» «АТОММАШ» В Г.ВОЛГОДОНСК
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»
ВОЛГОДОНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ – филиал НИЯУ МИФИ



XVIII Международная научно-практическая конференция
«Безопасность ядерной энергетики»
Волгодонск, 19 – 20 мая 2022 г.
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Волгодонск 2022

УДК 621.039.58 (063)

Б40

Безопасность ядерной энергетики: тезисы докладов XVIII Международной научно-практической конференции, 19 – 20 мая 2022 г. / НИЯУ МИФИ [и др.]. – Волгодонск : ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2022. – 140 с.

Сборник тезисов конференции составлен по материалам докладов XVIII Международной научно-практической конференции «Безопасность ядерной энергетики». Целью конференции является обмен опытом и обсуждение актуальных научных вопросов, связанных с обеспечением безопасности АЭС на различных этапах жизненного цикла с учетом социокультурных, экономических и информационных аспектов.

ISBN 978-5-7262-2867-9

Издается в авторской редакции

© Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», 2022

Ответственный за выпуск *Н.И. Лобковская*

Подписано в печать 12.05.2022. Формат 60^х84 1/16
Печ. л. 140 Тираж 200 экз.

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

СОДЕРЖАНИЕ

Секция

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭНЕРГООБЛОКОВ АЭС

Абидова Е.А., Воробьев Е.В., Калашников М.В., Прыткова Д.А., Янкович Д.А. Опыт разработки диагностического комплекса для систем управления и защиты реакторной установки ВВЭР-440	5
Алвахеба А.И., Бекетов В.Г., Дембицкий А.Е., Иваний М.Б., Сурин В.И. Исследование остаточных напряжений в сварных соединениях электрическим методом	7
Белявский С.В. Моделирование влияния внешнего диаметра тепловыделяющего элемента на кампанию реактора КЛТ-40С с помощью MCU-PTR	10
Жуков В.В., Шумилов А.В. Разработка проектов энергокомплексов с АЭС на базе ядерных реакторов малой мощности и парогазовых технологий	12
Кобзев М.В., Смолин А.Ю. Модернизация устройства локализации расплава для реакторной установки ВВЭР-1200	14
Менюк Д.С. Режимы расхолаживания РУ ВВЭР-1000 через второй контур при естественной циркуляции теплоносителя первого контура с обратным током теплоносителя в теплоотводящих петлях	17
Музафаров А.Р., Савандер В.И. Сопоставительный анализ выгорающих поглотителей нейтронов на основе эрбия и гадолиния в реакторах типа ВВЭР с удлинненными кампаниями	19
Сурин В.И., Щербань А.С., Щербаков А.А., Кравченко Н.И., Бреславец Е.В., Павличенко А.В. Контроль сварных швов и резьбовых отверстий электрическим методом	21

Секция

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС

Акобян М.Т., Ксенофонов А.И. Особенности изоляции хранения отработавшего ядерного топлива	24
Горбачев А.В., Кудымов В.А., Бубликова И.А. Оценка воздействия эксплуатации АЭС на содержание радионуклидов в донных отложениях водоемов	25
Константинов Д.С., Булгучев И.М., Ноженко Э.С., Бубликова И.А. Оценка влияния проведения ППР на РоАЭС на суммарную β -активность атмосферных выпадений региона размещения	28
Маджидов А.И., Дмитренко В.В., Улин С.Е., Власик К.Ф., Грачев В.М., Егоров Р.Р., Кривова К.В., Утешев З.М., Чернышева И.В., Шустов А.Е. Автоматизированный и роботизированный гамма-спектрометрический комплекс для использования экологической и радиационной безопасности при эксплуатации АЭС	30
Родионов И.А., Елохин А.П., Рахматуллин А.Б. Особенности передачи результатов измерений с беспилотного дозиметрического комплекса	33
Фетисова Ю.А., Горская О.И. Строительство пункта захоронения очень низкоактивных отходов (ОНАО) на Ростовской АЭС объемом 11 000 м ³	35
Черкасова Е.Е., Лаврентьева Г.В., Сызыныс Б.И. Динамика смертности наземного моллюска FRUTICICOLA FRUTICUM после гамма-облучения в течение 210 суток	39

Секция

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ АЭС

Бурдаков С.М., Цуверкалова О.Ф., Постой Л.В. Исследование устойчивости дугового разряда при максимальных режимах сварки элементов балочных клеток	43
Губеладзе О.А., Губеладзе А.Р. Проблемы монтажа крана кругового действия в реакторном отделении защитной гермооболочки	45
Давтян А.Р., Нахабов А.В. Исследование возможности применения аддитивных технологий для строительства объектов использования атомной энергии	47
Киселев А.С., Киселев А.С., Медведев В.Н., Ульянов А.Н., Стрижов В.Ф., Скорикова М.И. Моделирование динамического воздействия на защитную оболочку АЭС обрыва напряженного арматурного каната	49
Лебедев В.Н., Игнатенко П.Н., Пимшин Ю.И., Постой Л.В. Геометрические деформации градирни, вызванные инсоляцией, свойственной региону размещения сооружения	52
Медведев В.Н., Пимшина Т.М., Пимшин И.Ю. Определение геометрических параметров купольной части защитной оболочки энергоблока №1 Ростовской АЭС	54
Пимшин Ю.И., Постой Л.В., Тетерина А.А., Гулякина В.В. Разработка методики инъецирования метанопоглощающих бактерий в многолетнемерзлые грунты совместно с усилением фундаментных конструкций	57
Пономарев К.В., Постой Л.В. Замена армоканатов СПН-1000 на арматурные пучки СПЗО-М на энергоблоках № 1 и № 2 Ростовской АЭС	60

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

Руденко В.А., Евдошкина Ю.А. Безопасная эксплуатация АЭС в условиях специальной военной операции на Украине	63
Абросимова Н.В., Попова Т.С. Особенности правового регулирования торговых отношений в сфере топливной промышленности	65
Головко М.В., Плотников В.А., Анцибор А.В., Рогачева Ж.С. Проблемы и перспективы цифровой трансформации человеческого потенциала атомной отрасли	69
Лыскова И.Е. Признаки ослабления культуры производственной безопасности промышленных предприятий	73
Головко М.В., Сетраков А.Н., Томилин С.А., Ольховская Р.А. Анализ функционирования ветроэнергетического производства на территории г. Волгодонска с позиции целей устойчивого развития	76
Петрулевич И.А. Безопасность как ценность современной городской культуры	80
Руденко В.А., Томилин С.А., Железнякова А.В., Лобковская Н.И. Профориентационная кооперация стейкхолдеров атомной отрасли	82
Лыскова И.Е. Принципы формирования и развития культуры производственной безопасности промышленных предприятий	84
Привалова Н.Ф., Руденко В.А. Независимая оценка квалификаций в структуре внешней экспертизы качества подготовки специалиста	87
Хухлаев Д.Г., Довбыш В.Е. Актуальные вопросы управления рисками атомной отрасли в современных условиях	91
Агапова С.П., Лобковская Н.И. К вопросу снижения научно-исследовательской мотивации студентов высшей школы в постпандемийный период	93

Секция
ИЗГОТОВЛЕНИЕ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

Абидова Е.А., Воробьев Е.В., Пугачёва О.Ю., Прыткова Д.А., Чернов А.В. Разработка методического и программного обеспечения системы тепловизионного контроля оборудования АЭС	97
Агалаков Н.В., Федотов А.Г. Технология механической обработки трубы сб и деталей, входящих в сборку, в условиях филиала АО «АЭМ-Технологии» «Атоммаш»	99
Горин А.С., Абидова Е.А. Методика ультрафиолетового контроля оборудования АЭС	102
Косогова Ю.П., Мамонтова Е.Р., Томилин С.А., Погорелов М.В., Ольховская Р.А., Арсентьева Е.С. Повышение эксплуатационной надежности механизма нефтегазовой арматуры посредством применения молибденового покрытия	105
Подрезов Н.Н., Попов Е.Ю., Доронин Ю.В., Гужавин А.А. Влияние режимов ММА пульсирующей дугой на устойчивость процесса сварки	107
Синельщиков В.В., Томилин С.А. Оценка пластических свойств нагретых пористых порошковых материалов при испытании образцов на осадку, изгиб и растяжение	109
Сенченко А.С., Гоок А.Э., Гоок С.Э. Оптимизация технологии сварки корпусных деталей оборудования АЭС	114
Уманцева В.А., Галушкин А.В., Кузин С.А. Прогнозирование показателей надежности пластинчатых теплообменников для энергоблока с ВВЭР-ТОИ	116
Усманов М.З. Математическая обработка экспериментальных данных процесса глубокого сверления отверстий в корпусном оборудовании ответственного назначения	119
Шубин О.В., Попова А.В., Подрезов Н.Н. Исследование металла швов из стали 15Х2НМФА, выполненных с применением агломерированного флюса, в целях повышения эксплуатационных характеристик кольцевых швов корпусов реакторов типа ВВЭР	122

Секция
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Абидова Е.А., Воробьев Е.В., Бондарев В.С., Корниенко Б.Ю., Кривин В.В. Аппаратно-программный комплекс настройки ограничителей крутящего момента электроприводной арматуры	126
Ермилов И.В., Крапивко Е.Н., Абидова Е.А. Хранение и обработка инфракрасных изображений в комплексной автоматизированной системе тепловизионного контроля	128
Лапкин А.А., Никифоров В.Н., Елизарова Е.Ю. Опыт и перспективы виброакустического комплексного диагностического сопровождения эксплуатации МП и контроля безопасности пошагового выполнения технологических операций перегрузки топлива в условиях АЭС с реакторами ВВЭР	131
Муженко А.С., Плотников Д.А., Савельев Д.А. Обзор и анализ способов диагностики пьезоакселерометров	133
Прыткова Д.А., Воробьев Е.В., Абидова Е.А., Толстов В.А. Система определения протечек электроприводной арматуры на основе LSTM нейронной сети	136
Снежко Г.Е. Время как фактор информационной безопасности	138

СЕКЦИЯ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭНЕРГООБЛОКОВ АЭС

УДК: 621.646

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ ВВЭР-440

Абидова Е.А., Воробьёв Е.В., Калашников М.В., Прыткова Д.А., Янкович Д.А.

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

Работа посвящена промежуточным результатам создания комплексной информационной системы контроля технического состояния и ресурсных характеристик приводов систем управления и защиты энергоблоков реакторной установки ВВЭР-440. Описывается аппаратный состав разрабатываемой системы. Демонстрируются результаты использования системы в рамках стендовых испытаний объекта. Приводится перечень выявляемых дефектов и пример определения состояния привода системы управления и защиты типа АРК.

Ключевые слова: диагностика оборудования АЭС, дефект синхронного двигателя, датчик положения, регистрация диагностических сигналов, стендовые испытания.

В качестве систем управления и защиты (СУЗ) энергоблоков реакторной установки ВВЭР-440 используется привод типа АРК, который является частью исполнительного механизма системы управления и защиты СУЗ водо-водяного реактора под давлением типа ВВЭР-440 и предназначен для пуска, регулирования мощности, компенсации избыточной реактивности и остановки реактора путем введения в активную зону или выведения из неё кассет АРК.

Электромеханический привод АРК реечного типа рассчитан на срабатывание привода в режиме аварийной защиты путем обесточивания электродвигателя и электромагнита, который отключает кинематику привода от подвижных частей, после чего кассета АРК и подвижные части привода падают вниз под действием силы тяжести. Подъем кассет АРК из активной зоны возможен только при подаче электропитания на электромагнит и электродвигатель.

Привод АРК имеет индуктивный датчик положения, дающий сигналы для индикации положения кассеты в пределах рабочего хода и в крайних положениях [1].

Так, для АРК на штатном стапеле контролируются следующие параметры:

- сопротивление изоляции электромеханических узлов привода;
- запас хода от нижнего конечного выключателя (НКВ) до нижнего упора;
- усилие перемещения подвижных частей привода, сцепленного с АРК;
- срабатывание нижнего и верхнего конечного выключателя (ВКВ);
- ток электродвигателя при перемещении привода;
- ток электродвигателя в тормозном режиме;
- индикация всех зон дискретного отсчета на индикаторе пульта стапеля при движении привода;
- время перемещения в режиме АР от НКВ до ВКВ и обратно.

Подобная технология проведения процедуры контроля в настоящий момент является устаревшей из-за большой доли ручных операций при проведении измерений и фиксации их результатов, а также затруднения в хранении, поиске и анализе данных.

Комплексная измерительная система СУЗ (КИС СУЗ) предназначена для решения в автоматизированном режиме следующих задач:

- определение технического состояния приводов СУЗ в условиях испытательного стенда;

- определение остаточных ресурсных характеристик приводов СУЗ;
- автоматизация функций сбора, хранения, обработки, анализа и представления комплексной информации о техническом состоянии и ресурсных характеристиках приводов СУЗ.

В состав системы КИС СУЗ входит следующее оборудование:

- а) базовый модуль в виде персонального компьютера;
 - б) мобильный модуль в составе:
 - базовый блок;
 - датчик вибрации с соединительным кабелем;
 - токовые клещи с соединительным кабелем (4 шт.);
 - зажимы измерительные для измерения напряжения (6 шт.);
 - блок регистрации сигналов датчиков положения с зажимами измерительными (13 шт.);
- Токовые клещи должны устанавливаться на токоведущие жилы в соответствии с маркировкой:

- «IF1», «IF2», «IF3» – токоведущие жилы фаз 1-3 электродвигателя;
- «IEM» – токоведущая жила катушки электромагнита.

Контактные зажимы для измерения напряжения должны устанавливаться в соответствии с маркировкой:

- «UF1», «UF2 или UF3» – межфазное напряжение электродвигателя;
- «UEM+», «UEM-» – напряжение катушки электромагнита.

Контактные зажимы для измерения напряжения датчиков положения должны устанавливаться в соответствии с маркировкой:

- «УНКВ» – напряжение катушки датчика положения в зоне «НКВ»;
- «U0», «U1», «U2», «U3», «U4», «U5», «U6», «U7», «U8», «U9», – напряжение катушек датчиков положения в зонах 0-9;
- «УВКВ» – напряжение катушки датчика положения в зоне «ВКВ»;
- «UCOM» – общее напряжение катушек датчиков положения.

При стендовых испытаниях привода АРК четвертого блока НВАЭС 29.09.2021 г. [3] была произведена апробация измерительных каналов КИС СУЗ. Были зарегистрированы диагностические сигналы. Сигналы тока двигателя привода АРК в трех фазах были зарегистрированы при движении вверх и вниз. Результаты представлены на рисунке 1.

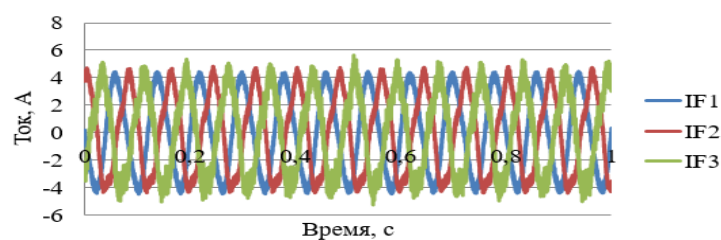


Рисунок 1 – Результаты обработки сигналов тока привода АРК при движении вверх

Разработан проект методики, которая позволяет достоверно выявить следующие три класса состояния привода АРК [2]: повышенное трение; увеличенный боковой зазор в передачах редуктора, дефект двигателя. В соответствии с методикой были получены огибающие и спектры в каждой фазе, вычислены средние значения и размах в трех фазах. В данном случае наблюдается отклонение в сигнале первой фазы (IF1), возможен дефект двигателя.

Таким образом, на настоящем этапе разработки КИС СУЗ создан комплекс технических средств, обеспечивающих регистрацию и хранение диагностической информации. Предложен проект методики, обеспечивающей выявление наиболее значимых дефектов приводов СУЗ, комплекс технических средств был опробован при стендовых испытаниях привода АРК четвертого блока НВАЭС. Сигналы, зарегистрированы и их параметры будут использованы при последующем диагностировании данного привода для отслеживания тенденции состояния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200136419>.
2. Абидова Е.А. Методика диагностирования состояния электромеханических приводов систем управления и защиты реакторной установки / Е.А. Абидова, М.А. Белоус, Л.С. Хегай, А.В. Чернов // Инженерный вестник Дона : электрон. науч. журн, 2017. – № 4. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/r/magazine/archive/n4y2017/4493>.
3. ГОСТ 10169-77 Машины электрические трехфазные синхронные. Методы испытаний. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200012458>.

Experience in Developing a Diagnostic Complex for the Control and Protection Systems of the VVER-440 Reactor Facility

Abidova E.A., Vorobyov E.V., Kalashnikov M.V., Prytkova D.A., Yankovich D.A.

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

Abstract – The work is devoted to the intermediate results of creating an integrated information system for monitoring the technical condition and resource characteristics of drives of control and protection systems for power units of the VVER-440 reactor plant. The hardware composition of the developed system is described. The results of using the system in the framework of bench tests of the object are demonstrated. A list of detected defects and an example of determining the state of the drive of the control and protection system of the ARK type are given.

Key words: NPP equipment diagnostics, synchronous motor defect, position sensor, registration of diagnostic signals, bench tests.

УДК 621.039.53:620.179.118.7(075)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Алвахеба А.И.* , Бекетов В.Г. , Дембицкий А.Е.** , Иваний М.Б.* , Сурин В.И.***

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

***Волгодонский инженерно-технический институт НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

Проведены исследования остаточных механических напряжений в сварных соединениях образцов из стали 12Х18Н10Т методом сканирующей контактной потенциометрии (СКП). Образцы для испытаний были сварены в Лазерном центре НИЯУ МИФИ и состояли из двух половин пластин размерами 100×100×6 мм. Поточечное ручное сканирование поверхности сварного соединения выполнено по восьми параллельным измерительным дорожкам с помощью преобразователя из стали Ст3 и автоматизированным прибором Spectroelph FFR. Ширина поверхности сканирования сварного соединения составляла 20 мм. Искусственный непровар корня был получен в сварном соединении, путем нарушения технологии сварки. На поверхностных потенциограммах в области непровара на уровне фиксации SLS=4 наблюдали последовательный ряд рефлексов, соответствующих высоким значениям остаточных напряжений. Для устранения побочных рефлексов, образующихся от других частей сварного шва, дополнительно применяли графический метод обработки результатов. Удаление шумовых компонент сигнала достигалось также методами спектрального анализа. Характер остаточных напряжений в сварном шве исследовали по форме и протяженности областей Сен Венана.

Ключевые слова: электрический неразрушающий контроль, сканирующая контактная потенциометрия, контроль сварных швов, поверхностная потенциограмма, ручное поточечное сканирование, внутренние напряжения, лазерная сварка, контроль технологического оборудования, непровар корня, нержавеющая сталь.

Опыт проведения исследований сварных соединений методом СКП [1,2] показывает, что в области сварного соединения на потенциограммах выявляется большое количество структурных неоднородностей, которые при эксплуатации потенциально могут стать активными концентраторами напряжений. Нами установлено, что по мощности излучения волн механических напряжений такие концентраторы наиболее опасны, если они связаны с непроваром корня сварного соединения (СС).

В этой связи, проведены исследования СС образцов из стали 12Х18Н10Т. Образцы для испытаний были сварены в Лазерном центре НИЯУ МИФИ и состояли из двух половин пластин размерами 100×100×6 мм. Непровар корня был искусственно получен в сварном соединении, путем нарушения технологии сварки. На рисунке 2 показан внешний вид такого образца. На тыльной стороне (справа) в центре образца виден непровар корня.

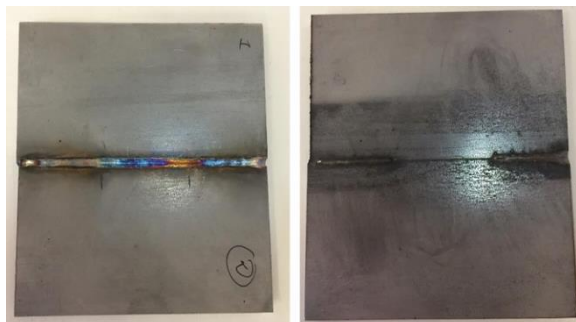


Рисунок 1 – Лицевая (слева) и тыльная (справа) стороны образца из стали 12Х18Н10Т с прерывистым непроваром корня

Сканирование поверхности сварного соединения выполнено с помощью преобразователя из стали Ст3 и автоматизированным прибором *Spectroelph FFR* по восьми параллельным измерительным дорожкам. Ширина области сканирования сварного соединения составляла 20 мм. Измерительная дорожка №4 геометрически расположена непосредственно по оси сварного соединения. Относительно высокий уровень фиксации непровара (SLS=4) свидетельствует о высоком значении остаточных напряжений. На всех представленных потенциограммах (рис. 2), по оси сварного соединения (дорожка №4) видны рефлекссы не только в области непосредственного непровара, но также и от других присутствующих в сварном соединении неоднородностей. Это усложняет задачу идентификации структурных неоднородностей. Поэтому дополнительно применялся графический метод определения координат дефектов по наблюдаемым цветовым рефлексам на потенциограммах.

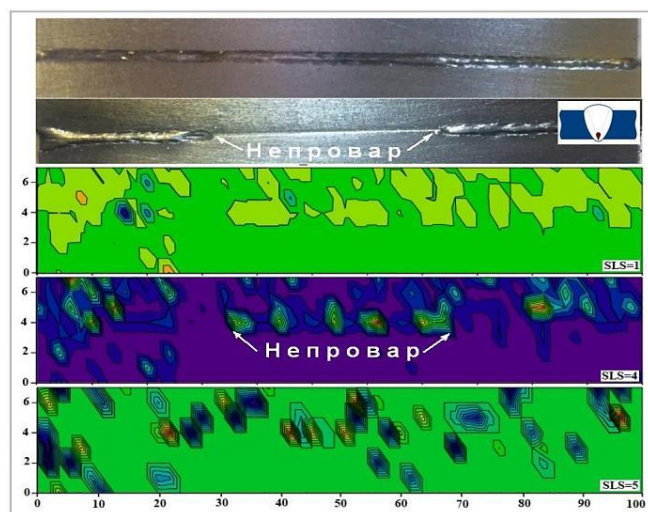


Рисунок 2 – Фото образца с непроваром корня (верхняя часть рисунка) и потенциограммы, построенные для уровня фиксации SLS=1; 4 и 5

Применение дополнительного метода обработки результатов позволило детально исследовать прерывистый непровар корня, состоящий из нескольких отдельных участков (рисунок 2). Удаление компоненты сигнала от побочных структурных неоднородностей достигается также методами спектрального анализа [3,4]. Характер действия остаточных напряжений в СС исследовали по форме и протяженности областей Сен Венана.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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 // Безопасность ядерной энергетики – Тезисы докладов XVI Международной научно-практической конференции, Волгоград, 2020 – С.16-17.
2. Alwaheba A.I., Beketov V.G., Abu Gazal A.A., Surin V.I. Results of the application of the contact potential difference method to monitor NPP process equipment // Journal of Physics: Conference Series. – 2020, P. 1636 (2020) 012017.
3. Алвахеба А.И., Бекетов В.Г., Гальчин А.В., Иванова Т.Е., Иванов О.В., Сурин В.И. Исследование сварных соединений образцов из сталей методами радиографического и электрофизического неразрушающего контроля// XXVI Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов-2019». Сборник тезисов докладов – М. Физический факультет МГУ, 2019. – С.838.
4. Алвахеба А.И., Бекетов В.Г., Иванова Т.Е., Иванов О.В., Сурин В.И. Результаты электрофизического неразрушающего контроля сварных соединений в образцах из сталей//Программа 61-й Всероссийской научной конференции МФТИ, 2018. – С.105.

The Investigation of Residual Stresses in Welded Joints by the Electrical Method

Alwaheba A.I.^{*,1}, Beketov V.G.^{**,2}, Dembitsky A.E.^{**,2}, Ivaniy M.B.^{*,1}, Surin V.I.^{*,1}

^{*}National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia

^{**}Volgodonsk Engineering and Technology Institute, National Research Nuclear University MEPhI, Volgodonsk, Russia

¹e-mail: elphyslab@yandex.ru

²e-mail: VGBeketov@mephi.ru

Abstract – The investigations of residual mechanical stresses in welded joints of specimens made of steel 12Kh18N10T were carried out by the method of scanning contact potentiometry (SCP). The test specimens were welded at the NRNU MEPhI Laser Center and consisted of two halves of plates 100 × 100 × 6 mm in size. Point-by-point manual scanning of the surface of the welded joint was performed along eight parallel measuring tracks using a St 3 steel transducer and an automated Spectroelph FFR instrument. The width of the scanning surface of the welded joint was 20 mm. Artificial lack of root penetration was obtained in a welded joint by violating the welding technology. On the surface potentiograms in the area of lack of penetration at the fixation level SLS=4, a successive series of reflections was observed corresponding to high values of residual stresses. To eliminate side reflections formed from other parts of the weld, a graphical method for processing the results was additionally used. The removal of noise signal components was also achieved by spectral analysis methods. The nature of residual stresses in the weld was investigated in terms of the shape and extent of the Saint Venant regions.

Key words: electrical non-destructive testing, scanning contact potentiometry, weld seam testing, surface potentiogram, manual point-by-point scanning, internal stresses, laser welding, process equipment testing, root failure, stainless steel.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕГО ДИАМЕТРА ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА НА КАМПАНИЮ РЕАКТОРА КЛТ-40С С ПОМОЩЬЮ MCU-PTR

Белявский С.В.

Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет, г. Томск, Россия

В этой работе приводятся результаты расчёта кампании малого модульного реактора КЛТ-40С многогрупповым методом, а также при помощи MCU-PTR. Показано, что результаты, полученные при помощи многогруппового расчёта дают результаты, которые можно использовать как первичную оценку до применения методов Монте-Карло.

Ключевые слова: малый модульный реактор, водо-водяной реактор под давлением, кампания, ядерное топливо, Монте-Карло, выгорание, уран, торий.

Малые модульные реакторы являются одними из передовых нововведений ядерной энергетики. Небольшие габариты, малая мощность и транспортабельность – это ключевые преимущества реакторов, позволяющие их транспортировку в отдаленные регионы с децентрализованным энергообеспечением. Например, в городе Певек сейчас работает единственный в мире плавучий энергоблок с двумя реакторами КЛТ-40С [1]. КЛТ-40С – это развитие технологий КЛТ-40 и КЛТ-40М, примененных на ядерных ледоколах Таймыр и Севморпуть.

Кампания ядерного топлива в случае малых модульных реакторов – один из ключевых экономических параметров. Обеспечивая большую кампанию топлива, можно снизить частоту перегрузки свежего топлива.

Современные активные зоны малых модульных реакторов – очень сложные гетерогенные структуры, требующие прецизионных методов решения задач переноса излучения. Однако в первичную оценку можно проводить и при помощи многогруппового расчёта.

Цель данной работы – смоделировать тепловыделяющую сборку реактора КЛТ-40С при помощи программы MCU-PTR [2] и, проварьировав диаметры твэл для различных топливных композиций, сравнить с результатами многогруппового расчёта.

Модель тепловыделяющей сборки КЛТ-40С представлена на рисунке 1.

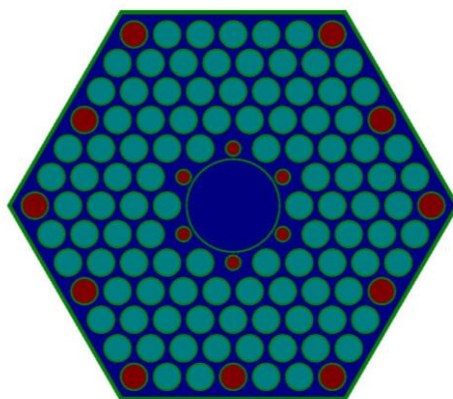


Рисунок 1 – Модель ТВС КЛТ-40С в MCU Office

ТВС представляется как комбинация из простых геометрических тел (цилиндры для топливных сердечников и оболочек, а также правильные шестиугольники для чехла и замедлителя, окружающего тепловыделяющие элементы). В гетерогенном расчёте MCU-PTR вместо полной активной зоны моделируется бесконечная решетка ТВС с утечкой,

определяемой заданным геометрическим баклингом. Изменение нуклидного состава рассчитывается подпрограммой BURNUP в составе MCU-PTR.

В многогрупповом расчёте шестигранная ТВС заменяется цилиндрической, а концентрации элементов подвергаются процедуре гомогенизации для снижения эффектов гетерогенности. Гомогенная активная зона рассчитывается и многогрупповым методом, и с помощью MCU-PTR.

Концом кампании топлива считается момент времени, когда k_{inf} становится равным единице. На рисунке 2 изображены рассчитанные двумя методами зависимости кампании топлива от внешнего диаметра ТВЭЛ для стандартной композиции.

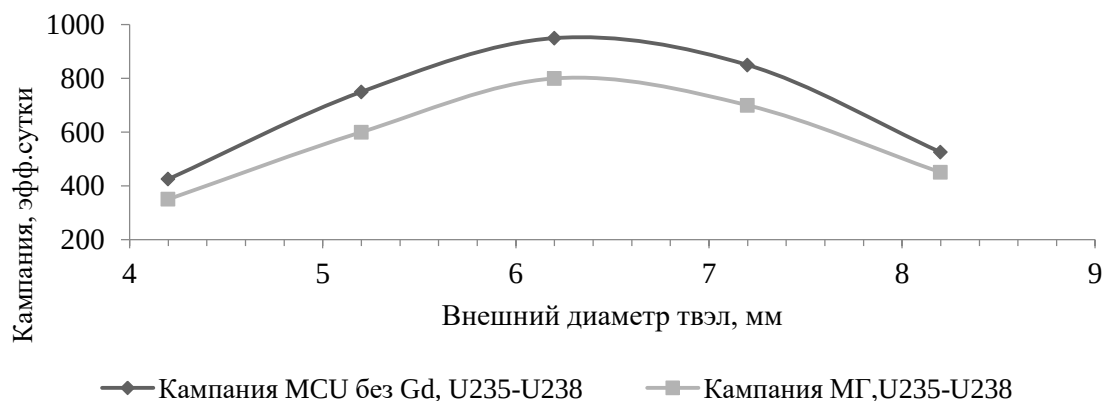


Рисунок 2 – Зависимость кампании топлива от внешнего диаметра ТВЭЛ для стандартной композиции

Как можно видеть, оба метода дают схожий характер кривых, что даёт утверждать о применимости многогруппового расчёта для первичной оценки длительности кампании.

*Исследование выполнено в рамках проекта РНФ №22-39-00385 (<https://rscf.ru/project/22-29-00385/>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Beliauskii S. V. et al. Effect of fuel nuclide composition on the fuel lifetime of reactor KLT-40S //Nuclear Engineering and Design. – 2020. – Т. 360. – С. 110524.
2. Алексеев Н. И. и др. Программа MCU-PTR для прецизионных расчетов исследовательских реакторов бассейнового и бакового типов //Атомная энергия. – 2010. – Т. 109. – №. 3. – С. 123-129.

Simulation of the outer diameter effect on the fuel lifetime of KLT-40S reactor by means of MCU-PTR

Beliauskii S.V.

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia
e-mail: Sv28@tpu.ru*

Abstract – The results of the lifetime calculations for KLT-40S by means of multigroup and Monte-Carlo methods are described in the paper. It is shown that the results gained by means of the multigroup method can be used as the first approximation before applying Monte-Carlo-based software.

Key words: small modular reactors, pressurized water reactor, Monte-Carlo simulation, fuel lifetime, nuclear fuel, fuel burnup, uranium, thorium, KLT-40S.

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТОВ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ С АЭС НА БАЗЕ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ И ПАРОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Жуков В.В., Шумилов А.В.

Национальный исследовательский университет “МЭИ”, г. Москва, Россия

Разработан алгоритм создания проектов электрической части энергокомплексов. Приведен вариант формирования энергокомплекса с парогазовой технологией в энергоблоке атомной станции малой мощности (АСММ). Энергокомплекс включает модульный реактор СВБР-100 с жидкометаллическим теплоносителем – сплавом свинец-висмут мощностью 100 МВт, энергоблоки с газотурбинными установками мощностью 70 МВт каждая и парогазовой установкой в 200 МВт. В результате реализации проекта определены параметры и типы основного и коммутационного электротехнического оборудования энергокомплекса, предложены варианты схем выдачи мощности и схемы собственных нужд энергоблоков. Обоснована возможность создания перспективных энергокомплексов с парогазовыми технологиями и атомными электростанциями с ядерными реакторами малой мощности.

Ключевые слова: энергокомплексы, ядерные реакторы, газотурбинные установки, парогазовые установки, короткое замыкание, электрооборудование, электрические схемы, собственные нужды.

В последние десятилетия для повышения надёжности энергоснабжения, снижения потерь электроэнергии в линиях электропередачи прослеживается стремление к близкому размещению, а в некоторых случаях к технологическому объединению базисных электростанций (ТЭС и АЭС) и высокоманёвренных электростанций (ГЭС и ГАЭС, ГТУ и ПГУ) в энергокомплексы [2, 4], которые являются территориально-техническим объединением электростанций разного типа.

Для решения проблем манёвренности, покрытия пиковых нагрузок потребителей электрической энергии, а также обеспечения их тепловой энергией наиболее перспективным является использование в энергокомплексе совместно с АСММ [1] газотурбинных и парогазовых технологий. Поскольку эти электростанции обладают высокой манёвренностью, то они могут служить источниками надёжного аварийного и резервного снабжения собственных нужд (с.н.) энергоблоков АЭС.

Известные разработки некоторых проектов энергокомплексов [3] отражают в основном технологические особенности установки, разработка электрической части энергокомплекса практически не рассматривалась. В этой связи актуальным является разработка реальных проектов электрической части комплексов с целью определения технических и экономических факторов, влияющих на всех этапах их реализации.

Для создания энергокомплекса, рекомендуется алгоритм проекта разработки электрической части энергокомплекса, состоящего из следующих этапов:

- определение расчётной мощности энергокомплекса в рассматриваемом регионе.
- определение структуры энергокомплекса: выбор типа и установленной мощности реактора и турбогенератора энергоблоков АСММ, типа и мощности газовой и паровой турбины и турбогенераторов ГТУ и ПТУ;
- разработка схем выдачи мощности электростанциями энергокомплекса.
- сравнение вариантов схем, различающихся с позиции надёжности и приведённых затрат;
- определение мощности трансформаторов и схем электроснабжения потребителей с.н. электростанций энергокомплекса;
- расчёт токов КЗ по узлам различного напряжения в схеме энергокомплекса и в системе электроснабжения потребителя до и после подключения энергокомплекса;

- координация уровней токов КЗ в новой системе электроснабжения, выбор электротехнического оборудования;
- определение способа пуска агрегатов ГТУ, обеспечение живучести электростанций.

Ниже приведены некоторые результаты разработки проекта электрической части энергокомплекса с парогазовой технологией в энергоблоке АСММ.

АСММ включает ядерный реактор СВБР-100, тепловая мощность которого до 280 МВт, и паротурбинную установку электрической мощностью 100 МВт. Модульный реактор СВБР-100 на быстрых нейтронах спроектирован для работы с жидкометаллическим теплоносителем – эвтектическим сплавом свинец-висмут в замкнутом топливном цикле.

Данная технология отработана при эксплуатации подобных реакторов на атомных подводных лодках России, а проект СВБР-100 в значительной мере отвечает требованиям, предъявляемым к современным ядерным энергетическим установкам.

В данном варианте энергокомплекса рассматривается применение двух газотурбинных установок GE 6101FA единичной мощностью 70 МВт. Электрическая мощность паротурбинного агрегата при температуре наружного воздуха $t_{н.в.} = 15^{\circ}\text{C}$ составила $P_3 = 187,6$ МВт (паровой турбине присвоена маркировка К-190-6.7). В итоге общая мощность энергокомплекса, которому присвоена маркировка ПГУ-330-ЯР, составляет $P = 328,1$ МВт. При этом получено значение электрического КПД брутто $\eta_3^{бр} = 45,39\%$ [3].

Для ГТУ выбран турбогенератор ТФГ-100-2У3, имеющий номинальную мощность $P_{г.ном} = 100$ МВт и напряжение $U_{ном} = 10,5$ кВ, для паротурбинного блока – турбогенератор ТГВ-200-2У3, $P_{ном} = 200$ МВт и напряжение $U_{г.ном} = 15,75$ кВ.

При формировании структурной электрической схемы энергокомплекса ПГУ 330-ЯР в основу положен блочный принцип (рис. 1): паротурбинный блок состоит из турбогенератора ТГ1 (ТГВ-200-2У3) и блочного трансформатора Т1 (ТДЦ-200000/220), $U_{нн} = 15,75$ кВ; газотурбинные блоки включают турбогенераторы ТГ1 и ТГ2 (ТФГ-100-2У3) и блочные трансформаторы Т2, Т3 (ТДЦ-125000/220), $U_{нн} = 10,5$ кВ. Местная нагрузка мощностью 20 МВт (Р2), Д-Г дизель – генератор, ТПУ- тиристорное пусковое устройство.

Выполнен расчет токов КЗ в точках К1-К3 (табл. 1) схемы энергокомплекса (рис. 1) для выбора электрооборудования.

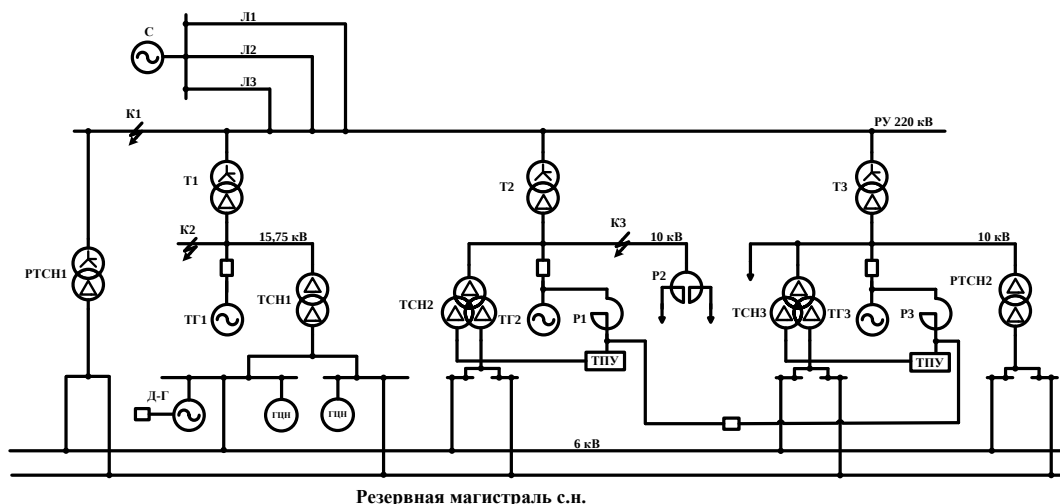


Рисунок 1 – Схема электрических соединений энергокомплекса АСММ и ГТУ

Таблица 1 – Результаты расчёта токов КЗ

Расчётная схема	Энергокомплекс подключён к энергосистеме		Автономный энергокомплекс	
Расчётные точки КЗ	$I_{п0}^{(3)}$, кА	$I_{п0}^{(1)}$, кА	$I_{п0}^{(3)}$, кА	$I_{п0}^{(1)}$, кА
К1	10,29	2,31	4,74	2,30
К2	100,25	8,80	76,76	34,29
К3	94,06	44,83	81,57	38,01

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крутецкий В. Н. Области применения реакторных установок малой мощности. В книге «Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетик»: Т.2 / под ред. Акад. РАН А.А. Саркисова.– М.: Академ – Принт. С. 18-22.
2. Zhukov V. V., Pugachev R. V., Nyaware B. O. Energy complexes consisting of hydro and nuclear power plants with low power reactors. The international Ural conference on Green Energy. 4–6 October, Chelyabinsk, 2018. pp. 132-139.
3. Касилов В. Ф., Дудолин А. А., Господченков М. В. Эффективность использования парогазовой технологии в энергоблоке АЭС с ядерным реактором СВБР-100. Теплоэнергетика, 2015, № 5. С.14-20
4. Жуков В. В., Овечкин А.В. Перспективные энергетические энергокомплексы с парогазовыми технологиями и атомными электростанциями с ядерными реакторами малой мощности. Вестник МЭИ, №6, 2019.– С.30-38.

Development of Projects of Power Complexes with Nuclear Power Plants Based on Low-Power Nuclear Reactors and Combined-Cycle Technologies

Zhukov V.V.¹, Shumilov A.V.²

National Research Institute "MPEI", Moscow, Russia

¹*e-mail: zhukovvv@mpei.ru*

²*e-mail: alex7454199@mail.ru*

Abstract – An algorithm for creating projects of the electrical part of power complexes has been developed. Variants of the formation of an energy complex with combined-cycle gas technology in the ASMM power unit and power complexes of electrically connected GTU, CCGT and ASMM are presented. Power complexes include a modular reactor SVBR-100 with a liquid metal coolant – lead-bismuth alloy with a capacity of 100 MW, power units with gas turbine units with a capacity of 70 MW each and a combined-cycle gas plant of 200 MW. As a result of the project implementation, the parameters and types of the main and switching electrical equipment of the power complex (generators, transformers, switches) were determined, variants of power output schemes and schemes of own needs of power units were proposed. The possibility of creating promising power complexes with combined-cycle gas technologies and nuclear power plants with low-power nuclear reactors is substantiated.

Key words: combined power supply systems, nuclear reactor units, gas-turbine installations, combined cycle installations, short circuit, electrical equipment, electric schemes, auxiliaries.

УДК 621.039.587

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ЛОКАЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА ДЛЯ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ ВВЭР-1200

Кобзев М.В., Смолин А.Ю.

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

Для аварий с разрушением активной зоны с проплавлением днища реактора в проекте РУ ВВЭР-1200 предусмотрено устройство локализации расплава (УЛР). Для охлаждения расплава кориума в состав УЛР входит система подачи охлаждающей воды, которая срабатывает за счёт открытия клапана подачи воды. Данный клапан имеет достаточно сложную и металлоёмкую конструкцию, для которой существует вероятность отказа. В работе рассматривается модернизация УЛР за счёт изменения конструкции клапана подачи воды на более надёжную и менее металлоёмкую. На основании входных данных спроектирована новая конструкция клапана и разработана рабочая конструкторская документация для изготовления оборудования. Для проверки работоспособности клапана разработана программа и методика приемо-сдаточных испытаний.

Ключевые слова: ВВЭР, устройство локализации расплава, ловушка расплава, запроектная авария, кориум.

Устройство локализации расплава является оборудованием для локализации аварии в случае запроектной аварии (ЗПА) с расплавлением активной зоны, служит для приема и охлаждения кориума и не допускает выход радиоактивных материалов за пределы гермооболочки. Данная авария является наиболее опасной для АЭС, поскольку нарушается целостность всех четырех барьеров безопасности, и выход наружу радиоактивных веществ составляет значительную опасность для персонала и населения. УЛР позволяет пассивно собрать весь кориум в одном месте и производить его охлаждение и относительную дезактивацию. В УЛР предусмотрена система охлаждения кориума. Данная система принципиально отличается от имеющихся систем охлаждения. В ее состав не входят теплообменники и трубопроводы, как это принято для большинства систем на АЭС. Вода подается напрямую на расплав, нагревается, испаряется при давлении, близком к атмосферному, и пар вместе с принятой теплотой отводится от кориума по специальным паропроводам. Таким образом, для организации охлаждения кориума не требуется устанавливать насосы. В состав системы охлаждения входят клапан подачи воды и трубопроводы до него. Данный клапан имеет ряд недостатков (рис. 1):

- 1) конструкционно он имеет 2 пружины, располагающиеся на одной оси, что крайне нежелательно с точки зрения проектирования, так как сложно с большой точностью предсказать их поведение при данном размещении;
- 2) в качестве рабочего механизма применены пружины, при том что их обслуживание не предусматривается проектом и при длительном сжатии (в перспективе до 100 лет) вероятность их срабатывания снижается ввиду деформации металла;
- 3) наличие фторопластовых прокладок. При температурах порядка 200-300°C фторопласт начинает гореть, а температура срабатывания клапана составляет 500-600°C, что может вызвать «прикипание» материалов или досрочное срабатывание клапана;
- 4) сложность и большая металлоемкость конструкции, из которой вытекают дороговизна изготовления и монтажа.

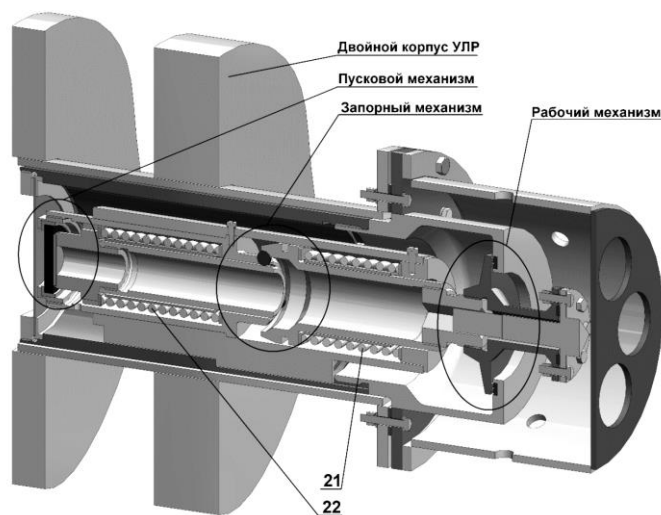


Рисунок 1 – Конструкция клапана подачи воды до модернизации

На АО «АЭМ-технологии» Атоммаш была разработана новая конструкция для данного клапана, которая исключает описанные выше недостатки (рис. 2).

Оставлен основной принцип срабатывания – за счет расплавления припоя, но конструкция полностью избавлена от дополнительных механизмов, которые могут не сработать. Клапан состоит из заглушки, в которой используется припой, трёх трубопроводов, фланца и крышки, служащей в качестве фильтра. Таким образом в случае расплава активной зоны с проплавлением днища кориум начнет поступать в УЛР и нагревать ее металл, при достижении температуры в 580°C припой расплавится, и заглушка отпадет, сбросив давление

воздуха. Вода начнёт поступать за счёт гидростатического давления (из-за перепада высот). Таким образом, данную систему можно считать полностью пассивной, так как для её срабатывания не требуется никаких дополнительных воздействий от оператора и автоматики. Минимизация активных механизмов соответствует консервативному подходу к проектированию оборудования в соответствии с НП-001-15.

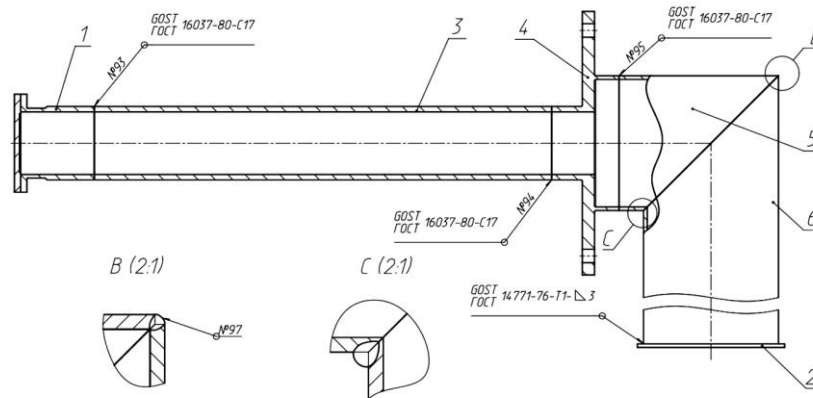


Рисунок 2 – Конструкция клапана подачи воды после модернизации

Для подтверждения работоспособности клапана при заданных проектом условиях, была разработана программа и методика приемо-сдаточных испытаний. Она включает себя огневые испытания при различных давлениях воздуха в клапане. С помощью специальной установки клапан нагревается до необходимой температуры, которая фиксируется термопарой. При срабатывании клапана фиксируется температура, до которой нагрелся металл КПВ. После проведения приемо-сдаточных испытаний делаются выводы о работоспособности клапана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. LN2O.B.110.&.OUJA&&.JMR&&.022.HZ.0003. АЭС 2006. Устройство локализации расплава. Обоснование работоспособности УЛР в полностью пассивном режиме. Анализ теплофизических процессов в УЛР. Анализ живучести тепловых защит. Анализ разрушения мембран в корпусе УЛР и поступления воды сверху на кориум. Отчет ОАО «СПбАЭП», 2008.
2. Экспериментальное исследование процессов при подаче воды на расплав стали / Лопух Д.Б., Логинов И.А., Грановский В.С. и др. // Теплоэнергетика. 2001. №9. С. 25-31.
3. LN2O.B.110.&.OUJA97.JMR10.022.SC.0001. АЭС 2006. Ленинградская АЭС 2. Устройство локализации расплава. 438.00.000 Д1. Спецификация конструкционных материалов. ФГУП «СПбАЭП», 2007.

Modernization of the Melt Localization Device for the VVER-1200 Reactor Plant

Kobzev M.V.¹, Smolin A.Y.²

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

¹*e-mail: kobzevmiv@gmail.com*

²*e-mail: aysmolin@mephi.ru*

Abstract – For accidents with the destruction of the core with the penetration of the bottom of the reactor in the project RU VVER-1200, a melt localization device is provided. To cool the corium melt, the UKR includes a cooling water supply system, which is triggered by opening the water supply valve. This valve has a rather complex and metal-intensive design, for which there is a possibility of failure. The paper considers the modernization of the ULR by changing the design of the water supply valve to a more reliable and less metal-intensive one. Based on the input data, a new valve design was designed and working design documentation for the manufacture of equipment was developed. To check the valve's operability, a program and a method of acceptance tests have been developed.

Key words: VVER, melt localization device, melt trap, beyond design basis accident, corium.

РЕЖИМЫ РАСХОЛАЖИВАНИЯ РУ ВВЭР-1000 ЧЕРЕЗ ВТОРОЙ КОНТУР ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПЕРВОГО КОНТУРА С ОБРАТНЫМ ТОКОМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ТЕПЛООТВОДЯЩИХ ПЕТЛЯХ

Менюк Д.С.

Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия

В данной работе приведены результаты моделирования аварийных и переходных режимов РУ, вызванных увеличением теплоотвода через второй контур. Для выполнения расчетов была разработана реалистическая расчетная модель РУ с квази-трехмерным представлением реактора (включая активную зону и ВКУ) и КД. Моделирование выполнено при помощи теплогидравлической программы RELAP5/Mod3.4. На основании выполненных расчетов получены результаты, позволяющие судить об особенностях некоторых режимов расхолаживания РУ в режиме ЕЦТ первого контура. Приведены подробные результаты расчетов. Полученные результаты позволяют сделать выводы об условиях устойчивости рассмотренных режимов. Результаты могут быть использованы для выбора режимов расхолаживания РУ в режиме ЕЦТ первого контура при потере контроля над давлением второго контура (например, отказ регулятора расхолаживания через БРУ К), когда нужно исключить возможность возникновения условий термоудара под давлением или холодной переопрессовки корпуса реактора.

Ключевые слова: реакторная установка, режимы расхолаживания, естественная циркуляция теплоносителя, обратный ток теплоносителя, термоудар под давлением, холодная переопрессовка, безопасность.

На эксплуатируемых сегодня АЭС с ВВЭР-1000 отсутствуют технические средства, позволяющие эффективно предотвратить термоудар под давлением. Особенно это относится к условиям, когда происходит быстрое неконтролируемое захолаживание теплоносителя в одной или нескольких петлях ГЦТ: разрывы паропроводов острого пара в неотсекаемой от ПГ части, срабатывание САОЗ ВД или ГЕ САОЗ при отключенных ГЦН.

При анализе проектной аварии «Разрыв паропровода острого пара в неотсекаемой от ПГ части без наложения внешнего обесточивания энергоблока» было установлено, что в аварийной петле закономерно возникает обратный ток теплоносителя первого контура, сохраняющий устойчивость и в дальнейшем, при отключении всех ГЦН по блокировкам. При этом, температура теплоносителя в опускной камере реактора остается достаточно высокой (~170...200°C), а скорость расхолаживания РУ, даже при неизоляции аварийного ПГ по питводу, остается существенно ниже предельно допустимой (60°C/час в течение любых последовательных двух часов) [1].

Кроме того, было установлено, что указанный режим с обратным током ЕЦТ в теплоотводящей петле (петлях) можно достаточно легко воспроизвести, введя запрет на закрытие БЗОК одного из ПГ, обеспечив длительную подпитку данного ПГ и отключив ГЦН петли данного ПГ (а по завершении выбега, также всех оставшихся ГЦН), а также выполнив декомпрессию второго контура открытием от 1 до 4 БРУ.

Секторное разбиение опускного участка реактора применялось и прежде при исследовании вопросов, связанных с проблематикой холодной переопрессовки под давлением, а также неравномерного захолаживания стенки корпуса реактора при разрыве паропроводов или срабатывании активной части САОЗ или ГЕ САОЗ [3].

При выполнении предварительных расчетов выяснилось, что на результаты моделирования существенное влияние оказывает учет рециркуляции т/н первого контура внутри реактора, то есть нодализация корпуса реактора как такового, включая ВКУ.

При доработке расчетной схемы, основные изменения коснулись внутренней части корпуса реактора – активной зоны и ВКУ [2]. Вместо квази-одномерной, была применена

разбивка активной зоны на 9 параллельных каналов, один из которых (центральный, ГЭ030) содержит 19 ТВС, а остальные 8 (ГЭ с 031 по 038) – окружающие центральный канал секторы с азимутальным углом симметрии $\sim 90^\circ$, каждый из которых содержит по 18 ТВС.

Исходным событием проектной аварии является разрыв паропровода одного из ПГ в неотсекаемой части. В качестве дополнительного отказа, предполагается неотсечение аварийного ПГ по питводу (незакрытие РПО и РППО).

Начальные условия

В отличие от стандартного рассмотрения данной проектной аварии, внешнее обесточивание энергоблока не постулируется. Таким образом, на начальном этапе аварии в работе остаются оба ТПН, ВПЭН и, что особенно существенно, ГЦНы неаварийных петель. Система подпитки-продувки первого контура (ТК/ТВ) и система впрыска в КД от системы ТК/ТВ также работоспособна на всем протяжении аварийного процесса.

Результаты расчетов

Разрыв паропровода в неотсекаемой части приводит к резкому снижению давления в ПГ-1. Происходит формирование сигналов АЗ-1, отключения ГЦН-1 и закрытия БЗОК-1. Поскольку разрыв паропровода находится между ПГ-1 и БЗОК-1, закрытие БЗОК-1 не оказывает влияния на развитие аварии. В результате отключения ГЦН-1, в петле 1 ГЦТ после 25-й секунды устанавливается обратный ток т/н.

Предполагается, что РПО ПГ-1 не закрывается по блокировкам и продолжает работу по поддержанию уровня котловой воды в ПГ-1. До момента времени ~ 100 секунд этому способствует также работа (выбег) ТПН. В дальнейшем подпитка ПГ-1 осуществляется за счет запасов воды, оставшейся в трубопроводах питводы.

В интервале времени 50..65 секунд после ИС происходит также последовательное отключение остальных ГЦН. После 1300-й секунды аварии закрываются БЗОК паропроводов ПГ-2,3,4. К моменту времени 250...300 секунд после ИС аварии выбег ГЦН всех петель завершается и в первом контуре устанавливается ЕЦТ. Тем не менее, обратный ток теплоносителя расходом ~ 180 кг/с в петле 1 сохраняется. В то же время, расход ЕЦТ в петлях 2-4 в прямом направлении снижается практически до нуля приблизительно к 980-й секунде аварии и остается таким вплоть до 1560-й секунды, когда, в силу снижения уровня котловой воды в ПГ-1, обратный ток теплоносителя первого контура в соответствующей петле ГЦТ срывается. Уровень в ПГ-1 к этому моменту снижается до величины менее 0,9 м от днища.

Результаты вариантных расчетов аварии с длительной подпиткой аварийного ПГ

Как показали результаты моделирования аварии с разрывом паропровода, обратный ток ЕЦТ в аварийной петле возникает закономерно и устойчив до тех пор, пока отводимая в аварийный ПГ тепловая мощность существенна, то есть пока в аварийном ПГ сохраняется достаточно высокий уровень (запас) котловой воды.

Для подтверждения этого вывода были выполнены вариантные расчеты с длительной подпиткой аварийного ПГ от различных источников:

- от ВПЭН (в предположении, что исчерпания запаса воды в деаэраторах вследствие уноса пара в течь не происходит). ВПЭНы запускаются немедленно после останова последнего ТПН, РППО аварийного ПГ работает в режиме поддержания номинального уровня, не закрываясь по блокировкам.

- от АПЭН, подключаемых оперативным персоналом немедленно после отключения ТПН. Регуляторы подачи аварийной питводы также работают в режиме поддержания заданного уровня в ПГ-1. Раннее подключение АПЭН выбрано из условия не допустить существенную просадку уровня в аварийном ПГ. и предотвратить термоудар по теплообменной трубчатке при подаче воды от АПЭН.

Выводы

В рамках настоящей работы рассчитаны режимы расхолаживания РУ ВВЭР 1000/320 при помощи RELAP5/Mod3.x.

Выполненные в дальнейшем дополнительные расчеты показали, что режим расхолаживания РУ при обратном токе теплоносителя первого контура может быть легко

реализован оперативным персоналом и устойчив при расхолаживании РУ через одну петлю, а также через 2 противоположные петли при условии открытия всех БРУ-К.

Таким образом, рассмотренные режимы могут быть использованы для расхолаживания РУ с плотным первым контуром или малыми течами первого контура, компенсируемыми работой системы подпитки-продувки. Целесообразность подобных режимов – исключение холодной переопрессовки корпуса реактора под давлением, а также термоударов на корпус реактора под давлением, особенно в случае частичной потери контроля над давлением второго контура (отказ регуляторов расхолаживания через БРУ-К или БРУ-А).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ условий расхолаживания РУ ВВЭР-1000 в условиях поддержания уровня в парогенераторах с коррекцией по температуре котловой воды с учетом возможности эффекта «жесткого контура» в КД. Приложение А. Разработка реалистической модели РУ В-320 (энергоблок 3, 4 РАЭС). 2012. – С. 54.
2. RELAP5/MOD3.3 Code Manual. Volume II: User's Guide And Input Manual – С.130.
3. Вероятностный анализ безопасности. Описание расчетной модели для кода RELAP5/MOD3.2 . Часть 10. Верификационный отчет. – С. 216.

The Modes of NSSS WVER-1000 Cooldown Through the Secondary Circuit at the Conditions of the Primary Coolant Natural Circulation with the Reverse Flow in the Heat Removing Loops

Meniuk D.S.

*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
e-mail: d.menyuk@mail.ru*

Abstract – The results presented of modeling of the accidents modes caused by heat removing increase with the accident affected secondary loops. The realistic model created with almost 3D representation of the reactor including the core and above structures and also almost 3D Pressurizer model. Modeling performed using the RELAP5/Mod3.4 code. Based on the performed calculations the results obtained, which allow considering some peculiarities of some modes of NSSS cooldown on the conditions of primary coolant NC. The detailed results of calculations given. The results obtained allow considering the conditions of the stability those modes. The results can be used at the choice of modes of NSSS primary cooldown at the conditions of the partial loss of control on the secondary pressure, i.e. BRU-K cooldown controller failure, when it is necessary to eliminate the possibility of pressure thermal shock or cold overpressure on the reactor vessel.

Key words: nuclear steam supply system, cooldown modes, coolant natural circulation, reversal coolant flow, pressurized thermal shock, cold overpressure, safety.

УДК 621.039.544.8

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЫГОРАЮЩИХ ПОГЛОТИТЕЛЕЙ НЕЙТРОНОВ НА ОСНОВЕ ЭРБИЯ И ГАДОЛИНИЯ В РЕАКТОРАХ ТИПА ВВЭР С УДЛИНЕННЫМИ КАМПАНИЯМИ

Музафаров А.Р., Савандер В.И.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия

В работе представлена упрощенная модель ТВС с несколькими схемами размещения и с различными концентрациями выгорающих поглотителей (гадолиний и эрбий) для компенсации избыточной реактивности, возникающей при загрузке свежего топлива, в реакторе типа ВВЭР при 1,5 годичной кампании с трехкратной перегрузкой. На основе полученных данных анализируется влияние и концентрация выгорающих поглотителей, на максимальную величину запаса реактивности, компенсируемую системой борного регулирования.

Ключевые слова: Выгорающий поглотитель (ВП), поляйчейка, ВВЭР, Серпент, система жидкостного регулирования, коэффициент размножения (K_{∞}), избыточная реактивность, твэги, твэлы.

В реакторах типа ВВЭР в настоящее время применяются частичные перегрузки топлива с удлиненными кампаниями с длительностью в 1.5 года, а в дальнейшем возможен переход и на 2-х годовичные кампании [1]. Обеспечение таких кампаний требует заметного повышения начального запаса реактивности топливной загрузки, которое должно быть скомпенсировано действующей системой компенсации избыточной реактивности. Эта система включает в себя как жидкостную систему, основанную на растворении в теплоносителе борного поглотителя, так и систему выгорающих поглотителей, в качестве которого выступает природный гадолиний, обладающий высоким сечением поглощения тепловых нейтронов. Этот поглотитель интегрирован в твэлы (твэги).

Жидкостная система имеет ограничения по концентрации бора, поскольку бор оказывает негативное влияние на плотностной коэффициент реактивности теплоносителя. Кроме того, при жидкостном регулировании запаса реактивности в течение кампании на АЭС образуется большое количество слабо активных жидких радиоактивных отходов. А при увеличении количества твэгов снижается обогащение урана, используемого в твэгах, что приводит к некоторому снижению среднего выгорания выгружаемого топлива и увеличивается коэффициент неравномерности энерговыделения в ТВС [2].

В России на реакторах РБМК применяется более слабый поглотитель нейтронов эрбий. Естественно исследовать возможность использования такого выгорающего поглотителя для компенсации избыточной реактивности в реакторах типа ВВЭР [3]. Поскольку это слабый поглотитель, то его можно размещать во всех твэлах без изменения обогащения урана и в этом случае он не будет оказывать влияния на неравномерность энерговыделения в ТВС.

В данном сообщении представлены расчетные результаты сопоставительного анализа для этих двух выгорающих поглотителей природного гадолиния и эрбия. Расчеты проводились для ТВС реактора ВВЭР-1200 в рамках упрощенной модели частичных перегрузок, а именно: перегрузки без перестановок ТВС в активной зоне реактора. Расчет изменения K_{∞} с выгоранием проводились по программе СЕРПЕНТ (2.1.32) с использованием библиотеки ядерных данных ENDFb7. Главное внимание в расчетных исследованиях уделялось снижению доли общего запаса реактивности реализуемой с помощью жидкостной системы регулирования, что должно существенно сократить объем НА ЖРО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрушечко, С.А. и др. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта. / С.А. Андрушечко, А.М. Афров, Б.Ю. Васильев, В.Н. Генералов, К.Б. Косоуров, Ю.М. Семченков. – М. : Логос, 2010. – 604с.
2. Альассаф, С.Х. и др. Использование эрбия в качестве выгорающего поглотителя в реакторах типа ВВЭР при работе на удлиненных кампаниях / С. Х. Альассаф, В. И. Савандер, А. А. Хассан // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. – 2020. – №3. – С. 62 – 71.
3. Абу Сондос, М. А. и др. Снижение объема борного регулирования запаса реактивности при использовании выгорающего поглотителя на основе (GD_2O_3) в топливе реактора ВВЭР-1200/ М. А. Абу Сондос, М. В. Демин, В. И. Савандер // Глобальная ядерная безопасность. – 2019. – №3(32). – С. 56 – 65.

Comparative Analysis of Burnable Neutron Absorbers Based on Erbium and Gadolinium in VVER Type Reactors with Extended Campaigns

Muzafarov A.R.¹, Savander V.I.²

National research nuclear university “MEPhI”, Moscow, Russia

¹e-mail: anvar1996@yandex.ru;

²e-mail: visavander@mail.ru

Abstract – The paper presents a simplified model of fuel assemblies with several placing schemes and with different concentrations of burnable poisons (gadolinium and erbium) to compensate for the excess reactivity that occurs when loading fresh fuel in a VVER-type reactor with a 1.5-year campaign with a triple refueling. Based on the data obtained, the influence and concentration of burnable poisons on the maximum value of the reactivity margin compensated by the boron control system is analyzed.

Key words: Burnable poison (BP), polycell, VVER, Serpent, the liquid system of regulation, multiplication factor (K_{∞}), excess reactivity, fuel rods with burnable absorber, fuel rod.

УДК 621.039.53:620.179.118.7(075)

КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ ШВОВ И РЕЗЬБОВЫХ ОТВЕРСТИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

**Сурин В.И., Щербань А.С., Щербаков А.А., Кравченко Н.И., Бреславец Е.В.,
Павличенко А.В.**

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия
Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

Показано, что применение разработанной методики поточечного сканирования около шовных зон сварных соединений позволяет с помощью электрических методов неразрушающего контроля детально исследовать структуру сварного шва, выявляя наличие микроскопических неоднородностей. В этом случае на потенциограмме отображается неоднородное поле остаточных напряжений в объеме образца или, так называемые, области Сен Венана. Эти области излучают волны механических напряжений (деформаций) и приводят к изменениям амплитуды контролируемого сигнала. Локализованные микроскопические неоднородности разделяются по мощности излучения, в результате чего цветовые гаммы рефлексов различаются по форме и окраске на разных уровнях фиксации. Кроме этого, методом сканирующей контактной потенциометрии (СКП) исследован стальной цилиндрический образец с глухими резьбовыми отверстиями на поверхности. Ручное поточечное сканирование выполнено по 19-ти измерительным дорожкам цилиндрической поверхности с помощью медного преобразователя на базе длиной 50 мм.

Ключевые слова: электрический неразрушающий контроль, сканирующая контактная потенциометрия, контроль сварных швов, поверхностная потенциограмма, ручное поточечное сканирование, остаточные напряжения, области неоднородных напряжений Сен Венана, контроль резьбовых отверстий, структурный уровень фиксации, контроль затяжки резьбового соединения.

При выполнении плановых работ по использованию электрических методов неразрушающего контроля в заводских условиях, в АО «АЭМ технологии «Атоммаш» г. Волгодонск, исследованы образцы со сварными швами и резьбовыми отверстиями.

Обычно для получения необходимой информации о качестве сварного шва проводят исследования микроструктур свариваемых материалов с помощью электронного микроскопа в нескольких точках. Метод СКП позволяет получать более обширную информацию не только в нескольких точках, но и во всем объеме сварного шва и в прилегающей около шовной зоне [1, 2].

Разработана методика ручного поточечного сканирования плоских сварных швов с построением профильных криволинейных потенциограмм и зонно-поверхностного анализа. На основе разработанной методики проведены поточечные измерения плоского сварного соединения (СС) методом СКП [3, 4] с помощью медного электрофизического преобразователя. Образец был сварен из двух стальных брусков: стали 08X18H10T (левая часть образца) и низколегированной стали 20 с переходной наплавкой (правая часть). Переходная двуслойная наплавка выполнена из стали 10X16H25AM6 (первый слой) и

04X19H11M3 (второй слой). Применялась автоматическая сварка под слоем флюса. Сварной шов также выполнен автоматической сваркой из стали 04X19H11M3 под слоем флюса. После обработки шероховатость рабочей поверхности составляла $R_a=3.2$.

Для синхронизации измерений использовали звуковой электронный метроном. Клемма «масса» электрофизического датчика была подсоединена к поверхности стального основания, на котором устанавливался образец. Механическое перемещение датчика по поверхности образца осуществляли по десяти измерительным дорожкам. Средняя скорость сканирования составляла 2-3 мм/с, шаг сканирования изменялся в пределах от 2 до 4 мм.

По результатам измерений построены криволинейные потенциограммы. На рисунке 1 сравниваются некоторые детали криволинейной потенциограммы и фотографии образца. Если на фотографии видны детали разреза сварного шва, то на потенциограмме можно видеть многочисленные структурные неоднородности, отображающие неоднородное поле остаточных напряжений в объеме образца или, так называемые, области Сен Венана. Области существуют в квазистационарном состоянии и излучают волны механических напряжений (деформаций). Структурные неоднородности разделяются по мощности излучения, в результате чего цветовые рефлекс различаются по форме и окраске на разных уровнях фиксации. На потенциограмме мы видим одномоментный или «мгновенный» снимок излучения упругих волн в объеме образца. На всех исследованных уровнях фиксации ($SLS = 2; 2,824; 3; 3,155; 3,398; 3,945; 4; 4,086; 4,252; 4,509; 5$) остаточные напряжения, присутствующие в различных частях образца, заметно отличаются друг от друга, как по знаку, так и по своей величине. Показаны несколько характерных областей, образовавшихся в процессе сварки. С левой стороны потенциограммы присутствуют обширные пятна синего-голубых тонов, характеризующих действие сжимающих напряжений в этой части образца. В правой части мы видим большее количество красно-желтых тонов, относящихся к микрообъемам, в которых действуют растягивающие напряжения. С увеличением значений SLS отфильтровываются наиболее мощные по интенсивности излучения источники на данном уровне, тем самым появляется возможность наблюдать распределение менее мощных по интенсивности излучения источников и более глубоко расположенных от поверхности дефектов.

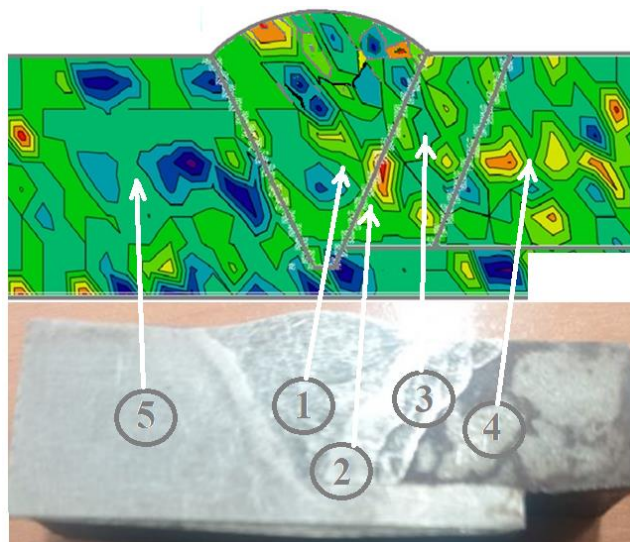


Рисунок 1 – Потенциограмма для уровня фиксации $SLS = 3,301$ (в верхней части) и фото образца (нижняя часть):
1 – сварной шов; 2 и 3 – двухслойная наплавка; 4 – часть образца из стали 20; 5 – часть образца из стали 08X18H10T

Необходимо отметить важность разработанной методики и с точки зрения сравнения результатов металлографического анализа (изготовленных шлифов) с результатами СКП.

Контроль резьбовых соединений (РС) важен не только для определения качества нарезки резьбы, но также и для оценки равномерности и надежности затяжки резьбового соединения.

Результаты исследования РС в лаборатории ФЭДНК ИЯФиТ показывают, что при ручном сканировании торцевых поверхностей затянутых болтов, на потенциограммах появляются рефлексы, соответствующие протекающим процессам релаксации внутренних напряжений в РС. Исследования внутренних резьбовых отверстий методом СКП позволяет оценить величину и знак механических напряжений, как вдоль винтовой поверхности резьбы, так и в зоне, прилегающей к ней. На рисунке 2 показана потенциограмма стального цилиндра с рефлексом от четырех внутренних резьбовых отверстий разных диаметров ($SLS=4,29$). Ручное поточечное сканирование выполнено по 19-ти измерительным дорожкам с помощью медного преобразователя на базе измерений 50 мм. При построении потенциограммы использован графический метод привязки координат рефлексов к координатам объекта контроля.

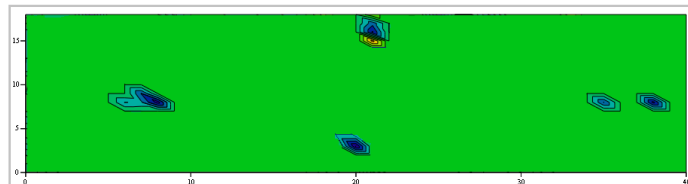


Рисунок 2 – Потенциограмма стального цилиндра с четырьмя резьбовыми отверстиями

*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., Польский В.И., Осинцев А.В., Джумаев П.С. Применение метода сканирующей контактной потенциометрии для регистрации образования зародышевой трещины в сталях// Дефектоскопия. – 2019. – №1 – С. 53-60.
2. Сурин В.И., Волкова З.С., Бер Н.А., Ванин В.В., Гончаров А.И. Универсальная измерительная платформа для электрофизической диагностики поверхности материалов// Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2019 – №1 – С.25-28.
3. Beketov V.G., Alwaheba A.I., Abu Gazal A.A., Surin V.I. Alternative method of non-destructive testing for nuclear power plant// International Conference on Physics of Reactors: Transition to a Scalable Nuclear Future, PHYSOR 2020, 2020-March – P. 2252-2259.
4. Адаменков А.К., Малахов И.В., Ожерельев В.Д., Сурин В.И. Исследование сварных соединений трубопровода второго контура машинного зала методом сканирующей контактной потенциометрии // Глобальная ядерная безопасность. – 2021.– №1 (38) – С.57-74.

Inspection of Welded Seams and Threaded Holes by Electrical Method

Surin V.I.¹, Shcherban A.S.², Shcherbakov A.A., Kravchenko N.I., Breslavets E.V., Pavlichenko A.V.

National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia; AEM Technologies Atommash, Volgodonsk, Russia

¹*e-mail: visurin@mephi.ru*

²*e-mail: shcherban_as@atommash.ru*

Abstract – It is shown that the use of the developed method of point-by-point scanning near the seam zones of welded joints makes it possible to study in detail the structure of the welded joint by means of electrical methods of non-destructive testing, revealing the presence of microscopic inhomogeneities. In this case, the potentiogram displays an inhomogeneous field of residual stresses in the volume of the sample or the so-called Saint Venant regions. These areas emit waves of mechanical stresses (deformations) and lead to changes in the amplitude of the controlled signal. In addition, a steel cylindrical sample with blind threaded holes on the surface was studied by scanning contact potentiometry (SCP). Manual point-by-point scanning was performed along 19 measuring tracks of a cylindrical surface using a copper transducer on a base 50 mm long.

Key words: electrical non-destructive testing, scanning contact potentiometry, welding seam testing, surface potentiogram, manual point-by-point scanning, residual stresses, Saint Venant non-uniform stress areas, threaded hole testing, structural fixation level, screwed connection tightening testing.

СЕКЦИЯ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС

УДК 621.039.74

ОСОБЕННОСТИ ИЗОЛЯЦИИ ХРАНЕНИЯ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Акобян М.Т.^{*,**}, Ксенофонтов А.И.^{**}

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

^{**}Армянская атомная электростанция, г. Мецамор, Армения

Бурный рост ядерной энергетики, связанный с эксплуатацией различных ядерных реакторов, привел к настоящей необходимости подробного изучения радиационных характеристик отработавшего ядерного топлива в процессе, как пребывания его в реакторе, так и хранения после выгрузки. Поскольку в Армении не проводится регенерация ядерного топлива и нет подземного хранилища радиоактивных отходов, возникла необходимость в помещении для долгосрочного хранения отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС). До сих пор отработанное топливо хранилось в бассейне выдержки. Однако, когда бассейн начал подходить к пределу своих возможностей, потребовалось новое место для хранения. Для Армянской АЭС была выбрана система сухого хранения NUHOMS, хорошо зарекомендовавшая себя на различных АЭС.

Ключевые слова: ОЯТ, СХОЯТ, радиационный фон, ядерная безопасность, окружающая среда.

В основу проекта Армянской АЭС СХОЯТ лежит типовой проект NUHOMS, горизонтально-железобетонные контейнеры для сухого хранения отработавших тепловыделяющих сборок.

Сухое хранения ОЯТ (СХОЯТ) представляет собой специальную бетонную площадку для хранения, на которой размещены контейнеры с ОЯТ или отдельно стоящее здание, в котором размещаются контейнеры с ОЯТ.

Система NUHOMS обеспечивает хранение ОТВС в сухих, горизонтально расположенных пеналах.

СХОЯТ позволит обеспечить хранение отработавших тепловыделяющих сборок, установленных для выдержки в приреакторном бассейне ААЭС за 50 лет работы станции. В приреакторном бассейне выдержки ОТВС загружаются в СЗП (заранее перемещенном в перегрузочный защитный контейнер)

Перегрузочный защитный контейнер с находящимся внутри СЗП (рис. 1, 2) достается из бассейна выдержки и помещается в зону дезактивации. После этого перегрузочный защитный контейнер с находящимися внутри СЗП поступает в рабочую зону, где происходит герметизация, слив и сушка контейнера. Затем полость СЗП заполняется гелием. Для предотвращения утечки гелия СЗП сваривается с концов многопроходным двойным проварочным швом, а также многопроходными кольцевыми и продольными швами. Затем в перегрузочной зоне контейнер погружается на платформу тягача и отвозится к СХОЯТ на территории АЭС. У СХОЯТ контейнер подводится вплотную к ГМХ, и СЗП выталкивается из контейнера в ГМХ при помощи плунжера гидроцилиндра. Внутри ГМХ обеспечивается безопасное хранение СЗП в сухом состоянии.

Данная информация является необходимой для оценки конкурентности сопоставительного анализа другими проектами изоляции и хранения отработавшего ядерного топлива.

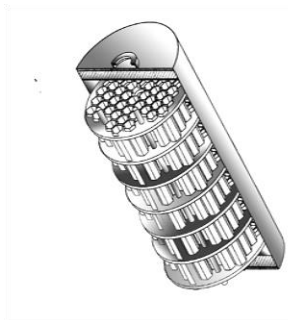


Рисунок 1 – Сухотарный защитный пенал (СЗП)

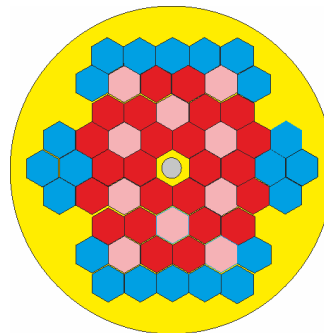


Рисунок 2 – Корзина СЗП

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аналитический отчет по безопасности для системы NuHoms на территории Армянской АЭС в Мецаморе.
2. Обобщающий отчет по результатам комплексного обследования энергоблока № 2 Армянской АЭС.
3. Программа повышения безопасности энергоблока № 2 ААЭС.

Features of Isolation of Spent Nuclear Fuel Storage

Hakobyan M.T.^{*,,1}, Ksenofontov A.I.^{**,2}**

^{*,**} National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia

^{**} Armenian nuclear power plant, Metsamor, Armenia

¹e-mail: marine_h@mail.ru

²e-mail: aiksenofontov@mephi.ru

Abstract – The rapid growth of nuclear power associated with the operation of various nuclear reactors has led to the urgent need for a detailed study of the radiation characteristics of spent nuclear fuel in the process, both its stay in the reactor and storage after unloading. Since there is no nuclear fuel regeneration in Armenia and there is no underground storage of radioactive waste, there is a need for a room for long-term storage of spent fuel assemblies. Until now, the spent fuel was stored in the holding pool. However, when the pool began to approach the limit of its capabilities, a new storage space was needed. The NUHOMS dry storage system, which has proven itself well at various nuclear power plants, was chosen for the Armenian NPP. This information is necessary to assess the competitiveness of comparative analysis by other projects of isolation and storage of spent nuclear fuel.

Key words: spent nuclear fuel, dry storage, radiation background, nuclear safety, environment.

УДК 621.311.25

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС НА СОДЕРЖАНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОДОЕМОВ

Горбачев А.В., Кудымов В.А., Бубликова И.А.

Волгодонский инженерно-технический институт Филиал Национального исследовательского ядерного университета “МИФИ”, г. Волгодонск, Ростовская обл., Россия

В работе проведен анализ данных из ежегодных отчетов НПО Тайфун и ежегодных отчетов об экологической безопасности Росэнергоатом. Были исследованы значения содержания долгоживущих изотопов Co-60 и Cs-137 в донных отложениях объектов гидросферы территории размещения трех АЭС: Билибинской, Курской и Ростовской. Целью работы является выявление зависимости между сбросами радионуклидов в гидросферу и их содержанием в донных

отложениях. Были использованы методы регрессионного анализа с положительными временными лагами и получены предварительные данные связей значений активности изотопов.

Ключевые слова: временные лаги, долгоживущие изотопы, донные отложения, регрессионный анализ, Билибинская АЭС, Курская АЭС, Ростовская АЭС, сбросы в гидросферу, содержание радионуклидов.

На сегодняшний день в современной атомной энергетике существует проблема обеспокоенности населения по поводу экологических последствий для окружающей среды в связи со строительством АЭС на новых территориях. Эти последствия мы попытались оценить на примере Билибинской, Курской и Ростовской станциях. Как мы знаем, радиационный контур теплоносителя не имеет прямого контакта с объектами гидросферы, но теоретически атомная станция может стать источником радионуклидов в гидросфере. Именно поэтому целью нашей работы является выявление зависимости между сбросами радионуклидов в гидросферу и их содержанием в донных отложениях. В процессе работы были использованы данные годовых отчетов НПО Тайфун [1] с 2002 по 2020 год и ресурсов АО «Концерн Росэнергоатом» [2, 3, 4] с 2008 по 2020 год.

Основным источником появления радионуклидов в донных отложениях в непосредственной близости от Билибинской АЭС являются стоки ПЛК. Был проведен регрессионный анализ с разными временными лагами точки мониторинга ниже сброса ПЛК. Согласно полученным данным были выделены несколько диаграмм с более выраженной связью, то есть максимальным значением коэффициента детерминации (R^2). По величине R^2 , для Co-60 умеренная связь наблюдалась без временного сдвига между параметрами и для Cs-137 сильная связь с лагом в два года. Но характер положения точек на координатной плоскости в этом случае вызывает сомнения в достоверности полученной зависимости и необходимо выполнить более детальный анализ на большем количестве данных.

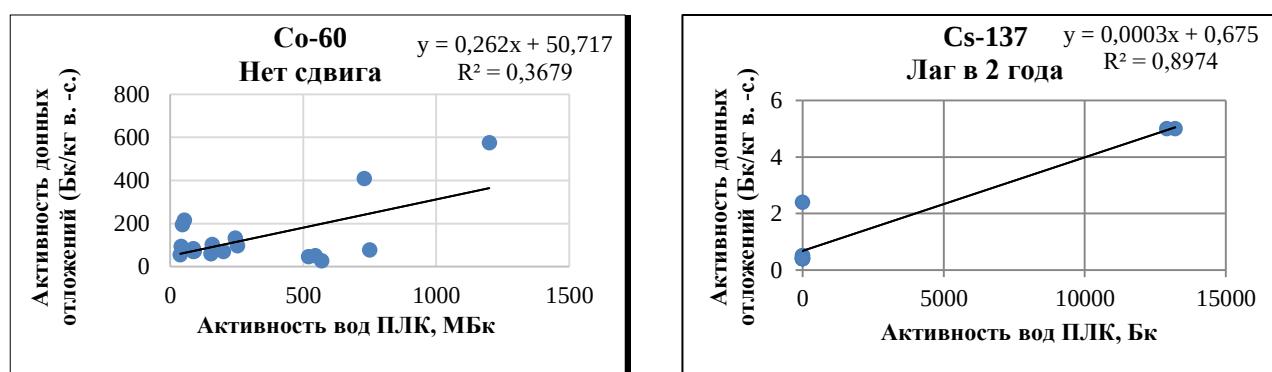


Рисунок 1 – Регрессионный анализ данных на Билибинской АЭС

Снабжение Курской АЭС водой для охлаждения происходит из замкнутого водоема охладителя, забор воды для которого осуществляется из р. Сейм. В эту же реку сбрасываются воды промливневой канализации и дебалансные воды, если таковые имеются.

Исследуя полученные данные, была получена динамика активности донных отложений по Co-60 и Cs-137 в семи точках: в районе сброса ПЛК, в отводящем канале водоема-охладителя, в восточной части водоема-охладителя, в районе центра гигиены и эпидемиологии, в районе ЛВРК, ниже сброса с. Макаровка, выше сброса хут. Александровский. Эта динамика показала, что тенденции в сторону роста или снижения значений не имеется, следовательно, эффекта накопления не выявлено.

Был выполнен регрессионный анализ точки ниже сброса ПЛК, около с. Макаровка, и точки сброса ПЛК со сдвигами от 1 до 3 лет. Согласно значению коэффициента детерминации R^2 , максимальная связь была выявлена для Co-60 с лагом в 2 года и для Cs-137 с лагом в 3 года. Но даже в этих случаях связь между параметрами характеризуется как слабая.

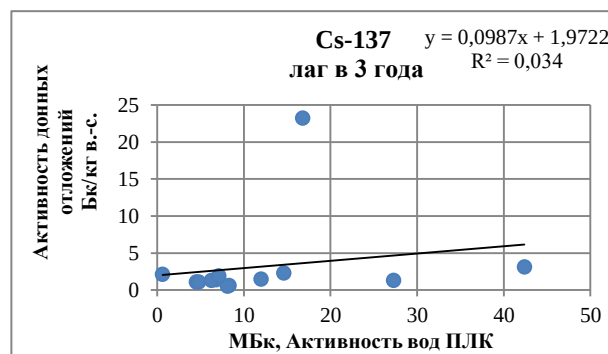
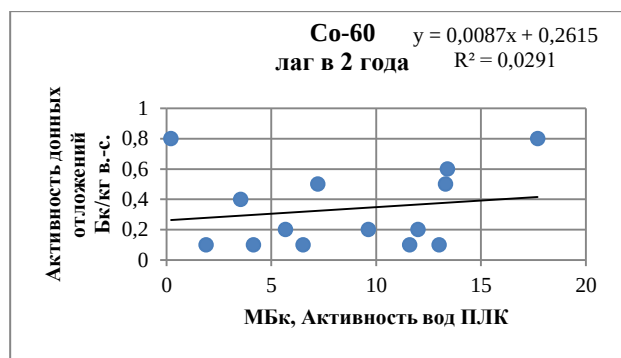


Рисунок 2 – Регрессионный анализ данных на Курской АЭС

Аналогично предыдущим станциям был проведен анализ по Ростовской АЭС. В отличие от Билибинской и Курской АЭС на данной станции основным источником появления радионуклидов в водоеме являются дебалансные воды, которые в свою очередь сбрасываются в составе ПЛК. Донные отложения из водоемов отбирались ЛКВРБ РОАЭС вблизи береговой линии и представляли собой заиленный песок. Был проведен регрессионный анализ с разными временными лагами для одной из точек мониторинга водоема-охладителя. По величине коэффициента детерминации R^2 , для Co-60 заметная связь с небольшим ростом наблюдалась уже спустя 1 год, для Cs-137 умеренная связь имела при отсутствии сдвига.

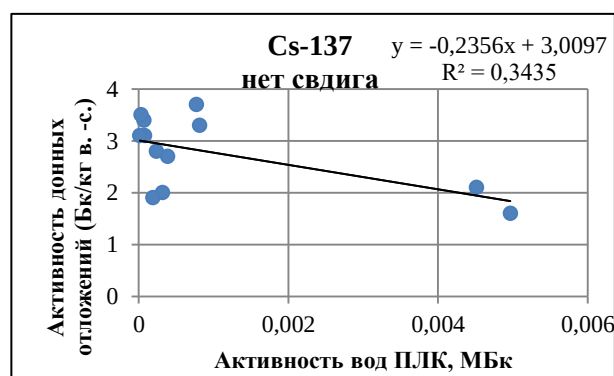
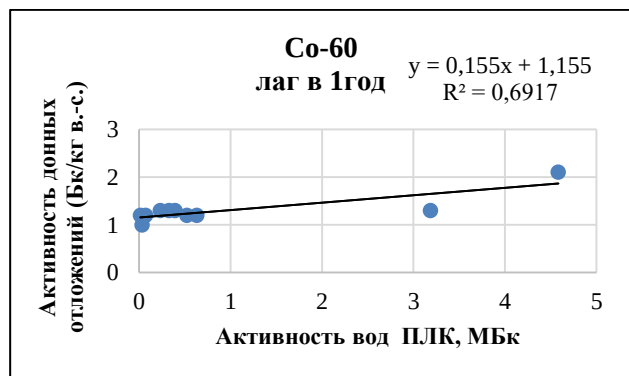


Рисунок 3 – Регрессионный анализ данных на Ростовской АЭС

Выполненные исследования данных позволили сформулировать следующие выводы:

- Количество радионуклидов в донных отложениях в рассматриваемый нами промежуток времени остается практически неизменным.
- Эффект накопления в разных точках отсутствует.

Проведенный анализ взаимосвязи между радиационной активностью сброса ПЛК и радиационной активностью донных отложений с разными временными лагами, показал, что умеренная связь между показателями проявлялась для Co-60 без временного сдвига, и сильная для Cs-137 – 2 года (Билибинской АЭС), для данных по Курской АЭС – связь слабая для Co-60 и Cs-137 наблюдается с лагом в 2 года и 3 года соответственно и для Ростовской АЭС заметная связь для Co-60 наблюдалась спустя год, для Cs-137 умеренная при отсутствии временного сдвига.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Научно-производственное объединение «Тайфун» [Электронный ресурс]: Ежегодник «Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств» URL: <https://www.rpatyphoon.ru/products/pollution-media.php> (дата обращения: 11.03.2022).
2. Росэнергоатом [Электронный ресурс] : Экологические отчеты. Билибинская АЭС URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-bilibinskoy-aes/bezopasnost-i-ekologiya/ekologicheskie-otchety/ (дата обращения: 12.03.2022).

3. Росэнергоатом [Электронный ресурс] : Экологические отчеты. Курская АЭС URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-kurskoy-aes/bezopasnost-i-ekologiya/ekologicheskie-otchety/ (дата обращения: 12.03.2022).
4. Росэнергоатом [Электронный ресурс] : Экологические отчеты. Ростовская АЭС URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-rostovskoy-aes/bezopasnost-i-ekologiya/ekologicheskie-otchety/ (дата обращения: 12.03.2022).

Assessment of the Impact of NPP Operation on the Content of Radionuclides in the Bottom Sediments of Water Reservoirs

Gorbachev A.V.¹, Kudymov V.A.², Bublikova I.A.³

*Volgodonsk Engineering and Technical Institute
Branch of the National Research Nuclear University "MEPhI", Volgodonsk, Russia*

¹*e-mail: alex170600@mail.ru*

²*e-mail: smikova677@gmail.com*

³*e-mail: IABublikova@mephi.ru*

Abstract – The paper analyzes data from the annual reports of the NGO Typhoon and the annual reports on environmental safety of Rosenergoatom. The values of the content of long-lived isotopes Co-60 and Cs-137 in the bottom sediments of the hydrosphere objects of the territory of three nuclear power plants: Bilibinskaya, Kursk and Rostov were investigated. The aim of the work is to identify the relationship between the discharge of radionuclides into the hydrosphere and their content in bottom sediments. Regression analysis methods with positive time lags were used and preliminary data on the relationships of isotope activity values were obtained.

Key words: time lags, long-lived isotopes, bottom sediments, regression analysis, Bilibinsk NPP, Kursk NPP, Rostov NPP, discharges into the hydrosphere, radionuclide content.

УДК 504.3.54

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ППР НА Р₀АЭС НА СУММАРНУЮ β -АКТИВНОСТЬ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ РЕГИОНА РАЗМЕЩЕНИЯ

Константинов Д.С., Булгучев И.М., Ноженко Э.С., Бубликова И.А.

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

Эксплуатация радиационно-опасных объектов в настоящее время является предметом постоянного внимания и исследования. В ходе работы проведен анализ влияния планового-предупредительного ремонта на радиационные характеристики во время ремонта и до него. В работе были использованы документы о радиационной обстановке на территории России (среднемесячные и максимальные за месяц значения) с апреля 2010 г. по февраль 2020 года.

Ключевые слова: суммарная β -активность, планово-предупредительный ремонт, Ростовская АЭС, устойчивость направления ветра.

Влияние планового-предупредительного ремонта атомных станций на радиационные характеристики близлежащих территорий находится под непрерывным контролем. Существуют опасения о негативном воздействии планового-предупредительного ремонта Ростовской АЭС на окружающую среду и здоровье жителей. В связи с этим рассматриваемая нами тема является актуальной.

Ростовская атомная электростанция – АЭС в России, располагается в 16 км от города Волгодонска Ростовской области. В данной работе проведен анализ влияния Ростовской АЭС на радиационные характеристики атмосферного воздуха данного региона до и в период планово-предупредительного ремонта (ППР) [1]. При анализе данных были использованы результаты Единой государственной автоматизированной системы мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации, которые представлены в ежегодниках «Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств» Научно-производственного объединения «Тайфун», входящего в состав Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. С целью рассмотрения влияния атомной станции на радиационные характеристики региона ее размещения были выбраны населенные пункты: г. Волгоград, г. Цимлянск (табл. 1).

Таблица 1 – Расположение исследуемых населенных пунктов относительно Ростовской АЭС

Населенный пункт	Направление ветра, %	Расстояние от Ростовской АЭС, км
Цимлянск	СЗ	20
Волгоград	СВ	203

Анализ влияния эксплуатации Ростовской АЭС ввремя и до периода планового-предупредительного ремонта на суммарную β -активность атмосферных выпадений региона размещения

Важно отметить, что рассматриваемой величиной была выбрана суммарная β -активность атмосферных выпадений в г. Цимлянск и г. Волгоград ввремя и до планового-предупредительного ремонта. Нами было выделена гипотеза:

1. Если планово-предупредительный ремонт Ростовской АЭС оказывает влияние на радиационные характеристики воздушной среды городов Цимлянск и Волгоград, то суммарная бета-активности атмосферных выпадений будет повышаться при сравнении аналогичных показателей до и ввремя проведения ППР.

В связи с этим были исследованы взаимосвязи между суммарной β -активностью атмосферных выпадений и повторяемостью направления ветра от Ростовской АЭС до и во время периода ППР, представленные на рисунках 1 и 2 [2].

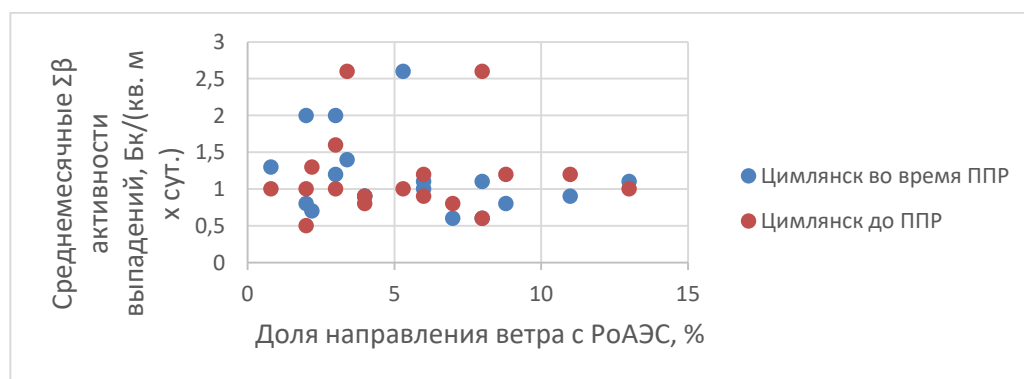


Рисунок 1 – суммарная β -активность атмосферных выпадений в г. Цимлянск

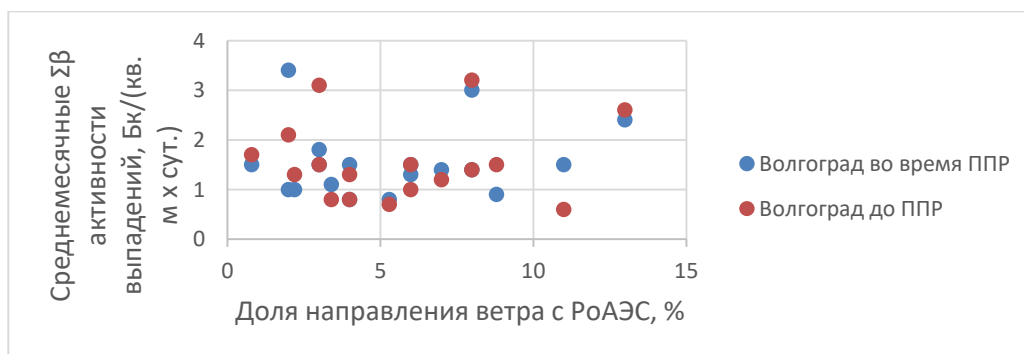


Рисунок 2 – суммарная β -активность атмосферных выпадений в г. Волгоград

Выводы

1. Взаимосвязи между погодными условиями на территории Ростовской АЭС и суммарной β -активностью атмосферных выпадений, рассмотренных в г. Волгоград и г. Цимлянск не выявлена ни по среднемесячным, ни по максимальным значениям каждого месяца с апреля 2010 г. по февраль 2020 года. Важно отметить, что исследуемые нами регионы не зависят от метеоусловий в период планово-предупредительных ремонтов.

2. Планово-предупредительный ремонт Ростовской АЭС не оказывает влияние на радиационные характеристики воздушной среды городов Цимлянск и Волгоград, суммарная бета-активности атмосферных выпадений не повышается при сравнении аналогичных показателей до и во время проведения ППР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. АО «Концерн Росэнергоатом» [<https://www.rosenergoatom.ru/>]
2. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Научно-производственное объединение «Тайфун». Справки, ежегодники по загрязнению ОС [<https://www.rpaphoon.ru/products/pollution-media.php>].

Evaluation of the Impact of Carrying Out PPR at Rostov NPP on the Total B-Activity of Atmospheric Fallout in the Region of Positioning

Konstantinov D.S., Bulguchev I.M., Nozhenko E.S., Bublikova I.A.

*Volgodonsk Engineering and Technology Institute – branch of the National Research Nuclear University "MEPhI",
Volgodonsk, Rostov region, Russia
e-mail: IABublikova@mephi.ru
e-mail: nozhenko.elvira@mail.ru*

Abstract – The operation of radiation hazardous facilities is currently the subject of constant attention and research. In the course of the work, an analysis was made of the effect of scheduled preventive maintenance on radiation characteristics during and before the repair. The paper used documents on the radiation situation in Russia (average monthly and maximum monthly values) from April 2010 to February 2020.

Key words: total β -activity, preventive maintenance, Rostov NPP, wind direction stability.

УДК 539.16.07

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ И РОБОТИЗИРОВАННЫЙ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС

**Маджидов А.И., Дмитренко В.В., Улин С.Е., Власик К.Ф., Грачев В.М.,
Егоров Р.Р., Кривова К.В., Утешев З.М., Чернышева И.В., Шустов А.Е.**

Национальный Исследовательский Ядерный Университет «МИФИ», г. Москва, Россия

В работе рассматриваются недостатки использующихся современных автоматизированных и роботизированных мобильных гамма-комплексов с применением гамма-спектрометров обладающих энергетическим разрешением и радиационную стойкость в процессе обеспечения экологической и радиационной безопасности при эксплуатации АЭС. Представлены физико-технические характеристики ксенонового гамма-спектрометра, являющегося основным прибором для измерения спектров гамма-излучения инспектируемых объектов и измерения их активности с

точки зрения радиационной безопасности. Информация, получаемая с помощью гамма-спектрометрического комплекса, передается по интернету на удаленный компьютер для обработки полученных данных в режиме реального времени.

Ключевые слова: гамма-излучение, энергетический спектр, радионуклид, ксенон, ядерный объект.

На сегодняшний день безопасность эксплуатации ядерно-физических установок, ядерных объектов и АЭС является актуальным, что практически исключает такие аварии как, Три-Майл-Айленд, Чернобыль и Фукусима. После этих катастроф стало ясно, что необходимо проведение дальнейших научных разработок и создание новых измерительных комплексов для решения задач безопасной эксплуатации АЭС. При этом важными требованиями, предъявляемыми к измерительной аппаратуре, являются дистанционное управление, наличие телеметрических систем видеонаблюдения и контроля, возможность передачи данных с помощью современных систем связи, системы сбора и обработки информации в режиме реального времени на удаленный пульт оператора.

В основном роботизированные системы состоят из двух частей: перемещаемой платформы и расположенном на ней блоке детектирующей аппаратуры с системами управления и навигации [1]. Современные роботизированные комплексы отличаются друг от друга составом аппаратуры, используемой для регистрации различных компонент ионизирующего излучения.

Недостатком многих мобильных комплексов является отсутствие гамма-спектрометрической аппаратуры с высоким энергетическим разрешением, позволяющим идентифицировать изотопный состав и активность изотопов радиационного загрязнения ядерных объектов. Как правило, подобные комплексы, оснащённые гамма-спектрометрической аппаратурой, основанной на базе сцинтилляционных или полупроводниковых гамма-спектрометров.

Нами впервые в составе автоматизированного и роботизированного гамма-комплекса предлагается использовать ксеноновый гамма-спектрометр (рис. 1). Данный тип спектрометров обладает высоким энергетическим разрешением (1,7% для энергии 662 кэВ [2]), превосходящим в несколько раз приборы на основе сцинтилляторов NaI и CsI для которых оно составляет 5 – 9 % при той же энергии. Несмотря на то, что полупроводниковые детекторы на основе сверхчистого германия обеспечивают значительно лучшее энергетическое разрешение, которое достигает 0,2 – 0,3 % на линии 662 кэВ, их необходимо поддерживать при криогенной температуре. Это достигается при помощи жидкого азота или механических систем охлаждения, которые к тому же ухудшают энергетическое разрешение полупроводникового прибора.

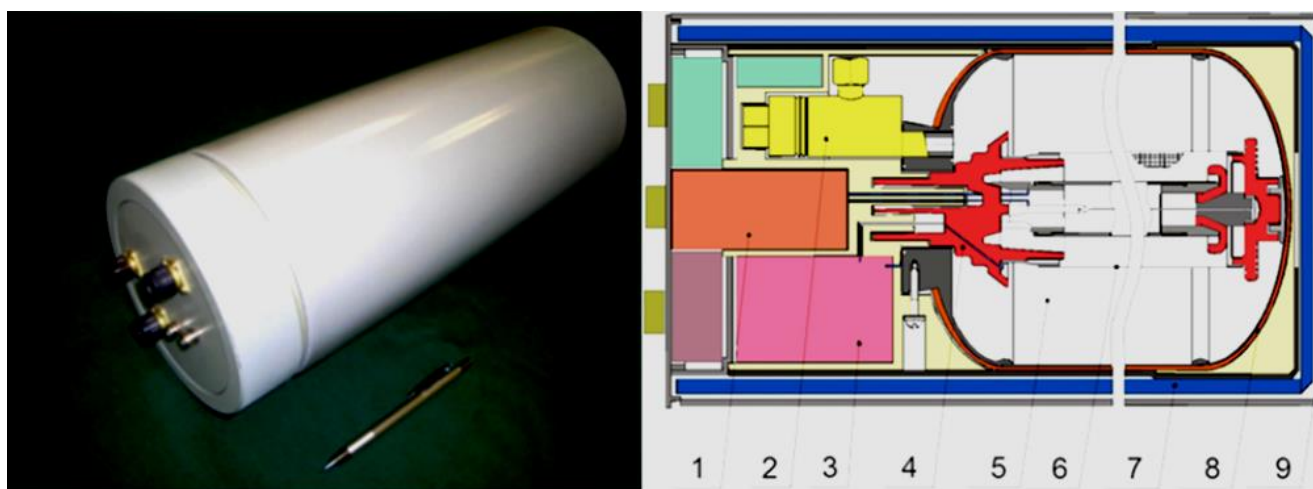


Рисунок 1 – Фотография и схема КГС: 1 – зарядочувствительный усилитель, 2 – кран для наполнения рабочим веществом, 3 – источник питания, 4 – керамический гермоввод, 5 – ионизационная камера, 6 – экранирующая сетка, 7 – тефлоновая изоляция, 8 – стальной корпус с композитным покрытием, 9 – внешний защитный корпус

Ксеноновый гамма-спектрометр представляет собой импульсную ионизационную камеру с объемом 2 л., наполненным сжатым ксеноном ^{54}Xe под давлением порядка 50 атм. В таблице 1 представлены основные физико-технические характеристики ксенонового гамма-спектрометра.

Таблица 1– Основные физико-технические характеристики КГС

Напряжение питания, В	24
Энергопотребление, Вт	20
Габариты, см	Ø15×45
Масса, кг	5
Рабочий объем, см ³	2000
Эффективность регистрации гамма-квантов с энергией 662 кэВ, %	6
Энергетическое разрешение для энергии гамма-квантов 662 кэВ, %	1,7 ± 0,3
Диапазон измеряемых энергий гамма-квантов, МэВ	0,05–5
Плотность рабочего вещества (ксенона), г/см ³	0,3

Также ксеноновый гамма-спектрометр в составе роботизированного гамма-комплекса можно использовать при выводе из эксплуатации ядерных и радиационно-опасных объектов (ВЭ ЯРОО) для обследования радиационной обстановки, что позволяет не использовать рабочий персонал при выполнении работ в условиях повышенного радиационного фона [3].

Для обеспечения дистанционной связи и передачи данных на пульт оператора создана система дистанционной передачи и приёма информации, а также управления ксеноновым гамма-спектрометром. Ксеноновый гамма-спектрометр подключался к одноплатному микрокомпьютеру RaspberryPi +3 с модулем мобильной связи SIM7600E-H, для которого было использована специально разработанное программное обеспечение ПО-2 «НАБОР» на языке программирования Python. С помощью данной системы в течение недели был проведён эксперимент по дистанционной передаче спектрометрической информации. В течение этого времени ксеноновый гамма-спектрометр непрерывно регистрировал гамма-излучения от источников ОСГИ, а именно ^{22}Na , ^{60}Co и ^{133}Ba . При этом сохранялся энергетический спектр, набранный за каждую минуту во временном файле формата SPS. На рисунке 2 показаны набранный гамма-спектр с помощью ксенонового гамма-спектрометра, где на приведённом спектре отчетливо видны гамма-линии и скриншот ПО-2 «НАБОР».

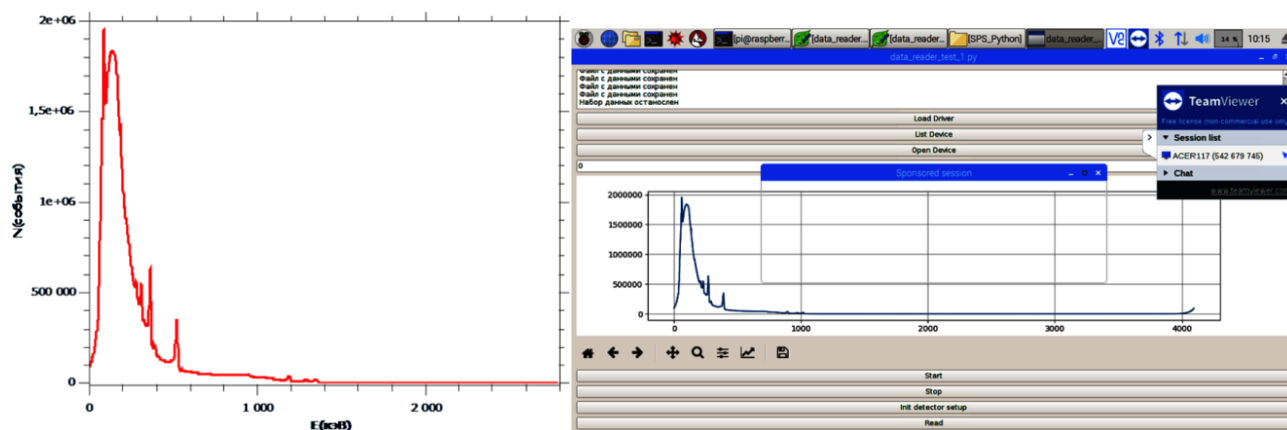


Рисунок 2 – Дистанционно набранный гамма-спектр (слева) в линейном масштабе и ПО-2 «НАБОР» (справа)

В области высоких энергий (больше одного 1 МэВ) на этих рисунках видны гамма-линии естественного фонового излучения связанного с радионуклидами ^{40}K и ^{228}Th . Отклонения положения гамма-пикув в спектрах не превышало 0,6 канала, что составляет 0,06%. По результатам проведенных измерений можно сделать вывод о том, что ксеноновый гамма-спектрометр подключенный к одноплатному компьютеру RaspberryPi +3 работает

стабильно в течение длительного времени непрерывных измерений и энергетическое разрешение остается постоянным, т.е. 1% при энергии ^{60}Co .

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Guzman R. [и др.]. RESCUER: Development of a Modular Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear Robot for Intervention, Sampling, and Situation Awareness // Journal of Field Robotics. – 2016. – 33(7) – С. 932-945. doi: 10.1002/rob.21588.
2. Novikov A.S., Ulin S.E., Chernysheva I.V., [и др.]. “Xenon gamma-ray detector for ecological applications,” J. Appl. Remote Sens., 9(1), 096087 (2015). doi:10.1117/1.JRS.9.096087.
3. Ulin S. E. [и др.]. Gamma Spectrometry System for Decommissioning Nuclear Facilities // Bulletin of the Lebedev Physics Institute. 2020. № 6 (47). С. 176–180.

Automated and Robotic Gamma-Spectrometric Complex for the Use of Environmental and Radiation Safety During the Operation of NPP

Madzhidov A.I.¹, Dmitrenko V.V., Ulin S.E., Vlasik K.F., Grachev V.M., Egorov R.R., Krivova K.V., Uteshev Z.M., Chernysheva I.V., Shustov A.E.

National Research Nuclear University “MEPhI,” Moscow, 115409 Russia

¹*e-mail: aimadzhidov@mephi.ru*

Abstract – The article considers shortcomings of modern automated and robotic mobile gamma-gamma systems with use of gamma-gamma Spectrometers with energy resolution and radiation resistance in the process of ensuring environmental and radiation safety in the operation of NPP. Physical and technical characteristics of xenon gamma-ray spectrometer, which is the main instrument for measuring gamma radiation spectra of inspected objects and measuring their activity from the point of view of radiation safety, have been presented. Information from the gamma spectrometry complex is transmitted via the Internet to a remote computer for real-time processing of the received data.

Key words: gamma radiation, energy spectrum, radionuclide, xenon, nuclear facility.

УДК 539.1.074:502.175

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ С БЕСПИЛОТНОГО ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Родионов И.А., Елохин А.П., Рахматулин А.Б.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия

В работе разработан вариант беспилотного дозиметрического комплекса, который позволит дистанционно получать данные о радиационной обстановке в режиме онлайн в условиях радиационных аварий. Рассмотрена его структура и способ передачи сигнала.

Ключевые слова: беспилотный дозиметрический комплекс, передача результатов измерений, спектрометр.

Авария на АЭС Фукусима выявила определенный недостаток традиционных методов регистрации излучения с помощью системы автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (далее – АСКРО). В момент выброса радиоактивных веществ [1],

посты контроля в результате цунами были повреждены (23 из 24) [2-4], что не позволило на ранних этапах оценить степень радиационного поражения местности [1].

При возникновении необходимости в оценки степени радиационного загрязнения территории, существуют два способа действий: традиционный – с непосредственным участием человека на потенциально опасном участке местности, и перспективный – бесконтактный, с использованием, например, беспилотного дозиметрического комплекса (далее – БДК) [5], использование которого позволило бы уменьшить риск облучения дополнительными дозовыми нагрузками персонала, осуществляющего поисковые и разведывательные работы.

Состав БДК состоит из двух основных частей – это носитель (квадрокоптер, вертолет и т.д.) и дозиметрический комплекс [6], представляющий из себя набор аппаратуры для сбора, обработки и передачи сигнала о состоянии радиационной обстановки.

В работе приведён следующий вариант реализации дозиметрического комплекса – комбинация следующих приборов: ксеноновый гамма-спектрометр (далее – спектрометр), гамма-детектор типа УДМГ (далее – детектор), датчик местоположения (GPS и/или ГЛОНАСС), высотомер.

Также приведен следующий вариант передачи сигнала. После спектрометра (детектора) сигнал поступает на отладочную плату STM32f103c8t6 (далее – отладочная плата), затем через модуль NRF24L01+ (далее – передатчик данных) осуществляется передача пакета данных на комбинацию приборов (STM32f103c8t6 и NRF24L01+), осуществляющую прием данных. Датчик GPS или ГЛОНАСС, а также высотомер прикрепляются к отладочной плате.

После процедуры приёма, данные поступают на персональный компьютер для дальнейшей обработки данных и получения результатов о состоянии радиационной обстановки подстилающей поверхности. Схематическое изображение структуры дозиметрического комплекса представлено на рисунке 1.

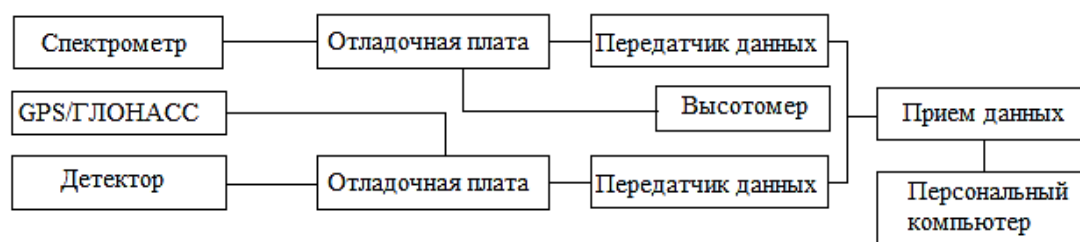


Рисунок 1 – Схематичное изображение структуры дозиметрического комплекса

Предложенный вариант дозиметрического комплекса позволит дистанционно получать данные о радиационной обстановке в режиме онлайн.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Stohl, A., Seibert, P., Wotawa, G., Arnold, D., Burkhardt, J.F., Eckhardt, S., Tapia, C., Vargas, A., Yasunari, T.J., 2012. Atmos. Chem. Phys. 12, 2313-2343.
2. Omoto, A., 2013. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section a: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment.
3. Nuclear Accident Independent Investigation Commission, 2012. The Official Report of the Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission. NAIIC, Tokyo.
4. Povinec, P.P., Hirose, K., Aoyama, M., 2013. Fukushima Accident. Elsevier, Boston.
5. Елохин А.П. Методы и средства систем радиационного контроля окружающей среды. Монография. Издательство М.: НИЯУ МИФИ, 2014. – 520 с.
6. Родионов И.А. Елохин А.П. Методы оценки радиоактивного загрязнения подстилающей поверхности. Глобальная ядерная безопасность, 2022, №1 (42), стр. 6 – 23.

Features of the Transmission of Measurement Results from an Unmanned Dosimetric Complex

Rodionov I.A.¹, Elokhin A.P.², Rakhmatulin A.B.

Abstract – We have developed a variant of an unmanned dosimetric complex, which will allow remotely obtaining data on the radiation situation online in the conditions of radiation accidents. Its structure and method of signal transmission are considered.

Key words: unmanned dosimetric complex, transmission of measurement results, spectrometer.

УДК [628.54 : 628.477] : 621.311.25

СТРОИТЕЛЬСТВО ПУНКТА ЗАХОРОНЕНИЯ ОЧЕНЬ НИЗКОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ (ОНАО) НА РОСТОВСКОЙ АЭС ОБЪЕМОМ 11 000 М³

Фетисова Ю.А., Горская О.И.

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

В работе сформулирован вид планируемой (намечаемой) хозяйственной и иной деятельности – строительство пункта захоронения очень низкоактивных отходов (ОНАО) на Ростовской АЭС объемом 11 000 м³. Приведены сведения об образовании и обращении с очень низкоактивными отходами (ОНАО) на Ростовской АЭС. Сформулирована характеристика пункта захоронения очень низкоактивных отходов (ОНАО) объемом 11 000 м³. Проектной документацией предусматривается строительство пункта захоронения очень низкоактивных отходов, предназначенного для захоронения ОНАО III, IV и V классов опасности, соответствующих критериям приемлемости для захоронения и образующихся в результате производственной деятельности Ростовской АЭС. Строительство осуществляется в 2 этапа.

Ключевые слова: Ростовская АЭС, очень низкоактивные отходы (ОНАО), пункт захоронения очень низкоактивных отходов, планируемая (намечаемая) деятельность, гамма-излучающие отходы, доза, активность, радиационный контроль, промышленные отходы, сооружения.

Ростовская АЭС является одним из крупнейших предприятий энергетики на юге России, расположена в Ростовской области, на берегу Цимлянского водохранилища, в 13,5 км от г. Волгодонска.

Основным видом деятельности Ростовской АЭС является производство электрической энергии при соблюдении нормативных требований безопасности, надёжности, природоохранного законодательства РФ.

Проектная мощность Ростовской АЭС составляет 4000 МВт (4 энергоблока). Проект Ростовской АЭС относится к серии унифицированных, с реакторами ВВЭР-1000 с двухконтурной системой выработки электроэнергии и установленной мощностью 1000 МВт каждый. Энергоблок №1 введён в промышленную эксплуатацию в 2001 году, энергоблок № 2 – в 2010 году, энергоблок № 3 – в 2015 году, энергоблок № 4 – в 2018 году.

В процессе эксплуатации Ростовской АЭС образуются твердые очень низкоактивные производственные отходы III, IV и V классов опасности, не являющиеся радиоактивными отходами. Для размещения образующихся на Ростовской АЭС очень низкоактивных отходов (далее по тексту – ОНАО), соответствующих критериям приемлемости для захоронения, существует необходимость строительства пункта захоронения ОНАО.

Объектом проектирования является «Пункт захоронения очень низкоактивных отходов (ОНАО) Ростовской АЭС объемом 11 000 м³» (Ростовская область, г. Волгодонск-28) (далее по тексту – Объект).

Проектной документацией предусматривается строительство ПЗ ОНАО, предназначенного для захоронения ОНАО III, IV и V классов опасности, соответствующих критериям приемлемости для захоронения и образующихся в результате производственной деятельности Ростовской АЭС.

В состав проектируемого объекта входят:

- технологический корпус с площадкой разгрузки;
- сооружение для захоронения ОНАО объемом 6000 м^3 , этап 1 (срок заполнения 27 лет);
- сооружение для захоронения ОНАО объемом 5000 м^3 , этап 2 (срок заполнения 23 года).

ПЗ ОНАО должен обеспечивать радиационную безопасность работников, населения и окружающей среды в течение периода потенциальной опасности ОНАО.

Земельный участок под проектируемый объект расположен в Ростовской области, Дубовском районе, Жуковском сельском поселении, на расстоянии более 1,3 км от Цимлянского водохранилища.

Площадь земельного участка составляет 85,698 га. Площадка находится в 3,7 км от х. Харсеев и в 4,3 км от ст. Подгоренская. Земельный участок располагается в границах существующей санитарно-защитной зоны Ростовской АЭС. Иные зоны с особыми условиями использования территории не затрагиваются, ограничения по расположению объекта отсутствуют. На проектируемом участке деревья, кустарниковые насаждения отсутствуют.

Образование и обращение с ОНАО на Ростовской АЭС.

В соответствии с п. 1.2 Санитарных правил СП 2.6.6.2572-2010 «Обеспечение радиационной безопасности при обращении с промышленными отходами атомных станций, содержащими техногенные радионуклиды» ОНАО называются твердые промышленные отходы атомных станций, загрязненные или содержащие радионуклиды техногенного происхождения, но не являющиеся радиоактивными отходами. К ОНАО относят не предназначенные для дальнейшего использования материалы, изделия, оборудование и грунт, удельная активность которых не допускает освобождение их от радиационного контроля, но меньше активности твердых радиоактивных отходов.

Для предварительной сортировки отходов используются мощности дозы гамма-излучения над фоном на расстоянии 0,1 м от поверхности.

Гамма-излучающие отходы АЭС считаются ОНАО при мощности дозы от $0,1 \text{ мкЗв/ч}$ до 1 мкЗв/ч . Если мощность дозы больше 1 мкЗв/ч , то окончательное решение об отнесении отходов к ОНАО принимается на основе данных об активности и радионуклидном составе отходов:

- промышленные отходы с удельной бета-активностью от 0,3 до 100 кБк/кг или с удельной альфа-активностью от 0,3 до $1,0 \text{ кБк/кг}$, или с содержанием трансурановых радионуклидов от 0,3 до $1,0 \text{ кБк/кг}$ относятся к ОНАО при неизвестном радионуклидном составе;

- при известном радионуклидном составе отходы относятся к ОНАО, если их суммарная удельная активность больше или равна $0,3 \text{ кБк/кг}$, а верхняя граница активности определяется суммой отношений удельной активности радионуклидов к их минимально значимой удельной активности, сумма не должна превышать 1.

Основной вклад (свыше 95 %) в активность ОНАО вносят: Mn-54, Co-60, Sr-90, Cs-134, Cs-137.

Освобождаются от радиационного контроля отходы, у которых суммарная удельная активность менее $0,3 \text{ кБк/кг}$. Освобожденные от контроля отходы могут захораниваться на полигонах промышленных отходов.

Таким образом, ОНАО относятся к отходам производства и потребления с дополнительными требованиями в части радиационного контроля.

ОНАО образуются на Ростовской АЭС при эксплуатации и ремонте оборудования, трубопроводов, аппаратуры, помещений АЭС и при сортировке РАО.

Ожидаемый общий объем ОНАО, размещаемый в сооружениях проектируемого объекта, составляет 5945 м^3 , в том числе:

- этап 1 – 3243 м³ ОНАО;
- этап 2 – 2702 м³ ОНАО.

Сбор ОНАО производится в местах их образования отдельно от радиоактивных отходов, при этом предусматривается исключение смешивания отходов различных уровней активности.

Характеристика пункта захоронения ОНАО

В соответствии с технологией захоронения ОНАО, согласно графику поступления ОНАО, траншея 1 этапа объемом 6000 м³ и траншея 2 этапа объемом 5000 м³ будут заполняться в течение 27 лет каждая.

Здание Технологического корпуса представляет собой прямоугольное, одноэтажное здание с несущим металлическим каркасом и наружными ограждающими конструкциями из профилированного настила с размерами в плане 12,54 м х 13,03 м. Высота здания от отметки уровня земли до верха покрытия переменная от 3,50 м до 6,21 м. Здание неотапливаемое. Конструктивная схема здания – рамно-связевый металлический каркас. Рамы однопролетные, расположены вдоль буквенных осей. Шаг рам 6,0 м, пролет 12,0 м.

Вертикальные связи по колоннам расположены по осям 1, 2 в осях А-Б.

Фундаменты здания приняты монолитные столбчатые.

1 этап. Сооружение предназначено для захоронения горючих и негорючих ОНАО III, IV и V классов опасности. Сооружение состоит из надземной и заглубленной частей.

Надземная часть сооружения временного хранения ОНАО представляет собой одноэтажное прямоугольное неотапливаемое сооружение с размерами в плане 24,6 м х 61,9 м и наружными ограждающими конструкциями из профилированного настила. Сооружение имеет два температурных блока. Температурный-деформационный шов расположен в осях 6-7, делит здания на два температурных блока длиной 31,0 м. Высота сооружения от отметки уровня земли до отметки конька 8,09 м. Высота сооружения от отметки технологической площадки 0,000 до низа несущих конструкций (фермы) 3,93 м.

Надземная часть сооружения предназначена для защиты от атмосферных осадков на период полного заполнения сооружения контейнерами с ОНАО. Проектом предусмотрено заполнения сооружения в течение 27 лет.

Конструктивная схема надземной части металлический каркас. Шаг рам 6,0 м, пролет 24,0 м. Колонны рамы приняты сплошного сечения из прокатных двутавров по ГОСТ Р57837-2017, фермы разработаны на основе серии 1.460.3-23.98 с уклоном кровли 20% из замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения по ГОСТ 30245-2003.

Сооружение имеет крановое оборудование. Кран трехопорный электрический грузоподъемность 1,0 т.

Заглубленная часть сооружения имеет бескаркасную поперечно-стенную монолитную конструктивную схему с шагом поперечных стен 6,0 м. Глубина подземной части сооружения 4,65 м.

После заполнения сооружения контейнерами с ОНАО, конструкции надземной части демонтируются, а заглубленная часть заполняется буферным материалом (песком) до отметки верха железобетонных стен сооружения. По верху подсыпки выполняется железобетонная монолитная плита толщиной 150 мм и обваловка высотой 1,35 м.

Пространственная жесткость и неизменяемость подземной части сооружения обеспечивается жесткостью внешних и внутренних железобетонных стен, жестко соединенных с фундаментной плитой и между собой. Монолитные железобетонные конструкции воспринимают все действующие на подземную часть вертикальные и горизонтальные нагрузки и обеспечивают прочность, общую устойчивость и пространственную неизменяемость подземной части сооружения.

2 этап. Сооружение предназначено для захоронения горючих и негорючих ОНАО III, IV и V классов опасности. Сооружение состоит из надземной и заглубленной частей.

Надземная часть сооружения временного хранения ОНАО представляет собой одноэтажное прямоугольное неотапливаемое сооружение с размерами в плане 24,6 м х 55,9 м

и наружными ограждающими конструкциями из профилированного настила. Сооружение имеет два температурных блока.

Температурный-деформационный шов расположен в осях 6-7, делит здания на два температурных блока: длина одного блока 31,0 м, длина второго блока 25,0 м. Высота сооружения от отметки уровня земли до отметки конька 8,09 м. Высота сооружения от отметки технологической площадки 0,000 до низа несущих конструкций (фермы) 3,93 м.

Надземная часть сооружения предназначена для защиты от атмосферных осадков на период полного заполнения сооружения контейнерами с ОНАО. Проектом предусмотрено заполнения сооружения в течение 23 лет.

Конструктивная схема надземной части металлический каркас. Шаг рам – 6,0 м, пролет – 24,0 м. Колонны рамы приняты сплошного сечения из прокатных двутавров по ГОСТ Р57837-2017, фермы разработаны на основе серии 1.460.3-23.98 с уклоном кровли 20% из замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения по ГОСТ 30245-2003.

Сооружение имеет крановое оборудование. Кран трехопорный электрический грузоподъемность 1,0 т.

Заглубленная часть сооружения имеет бескаркасную поперечно-стеновую монолитную конструктивную схему с шагом поперечных стен 6,0 м. Глубина подземной части сооружения 4,65 м.

После заполнения сооружения контейнерами с ОНАО, конструкции надземной части демонтируются, а заглубленная часть – заполняется буферным материалом (песком) до отметки верха железобетонных стен сооружения. По верху подсыпки выполняется железобетонная монолитная плита толщиной 150 мм и обваловка высотой 1,35 м.

Пространственная жесткость и неизменяемость подземной части сооружения обеспечивается жесткостью внешних и внутренних железобетонных стен, жестко соединенных с фундаментной плитой и между собой. Монолитные железобетонные конструкции воспринимают все действующие на подземную часть вертикальные и горизонтальные нагрузки и обеспечивают прочность, общую устойчивость и пространственную неизменяемость подземной части сооружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон РФ № 7-ФЗ от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды».
2. Федеральный закон №89-ФЗ от 24.06.1998 «Об отходах производства и потребления».
3. Федеральный закон, № 52-ФЗ от 03.03.1999 г. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».
4. Градостроительный кодекс Российской Федерации № 190-ФЗ от 29 декабря 2004 г.
5. Оценка воздействия на окружающую среду, ООО «Спецпроект», 2022.
6. СП 2.6.1.2612-10. «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010);
7. СП 2.6.6.2572-2010 «Обеспечение радиационной безопасности при обращении с промышленными отходами атомных станций, содержащими техногенные радионуклиды».
8. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».
9. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Construction of a Disposal Facility for Very Low-Level Waste (VLLW) at the Rostov NPP with a Volume of 11 000 m³

Fetisova Yu.A.¹, Gorskaya O.I.²

Branch of Rosenergoatom Concern JSC Rostov Nuclear Power Plant, Volgodonsk, Russia

¹*e-mail: fetisova-ya@vdrnp.rosenergoatom.ru*

²*e-mail: gorskaya-oi@vdrnp.rosenergoatom.ru*

Abstract – The paper formulates the type of planned economic and other activities the construction of a disposal facility for very low-level waste (VLLW) at the Rostov NPP with a volume of 11000 m³. Information about the formation and handling of very low-level waste (VLLW) at the Rostov NPP is given. The characteristics of a disposal facility for very low-level waste (VLLW) with a volume of 11,000 m³ have been formulated. The project documentation provides for the construction of a disposal facility for very low-level waste intended for the disposal of VLLW of hazard classes III, IV and V that meet the acceptance criteria for disposal and are generated as a result of the production activities of the Rostov NPP. Construction is carried out in 2 stages. Key words: Rostov NPP, very low-level waste (VLLW), very low-level waste disposal site, planned (planned) activity, gamma-emitting waste, dose, activity, radiation monitoring, industrial waste, facilities.

Key words: Rostov NPP, very low-level waste (VLLW), very low-level waste disposal site, planned (planned) activity, gamma-emitting waste, dose, activity, radiation monitoring, industrial waste, facilities.

УДК 57.017.6:57.084.1

ДИНАМИКА СМЕРТНОСТИ НАЗЕМНОГО МОЛЛЮСКА FRUTICICOLA FRUTICUM ПОСЛЕ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ В ТЕЧЕНИЕ 210 СУТОК

Черкасова Е.Е.^{*}, Лаврентьева Г.В.^{*,**}, Сынзыныс Б.И.^{*}

^{}Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

*^{**}Калужский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, г. Калуга, Россия*

На основании экспериментальных данных лабораторного эксперимента получены значения показателя смертности после острого воздействия γ -облучением в диапазоне от 10 до 300 Гр. Для проведения лабораторного эксперимента были подобраны условия содержания животных, приближенные к естественной среде обитания. Смертность моллюсков в контрольной группе оставалась на нулевом уровне в течение всего эксперимента. В ходе исследований установлены дозо-временные зависимости изменения показателя смертности моллюсков: абсолютная смертность моллюсков всех возрастных групп увеличивается с течением времени после облучения. Радиорезистентность наземного моллюска возрастает при переходе от первой возрастной группы к третьей.

Ключевые слова: наземный моллюск, референтный вид, γ -облучение, смертность.

На фоне развития ядерной энергетики обеспечение радиационной безопасности человека и окружающей среды является актуальным направлением [1]. При этом все большую актуальность приобретает экоцентрический принцип нормирования радиационного фактора, который основывается на предложенной и развиваемой в Публикациях МКРЗ концепции «условных (референтных) животных и растений» [2, 3]. МКРЗ предлагает набор референтных организмов, который включает 12 видов, но данный список не является окончательным.

Наземный моллюск не входит в список референтных видов. Однако моллюски являются удобным инструментом биоиндикации при загрязнении окружающей среды благодаря высоким коэффициентам накопления тяжелых металлов и радионуклидов, широкой распространенности, простоте идентификации, короткому жизненному циклу. Моллюски относятся к радиорезистентным организмам [4, 5], однако даже при малых дозах происходят существенные изменения в организме [6]. При этом следует расширить изучение влияния ионизирующего излучения на моллюсков не только в малых дозах, но и в дозах, превышающих значения показателя летальной дозы.

Данная работа направлена на выявление радиационно-индуцированных релевантных эффектов у наземного моллюска *F. fruticum*, а именно на определение показателя смертности при облучении дозами до 300 Гр на протяжении 210 суток облучения.

Объектом исследований является наземный моллюск *F. fruticum*. Пробоотбор моллюсков осуществлялся на территории с фоновыми значениями радионуклидов. Всего было отобрано более 1000 особей без видимых внешних повреждений раковины. Для исследований были выбраны моллюски трех возрастных групп. Возраст моллюсков определялся по количеству оборотов раковины [7, 8]. Перед облучением моллюски находились в лаборатории для адаптации к новым условиям обитания. Облучение моллюсков осуществлялось на γ -установке ГУР-120 в диапазоне доз от 10 до 300 Гр с шагом 10 Гр.

При облучении моллюсков первой возрастной группы (рис. 1) более высокие дозы вызывают более раннюю абсолютную смертность при нулевой смертности в контрольной группе. Также следует отметить, что абсолютная смертность моллюсков фиксируется при облучении дозами от 60 Гр до 300 Гр. Облучение моллюсков дозами от 180-300 Гр вызывает абсолютную смертность через 60 суток после облучения, через 120 суток после облучения абсолютная смертность фиксируется в дозах облучения 80-170 Гр, за исключение доз облучения 90 Гр и 130 Гр, максимальная смертность в данных дозах облучения была обнаружена через 150 суток после облучения. Абсолютная смертность зафиксирована через 180 суток для доз облучения 50, 60 Гр и через 210 суток для дозы облучения 70 Гр.

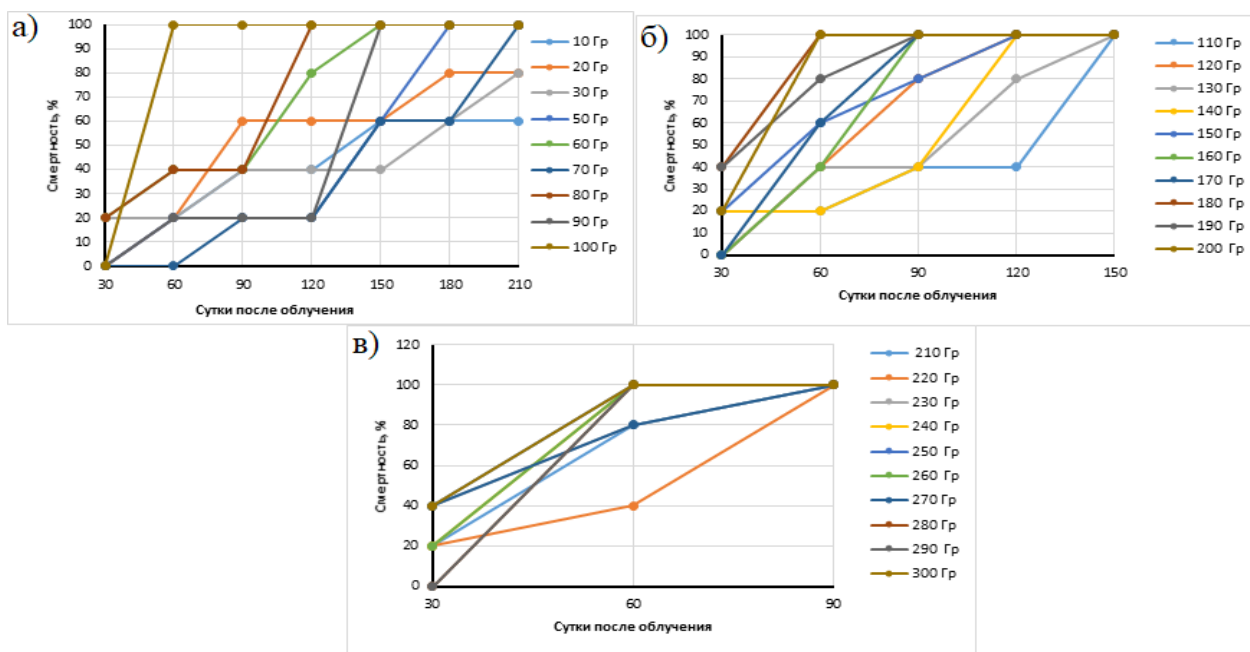


Рисунок 1 – Смертность первой возрастной группы наземного моллюска *F. fruticum*

При облучении моллюсков второй возрастной группы (рис. 2) установлена дозo-временная зависимость изменения смертности: дозы облучения менее 100 Гр не приводят к абсолютной смертности моллюсков на протяжении 210 суток после облучения, более высокие дозы облучения вызывают более раннюю смертность моллюсков. При этом облучение моллюсков дозами 230 Гр, 260 Гр приводит к абсолютной смертности через 120 суток после облучения; дозами 220 Гр, 240-250 Гр, 270-300 Гр – через 90 суток после облучения; дозой 200 Гр – через 60 суток после облучения; дозой 190 Гр – через 120 суток, дозой 170 Гр – через 150 суток, дозами 110-160 Гр – через 180 суток.

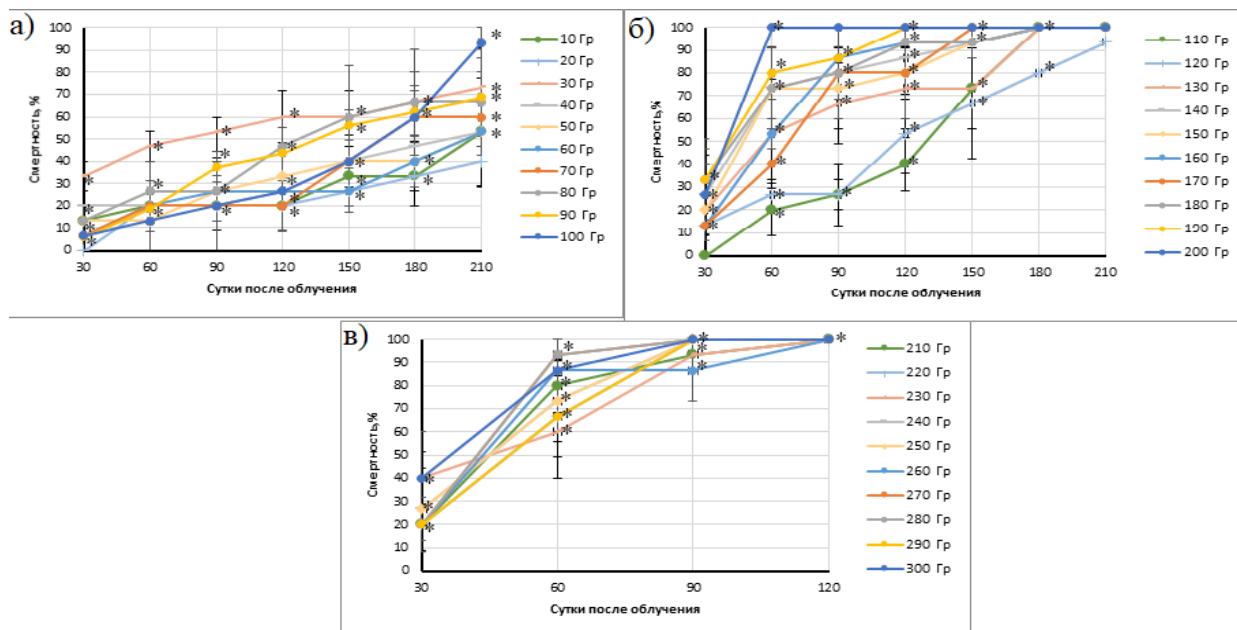


Рисунок 2 – Смертность второй возрастной группы наземного моллюска *F. fruticum*

Установлена дозо-временная зависимость изменения на протяжении 210 суток смертности моллюсков третьей возрастной группы (рис. 3) после облучения дозами 10-300 Гр: более высокие дозы облучения (210-300 Гр) вызывают более раннюю абсолютную смертность. При этом абсолютная смертность моллюсков не отмечается при облучении дозами 130 Гр и менее. Максимальная смертность моллюсков в дозовом диапазоне 140-200 Гр наступает через 120-180 суток после облучения. Для более высоких доз облучения моллюсков (210-300 Гр) абсолютная смертность фиксируется через 60-150 суток после облучения, кроме доз 220 и 250 Гр, где абсолютная смертность была достигнута через 180 суток.

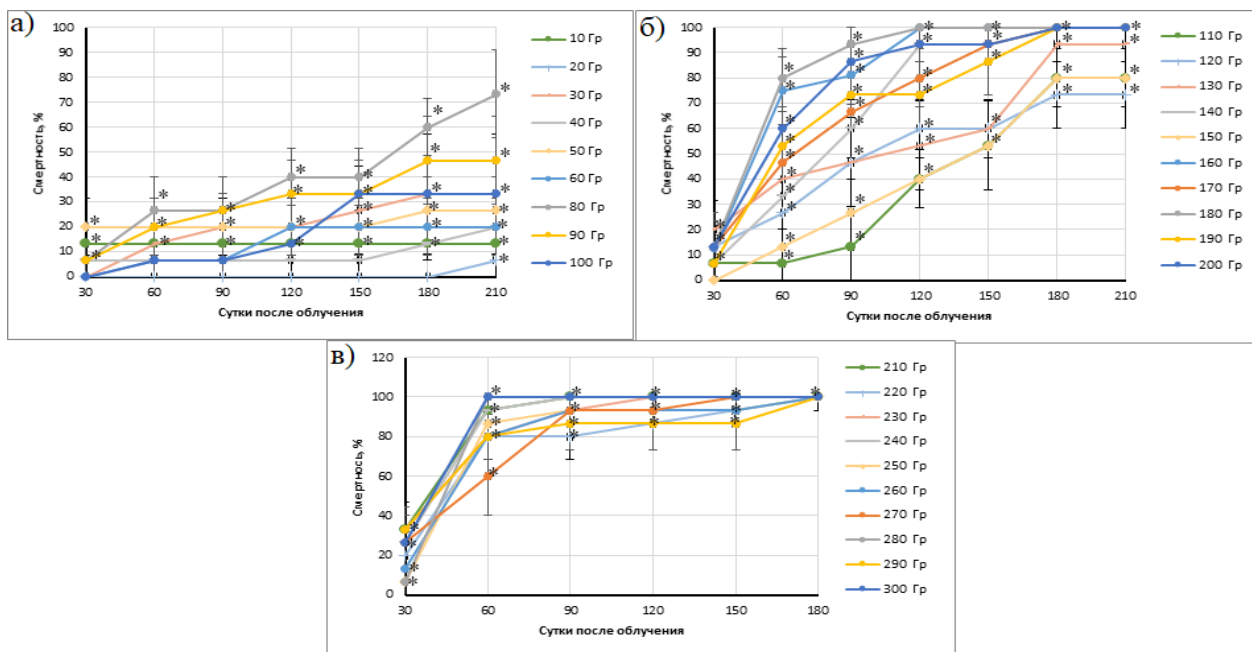


Рисунок 3 – Смертность третьей возрастной группы наземного моллюска *F. fruticum*

В ходе исследований установлены дозо-временные зависимости изменения показателя смертности моллюсков: абсолютная смертность моллюсков всех возрастных групп увеличивается с течением времени после облучения. Абсолютная смертность моллюсков первой и второй возрастных групп отмечается через 60 суток после облучения дозами 100 Гр

и 200 Гр, соответственно, третьей возрастной группы – через 120 суток при облучении дозой 180 Гр на фоне нулевой смертности в контроле.

Радиорезистентность наземного моллюска возрастает при переходе от первой возрастной группы к третьей. При этом через 90 суток к абсолютной смертности моллюсков первой, второй и третьей возрастных групп приводят дозы облучения 160 Гр, 200 Гр и 240 Гр, соответственно. Через 210 суток после облучения – 50 Гр, 110 Гр и 140 Гр, соответственно, для первой, второй и третьей возрастных групп.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крышев И. И. Радиоэкологическая обстановка в биосфере и реальность ее оптимизации / И. И. Крышев, Т. Г. Сазыкина // Биосфера. – 2009. – Т. 1. – № 2. – С. 203-217.
2. ICRP Publication 108. Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants // Annals of the ICRP. – 2008. – P. 251.
3. ICRP Publication 114. Environmental Protection: Transfer Parameters for Reference Animals and Plants // Annals of the ICRP. – 2009. – P. 111.
4. Гудков И. Н. Радиобиология с основами радиоэкологии : учебное пособие / И. Н. Гудков, А. Г. Кудяшева, А. А. Москалёв. – Сыктывкар : Изд-во СыктГУ, 2015. – 512 с.,
5. Радиобиология : курс лекций. В 4 ч. Ч. 3. Радиобиология животных и человека / Н. В. Лазаревич, И. И. Сергеева, С. С. Лазаревич. – Горки : БГСХА, 2012. – 103 с.
6. Сынзыныс Б. И. Оценка экологического риска как инструмент прогнозирования состояния экосистемы, сопряженной с хранилищем радиоактивных отходов / Б. И. Сынзыныс, Г. В. Лаврентьева, О. А. Мирзеабасов [и др.] // Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Основные результаты и пути развития : тезисы докладов Всероссийской научной конференции, Москва, 20–22 марта 2017 года / ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН». – Москва: Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, 2017. – С. 581-582. – EDN ZNIYGD.
7. Гребенников М. Е., Хохуткин И. М. Содержание тяжелых металлов в наземных моллюсках в районе Среднеуральского медеплавильного завода: материалы научно-практической конференции «Экологические основы стабильного развития Прикамья». Пермь, 2000. С. 43.
8. Сычев А. А., Снегин Э. А. Микропространственная изменчивость демографических и конхиологических параметров в популяциях *Helicopsis striata* (Mollusca; Pulmonata; Hygromiidae) в условиях юга Среднерусской возвышенности // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2016. Т 36. № 4. С. 127-146.

Mortality Dynamics of the Terrestrial Mollusk *Fruticicola Fruticum* after Gamma Irradiation for 210 Days

Cherkasova E.E.^{*,1}, Lavrentyeva G.V.^{*,**}, Synzynys B.I.^{*}

^{*}Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering - branch of the FSAOU VO "NIYAU "MEPhI", Obninsk, Russia

^{**}Bauman Moscow State Technical University (Kaluga Branch), Kaluga, Russia

¹e-mail: caterinacherkasova@yandex.ru

Abstract – Based on the experimental data of the laboratory experiment, the values of the mortality rate after acute exposure to γ -irradiation in the range from 10 to 300 Gy were obtained. For the laboratory experiment, the conditions of keeping animals close to their natural habitat were selected. The mortality of mollusks in the control group remained at zero throughout the experiment. In the course of studies, dose-time dependences of changes in the mortality rate of shellfish were established: the absolute mortality of shellfish of all age groups increases over time after irradiation. The radioresistance of the terrestrial mollusk increases with the transition from the first age group to the third.

Key words: terrestrial mollusk, reference species, γ -irradiation, mortality.

СЕКЦИЯ

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ АЭС

УДК 621.791

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ДУГОВОГО РАЗРЯДА ПРИ МАКСИМАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ СВАРКИ ЭЛЕМЕНТОВ БАЛОЧНЫХ КЛЕТОК

Бурдаков С.М., Цуверкалова О.Ф., Постой Л.В.

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

В работе представлены результаты исследования влияния дополнительной составляющей питания частотой 40кГц на устойчивость дугового разряда, при сварке покрытыми электродами на максимальных режимах.

Ключевые слова: стальные балки, балочные клетки, монтаж, металлические конструкции, устойчивость, производительность процесса, квазигармоническая компонента питания, коэффициент вариации, разрывная длина дуги, постоянная времени, быстропеременное поле, проводимость дугового разряда.

Стальные балки – как элементы балочных клеток это наиболее распространенные строительные конструкции. Они нашли широкое применение в строительстве самых различных сооружений: в общественных, гражданских и промышленных зданиях; мостах; эстакадах; гидротехнических сооружениях и т.д. В зданиях и сооружениях металлические балки применяют в виде балочных клеток, т.е. перекрытий, состоящих из системы балок и настила [1].

Производство балочных клеток, работы по монтажу на строительной площадке, связаны с применением ручной дуговой сварки покрытыми электродами. Увеличение объемов строительства, в том числе промышленных объектов, реформы ценообразования в строительстве 2020-2022 гг. [2], стимулируется введением новой государственной программы «Строительство» в Российской Федерации с 1 января 2023 года. Это позволит сократить сроки государственных строек и уменьшить количество незавершенного строительства [3, 4].

Улучшение качества сварных соединений, производительности процесса в большой степени связано с режимами сварки и повышением устойчивости дугового разряда [5].

Повышение производительности ручной дуговой сварки достигается применением электродов больших диаметров, увеличением сварочного тока до максимальных паспортных значений [6], что может вызывать увеличение разбрызгивания металла при сварке. Повышение производительности ручной дуговой сварки является весьма актуальной задачей в связи с тем, что в промышленности, строительстве и других, отраслях [6].

Повышение устойчивости горения дуги на максимальных паспортных режимах, будет способствовать улучшению технологических свойств процесса сварки и его производительности, эксплуатационной надежности металлических конструкций.

Для повышения устойчивости будет использовано введение от специального устройства дополнительной квазигармонической компоненты питания (ККП) частотой 40 кГц (напряжение 80В) в дуговой разряда постоянного тока при ручной дуговой сварке покрытыми электродами [7].

Цель данной работы – исследование влияния дополнительной квазигармонической компоненты питания на устойчивость дугового разряда постоянного тока на максимальных режимах сварки.

В качестве оценки устойчивости были выбраны следующие параметры: разрывная длина дуги l_p [7 - 9], коэффициенты вариации сварочного тока $KV_{I_{св}}$, напряжения KV_{U_d} , постоянную времени θ , характеризующую инерционность изменения проводимости дуги при изменении тока [10, 11].

Эксперименты выполнялись в соответствии с методикой работ [7, 12, 13].

Исследовали устойчивость горения дуги в нижнем положении сварочной ванны с использованием покрытого электрода марки УОНИИ 13/55 $d=3\text{мм}$, $I_{св}=130\text{А}$, с наложением и без наложения квазигармонической компоненты питания на дуговой разряд постоянного тока.

На основе обработки осциллограмм сварочного тока $I_{св}$ и напряжения на столбе дуги U_d были получены коэффициенты вариации этих величин: $KV_{I_{св}}$, KV_{U_d} [11].

При ведении процесса в нижнем положении, на режиме $I_{св}=130\text{А}$, были получены параметры устойчивости: $l_p = 16\text{мм}$; $\theta = 0,135\text{сек}$, $KV_{I_{св}} = 15,46$; $KV_{U_d} = 15,299$. Для сварки на $I_{св}=130\text{А}$ (ККП $f=40\text{кГц}$): $l_p = 31\text{мм}$; $\theta = 0,031\text{сек}$, $KV_{I_{св}} = 19,363$; $KV_{U_d} = 14,705$.

Увеличение коэффициента вариации $KV_{I_{св}}$ в 1,25 раза может свидетельствовать о повышении числа коротких замыканий и увеличении частоты каплепереноса в процессе сварки при использовании ККП на максимальном сварочном режиме. Снижение коэффициента вариации KV_{U_d} в 1,04 раза говорит о повышении стабильности падения напряжения на дуге при наложении ККП $f=40\text{кГц}$.

Полученные результаты говорят о существенном (в 4,35 раза) снижении инерционности изменения проводимости дугового разряда и повышении его динамических характеристик при наложении ККП, что связано с протекающими в нем физическими процессами [14, 15].

При оценке устойчивости горения дуги по ее разрывной длине l_p следует отметить ее увеличение в два раза, снижение эффекта «блуждания», что обусловлено особенностями физических процессов протекающих в плазменном столбе. Быстропеременное поле устраняет направленное движение носителей заряда, что приводит к увеличению времени их пребывания в разрядном промежутке и числа актов ионизации и рекомбинации на каждый заряд [14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Металлические конструкции [Текст]: учеб. для вузов / [Кудишин, Ю.И.], [Беленя, Е.И.], [Игнатьева, В.С.] и др.; под ред. Ю.И. Кудишина. – 11-е изд., стер. – М.: Академия, 2008. – 688 с.
2. Приказ Минстроя России от 04.08.2020 N 421/пр "Об утверждении Методики определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации" (Зарегистрировано в Минюсте России 23.09.2020 N 59986) // Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». – URL: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_362957/ (дата обращения: 14.04.2022).
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 11.04.2022 № 829-р // Официальный портал правовой информации – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202204120022> (дата обращения: 14.04.2022).
4. В России появится новая госпрограмма "Строительство" [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федерального государственного унитарного предприятия «Информационное телеграфное агентство России (ИТАР-ТАСС)». – Режим доступа: URL: <https://tass.ru/nedvizhimost/14358803> (дата обращения: 14.04.2022).
5. Хромченко Ф.А. Надежность сварных соединений труб котлов и паропроводов [Текст] / Ф.А. Хромченко. – М.: Энергоиздат, 1982. – 120 с.
6. Производительность – ручная дуговая сварка. [Электронный ресурс] // Сайт большой энциклопедии нефти и газа. – Режим доступа: URL: <https://www.ngpedia.ru/id333552p1.html> (дата обращения: 14.04.2022).
7. Чернов А.В. и др. Повышение устойчивости горения дуги при сварке покрытыми электродами [Текст] / А.В. Чернов, Ю.В. Полетаев, З.О. Кавришвили, С.М. Бурдаков // Сварочное производство. – 2000. – № 2. – С. 7-9.
8. Бурдаков С.М., Орехов М.И. Анализ способов повышения и критериев оценки устойчивости сварочного дугового разряда / С.М. Бурдаков, М.И. Орехов // Инженерный вестник Дона – 2016. – №2 – URL : <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3594> (дата обращения: 20.03.2020).

9. Хренов К.К. Электрическая сварочная дуга [Текст] / К.К. Хренов. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1949. – 203 с.
10. Соколов О.И. Источники питания для дуговой сварки: учебное пособие [Текст] / О.И. Соколов. – М.: МГИУ, 2011. – 194 с.
11. Букаров В.А., Ермаков С.С., Дорина Т.А. Оценка стабильности дуговой сварки по осциллограммам процесса с использованием статистических методов [Текст] / В.А. Букаров, С.С. Ермаков, Т.А. Дорина // Сварочное производство. – 1990. – №12. – С. 30–32.
12. Бурдаков С.М., Чернов А.В., Цуверкалова О.Ф., Зокиров К.Д. Управление газодинамическими характеристиками дугового разряда с помощью квазигармонической компоненты питания [Электронный ресурс] // Безопасность ядерной энергетики : тезисы докладов XVI Международной научно-практической конференции, 12-13 ноября 2020 г. – Волгодонск : ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 63-66. – ISBN 978-5-72622472-5. – Режим доступа: URL: <https://nps.viti-mephi.ru/ru/arhiv-konferencii> (дата обращения: 14.04.2022).
13. 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.
14. Бурдаков С.М., и др. Физическая модель электрического дугового разряда с наложением высокочастотного напряжения [Текст] / С.М. Бурдаков, А.В. Чернов, Ю.В. Полетаев, С.В.Полежаев. // Сварочное производство. – 2001. – № 11. – С.13-16.
15. Финкельбург, В. и др. Электрические дуги и термическая плазма [Текст] / В. Финкельбург, Г. Меккер. – М.: Изд-во иностр. лит., 1961. – 370 с.

Investigation of Arc Discharge Stability at Maximum Modes of Welding Beam Cage Elements

Burdakov S.M.¹, Cuverkalova O.F.², Postoy L.V.³

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

¹*e-mail: SMBurdakov@mephi.ru*

²*e-mail: OFTsuverkalova@mephi.ru*

³*e-mail: LVPostoj@mephi.ru*

Abstract – The paper presents the results of a study of the effect of an additional component of the power supply with a frequency of 40 kHz on the stability of the arc discharge, when welding with coated electrodes at maximum modes.

Key words: steel beams, beam cages, installation, metal structures, stability, process performance, quasi-harmonic power component, coefficient of variation, arc breaking length, time constant, rapidly changing field, arc discharge conductivity.

УДК 531.7:620.179:621.039

ПРОБЛЕМЫ МОНТАЖА КРАНА КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ В РЕАКТОРНОМ ОТДЕЛЕНИИ ЗАЩИТНОЙ ГЕРМОБОЛОЧКИ

Губеладзе О.А., Губеладзе А.Р.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

При решении проблем безопасности АЭС, где существенная роль отводится подъемно-транспортным системам (ПТС) реакторного отделения (РО), их следует рассматривать как элемент комплекса «ядерное топливо – технологическое оборудование реакторного отделения – защитная гермооболочка (ЗГО)». В работе рассматриваются проблемы монтажа крана кругового действия в реакторном отделении. Отдельное внимание уделяется рассмотрению влияния крана на строительную конструкцию защитной гермооболочки. Представленный материал соответствует

защитным гермооболочкам проекта НП-1000, однако данные результаты исследований справедливы и для оболочек АЭС-2006, а значит, требуют решения.

Ключевые слова: защитная герметичная оболочка, кран кругового действия, деформации, перемещения, трещины, прочность бетона.

Мостовой кран кругового действия (ККД) в реакторном отделении энергоблока АЭС с ВВЭР при производстве строительно-монтажных работ основного объекта выполняет грузоподъемные и транспортные операции внутри гермооболочки при перемещении оборудования (корпуса реактора, машины перегрузки топлива, парогенераторов, и иных грузов).

Геодезическое сопровождение монтажа кранового пути и самого крана непосредственно на площадке АЭС включает в себя [1]:

- исполнительную съёмку подкрановых балок, оптимизацию положения оси кранового пути;
- контроль геометрических параметров секций кранового пути и разработка рекомендаций на их ремонт;
- разбивку оси кранового пути и положения секций;
- контроль установки башмаков и секций кранового рельса, разработку рекомендаций на юстировку;
- контроль геометрических параметров рельса после сварки башмаков;
- разбивку мест установки главных балансиров ходовой части крана;
- контроль установки главных балансиров ходовой части крана;
- контроль геометрических параметров моста крана при его сборке;
- контроль монтажа моста крана;
- контроль геометрических параметров балансиров крана после сборки;
- контроль геометрических параметров кранового пути после обжатия оболочки, разработка рекомендаций на его ремонт;
- исполнительная съёмка кранового пути после его ремонта.

В ходе выполнения данного вида работ на одном из объектов периодически выявлялись те или иные отклонения от требований, предъявляемых к качеству монтажа. Например, несмотря на проведенную разбивку мест установки главных балансиров ходовой части крана на строящемся блоке АЭС, сам монтаж крана был проведен без оповещения сотрудников, которые осуществляли сопровождение. В результате кран был установлен с отклонениями от требований проекта производства работ, что в свою очередь повлияло на его курсовую устойчивость. В момент установки балансиров ККД на подкрановый путь при контакте колеса с поверхностью рельса образуется пятно контакта, размер и вид которого зависит от форм образующей колеса и поверхности головки рельса. Так как рельсовый путь представляет собой окружность, то при вращении колеса в месте контакта возникает процесс продольного скольжения. Это незамедлительно (еще до физического пуска) оказало деструктивное воздействие на рельс кранового пути.

После монтажа крана на подкрановый путь, то консоли, расположенные в зонах влияния ходовых колес, испытывают нагрузку, возникающую от воздействия собственного веса крана. Защитная гермооболочка (ЗГО) в зоне крепления консолей воспринимает момент силы от массовой нагрузки ККД. Это в свою очередь вызывает упругие деформации железобетонной конструкции стены ЗГО. При этом места крепления консоли являются условной границей, которая разделяет расположенные выше и ниже зоны с соответствующими на конкретный момент строительства жесткостями [2]. Следствием этих деформационных процессов является формирование вертикальных трещин на внешней стороне гермооболочки. При этом в проекте на изготовление ЗГО сформулировано требование, что допускаются усадочные трещины с раскрытием 0,3 мм, что в реальности превышает в несколько раз [2]. Кроме того, глубина трещин значительно превышает толщину защитного бетонного слоя стены ЗГО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Пимшин, Ю. И. Влияние крана кругового действия на техническое состояние строящейся защитной оболочки АЭС / Ю. И. Пимшин, Е. Б. Ключин, О. А. Губеладзе [и др.] // Глобальная ядерная безопасность – 2016, – № 2(19). С. 33-42.

Problems of Installation of a Circular Crane in the Reactor Compartment of a Protective Hermetic Shell

Gubeladze O.A.¹, Gubeladze A.R.²

Don State Technical University, Rostov-on-Don

¹*e-mail: buba26021966@yandex.ru*

²*e-mail: argmethod@mail.ru*

Abstract – The Lifting and transport systems (LTS) of the reactor compartment (RC) are considered as an element of the "nuclear fuel - technological equipment of the reactor compartment – protective pressure-tight shell (PPHTS)" complex when solving the safety problems of nuclear power plants. The paper considers the problems of mounting a circular crane in the reactor compartment. Special attention is paid to the consideration of the influence of the crane on the construction of the protective hermetic shell. The presented material corresponds to the protective hermetic shell of the NP-1000 project, however, these research results are also valid for the shells of NPP-2006, and therefore require a solution.

Key words: protective sealed shell, circular action crane, deformations, displacements, cracks, concrete strength.

УДК 691-405.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Давтян А.Р., Нахабов А.В.

НИЯУ МИФИ, г. Москва, Россия

В работе рассматривается возможность применения аддитивных технологий в атомной отрасли. Данное направление является перспективным в строительной индустрии. Аддитивные технологии способны ускорить строительство общепромышленных объектов на территории строительства предприятий атомной отрасли. Применение аддитивных технологий рассматривается с применением как обычных бетонных заполнителей, так же с применением вторичного бетона, полученных в результате демонтажа ОИАЭ. Работы в данном направлении являются перспективными, за счет новизны технологии 3D печати зданий.

Ключевые слова: строительство, оценка радиационного воздействия, аддитивные технологии, стандартные бетоны, вторичные бетоны, предельное годовое поступление.

Цель работы – исследование возможности использования аддитивных технологий в атомной отрасли. По данной теме рассматривается два варианта использования:

- для строительства с использованием стандартные бетонов;
- для строительства с использованием вторичного бетона.

При новом строительстве аддитивные технологии позволяют увеличивать скорость возведения зданий и сооружений из бетона, что в свою очередь влияет на снижение стоимости строительных работ. Во всем мире наблюдается высокий интерес к теме 3D-печати зданий, так уже в апреле 2021 года в РФ вступили в силу государственные стандарты на материалы для аддитивного строительного производства: ГОСТ Р 59095-2020 «Материалы для аддитивного строительного производства. Термины и определения»; ГОСТ Р 59096-2020 «Материалы для аддитивного строительного производства. Методы испытаний»; ГОСТ Р 59097-2020 «Материалы для аддитивного строительного производства. Технические требования».

В мире уже существуют компании, внедрившие в строительную отрасль свои проекты: «3D-printed Canal House» компании DUS Architects; «Chinese houses» компании WinSun; «а Chinese building» компании WinSun и т.д. [1].

Исходя из вышеуказанных факторов строительство с применением аддитивных технологий является одним из перспективных направлений. 3D-печать зданий и сооружений в атомной отрасли может также ускорить строительство общепромышленных зданий объектов использования атомной энергии (ОИАЭ).

Рассмотрен вариант использования вторичных бетонов с применением аддитивных технологий в строительстве, для этого исследовались различные факторы:

- расчетная оценка радиационного воздействия на население существующих способов обращения и утилизации отходов (рассматриваются бетоны класса низкоактивные радиоактивные отходы (НАО) и очень низкоактивные радиоактивные отходы (ОНАО));
- изучение процессов, возникающих в бетонных конструкциях объектов использования атомной энергии (ОИАЭ).

Проведен расчет активности и эквивалентной дозы на персонал и население. Дозовые коэффициенты принимались согласно НРБ-99/2009 приложение 1 [2], итоги расчета приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Данные расчетов активности и эквивалентной дозы на персонал вовлеченный в переработку

^3H (тритий)		Скорость дыхания $\text{м}^3/\text{с}$ (w)	0.000389
Активность бетона Бк/кг	1.00E+03	Время работы (с) (t)	18000
Бк	7.59E+00	Масса пыли (m)	0.00759
Бк/ м^3	2.26E-01	Дозовый коэф-фф. эк-в.	1.8E-15
Поступление в организм (Бк)	1.59E+00	V сферы (м)	33.51
Доза эквивалентная (Зв)	2.85E-15	Радиус раб. зоны (м)	2

Таблица 2 – Данные расчетов активности и эквивалентной дозы на население

^3H		Скорость дыхания $\text{м}^3/\text{с}$ (w)	0.000389
Активность бетона Бк/кг	1.00E+03	Время работы (с) (t)	3600
Бк	1.52E+00	Масса пыли (m)	0.001518
Бк/ м^3	4.53E-02	Дозовый коэф-фф. эк-в.	1.8E-15
Поступление в организм (Бк)	6.34E-02	V сферы (м)	33.51
Доза эквивалентная (Зв)	1.14E-16	Радиус раб. Зоны (м)	2

В результате сравнения расчетных данных и значений предельных годовых поступлений (ПГП) по НРБ-99/2009 выявлено, что для населения и персонала, при работе с бетонными материалами класса НАО и ОНАО ПГП не превышают норму.

На ОИАЭ бетонные конструкции зданий и сооружений подвергаются влиянию различных факторов таких как, воздействия ионизирующего излучения и высокотемпературное воздействие. Изменение прочностных свойств бетонов, происходящее в результате их облучения, является следствием собственных радиационных деформаций, ведущих к структурным изменениям материала [3], такой бетон может применяться вторично, в соответствии своим физико-механическим параметрам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Labonnote, N., Rønquist, A., Manum, B., & Rüther, P. Additive construction: State-of-the-art, challenges and opportunities. *Automation in Construction*, 72, (2016) 347–366.
2. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09
3. *Дубровский, В.Б.* Радиационная стойкость материалов / В.Б. Дубровский, П.А. Лавданский, Б.К. Пергаменщик, В.Н. Соловьев. – Москва : Атомиздат, 1973, 264 с.

Investigation of the Possibility of Using Additive Technologies in the Construction of Nuclear Energy Facilities

Davtyan A.R.¹, Nakhabov A.V.²

MEPhI Research Institute, Moscow

¹*e-mail: arsen.davtian2011@yandex.ru*

²*e-mail: AVNakhabov@mephi.ru*

Abstract – The paper considers the possibility of using additive technologies in the nuclear industry. This direction is promising in the construction industry. Additive technologies can accelerate the construction of general industrial facilities on the territory of the construction of nuclear industry enterprises. The use of additive technologies is considered with the use of both conventional concrete aggregates, as well as with the use of secondary concretes obtained as a result of the dismantling of OIAE. Work in this direction is promising, due to the novelty of 3D printing technology of buildings.

Key words: construction, radiation impact assessment, additive technologies, standard concretes, secondary concretes, maximum annual intake.

УДК 624.04.45.001.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗАЩИТНУЮ ОБОЛОЧКУ АЭС ОБРЫВА НАПРЯЖЕННОГО АРМАТУРНОГО КАНАТА

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

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, г. Москва, Россия

В работе приводится описание методологии моделирования динамического воздействия на защитную оболочку реакторного отделения АЭС обрыва напряженного арматурного каната, вызывающего внезапное мгновенное снятие нагрузки, которая ударным образом воздействует на защитную оболочку.

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

Целью данной работы является разработка методики и расчетной модели защитной оболочки с учетом физико-механических и деформационных характеристик материалов сооружения. В результате моделирования получены зависимости от времени динамического отклика (перемещений) защитной оболочки от обрыва напряженного арматурного каната.

Железобетонная преднапряженная защитная оболочка (ЗО) АЭС должна обеспечивать

стабильную работу на всем протяжении эксплуатации энергоблоков. Опыт эксплуатации показывает, что система преднапряжения защитной оболочки (СПЗО) АЭС с ВВЭР-1000, включающая 96 арматурных канатов в цилиндрической части ЗО и 36 армоканатов в купольной части, требует постоянного контроля и, в некоторых случаях, нуждается в замене отдельных арматурных канатов.

В период эксплуатации АЭС с ВВЭР-1000 имели место два различных случая обрывов арматурных канатов: самопроизвольный обрыв каната без приложения дополнительной нагрузки, обрыв при демонтаже арматурного каната СПН-1000.

В настоящее время обоснована возможность замены отдельных армоканатов на работающем блоке с учетом статических эксплуатационных нагрузок. Однако в обоснованиях возможности замены армоканатов при работе реактора на мощности требуется учитывать динамические воздействия при возможном обрыве армоканатов. Демонтаж арматурного каната СПН-1000 требует предварительно дополнительного натяжения демонтируемого армоканата для освобождения фиксирующей гайки, что повышает вероятность его обрыва. При усилиях натяжения, соответствующих проектным, обрыв армоканата может создавать динамическое воздействие на ЗО, сопоставимое с динамическим воздействием от падения легкого самолета.

В этой связи возникает необходимость выполнения расчетной оценки отклика защитной оболочки на динамическое воздействие вследствие обрыва арматурного каната.

Работа включала следующие основные этапы:

1. Разработка методики расчёта прочности защитной оболочки на основе детальных расчетов напряженно-деформированного состояния при воздействии эксплуатационных нагрузок;
2. Разработка методики расчёта защитной оболочки АЭС при динамическом воздействии вследствие возможного обрыва арматурного каната;
3. Разработка объемной конечно-элементной расчетной модели ЗО АЭС.

В процессе эксплуатации защитной оболочки напряженно-деформированное состояние (НДС) обусловлено влиянием четырех основных факторов: собственный вес конструкции, нагрузка от предварительно напряженных арматурных канатов, воздействие эксплуатационной температуры и наличие конструктивных особенностей сооружения (например, наличие утолщений в зоне отверстий большого диаметра, различные траектории арматурных канатов, фактическое количество арматурных канатов).

Разработана методика расчёта напряженно-деформированного состояния защитной оболочки методом суперэлементов на основе детальной 3D модели при воздействии эксплуатационных нагрузок (с учетом потерь усилий в арматурных канатах) [1–8].

В процессе предварительного напряжения защитной оболочки и ее дальнейшей эксплуатации происходят потери усилий в арматурных канатах. К основным факторам, вызывающим потери предварительного напряжения в арматурных канатах, относятся:

- действие сил трения между арматурными канатами и каналобразователями,
- передача нагрузки с домкрата на анкер,
- релаксация напряжений в проволоках каната,
- ползучесть и усадка железобетона,
- деформация оболочки при ее обжатии.

Кроме того, разработаны методики расчёта защитной оболочки АЭС при динамическом воздействии, в том числе и вследствие возможного обрыва арматурного каната.

Обрыв арматурного каната СПЗО, натянутого при обжатии ЗО, вызывает внезапное мгновенное снятие нагрузки, которое ударным образом воздействует на защитную оболочку. Для расчета НДС при подобных нагрузках необходимо применять методы динамического анализа.

Постановка задачи обрыва армоканата заключалась в моделировании мгновенного снятия нагрузки его натяжения, вычислении максимальных приращений перемещений оболочки и вызванных ими напряжений при протекании динамических процессов.

Общий вид расчетной модели представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Конечноэлементная модель защитной оболочки АЭС (188652 линейных объемных элементов и 208716 узлов)

Модель включает 188652 линейных объемных элементов и 208716 узлов. Шаг разбиения конструкции на конечные элементы по углу (окружное направление) составляет 2 градуса, по высоте (меридиональное направление) характерный размер конечных элементов в зоне вута и проходок составляет 0,3–0,4 м, на регулярной цилиндрической части ~0,7–1,0 м, на сферическом куполе шаг элементов составляет в азимутальном направлении 2 градуса. Необходимость формирования столь подробной конечноэлементной модели связана с тем, что в процессе анализа НДС оболочки требуется отдельно учитывать вклад в нагрузку каждого арматурного каната системы преднапряжения.

В результате моделирования получены зависимости от времени динамического отклика (перемещений) наиболее нагруженных зон защитной оболочки. При последующем анализе величины полученных амплитуд колебаний и зависимости компонентов напряженно-деформированного состояния ЗО от времени суммировались с эксплуатационным НДС для оценки их влияния на безопасность эксплуатации защитной оболочки.

Установлено, что при учете эксплуатационных факторов и динамического воздействия от обрыва каната, все сечения защитной оболочки остаются сжимающими, а прочность и работоспособность защитной оболочки обеспечивается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ульянов А.Н., Медведев В.Н. Экспериментальное определение коэффициента трения арматурных кантов о стенки каналовобразователей в защитных оболочках АЭС. Энергетическое строительство, 1994, № 12, с. 70-73.
2. Исследование реологических свойств высокопрочной гладкой проволоки диаметром 5 мм (стабилизированной и отпущенной) при нормальной и повышенной температурах и выдача рекомендаций по определению потерь напряжения в проволоке. НТО/НИИЖБ, Москва, 1989.
3. Релаксация напряжений в высокопрочной стабилизированной проволоке диаметром 5 мм и канатах К-7 диаметром 9 мм при температурах до 70° С. НТО/НИИЖБ, М., 1990.
4. Рекомендации по учету ползучести и усадки бетона при расчете бетонных и железобетонных конструкций./НИИЖБ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1988. – 120 с.
5. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. (Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*). Москва, 2011.
6. Медведев В.Н., Скорикова М.И. Влияние реологических характеристик бетона на напряженно-деформированное состояние защитной оболочки АЭС. – Атомная энергия, 2019, т. 126, вып. 6, с. 317-320.
7. Нормы проектирования сейсмостойких АЭС. НП-031-01.
8. МР 1.5.2.05.999.0027-2011 Нормы проектирования атомных станций на сейсмостойкость. ОАО «Концерн Росэнергоатом». Москва, 2011.

Simulation of the Dynamic Impact on the Containment of a Nuclear Power Plant of a Break in a Stressed Reinforcing Rope

Kiselev A.S., Kiselev A.S., Medvedev V.N.¹, Ulianov A.N., Strizhov V.F., Skorikova M.I.²

Nuclear safety institute of the Russian academy of sciences, Moscow

¹*e-mail: cont@ibrae.ac.ru*

²*e-mail: skorikova@ibrae.ac.ru*

Abstract – The paper provides a description of the methodology for modeling the dynamic impact on the containment of the reactor compartment of a nuclear power plant by a break in a stressed reinforcing rope, causing a sudden instantaneous removal of the load, which impacts the containment in a shock manner.

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

УДК 69.058

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ ГРАДИРНИ, ВЫЗВАННЫЕ ИНСОЛЯЦИЕЙ, СВОЙСТВЕННОЙ РЕГИОНУ РАЗМЕЩЕНИЯ СООРУЖЕНИЯ

Лебедев В.Н., Игнатенко П.Н., Пимшин Ю.И., Постой Л.В.

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

В данной работе определено влияние внешних климатических факторов на изменение геометрии оболочки вытяжной трубы башенной испарительной градирни и ее несущих конструкций, и как следствие накопление остаточных напряжений и деформаций. Произведен расчет в программном обеспечении SOLIDWORKS с учетом технологических процессов, происходящих в сооружении.

Ключевые слова: башенная испарительная градирня, вытяжная башня, колоннада, инсоляция, остаточное напряжение.

Большинство крупных промышленных предприятий, для безопасного ведения технологических процессов которых необходимо охлаждение значительных объемов воды в оборотных системах, используют башенные градирни.

Актуальность данной работы обусловлена сложностью контроля геометрических параметров башенной испарительной градирни в процессе эксплуатации.

Целью данной работы является определение степени влияния неравномерной инсоляции на деформации градирни.

В целях определения максимальных напряжений создадим наиболее неблагоприятные условия для армированного бетона. Среднемесячная температура за июль в городе Ростов-на-Дону составляет 22,3 °С.

Предполагая, что в ночной период достигается термическое равновесие, начальную температуру оболочки вытяжной трубы примем равной средней температуре ночью 25 °С.

Учитывая нагрев оболочки градирни посредством конвекции, температуру внутреннего воздуха в вытяжной трубе принимаем 80 °С. Расчеты производятся в программе SOLIDWORKS.

Оболочка в форме гиперболоида. Верхняя отметка +171.500, нижняя +14.000. радиус основания (здесь и далее по внутренней грани) 60320 мм, максимальное сужение оболочки

достигается на отметке +125.800 и равняется 36001 мм, радиус на отметке 171.500 примем равным 37600 мм. Толщина стенки вытяжной трубы равна 200 мм.

Данные для моделирования:

-оболочка (описана выше)

-конвекция с окружающей средой (температура воздуха принимается равной 32 °С.

Коэффициент конвекции рассчитаем по формуле)(1):

$$\alpha_k = 7,34v^{0,656} + 3,78e^{-1,91v} = 7,34 * 3^{0,656} + 3,78e^{-1,91*3} = 15 \quad (1)$$

где v – усредненный показатель скорости ветра в июле составляет 3 м/с.

– поток солнечной радиации 137 кВт·ч/м.

– конвекция с внутренней средой сооружения.

Процесс нагрева и остывания градирни рассмотрен в течение одного цикла, длительностью 24 часа. Нагрев поверхности градирни происходит с 04:29 до 20:21, в остальной промежуток времени температура поверхности понижается.

Из эпюры остаточных напряжений (см. рис. 3) определяем значение максимального напряжения, возникающего в колоннаде градирни под влиянием неравномерной инсоляции за один цикл.

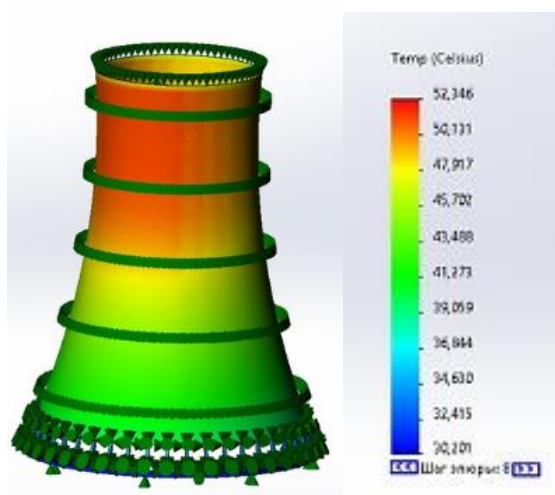


Рисунок 2 – Результат термического анализа в июле

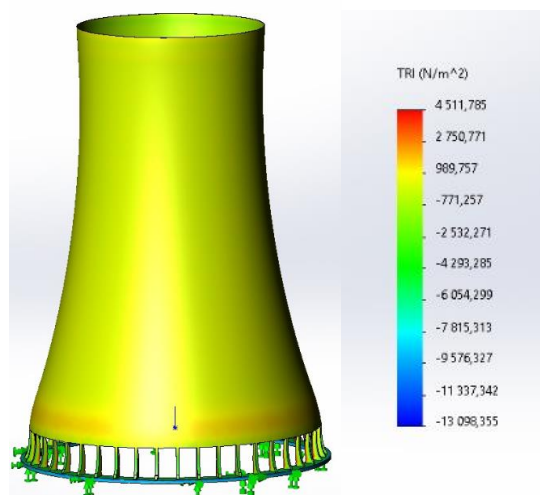


Рисунок 3 – Эпюра остаточных напряжений

Таким образом, на начало нового цикла максимальное напряжение в колоннаде будет равно 4511,785 Н/м². Основываясь на предположении, что остаточные напряжения накапливаются линейно, рассчитаем количество циклов, которое может выдержать градирня.

$$\frac{38530327,85}{4511,78} = 8539,9394$$

Напряжения, возникающие в колоннаде градирни под действием неравномерной инсоляции, накапливаются с течением времени. В зимнее время года с понижением температуры и уменьшением светового дня градирня разгружается, однако часть остаточных напряжений сохраняется, что отрицательно влияет на несущую способность сооружения.

В целях обнаружения остаточных деформаций градирни необходимо выполнять контроль геометрических параметров, а именно вертикальность оси. Разбивая вытяжную башню на ярусы, определяем координаты точек, лежащих на оси. Сравнивая расчетные и практические значения, делаем вывод о наличии остаточных напряжений и, как следствие, деформаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по определению кренов инженерных сооружений башенного типа геодезическими методами/Центр н.-и. и проект. -эксперим. ин-т организации, механизации и техн. помощи стр-ву Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1981. 56 с.
2. Определение кренов инженерных сооружений башенного типа [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.consultant.ru/document/> (дата обращения: 16.03.2022).
3. Конспект лекций по геодезии Base64. [Электронный ресурс]. – URL: <https://mgsu.ru/organizations/> (дата обращения: 10.03.2022).
4. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями N 1, 2) / Свод правил от 30 июня 2012 г.
5. РД эо 1.1.2.05.0697-2006. Руководство по сооружению и сдаче в эксплуатацию железобетонных башенных градирен атомных станций.

The Influence of External Factors on the Change in the Geometry of Cooling Tower

Lebedev V.N.¹, Ignatenko P.N.², Pimshin Y.I.³, Postoy L.V.⁴

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

¹*e-mail: vastys@mail.ru*

²*e-mail: ignatenkopolina0808@gmail.com*

³*e-mail: YIPimshin@yandex.ru*

⁴*e-mail: LVPostoj@mephi.ru*

Abstract – In this paper, the influence of external climatic factors on the change in the geometry of the exhaust pipe shell of the tower evaporative cooling tower and its supporting structures, and as a consequence, the accumulation of residual stresses and deformations, is determined. The calculation was made in the SOLIDWORKS software, taking into account the technological processes taking place in the structure.

Key words: evaporative cooling tower, exhaust tower, insolation, residual voltage.

УДК 528.48

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КУПОЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ЭНЕРГБЛОКА №1 РОСТОВСКОЙ АЭС

Медведев В.Н.^{*}, Пимшина Т.М.^{**}, Пимшин И.Ю.^{***}

^{*}*Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (ИБРАЭ РАН), г. Москва, Россия*

^{**}*Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), г. Ростов-на-Дону, Россия*

^{***}*ООО «НПФ «Инженерная геодезия», г. Ростов-на-Дону, Россия*

В работе рассмотрены результаты производственно-экспериментальной работы по определению фактической геометрии внешней поверхности купольной части защитной оболочки геодезическими методами. Данная работа была выполнена для оценки напряженно-деформированного состояния защитной оболочки.

Ключевые слова: купольная часть защитной оболочки, напряженно-деформированное состояние, проектная и фактическая геометрия, электронный тахеометр.

Защитная оболочка (ЗО) предназначена для одновременной защиты от негативных факторов и аварий для окружающей среды, а также для защиты оборудования первого контура

АЭС от внешних воздействий. Конструкция 3О характеризуется сложным строительным решением, и представляет собой предварительно напряженное системой СПЗО железобетонное сооружение с внутренней поверхностью из листовой стали.

В пункте 31 НП-010-16 «Правила устройства и эксплуатации локализирующих систем безопасности атомных станций» сказано, что в проекте АЭС нужно предусмотреть системы измерения и регистрации температур, а также напряженно-деформированного состояния (НДС) строительных элементов 3О. Для оценки НДС конструкций 3О предусмотрены различные датчики контрольно-измерительной аппаратуры (КИА). Согласно проекту 3О датчики имеют ограниченный срок эксплуатации, составляющий 30 лет. В связи с этим целью выполнения данной работы являлась разработка альтернативного метода контроля НДС купольной части 3О на основе измерения её фактических геометрических параметров.

Съемка купольной части 3О выполнялась способом пространственной тахеометрии с применением электронного тахеометра. Съемка и развитие плано-высотного съемочного обоснования выполнялись одновременно по методу электронно-блочной тахеометрии. Для этого вокруг контролируемого объекта было закреплено 14 связующих опорных точек (Т), которые фиксировались на металлических ограждениях при помощи маркера. Создание плано-высотного обоснования выполнено развитием свободной линейно-угловой сети, в которой за исходную была принята станция стояния прибора S5. Система координат ориентирована параллельно стенам реакторного отделения. Привязка к осям также осуществлена через привязку к строительным конструкциям реакторного отделения [1, 2].

Во время съемки было выполнено 6 постановок электронного тахеометра (S). При этом 4 станции расположены на самом куполе (S1, S2, S3, S4) и 2 станции использовались для передачи отметок (S5, S6). Отметки станций, связующих и контролируемых точек определены тригонометрическим нивелированием. За исходные пункты были приняты осадочные марки реакторного отделения №15 и №18.

Предобработка и уравнивание результатов измерений, а также экспортирование координат пикетов в формат dxf выполнено в программе Credo_Dat. Непосредственная рисовка и анализ трехмерной цифровой модели купольной части 3О производилась в программе ZWCAD. Схема сети с оценкой точности (эллипсами ошибок) плано-высотного положения точек обоснования, станций стояния прибора и пикетов представлены на рис. 1.

В итоге мы получили пространственное положение искомым точек (пикетов) внешней поверхности купола 3О (в количестве 415 шт.) в единой системе координат и высот.

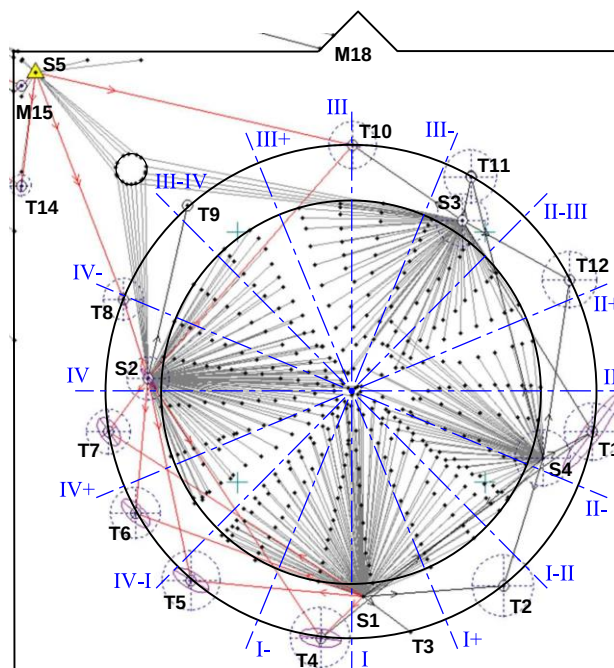


Рисунок 1 – Схема местоположения станций стояния тахеометра (ST), опорных точек (Т) съемочного обоснования и определяемых точек (пикетов)

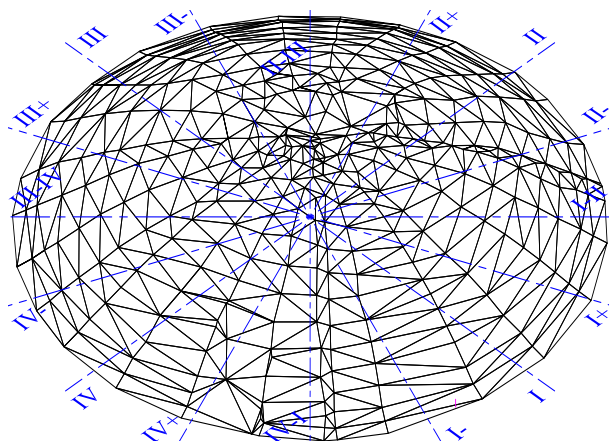


Рисунок 2 – Триангуляции Делоне купола 3О

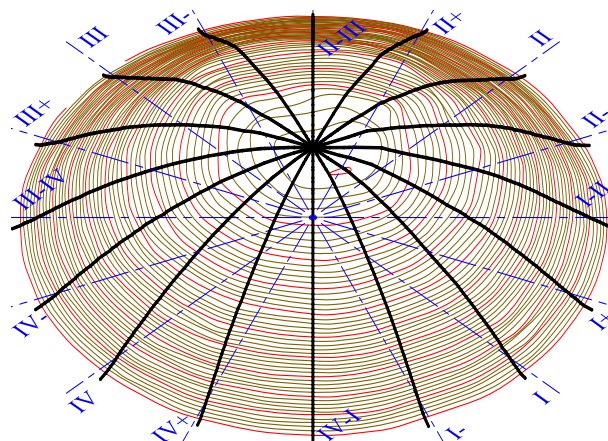


Рисунок 3 – Изолинии купола 3О с вертикальными сечениями по заданным направлениям

Для создания цифровой модели купола применялась триангуляция Делоне, представляющая собой систему треугольников, вершины которых находятся на пикетах (рис. 2). В данном построении получают систему взаимосвязанных неперекрывающихся треугольников, имеющих минимальные размеры, что соответственно максимально приближает их к равносторонним треугольникам. По сторонам треугольников полученной триангуляции Делоне аналитическим способом производилась линейная интерполяция для построения изолиний (линий имеющих одинаковую отметку) определяемой поверхности купола. В нашем случае вертикальное расстояние (превышение) между ближайшими изолиниями было принято равным 100 мм (рис. 3). По созданной поверхности, состоящей из изолиний, были определены вертикальные сечения по заданным направлениям.

Из технического отчета по научно-исследовательской работе «Исследование геометрии гермооболочки реакторного отделения энергоблока №1 Ростовской АЭС при приемо-сдаточных испытаниях», выполненного в 2000 году Ростовским государственным строительным университетом, были взяты отметки железобетонной стенки купола 3О.

В результате работы вычислены величины толщин стяжки и гидроизоляционного слоя купольной части 3О, которые устанавливались из сравнения профилей (вертикальных сечений), определенных по результатам замеров, осуществленных в 2000 г. и 2020 г. При этом учтена поправка за произошедшую осадку за данный период РО. Выполнено сопоставление фактических геометрических параметров внешней поверхности купольной части 3О с проектом. Полученные результаты использованы для определения достаточности количества стабильно работающих датчиков при оценке НДС купола 3О.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пимшин, Ю.И. Диагностика технического состояния защитных оболочек АЭС / Ю.И. Пимшин, Е.Б. Ключин, В.Н. Медведев, О.А. Губеладзе, В.А. Наугольников, Ю.В. Заяров, Ю.С. Забазнов // Известия высших учебных заведений. Геодезия и Аэрофотосъемка. – 2016. – № 4. – С. 55-59.
2. Пимшин, Ю.И. Оценка напряженно-деформированного состояния защитных герметичных оболочек на примере блоков Ростовской АЭС. / Ю.И. Пимшин, В.Н. Медведев, Г.А. Науменко, В.А. Наугольников, Ю.С. Забазнов // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2017. – № 3 – С. 36-42.

Determination of the Geometric Parameters of the Dome of the Containment of the Power Unit № 1 of the Rostov NPP

Medvedev V.N. *, Pimshina T.M. **, Pimshin I.Yu. ***

*Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (IBRAE RAN), Moscow, Russia

**Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia

*** LLC NPF «Engineering Geodesy», Rostov-on-Don, Russia

Abstract – The paper considers the results of production and experimental work to determine the actual geometry of the outer surface of the dome part of the containment by geodetic methods. This work was carried out to assess the stress-strain state of the containment.

Key words: containment dome, stress-strain state, design and actual geometry, total station.

УДК 624.139.68

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИНЪЕКТИРОВАНИЯ МЕТАНОПОГЛОЩАЮЩИХ БАКТЕРИЙ В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫЕ ГРУНТЫ СОВМЕСТНО С УСИЛЕНИЕМ ФУНДАМЕНТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Пимшин Ю.И., Постой Л.В., Тетерина А.А., Гулякина В.В.

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

Ситуация с изменением климата и изменением температурного баланса каждый год меняется в худшую сторону. Следствием этого является растепление многолетнемерзлых пород регионов крайнего севера и высвобождение раннее связанного с грунтами метана. В результате происходят значительные изменения структуры подстилающего слоя, снижается эксплуатационная пригодность оснований, увеличивается вероятность деформаций фундаментов. В рамках работы предлагается методика утилизации метана, посредством инъецирования метанопоглощающих бактерий, а также методика усиления фундаментов и основных строительных конструкций.

Ключевые слова: метан, гидрат метана, метаногидрат, растепление грунтов, метаноокисляющие бактерии, метанотрофы, инъецирование, усиление фундаментов, усиление строительных конструкций, глобальное потепление, парниковый эффект.

В настоящее время на территории Российской Федерации эксплуатируются более 10 объектов энергетики, в том числе атомной отрасли, расположенных в зоне распространения вечноммерзлых пород. Здания и сооружения тепловой и атомной энергетики имеют повышенный уровень ответственности, поэтому возникает необходимость в постоянном контроле за основаниями и фундаментами объектов, предотвращении деформаций, возникающих вследствие неравномерных осадок, и своевременном решении проблем, связанных с глобальным потеплением.

Проблема глобального потепления с каждым годом приобретает большую значимость. Вследствие повышения температуры атмосферы, прогрессирует таяние вечноммерзлых пород. В России более 60% всей площади территории приходится на многолетнемерзлые породы. Растепление существенно влияет на потерю несущей способности и эксплуатационной пригодности оснований, деформацию фундаментов и строительных конструкций зданий и сооружений.

Главная цель – разработка методов утилизации метана, посредством инъецирования метанопоглощающих бактерий, методики усиления фундаментов зданий и сооружений, а также методики обеспечения нормальной эксплуатации. Основные задачи – анализ влияния метана на климат и изменение температуры; изучение поведения метана при нагревании; изучение способов его утилизации.

Метан, CH_4 – простейший предельный углеводород, органическое вещество класса алканов, залегает в грунтах в виде гидратов. Гидрат метана – супрамолекулярное кристаллическое соединение метана с водой, существующее при определенных давлениях и температурах.[1] Метангидрат устойчив к низким температурам и повышенному давлению. При повышении температуры гидраты легко распадаются на метан и воду.

Влияние метана на температурный режим, баланс и климат очень велико. Воздействие метана на парниковый эффект составляет 4-9%, что в 28 раз сильнее, чем эквивалентное количество CO_2 . Таким образом, существует необходимость сбора и утилизации метана. [2]

В процессе исследования было обнаружено, что некоторые экосистемы являются средой обитания метанокисляющих бактерий. Метанотрофы (метанопоглощающие бактерии) – уникальные биологические системы, которые используют метан в качестве единственного источника углерода и энергии. Впервые обнаружены в желудках коров и в водах заболоченных местностей. Они способны к активной жизнедеятельности при экстремальных условиях.[3] Таким образом, метанотрофы рассматриваются в качестве одного из методов утилизации метана, посредством инъектирования раствора с их содержанием в основания. Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что бактерии не представляют угрозы для экосистем регионов крайнего севера и могут быть использованы для инъектирования без вреда для других организмов. В блок-схеме на рисунке 1 представлены разработанные технологические этапы процесса инъектирования раствора.



Рисунок 1 – Блок-схема технологических этапов процессов инъектирования

*Для ввода раствора с бактериями в грунт через устройство свай разработана модель капсулы. Описание: имеет форму сферы, диаметр – 10-20мм, толщина стенки – 5-7мм, материал – жидкое стекло. Содержание капсулы: питательная среда ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KH_2PO_4 , NH_4Cl , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, CaCl_2 , $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, глюкоза, раствор микроэлементов, вода), штамм бактерий. Под действием внутренних напряжений в бетоне, возникающих при его твердении, капсула подвергается деформации сжатия, в результате чего нарушается ее целостность. Вследствие разрушения капсулы, по порам в теле бетона происходит диффузия её содержимого из зоны низкого содержания метана в зону более высокого содержания.

^{**}Для инъектирования с многократным вводом бактерий предложена уникальная конструкция сваи: материал – легированная сталь 09Х16Н4Б (ЭП56), устойчивая к коррозии; диаметр 150-200мм; полая внутри; толщина стенки – 15-20мм; перфорирована на 1/3 длины от острия; диаметр перфорационного отверстия – 3-4мм; шаг перфорации – 50мм; длина сваи определяется расчетом, исходя из геологических условий.

Для предотвращения неравномерных осадок при растеплении оснований, вследствие уменьшения обжатия боковой поверхности сваи грунтом, предлагается усиление фундаментной плиты горизонтальными связями и ребрами жесткости. Последние выполняются в виде замоноличенных тяжелым бетоном стыков горизонтальных несущих конструкций фундамента.

В процессе работы изучено взаимодействие метана и метанотрофных бактерий. В результате исследования проведен анализ возможности утилизации метана из толщи грунта, посредством инъектирования метанопоглощающих бактерий, представлена уникальная конструкция сваи для усиления фундамента с одновременным инъектированием субстрата с бактериями, а также разработана концепция (модель) капсулы. Разработаны и предложены три метода инъектирования раствора с одновременным закреплением грунтов оснований зданий и сооружений, расположенных в зоне распространения вечномёрзлых пород: с однократным вводом бактерий, двукратным вводом и многократным вводом бактерий, разработан метод усиления несущих фундаментных конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев, А.Е. Газовые гидраты. Технологии воздействия на нетрадиционные углеводороды: Учеб. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. / Воробьев А.Е., Малюков В.П. – Москва: РУДН, 2009. – 289 с.: ил.
2. Ульбаев Т.С., Роль метана в парниковом эффекте // Природообустройство / Ульбаев Т.С., Коротеев М.П., Артамонова И.В. – ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева», 2009. – 44-49с.
3. Штамм метанооксилюющих бактерий *Methylococcus capsulatus* ГБС-15 для получения микробной белковой массы [Текст]: пат. 2613365 Рос. Федерация: МПК C12N1/20 A23K10/10 C 16/03/2017

Development of a Technique for Injecting Methane-Absorbing Bacteria into Permafrost Soils Together With Strengthening of Foundation Structures

Pimshin Yu.I., Postoy L.V., Teterina A.A., Gulyakina V.V.

*Volgodonsk Engineering and Technology Institute - branch of the National Research Nuclear University "MEPhI",
Volgodonsk, Russia*

¹*e-mail: YIPimshin@mephi.ru*

²*e-mail: LVPostoj@mephi.ru*

³*e-mail: anastasiya.teterina.99@mail.ru*

⁴*e-mail: veragulakina1925@gmail.com*

Abstract – The situation with climate change and changes in the temperature balance is changing for the worse every year. The consequence of this is the thawing of permafrost rocks in the regions of the Far North and the release of methane that was previously associated with soils. As a result, significant changes in the structure of the underlying layer occur, the serviceability of the foundations decreases, and the likelihood of foundation deformations increases. As part of the work, a method for methane utilization is proposed by injecting methane-absorbing bacteria, as well as a method for strengthening foundations and main building structures.

Key words: methane, methane hydrate, methane hydrate, soil thawing, methane-oxidizing bacteria, methanotrophs, injection, strengthening of foundations, strengthening of building structures, global warming, greenhouse effect.

ЗАМЕНА АРМОКАНАТОВ СПН-1000 НА АРМАТУРНЫЕ ПУЧКИ СПЗО-М НА ЭНЕРГБЛОКАХ № 1 И № 2 РОСТОВСКОЙ АЭС

Пономарев К.В.^{*}, Постой Л.В.^{**}

^{}Ростовская АЭС, г. Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

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

Цель проведения монтажных работ по замене армоканатов СПН-1000 на армопучки СПЗО-М: повышение безопасности при эксплуатации и надежности защитной оболочки энергоблоков № 1 и № 2 Ростовской АЭС, продление срока службы, сокращение расходов на техобслуживание и ремонт.

Ключевые слова: защитная герметичная оболочка, армопучки СПЗО-М, армоканаты, безопасность при эксплуатации энергоблоков.

В настоящее время, когда атомная энергетика России продолжает свое развитие актуальной темой остается продление эксплуатационного ресурса энергоблоков действующих атомных электростанций, введенных в эксплуатацию более 20 лет назад. Продление срока эксплуатации энергоблоков рассчитывается на срок 15-30 лет в зависимости от каждого конкретного случая. Согласно экономическим показателям продление срока эксплуатации энергоблоков АЭС определяется сроком от 15 до 30 лет в зависимости от технических характеристик объекта. Первый энергоблок Ростовской АЭС 25 декабря 2001 г. введен в промышленную эксплуатацию, т.е. эксплуатационный ресурс составляет 21 год.

В данной работе рассмотрен технологический процесс монтажных работ по замене купольных и цилиндрических армоканатов СПН-1000 на армопучки СПЗО-М (ТУ № 4846-007-95520222-15 «Система предварительного натяжения защитной оболочки модернизированной») состоящие из 46-ти стальных арматурных канатов К7 в полиэтиленовой оболочке номинальным диаметром 15,7 мм на Ростовской АЭС на энергоблоках №1 и №2:

- демонтаж арматурных канатов СПН-1000 и монтаж пучков арматурных канатов СПЗО-М;
- подбор состава и приготовление инъекционного раствора;
- инъектирование каналов;
- натяжение пучков арматурных канатов;
- установка защитных крышек и консервация.

Защитная оболочка является частью герметичного ограждения (ГО) и предназначена для ограничения распространения выделяющихся при авариях радиоактивных веществ и ионизирующего излучения за пределы зоны локации аварии (ЗЛА). Конструкция оболочки имеет цилиндрическую форму, завершающуюся полусферическим куполом. Материал оболочки – предварительно напряженный монолитный железобетон. Предварительное напряжение защитной оболочки создается посредством обжатия монолитного железобетона вследствие натяжения армоканатов СПН-1000 с усилием в 9800 кН, которые пропускают через каналобразователи, расположенные в теле конструкции.

Принята геликоидально-петлевая схема расположения арматурных элементов в цилиндрической части и ортогонально-петлевая схема расположения арматурных элементов в куполе. Всего в защитной оболочке энергоблока расположено 132 арматурных каната СПН-1000, в том числе в цилиндрической части – 96 шт. и в куполе – 36 шт.

Класс безопасности системы преднапряжения – 2НЛ, категория ответственности конструкций защитной оболочки за радиационную и ядерную безопасность – I по ПИН АЭ-5.6 «Нормы строительного проектирования АЭС с реакторами различного типа», категория сейсмостойкости защитной оболочки – I по НП-031-01 «Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций». [1]

Элементы системы преднапряжения защитной оболочки, воспринимающие нагрузку (опорные плиты, арматурные канаты, анкерные обоймы, клиновые зажимы, преобразователи силы измерительные) соответствуют 2 классу безопасности, классификационное обозначение 2НЛ в соответствии с НП-001-15, I категории сейсмостойкости в соответствии с НП-031-01 и I категории ответственности по радиационной и ядерной безопасности согласно ПИН АЭ 5.6. стальные элементы СПЗО относятся к 4 классу безопасности в соответствии с НП-001-15.

Армоканат СПН-1000 состоит из 456 параллельно уложенных высокопрочных стабилизированных проволок диаметром 5,0 мм из круглой углеродистой стали для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций. Модернизированная система преднапряжения из арматурных пучков СПЗО-М представляет собой симметричную конструкцию из анкерных элементов и датчиков силы, соединенных арматурными канатами К-7 в полиэтиленовой оболочке, концы которых клиновыми зажимами закреплены в конических отверстиях анкерных блоков. Дистанционирование полиэтиленовых оболочек арматурных канатов К-7 осуществляется посредством заполнения каналов инъекционным раствором.

Демонтаж арматурных канатов СПН-1000 и монтаж пучков арматурных канатов СПЗО-М включает в себя демонтаж арматурных канатов СПН-1000; проверку сечения канала купольных и цилиндрических пучков; проверку на герметичность канала и монтаж трубы при ремонте канала; подготовку пучка СПЗО-М к протягиванию и монтаж армопучков в каналы.

Подбор состава и приготовление инъекционного раствора. Материалы для инъекционного раствора: вода; сухая смесь для раствора повышенной прочности ЦМИД-5 ВП (зона перегиба), которая обеспечивает свободное предварительное и плотное заполнение (без пустот) полостей канала с уложенными арматурными канатами при отсутствии контрольных штуцеров по длине канатов. А так же используется смесь сухая тонкодисперсная инъекционная «Центрипор КМ-70» (ветви) (изготавливается по ТУ 5745-249-51552155-2016 «Смесь сухая тонкодисперсная инъекционная Центрипор КМ-70 «Centripor QM-70»). Смесь ЦМИД-5 ВП имеет прочность при сжатии при твердении при температуре 20°С в возрасте 24 часов более 30 МПа. В состав инъекционного раствора входит Центрипор КМ-70 – 20 кг и вода – 7,6 литров.

Инъектирование каналов армопучков СПЗО-М выполняется после протягивания пучков в каналы до натяжения и имеет своей целью закрепление арматурных канатов К-7 в канале после протягивания и изолирование их друг от друга. Инъектирование канала проводится в два этапа. На первом этапе инъектируется зона перегиба канала (на отм. +56,100 для купольных и на отм. +10,800 для цилиндрических армопучков) высокопрочным инъекционным раствором (ЦМИД-5 ВП). После твердения инъекционной смеси (не менее 4 часов), вторым этапом инжектируются ветви канала инъекционным раствором (Центрипор КМ-70) для преднапряженных конструкций.

Для приготовления и подачи раствора в канал применяется специальная инъекционная установка, состоящая из двух смесительных баков с лопастями на вертикальном стволе для приготовления раствора, расходного бака для хранения раствора (бункер) и высоконапорной, высокопроизводительной насосной станцией для подачи инъекционного раствора в каналы – растворонасоса. Натяжение армопучка производится после набора прочности раствора ветвей не менее 20 МПа.

Для натяжения армопучков защитной оболочки реакторного здания применяется специальное гидравлическое оборудование. Натяжение арматурных пучков является ответственной операцией, т.к. выполняются работы по созданию больших сжимающих усилий в конструкции и растягивающих – в высокопрочной арматуре. Работа проводится на оборудовании с высоким рабочим давлением жидкости – до 70 МПа. Учитывая это, любые незначительные ошибки могут привести к серьезным последствиям.

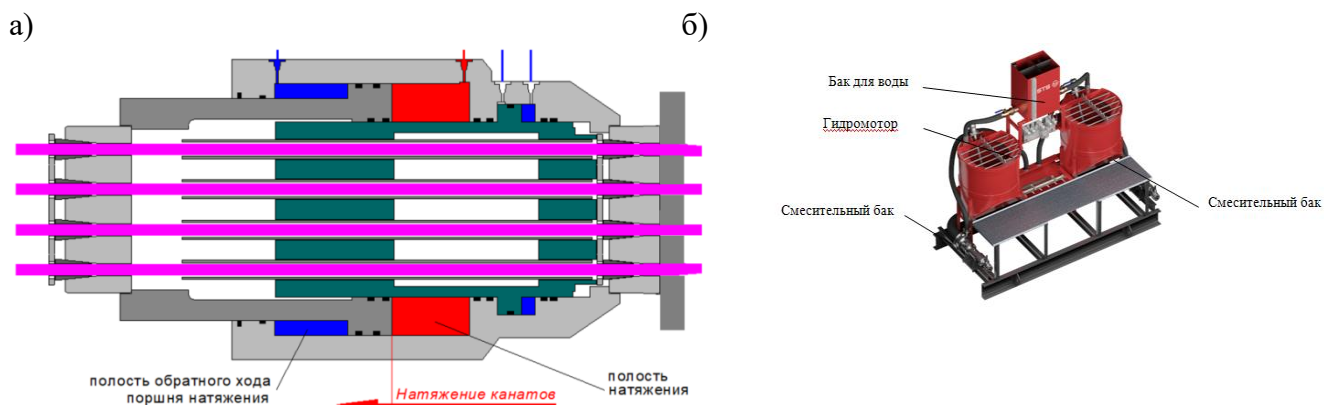


Рисунок 1 – Натяжение пучков арматурных канатов а) модель инъекционной установки; б) схема натяжения

Ввиду большой длины пучка арматурных канатов и большого суммарного угла поворота, натяжение осуществляется двумя домкратами одновременно. Натяжение пучков выполняется поэтапно, каждый этап дает возможность получить величины удлинений и давления, необходимые для того, чтобы проверить соответствие расчетным величинам. Контроль усилия в арматурном пучке ведется по манометру, установленному на полости поршня натяжения гидравлического домкрата либо на насосной станции, класс точности манометра 0,6.

Контроль напряженно-деформированного состояния (НДС) защитной оболочки с использованием автоматизированной системы контроля (АСК) НДС защитной оболочки в ходе работ по натяжению пучков арматурных канатов СПЗО-М проводится по Программе натурных наблюдений службой эксплуатации РоАЭС. Результаты операции натяжения указываются в протоколе (акте) натяжения для каждого конкретного пучка арматурных канатов СПЗО-М. Протокол подписывается ответственным за проведение работ по натяжению и проверяющими лицами.

Далее производится монтаж защитных крышек, и консервация (заполнение защитного колпака церезином). Защитные крышки покрываются атмосферной огнезащитной эмалью типа «ЛЕГИР» (КО-518 ПГМ) (или аналогичной), обеспечивающей огнестойкость в течение 60 минут.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. НП-001-15 «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций».
2. НП-010-16 «Правила устройства и эксплуатации локализирующих систем безопасности атомных станций».
3. Технологические карты Генконструктора СПН-1000 ЗАО «Институт «Оргэнергострой».
4. Техническая документация Головного разработчика СПЗО-М ООО «СТС».

Replacement of Reinforcing Ropes SPN-1000 with Reinforcing Bundles SPZO-M at Power Units No. 1 and No. 2 of Rostov NPP

Ponomarev K.V.^{*,1}, Postoj L.V.^{**,2}

¹Rostov NPP, Volgodonsk, Russia

²Volgodonsk Engineering and Technology Institute, a branch of the National Research Nuclear University MEPhI, Volgodonsk, Russia

¹e-mail: po-kir1979@yandex.ru

²e-mail: LVPostoj@mephi.ru

Abstract – The purpose of the installation work to replace SPN-1000 reinforcing ropes with SPZO-M armored bundles is to increase the operational safety and reliability of the containment of power units No. 1 and No. 2 of the Rostov NPP, extend the service life, and reduce maintenance and repair costs.

Key words: protective hermetic shell, SPZO-M armored bundles, armored ropes, safety during operation of power units.

СЕКЦИЯ

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

УДК [621.039.58 : 621.311.25] : 355.4 (477)

**БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АЭС В УСЛОВИЯХ СПЕЦИАЛЬНОЙ
ВОЕННОЙ ОПЕРАЦИИ НА УКРАИНЕ**

Руденко В.А., Евдошкина Ю.А.

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

В данной статье рассматриваются вопросы безопасной эксплуатации АЭС в условиях специальной военной операции, проводимой РФ на территории Украины.

Ключевые слова: безопасность, объект использования атомной энергии, персонал АЭС, система «человек-машина-среда».

В обеспечении безопасности в атомной отрасли особая роль отводится человеческому фактору [1]. В условиях специальной военной операции проводимой РФ на территории Украины роль человеческого фактора на объектах атомной энергетики, в том числе и в России, приобретает особую поляризованность. С одной стороны, это самоотверженное исполнение своих обязанностей оперативным и обслуживающим персоналом станций в максимально непростых условиях. Однако нельзя исключать угрозу организации спланированных чрезвычайных ситуаций, возможных диверсий с украинской стороны. «Единственный фатальный сюжет с реактором может произойти, если он подвергнется взрывному воздействию изнутри реакторной зоны в связи с тепловым разгоном самого реактора и отключения систем защиты – как это и произошло в Чернобыле и Фукусиме», – предупреждают эксперты [2]. В данном случае все будет тоже зависеть от того, насколько грамотно и дисциплинированно будут выполнять должностные инструкции оперативный персонал на АЭС.

Впервые в истории военная операция проводится на территории, где расположены объекты масштабной ядерной энергетической программы. В сложившейся ситуации вопросы безопасности ядерных объектов Украины требуют особого внимания. Атомные станции имеют высокую степень надежности. Конструкция реактора позволяет выдерживать все возможные виды внешних воздействий – землетрясения, смерчи, ураганы, воздушные ударные волны (например, при взрывах), падение самолета и прочие. Именно поэтому непосредственно боевые действия угрозы украинским АЭС не представляют. Даже в случае прямого попадания снарядов и ракет ядерные реакторы АЭС надежно защищены.

Все атомные станции Украины оказались в зоне военной операции. Чернобыльская АЭС не работает уже больше двадцати лет, не вырабатывает электроэнергию. Последний энергоблок был остановлен в 2000 году. Топлива в неповрежденных реакторах больше нет, но на территории самой атомной станции остались радиоактивные отходы, а в зоне отчуждения – несколько хранилищ для отходов с разным уровнем радиоактивности и отработавшего ядерного топлива.

На Украине сейчас находится 15 действующих энергоблоков: шесть на Запорожской АЭС; три на Южно-Украинской АЭС; два на Хмельницкой АЭС; четыре на Ровенской.

Энергетическая система Украины, по мнению экспертов, испытывала серьезные проблемы до начала военной операции. В условиях постоянной фейковой информации очень важно установить реальные факты. Все четыре станции были построены в советский период, серьезной модернизации не производилось. Обоснованное беспокойство специалистов

вызывают окончание проектных сроков эксплуатации энергоблоков, отказ, в силу политических причин, от ядерного топлива российского производства и переход на использование топливных сборок компании Westinghouse. Вследствие этого ядерные реакторы АЭС работают на полную мощность на «неродном» топливе вместо «знакомых» ТВЭЛов советской проектировки из России. К тому же, американская компания Westinghouse Electric своё отработанное топливо навсегда оставляет стране-заказчику, а Россия, согласно договору, ещё с советских времён забирает его к себе на переработку.

Ровенская АЭС – первую на Украине станцию с водо-водяными ядерными реакторами, ей уже полвека, она единственная с энергоблоками на базе первых реакторов ВВЭР-440 советского производства. Два её энергоблока имеют более слабую защитную оболочку и поэтому обеспечивают меньший уровень защиты в случае аварии с повреждением реактора, чем остальные 13 более современных энергоблоков на Ровенской, Южно-Украинской, Хмельницкой и Запорожской АЭС.

25 января 2022 года на Хмельницкой АЭС отключился энергоблок №1 из-за «срабатывания дифференциальной защиты блочного трансформатора с последующей работой защиты реакторной установки». Энергоблок был введен в эксплуатацию в 1988 году, и срок его службы истек в 2018-м. На Хмельницкой АЭС эксплуатируется два энергоблока с ВВЭР-1000.

В этот же день отключился четвертый энергоблок Запорожской АЭС для устранения «газовой неплотности турбогенератора». Срок эксплуатации энергоблока закончился в 2020 году.

Роль человеческого фактора определяется функциями и значимостью человека как звена в системе «человек-машина-среда». Профессиональная надежность человека должна быть выше надежности остальных элементов системы. Человек, с одной стороны, может находить нестандартные решения и выводить систему из критической ситуации, и, с другой стороны, человек может сам и приводить систему в такую ситуацию. В условиях специальной военной операции надежность персонала атомных станций Украины определяются профессиональными знаниями, профессионально важными личностными качествами. Индивидуальные и личностные аспекты деятельности персонала атомной станции в условиях повышенного риска определяются морально-психологическими ценностями человека, его желанием работать, мотивацией и деполитизированным подходом к событиям.

Подводя итог, обратим внимание на то, что основной смысл понятия безопасности атомной станции традиционно состоит в безопасности по отношению к обществу, которое использует этот атомный объект. Рассмотрение вопросов безопасной эксплуатации АЭС в условиях специальной военной операции на Украине включает безопасность атомного комплекса, в некотором смысле, от общества, что подразумевает безопасность от террористических действий, спланированных диверсий, саботажа как реакции персонала на социально-экономическую ситуацию или военно-политическую обстановку. В конечном счете, защита и безопасность АЭС тесно связаны с защитой и безопасностью общества: людей, которые работают на электростанциях, людей, которые живут рядом с ними, и людей, которых АЭС обеспечивают электроэнергией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руденко В. А. К истории понятия "культура безопасности" // Глобальная ядерная безопасность. – 2014. – № 3 (12). – С. 100-104.
2. Безопасность ядерных объектов на Украине в условиях военной операции [Электронный ресурс] Новостной портал infox.ru / URL:// <https://www.infox.ru/news/251/269923-bezopasnost-adernyh-obektov-na-ukraine-v-usloviah-voennoj-operacii> (дата обращения 25.04.2022).

Safe Operation of NPP under the Conditions of a Special Military Operation in Ukraine

Rudenko V.A.¹, Evdoshkina Yu.A.²

Abstract – This article discusses the issues of safe operation of nuclear power plants in the context of a special military operation conducted by the Russian Federation on the territory of Ukraine.

Key words: safety, nuclear facility, NPP personnel, "man-machine-environment" system.

339.16.012.23

ОСОБЕННОСТИ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОРГОВЫХ ОТНОШЕНИЙ В СФЕРЕ ТОПЛИВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Абросимова Н.В., Попова Т.С.

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

В работе представлены специфические черты рынка промышленной продукции и особенности маркетинговой деятельности на данном рынке. Промышленность – единственная отрасль, которая производит средства труда, являющиеся важнейшим элементом производительных сил, и обеспечивает ими все другие отрасли народно-хозяйственного комплекса. В этой связи требуется особая, проработанная и апробированная система нормативно-правового регулирования торговых отношений на рынке товаров производственного назначения.

Ключевые слова: промышленное производство, энергетика, торговля промышленными товарами, нормативно-правовое регулирование, машиностроение, конкурентоспособность, качество.

Промышленность, которую относят к сфере материального производства, представляет собой совокупность большого числа самостоятельных организаций, цехов и производств, занятых добычей, заготовкой и переработкой сырья и его преобразованием в готовую продукцию. Энергетика – это область хозяйственно-экономической деятельности, науки и техники, охватывающая энергетические ресурсы, производство, передачу, преобразование, аккумулирование и распределение различных видов энергии. Обе сферы производства условно объединяют в топливно-энергетический комплекс (ТЭК).

ТЭК – это сложная система, включающая в себя совокупность производств, процессов, материальных устройств по добыче топливно-энергетических ресурсов, их преобразованию, транспортировке, распределению и потреблению. В него входят следующие подотрасли (рис. 1):

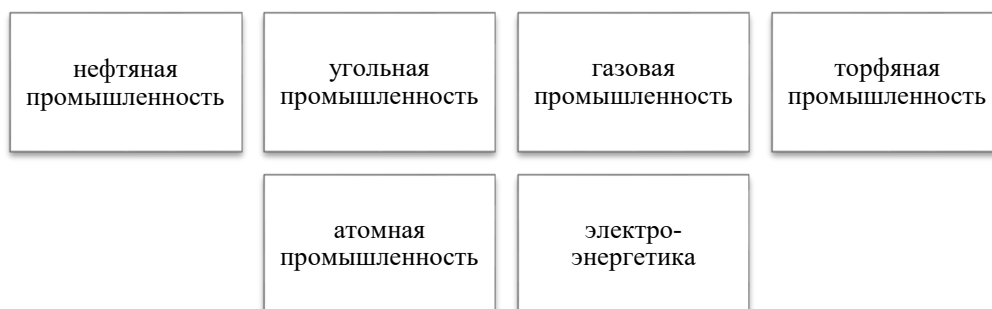


Рисунок 1 – Подотрасли ТЭК

Топливная промышленность является базой развития российской экономики, инструментом проведения внутренней и внешней политики. Топливная промышленность связана со всей промышленностью страны. На её развитие расходуется более 20 % денежных средств и приходится 30 % основных фондов. Реализацию государственной политики в сфере топливной промышленности осуществляет Министерство энергетики Российской Федерации и подведомственные ему организации, в том числе и Российское энергетическое агентство.

Ключевые векторы развития торговых отношений в сфере промышленности и энергетики представлены ниже (рис. 2):

Обеспечение конкурентоспособности производимых товаров и услуг (качества).

- Основными причинами выпуска неконкурентоспособной продукции являются: морально устаревшее и физически изношенное оборудование; нарушение технологических процессов; неудовлетворительный контроль за сырьем и комплектующими изделиями

Импортозамещение.

- Основные цели импортозамещения – дозагрузка свободных производственных мощностей, поддержка технического прогресса, защита отечественного производителя, уменьшение спроса на валюту, рост экспорта и престижа российских товаров.

Улучшение структуры промышленности.

- Наибольший удельный вес в объеме промышленного производства приходится на машиностроение и металлообработку, пищевую и легкую промышленность. Улучшение структуры связано с развитием отраслей, в которых максимально используются местные материально-сырьевые ресурсы.

Снижение издержек производства.

- В первую очередь, снижение издержек происходит за счет уменьшения материало- и энергоемкости продукции, эффективного контроля над издержками на всех этапах производства и на этой основе снижения уровня импорта энергоносителей, сырья и материалов.

Технологическое переоснащение производства.

- Продолжающееся старение основных производственных фондов становится серьезной проблемой для промышленности. Необходимы осуществление новой амортизационной политики, предусматривающей сокращение норм амортизации, усовершенствование методов оценки и переоценки ОФ.

Рисунок 2 – Основные направления развития топливной промышленности

Постоянно меняются способы производства электроэнергии, растет их количество, появляются новые разработки в области ее распределения, хранения и потребления, и это делает энергетический ландшафт все более сложным. Например, многочисленные мелкие производители энергии из возобновляемых источников дополняют мощности крупных электростанций. В свою очередь, это требует внедрения интеллектуальных сетей, чтобы эффективно управлять колебаниями выработки электроэнергии.

Развитие всех промышленных отраслей, в том числе и тех, которые относятся к топливно-энергетическому комплексу, является условием решения не только экономических, но и социальных, политических проблем. В связи с этим правительство в настоящее время уделяет много внимания этому сектору хозяйствования: разрабатывает соответствующие стратегии и программы поддержки (организует особые экономические зоны, ТОСЭР, свободные порты), финансирует их реализацию, разрабатывает нормативно-правовые акты, регулирующие торговлю промышленной продукцией.

Любые виды предпринимательской деятельности, в том числе в сфере торговли продукцией ТЭК, подлежат определенному нормативному регулированию. Несомненно, что в основе предпринимательской деятельности лежит маркетинг как своего рода «философия бизнеса», определяющая роль каждого участника хозяйственных отношений. Вместе с тем, маркетинговые механизмы в лучшем их представлении работают тогда, когда они базируются на прочном правовом фундаменте. Право как общеобязательная система необходимых правил поведения, с одной стороны, направляет участников сферы гражданского оборота по наиболее оптимальному пути, а с другой – дает возможность поучаствовать в сфере торговых

отношений всем заинтересованным субъектам, например, через ограничение монополистической деятельности на товарных рынках.

Важно отметить, что правовые механизмы сами по себе первичны, однако на них не может не влиять актуальная обстановка на товарных рынках, тенденции развития тех или иных отраслей промышленности, в частности, с учетом последних политических событий и введения в отношении России экономических санкций, к таковым отраслям стали относиться наукоемкие технологии, производство ряда промышленных товаров, отрасли топливно-энергетического комплекса и др. Без своевременного и точечного нормативного реагирования на существующие проблемы невозможно само существование «классического товарного рынка».

Итак, в РФ система нормативных правовых актов в сфере торговли промышленными товарами основана на принципе федерализма, а именно, действует строгая юридическая иерархия, начиная с положений Конституции РФ 1993 г., до собственно самих гражданско-правовых договоров, заключаемых между сторонами торговых отношений. Статьи 34-37 Конституции закрепляют право каждого на занятие предпринимательской и иными видами деятельности, приносящими доход, и не запрещенными законом. Здесь же упоминается запрет на монополизм на рынках и поощрение добросовестной конкуренции, заложены основы права частной и иных форм собственности, свободы договора.

Конституция Российской Федерации, являясь основным законом страны, заложила ключевые принципы гражданского оборота и хозяйственных отношений, которые далее конкретизируются в нормативных правовых актах федерального уровня. В частности, ГК РФ определил правовой статус субъектов предпринимательской деятельности, видовую принадлежность хозяйственных договоров (розничная купля-продажа, договор поставки, лизинг и др.), вопросы ответственности в рамках совершения сделок и т.д.

Как видно, многие конституционно-правовые принципы нашли свое отражение в Гражданском кодексе Российской Федерации в более детальной и аргументированной форме. Надо подчеркнуть, что в зарубежном праве наряду с Гражданским кодексом сосуществует Коммерческий кодекс, либо последний заменяет первый. Такое положение дел, например, характерно, для стран с англосаксонской правовой системой. При этом, не стоит думать, что Коммерческий кодекс направлен на все сферы гражданского оборота как и Гражданский кодекс, скорее они соотносятся как общее и частное, где более узкую сферу предпринимательской деятельности регулирует коммерческое законодательство.

Конечно же, помимо ГК РФ действуют и другие федеральные законы специального назначения, например, «О защите прав потребителей», «О рекламе», «О финансовой аренде (лизинге)» и др. Все федеральные законы, по своему правовому статусу, приравниваются к кодифицированным нормативным правовым актам, разница между ними состоит в более узкой сфере правового регулирования. Уровнем ниже федерального законодательства рассматриваются подзаконные нормативные правовые акты – Указы Президента РФ, постановления Правительства РФ, акты министерств и ведомств. Ценность указанных нормативных актов состоит в точечном регулировании наиболее насыщенных сфер рынка промышленных товаров. Как правило, они устанавливают Правила, Порядок и иные нормативные алгоритмы действий в сфере маркетинговых коммуникаций, развития конкурентной среды, ценообразования и т.д.

В виду того, что Россия является федеративным государством, особую нишу здесь занимают акты представительных органов законодательной власти субъектов Российской Федерации. Это нормативные документы, касающиеся производства и (или) реализации промышленных товаров и продукции ТЭК на конкретной территории с учетом ее территориальных и иных особенностей.

Внизу юридической иерархии располагаются корпоративные (локальные) нормативные акты, они регулируют деятельность конкретных хозяйствующих субъектов в той или иной сфере деятельности. Так, традиционным корпоративным актом следует считать Положение о коммерческой тайне. Такие внутренние правовые документы стоят на страже маркетинговых интересов, поскольку максимально точно очерчивают круг информации секретного характера,

доступ к которой имеет ограниченное количество сотрудников, кроме того, на этом же уровне решаются вопросы дисциплинарной, материальной и гражданско-правовой ответственности.

Наряду с национальной системой законодательства в Российской Федерации применяются и международно-правовые акты о торговле, например, Парижская конвенция по охране промышленной собственности (Париж, 20.03.1883 г.), Конвенция ООН о договорах международной купли-продажи товаров (Вена, 11.04.1980 г.) и др.

Необходимо отметить, что роль международных нормативных правовых актов в правовой системе каждого государства неоднозначна, с одной стороны, обогащается национальный правовой опыт, с другой – в мировом сообществе вырабатываются единообразные формы взаимодействия хозяйствующих субъектов, начиная с предложения (спроса) промышленных товаров, заканчивая процедурой надлежащего исполнения договорных обязательств.

В качестве основных целей промышленной политики, задекларированных в Федеральном законе Российской Федерации «О промышленной политике в Российской Федерации» от 31 декабря 2014 года N 488-ФЗ, в Федеральном законе РФ «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 N 35-ФЗ, выделяют: формирование высокотехнологичной, конкурентоспособной промышленности, обеспечивающей переход экономики государства от экспортно-сырьевого типа развития к инновационному типу развития; обеспечение занятости населения и повышение уровня жизни граждан Российской Федерации.

Кризисные явления в экономике и ухудшение геополитической ситуации внесли коррективы в целевые ориентиры промышленной политики в виде стратегий устойчивого развития, модернизации экономики, импортозамещающей индустриализации. В настоящее время российское законодательство подверглось «гипертрофированной» атаке со стороны европейских государств в рамках применения экономических санкций в виду проведения военной операции на Украине, что нивелирует деятельность национальной банковской системы, платежных средств, сужает рынки производства и сбыта промышленной продукции, в частности продукции ТЭК.

В таких условиях роль правового регулирования возрастает многократно, поскольку применение многих «классических» механизмов торговли промышленными товарами нецелесообразно. В частности, несколько иначе с правовой точки зрения обозначено понятие «форс-мажора», ведь если раньше это были, действительно, обстоятельства непреодолимой силы (катастрофы, эпидемии и др.), то в нынешнем понимании это еще и «жесты недружественных государств», пытающихся через негативные экономические механизмы (уход товаров с рынка, определение только одного вида валюты при расчетах с поставщиками и др.) отстоять свои политические интересы в ущерб интересам других участников рынка промышленной (и не только) продукции.

Features of Legal Regulation of Trade Relations in the Fuel Industry

Abrosimova N.V., Popova T.S.¹

*Volgodonsk Engineering and Technology Institute, a branch of the National Research Nuclear University MEPhI,
Volgodonsk, Russia*

¹*e-mail: petr_345@mail.ru*

Abstract – The paper presents the specific features of the industrial products market and the features of marketing activities in this market. Industry is the only industry that produces the means of labor, which are the most important element of the productive forces, and provides them to all other branches of the national economic complex. In this regard, a special, elaborated and tested system of regulatory and legal regulation of trade relations in the market of industrial goods is required.

Key words: industrial production, energy, trade in industrial goods, regulatory regulation, mechanical engineering, competitiveness, quality.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Головки М.В.^{*}, Плотников В.А.^{**}, Анцибор А.В.^{***}, Рогачева Ж.С.^{***}

^{}Негосударственное аккредитованное некоммерческое частное образовательное учреждение высшего образования «Академия маркетинга и социально-информационных технологий – ИМСИТ»; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» г. Краснодар, Россия*

*^{**}Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», г. Санкт-Петербург, Россия*

*^{***}Волгодонский инженерно-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ,
г. Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

В тезисах изложены основные проблемы развития цифровых компетенций современных специалистов. Обозначены сложности адаптации образовательной системы к новым условиям развития экономики. Приведен пример экосистемного подхода Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» в направлении цифровой трансформации. Приведены примеры мероприятий, позволяющих обеспечить развитие человеческого потенциала корпорации в соответствии с требованиями современности. Траектория цифровизации Росатома может стать объектом бенчмаркинга для других компаний, ориентированных на интеграцию в цифровую экономику.

Ключевые слова: цифровая трансформация, образовательные организации, цифровые компетенции, цифровые технологии, непрерывное образование, Росатом.

Интенсификация цифровых трансформаций во всех сферах жизнедеятельности, расширение охвата населения мобильной связью, появление в связи с этим новых бизнес-моделей, приводит к необходимости изменения компетентностных моделей специалистов. При этом вектор этих изменений направлен не только на развитие навыков применения цифровых технологий, но и их создание. На сегодняшний день, по оценкам экспертов Forbes, на 20% сократилось количество рабочих мест для представителей рабочих специальностей в промышленности, а для работников умственного труда примерно в этих же пределах произошла их трансформация – старые сменились новыми, креативными и цифровыми [1]. Изменения рынка труда, согласно исследованиям, представленным в ежегодном докладе WEF (Всемирный экономический форум), процесс роботизации приведут к ликвидации более 75 млн рабочих мест, создав порядка 133 млн рабочих мест, но уже измененных согласно требованиям современности.

В связи с этим одним из основных навыков современного специалиста должна стать способность постоянного самообразования, переподготовки с целью адаптации квалификации к цифровой среде. Причем цифровые компетенции, как и всякие иные, по мнению авторов, должны быть разделены на общие (могут быть сформированы и без специального обучения в силу того, что, как мы отмечали выше, цифровизация активно затрагивает и повседневную жизнь людей, их быт) и специфические. Последние отличаются значительным разнообразием, т.к. ориентированы не только на конкретный вид профессиональной деятельности, но имеют привязку к типу и характеристикам используемых при выполнении тех или иных трудовых обязанностей цифровых систем.

Нельзя не отметить, что уровень квалификации современных трудовых ресурсов не в полной мере соответствует потребностям цифровой экономики и скорости их изменений. Так, можно привести в пример организации сферы образования, где в период перехода на технологии дистанционного обучения в период обострения эпидемиологической обстановки в 2020 г. выявилась компетентностная неготовность значительного количества сотрудников к работе в новых условиях (результаты проведенных опросов и исследований это подтверждают) [2 - 4]. Речь идет не о низкой квалификации работников, но об их

недостаточной цифровой компетентности. Вероятно, что эта проблема обусловлена высокой инерционностью системы образования в целом. Период подготовки молодых специалистов по программам бакалавриата, магистратуры и специалиста превышает темпы инновационных изменений в цифровой сфере. Интеграция цифровых компетенций в образовательные программы требует серьезных инвестиций и в материально-техническое обеспечение образовательных организаций, и в развитие кадрового потенциала. Следует отметить, что по мнению специалистов и экспертов в области цифровых технологий, для них преподавательская деятельность неконкурентоспособна по критерию доходов и перспектив карьерного роста по сравнению с деятельностью на предприятиях реального сектора экономики.

Решением указанной проблемы могут стать корпоративные программы подготовки и переподготовки специалистов, обеспечение непрерывного образования сотрудников для формирования актуальных компетенций и их полной интеграции в цифровые процессы предприятий [5 - 7]. В этой связи, по нашему мнению, формирование системы непрерывного образования на примере Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» (далее – Росатом), является примером экосистемного, интегрированного подхода, ориентированного на приоритеты краткосрочного развития.

Стратегические ориентиры Росатома согласуются с национальной стратегией цифровизации и к ним относятся (рис. 1):



Рисунок 1 – Стратегические ориентиры цифровизации Росатома

На рисунке 2 представлены некоторые инструменты цифровизации Росатома, классифицированные авторами по проекциям стратегической карты развития: финансы, рынок, бизнес-процессы и потенциал [8]. Проекция потенциал охватывает направления развития человеческих ресурсов корпорации в целях формирования цифровых компетенций. Эти навыки являются базисом для разработки и применения инструментов цифровизации, обозначенных в остальных проекциях. Траектория цифровизации Росатома может стать объектом бенчмаркинга для других компаний, ориентированных на интеграцию в цифровую бизнес-среду.

Проекция BSC	Инструменты цифровизации Росатома
Финансы	Все нижеперечисленные проекты способствуют повышению инвестиционной привлекательности отрасли, территорий размещения объектов Росатома, увеличению рыночной стоимости предприятий Росатома, снижению рисков финансовых потерь вследствие угроз технологической и экономической безопасности
Рынок	- ЦОД (центр обработки данных) «Калининский» АО «Концерн Росэнергоатом», предоставляющий облачные инфраструктурные решения на внешний рынок; - российская платформа «Умный город» (АО «Росатом Инфраструктурные решения»), ориентированная на цифровизацию городских сервисов (проект направлен, прежде всего, на формирование благоприятной городской среды территорий размещения АЭС); - услуги для внешних заказчиков на основе собственных ЦОД (центров обработки документации) - вывод на новые коммерческие рынки цифровых продуктов
Бизнес-процессы	- проект перевода ЕОСДО (единой отраслевой системы документооборота) АО «Гринатом» (интегратор ИКТ направления Росатома) на российскую цифровую платформу; - цифровизация Производственной системы Росатома и Lean-технологий (создание цифровых ПСР-образцов), ориентированных на минимизацию операционных затрат и повышение эффективности эксплуатации оборудования; - разработка и внедрение систем виброакустического контроля и диагностики оборудования АЭС [11]; - система полного жизненного цикла «Цифровое предприятие»
Потенциал	- переход на отечественную HRM-систему Alfa-HRMS - Alfa / Управление персоналом (управление организационным построением, кадровый учет, планирование и учет рабочего времени, расчет зарплаты); - система мобильного обучения - подготовка проектных команд, решающих задач цифровизации инфраструктуры и достижения технологической независимости; - разработка и внедрение виртуальных тренажеров для подготовки оперативного персонала АЭС; - разработка методических материалов для персонала; - видеоаналитика и охрана труда (контроль отсутствия средств индивидуальной защиты, распознавание и обнаружение лиц, обнаружение громких звуков, очагов возгорания; контроль местонахождения, падения, активности, «тревожная кнопка» оповещения о чрезвычайной ситуации); - цифровизация культуры экономической безопасности

Рисунок 2 – Инструменты цифровизации в разрезе проекций стратегической карты развития Росатома [8]

Приведем примеры формирования необходимых цифровых компетенций настоящих и будущих сотрудников Росатома с учетом отраслевой специфики:

- создание интеграционных площадки для руководящего состава и сотрудников в целях обмена опытом использования и внедрения цифровых технологий в профессиональную деятельность, например, единая корпоративная сеть «Росатом life»;
- формирование механизмов адаптации сотрудников всех уровней к эксплуатации цифровых сервисов, в частности, с использованием платформы «РЕКОРД mobile»;
- разработка и реализация программы цифровой грамотности на базе онлайн-курсов для таких категорий сотрудников, как: руководители по цифровизации в дивизионах Росатома (более 1,5 тыс. руководителей в 2021 г. прошли обучение по данным программам), разработчики цифровых продуктов, IT-специалисты сектора импортозамещения, пользователи внедренных цифровых решений;
- обучение сквозным цифровым технологиям на основе интерактивного подхода (в 2021 г. обучение прошли более 50 тыс. чел., за период 2019-2021 гг. реализовано 132 тыс. различных программ);
- реализация программ обеспечения информационной безопасности, сертифицированные Федеральной службой по техническому и экспортному контролю Российской Федерации, развитие культуры информационной безопасности;
- реализация программ адаптации молодых специалистов, выпускников вузов, с целью ориентации на выполнение конкретных задач с использованием цифровых технологий на основе современных подходов (хакатоны, кейс-лаборатории, мастер-классы, интернет-активность для студентов по карьерным публикациям (в 2021 г. охват составил более 1 млн. студентов), стажировки и производственные практики по наиболее востребованным тематикам – 1C, SAP, Java, Web, Data Science, информационная безопасность, тестирование и т.п.) (более 30 тыс. студентов в 2021 г. прошли мероприятия цифрового HR-бренда Росатома);

– организация и проведение конкурсов профессионального мастерства по международным стандартам WorldSkills и DigitalSkills (8 призовых мест по цифровым компетенциям в 2021 г.).

Указанные мероприятия позволяют компенсировать недостаточное соответствие компетенций сотрудников стратегическим ориентирам корпорации. Инвестиционная эффективность проектов, направленных на цифровую трансформацию Росатома и непрерывное образование персонала, заключается в расширении рыночного присутствия корпорации на основе стратегии диверсификации, в обеспечении реализации национальных интересов страны в области импортозамещения, что актуализируется в последнее время в связи с усложнением внешнеполитической обстановки, в экономии себестоимости при переходе на цифровое ПСР-предприятие и тиражировании наиболее успешных бизнес-моделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Как цифровая трансформация изменит рынок труда в России. – [Электронный ресурс] – URL: <https://www.forbes.ru/karera-i-svoy-biznes/371537-kak-cifrovaya-transformaciya-izmenit-rynok-truda-v-rossii> (дата обращения 03.05.2022)
2. Галенко В. П., Табелова О. П., Вертакова Ю. В. Современные тренды образования через всю жизнь: роль высшей школы // Образование через всю жизнь: непрерывное образование в интересах устойчивого развития: сборник научных статей XVIII международной конференции / Курский филиал Финансового университета при Правительстве РФ. Курск, 2021. С. 9-17.
3. Головкин М. В., Анцибор А. В. Роль образовательных организаций в обеспечении экономической эффективности и безопасности предприятий атомной отрасли // Безопасность ядерной энергетики. Тезисы докладов XIV международной научно-практической конференции. Волгоград, 2018. С. 179-182.
4. Ершова И. Г., Вертакова Ю. В. Стратегическая взаимосвязь развития экономики и качества образования // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика, № 13 (84), 2010, С. 56-63.
5. Плотинов В. А. Цифровизация как закономерный этап эволюции экономической системы // Экономическое возрождение России, № 2, 2020, С. 104-115.
6. Харламов А. В., Сибгатуллин А. Э. Институциональные изменения, обеспечивающие инновационную направленность развития хозяйственной системы // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета, № 4, 2021, С. 21-26.
7. Салимьянова И. Г., Погорельцев А. С. Цифровая трансформация экономики: анализ трендов в контексте институциональных экономических теорий (часть 1) // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета, № 6 (114), 2018, С. 7-14.
8. Golovko M. V., Ukhulina I. A., Rogacheva Z. S., Antsibor A. V., Efimenko N. A. The role of the culture of economic security in the development of the enterprise // Current Problems and Ways of Industry Development Equipment and Technologies, LNNS 200, 2021, pp. 1006-1016.

Problems and Prospects of Digital Transformation of the Human Potential of the Nuclear Industry

Golovko M.V.^{*1}, Plotnikov V.A.^{1}, Antismog A.V.^{***}, Rogacheva Zh.S.^{***}**

**Non-state accredited non-profit private educational institution of higher education «Academy of Marketing and Social and Information Technologies – IMSITЭ», Krasnodar; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»*

***Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State University of Economics", Saint-Petersburg, Russia*

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

¹e-mail: golovko178@mail.ru

²e-mail: plotnikov_2000@mail.ru

Abstract – The theses outline the main problems of the development of digital competencies of modern specialists. The difficulties of adapting the educational system to the new conditions of economic development are indicated. An example of the ecosystem approach of the State Atomic Energy Corporation "Rosatom" in the direction of digital transformation is given. Examples of measures are given to ensure the

development of the human potential of the corporation in accordance with the requirements of modernity. The trajectory of Rosatom's digitalization can become an object of benchmarking for other companies focused on integration into the digital economy.

Key words: digital transformation, educational organizations, digital competencies, digital technologies, continuous education, Rosatom.

УДК 330.101.8

ПРИЗНАКИ ОСЛАБЛЕНИЯ КУЛЬТУРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Лыскова И.Е.

Коми республиканская академия государственной службы и управления, г. Сыктывкар, Россия

В тезисах актуализируются концептуальные основы качества культуры производственной безопасности промышленных предприятий и раскрываются основные признаки ослабления культуры производственной безопасности.

Ключевые слова: промышленное производство; культура производственной безопасности; качество культуры производственной безопасности, признаки слабой культуры безопасности.

В современных социально-экономических и политических условиях особого внимания требуют задачи развития культуры производственной безопасности промышленных предприятий, выявление признаков её деформации и ослабления. Культуру производственной безопасности следует характеризовать как составную часть профессиональной культуры личности (социальной группы). Она определяется уровнем специальной подготовки в области безопасности промышленного производства и осознанную потребность в соблюдении норм, требований и правил безопасного поведения в процессе труда.

Исключительное значение приобретают теоретические и практические аспекты управления качеством культуры производственной безопасности промышленных предприятий. Концепцию управления качеством культуры безопасности следует дополнить ключевыми положениями управления результативностью, в частности управления результативностью культуры производственной безопасности промышленных предприятий.

История управления результативностью уходит корнями в начало XX века. Аттестация рабочих на промышленных предприятиях начала внедряться в США в 1920-е годы. Оценка деловых качеств работников стала применяться в 1950-1960-х годах в США и Великобритании. В 1960-1970-е годы стало активно развиваться программно-целевое управление. Современные трактовки оценки результативности и эффективности деятельности, ориентированные на результат, зародились в 1970-е годы. Сам термин «управление результативностью» ввели в научный оборот М. Бир (*Beer, M.*) и Р. Рух (*Ruh, R.A.*) [1; 2; 3]. В российской практике управления это направление стало продвигаться в последней четверти XX века. Однако вопросы управления результативностью культуры производственной безопасности изучены ещё недостаточно.

При характеристике методологических основ процесса управления результативностью прослеживается связь с концепцией реинжиниринга бизнес-процессов, возникшей в 1990-е годы. Данное направление менеджмента характеризуется как радикальное перепроектирование производственных процессов для достижения значимых улучшений по ключевым показателям деятельности организации, таким как стоимость, качество, сервис, темпы. Основной целью реинжиниринга считается закрепление конкурентного преимущества организации. Точкой соприкосновения концепций реинжиниринга бизнес-процессов и

процесса управления результативностью, включая вопросы управления результативностью культуры производственной безопасности, может быть идея реинжиниринга человеческих ресурсов (ментального и поведенческого реинжиниринга), направленная на повышение качества человеческих ресурсов, формирование человеческого, интеллектуального капитала организации. Глубокие качественные, прорывные изменения в организации способны обеспечить высококвалифицированные специалисты, обладающие высоким уровнем мотивации и вовлеченности в производственные процессы, что и формирует основы высокого качества культуры производственной безопасности промышленных предприятий [4].

Качество культуры безопасности, как ключевого компонента организационной (корпоративной) культуры промышленных предприятий прослеживается на трёх уровнях: наблюдаемом уровне, уровне декларируемых целей и ценностей, уровне глубинных (мировоззренческих) представлений сотрудников [5].

К признакам развитой (сильной) культуры производственной безопасности на наблюдаемом уровне следует отнести артефакты, организационные структуры и процессы, процессы управления безопасностью в частности; техническую и технологическую оснащённость промышленного производства; обеспечение безопасности условий труда и охраны здоровья сотрудников; производственную и социальную инфраструктуру; систему коммуникаций и др.

Наиболее существенными и результативными признаки развитой культуры производственной безопасности являются: наличие регламентирующей и регулирующей базы в области управления производственной безопасностью; регулярная работа по планированию и реализации мероприятий в области производственной безопасности; систематическая деятельность по повышению профессиональной компетентности и квалификации персонала, повышения вовлеченности персонала в производственные процессы и обеспечение надёжности человеческого фактора в области безопасности; формирование благоприятного социально-психологического климата, включая культуру доверия и сотрудничества; эффективное ресурсное обеспечение производственной безопасности и др.

При проведении регулярных (текущих, плановых, целевых) оценок состояния культуры безопасности рекомендуется учитывать симптомы ослабления культуры производственной безопасности и принимать соответствующие меры по стабилизации позитивных тенденций в области культуры безопасности. В атомной промышленности по объективным причинам, связанными неизбежными высокими рисками в области безопасности, уделяется исключительное внимание выявлению негативных проявлений культуры безопасности [6 - 8].

Снижение качества культуры производственной безопасности характеризуется определёнными признаками, «симптомами ослабления» культуры безопасности. На наблюдаемом уровне это сопровождается следующими характеристиками:

- дефицит ресурсов (материальных, финансовых, временных, информационных, человеческих и др.);
- увеличение количества просроченных работ, нарушений и ошибок в производственном процессе;
- слабый контроль готовности оборудования к эксплуатации, недостаточный контроль результатов ремонта и технического обслуживания;
- высокий уровень износа зданий, оборудования; отсутствие указателей и знаков опасности;
- низкий уровень трудовой дисциплины;
- устаревшая нормативная документация (инструкции, регламенты и др.) по вопросам производственной безопасности и др.

На уровне декларируемых целей и ценностей ослабление культуры безопасности сопровождается следующими симптомами:

- недостаточное внимание руководства к выявленным проблемам безопасности, слабое взаимодействие руководителя с работниками по вопросам обеспечения безопасности;
- несоблюдение планов действий и мероприятий по обеспечению безопасности;

- отсутствие системного подхода к формированию и развитию культуры безопасности (отсутствие планов по повышению уровня безопасности, развитию системы менеджмента безопасности, ограничение ресурсов и др.);
- низкий уровень мотивации персонала в вопросах соблюдения норм безопасности.

На уровне глубинных представлений наиболее существенными признаками ослабления культуры безопасности являются:

- неэффективные коммуникации, отсутствие обратной связи, коммуникационные барьеры, информационная изолированность сотрудников;
- слабое взаимодействие структурных подразделений в решении вопросов безопасности, конфликтные и предвзятые отношения и др.;
- формализм руководства и работников к соблюдению норм безопасности;
- сокрытие фактов и обстоятельств нарушений норм безопасности;
- отсутствие внимания руководства к условиям труда, охраны здоровья, социально-бытовым условиям работников;
- низкий уровень нравственной культуры, наличие случаев хищения, коррупции и пр.;
- несоблюдение норм ведения документации по вопросам безопасности и др.

Управление культурой производственной безопасности требует значительных усилий и высокой степени ответственности со стороны руководства. Недостаточное внимание к вопросам безопасности приводит к тяжелейшим последствиям, включая жизнь и здоровье людей. Своевременно принятые меры по устранению признаков ослабления культуры производственной безопасности – основа эффективности промышленного производства [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Армстронг М., Бэрон А. Управление результативностью. Система оценки результатов в действии. / Пер. с англ. - М.: Альпина Паблишер, 2012.
2. Кокинз Г. Управление результативностью: Как преодолеть разрыв между объявленной стратегией и реальными процессами. / Пер. с англ. - М.: Альпина Паблишер, 2016. – 318 с.
3. Beer M., Ruh R.A. Employee growth through performance management // Harvard Business Review. – 1976. – № 4. – р. 59-66.
4. Лыскова, И.Е. Методологические основы управления результативностью культуры производственной безопасности промышленных предприятий / И.Е. Лыскова // Экономическая безопасность. – 2022. – Том 5. № 2. – <https://1economic.ru/lib/114521>.
5. Шейн, Э.Х. Организационная культура и лидерство /Э.Х. Шейн; пер. с англ. Под ред. Спивака В.А. СПб.: Питер, 2002. – 336 с.
6. РБ-047-16. Руководство безопасности при использовании атомной энергии. Методика оценки культуры безопасности на предприятиях топливного цикла (РБ-047-16). Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. М., 2016. – 20 с. <https://www.gosnadzor.ru/> (дата обращения: 28.03.2022).
7. РБ-129-17. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Рекомендации по формированию и поддержанию культуры безопасности на атомных станциях и эксплуатирующих организациях атомных станций (РБ-129-17) / Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. – Москва, 2017. – 61 с. <https://www.gosnadzor.ru/> (дата обращения: 28.03.2022).
8. WANO Principles for a Strong Nuclear Safety Culture. Guideline WANO GL 2006-02. Wano gl. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wano.info> (дата обращения: 28.03.2022).
9. Лыскова, И.Е. Приверженность руководства целям производственной безопасности как фактор формирования интегрированной системы менеджмента безопасности промышленных предприятий / И.Е. Лыскова // Глобальная ядерная безопасность. – 2021. № 4 (41). – С. 73-91.

Signs of Weakening of the Culture of Industrial Safety of Industrial Enterprises

Lyskova I.E.

*The Komi Republican Academy of State Service and Administration, Syktyvkar, Russia
e-mail: IrinaLyskova@mail.ru*

Abstract – The theses analyze the conceptual foundations of the quality of the industrial safety culture of industrial enterprises, reveal the main signs of the weakening of the industrial safety culture.

Key words: industrial production; industrial safety culture; quality of industrial safety culture, signs of a weak safety culture.

УДК 338.24 : 351.862.6

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ТЕРРИТОРИИ Г. ВОЛГОДОНСКА С ПОЗИЦИИ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Головко М.В.^{*}, Сетраков А.Н.^{}, Томилин С.А.^{***}, Ольховская Р.А.^{***}**

^{}Негосударственное аккредитованное некоммерческое частное образовательное учреждение высшего образования «Академия маркетинга и социально-информационных технологий – ИМСИТ», г. Краснодар; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Россия*

*^{**}Волгодонский филиал ФГКОУ ВО «Ростовский юридический институт Министерства внутренних дел РФ», г. Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

*^{***}Волгодонский инженерно-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

В докладе определено значение возобновляемых источников энергии для решения проблем ограниченности ресурсов и экологической безопасности. Приведены некоторые экономические аспекты ветроэнергетики и рассмотрено ее положительное воздействие на развитие территории на примере г. Волгодонска Ростовской области в контексте реализации целей устойчивого развития и планируемых результатов.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветроэнергетика, цели устойчивого развития, экономический эффект.

В настоящее время одним из глобальных мировых трендов является развитие «зеленой» энергетики. Ее суммарная установленная мощность в 2020 году составила 2838 ГВт. Преимуществами возобновляемых источников энергии (ВИЭ), определяющими повышенный интерес к ним в последнее время, являются: их неисчерпаемость, широкое распространение большинства возобновляемых источников, отсутствие затрат топлива и экологичность (отсутствие вредных выбросов), что особенно актуально в контексте обеспечения экологической безопасности.

На развитие соответствующего сегмента рынка оказывают влияние два основных фактора:

– стоимость применяемых технологий, которая в настоящее время настолько снизилась, что ВИЭ могут конкурировать даже с углеводородами;

– повышенное внимание к обеспечению экологической безопасности, в том числе в связи с глобальным изменением климата, что стимулирует на государственном уровне действия к сокращению выбросов CO₂.

Одним из самых быстрорастущих компонентов рынка ВИЭ является ветрогенерация. Общая установленная мощность ветряных электростанций в мире опередила атомную генерацию, составив 539 ГВт в 2017 году (против почти 400 ГВт атомной установленной мощности).

В рамках диверсификации и развития сегмента новых бизнесов Госкорпорация «Росатом», являющаяся ключевым отечественным производителем энергии, не создающей выбросов парниковых газов, в 2016 году вышла на рынок ветроэнергетики. Госкорпорация обладает всеми ресурсами и компетенциями, чтобы занять значительную долю этого нового

для компании рынка. Для консолидации усилий в передовых сегментах и технологических платформах электроэнергетики, объединения ветроэнергетических активов и реализации стратегии госкорпорации в области ветроэнергетики, создан новый дивизион – АО «НоваВинд», технологическим партнером которого выступила голландская компания Lagerwey, совместно с которой в ноябре 2017 года было создано предприятие Red Wind B. V. Собственное производство компонентов ветроэнергетических установок запущено в г. Волгодонске. Кроме того, в г. Волгодонске расположено еще одно предприятия, осуществляющее производственную деятельность в том же рыночном сегменте – ООО «ВетроСтройДеталь».

В настоящее время актуален вопрос оценки достижения целей устойчивого развития (ЦУР) в пределах территории развития нового бизнеса. Рассмотрим данный вопрос на примере анализа функционирования ветроэнергетического производства на территории г. Волгодонска с позиции целей устойчивого развития города. Выбор для примера данной территории объясняется наличием ряда преимуществ, достаточно подробно рассмотренных в [1, 2]:

- город является уникальным с точки зрения сосредоточения на его территории филиалов предприятий четырех дивизионов ГК «Росатом» (электроэнергетического, машиностроительного, инжинирингового и консолидации ветроэнергетических активов;

- на территории города расположен филиал НИЯУ МИФИ, осуществляющий подготовку кадров для указанных предприятий.

Эффективность развития ВИЭ зависит от наличия технологического кластера, объединяющего генерацию энергии, производство, научно-исследовательский сектор и образование. Все ключевые критерии присутствуют на рассматриваемой территории муниципального образования (рис. 1).

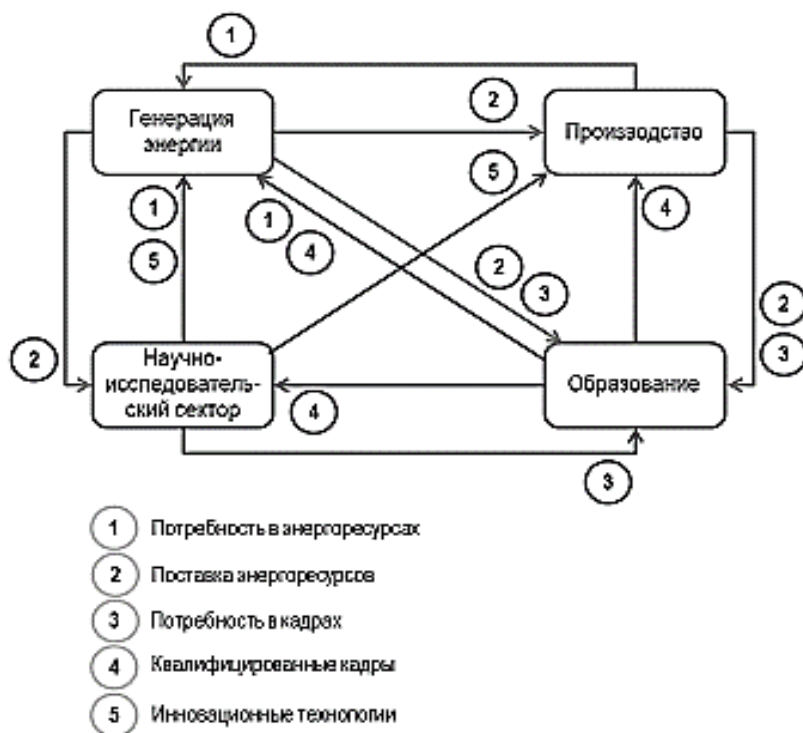


Рисунок 1 – Пример структуры технологического кластера в г. Волгодонске

Для оценки достижений ЦУР необходимо рассмотреть ВИЭ в рамках триады глобальных целей устойчивого развития: достижения экономического роста, высокого уровня социальной ответственности и экологической безопасности. В Повестке дня в области устойчивого развития, принятого в 2015 г. ООН, сформулировано 17 ЦУР. Развитие ВИЭ и в частности ветроэнергетики является одним из эффективных инструментов реализации ЦУР, как в области экологии, так и в области социально-экономического развития.

Развитие ветроэнергетики прямо соответствует двум ЦУР:

– цель 7 – обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех;

– цель 13 – принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями.

Создание ветроэнергетических объектов на различных территориях способствует реализации не только прямых ЦУР, но косвенных. Например, цели 9 – формирование современной и инновационной инфраструктуры, эффективная индустриализация, позволяющие создавать и развивать конкурентные активы хозяйствующих субъектов, стимулируя тем самым рост занятости и доходов населения. Научно-технический прогресс и инновационные разработки как его результаты, являются приоритетным инструментом в подготовке стратегических решений не только в сфере экономики, но и экологии, направленных на повышение экономической и энергетической эффективности. В случае отсутствия отечественных технологий для ветроэнергетики, будет закреплена зависимость от импорта, что создаст дополнительные угрозы экономической безопасности. Для снижения экономических рисков и последствий необходимым является обеспечение импортозамещения в данном сегменте промышленности. Это необходимо учитывать не только на этапе производства, но на этапе подготовки кадров в профильных образовательных организациях, в том числе и при стратегическом планировании их деятельности [1, 3].

Реализация цели 9, в свою очередь, дает возможность достичь цели 11 – обеспечение открытости, безопасности, экологической устойчивости городов и населенных пунктов, сделав их центрами экономического роста при сохранении должного уровня экологической безопасности. Решение задач в рамках целей 7, 9 и 11 сформирует предпосылки для достижения цели 8 – содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех.

На основании проведенного анализа в таблице 1 рассмотрены планируемые результаты развития ветроэнергетики на локальной территории г. Волгодонска и, в целом, Ростовской области, в контексте ЦУР.

Таблица 1 – Цели и планируемые результаты развития ветроэнергетики в г. Волгодонск Ростовской области

ЦУР	Содержание цели	Результаты развития ветроэнергетики на территории г. Волгодонска	Результаты развития ветроэнергетики в рамках ЦУР
Цель 7	Обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех	✓ В 2020 году запущена работа шести ветроэнергетических установок (ВЭУ) Фонда развития ветроэнергетики на территории Ростовской области на следующих ветроэлектростанциях: - Сулинская ВЭС мощностью 100 МВт; - Каменская ВЭС мощностью 100 МВт; - Гуковская ВЭС мощностью 100 МВт; - Казачья ВЭС, 50 МВт.	- интеграция в энергетическую систему более дешевых и экологически чистых источников энергии, рост энергетического потенциала города и области; - увеличение заказов производственных предприятий за счет производства нового оборудования для ВЭУ; - создание новых рабочих мест как на предприятиях-объектах ВЭ, так и на производственных и обслуживающих;
Цель 8	Содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех	✓ В рамках дивизиона АО «НоваВинд» локализовано производство статора генератора, ротора и главного подшипника ветроэнергетической установки, генератора, ступицы и гондолы.	- рост числа абитуриентов отраслевого вуза и рост спроса на курсы повышения квалификации и переподготовку;
Цель 9	Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям	✓ Создано 254 рабочих места, мощность производства составляет 96 ВЭУ в год. ✓ Возможно производство ветроэнергетических установок мощностью 2,5 и 4 МВт.	- повышение привлекательности города для молодежи за счет развития перспективных технологий и роста возможностей трудоустройства;
Цель 11	Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов	✓ ООО «Ветро СтройДеталь» производит модульные стальные башни для ВЭУ АО «НоваВинд», в рамках данного проекта создано около 50	- рост численности населения; - рост инновационного потенциала территории, выполнение НИОКР
Цель 13	Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями		

		рабочих мест. ✓ Степень локализации оборудования ВЭУ, подтвержденная Министерством промышленности и торговли России, по состоянию на начало 2021 года составляет более 65%.	специалистами НИИ «Атомного энергетического машиностроения»
--	--	--	---

На основе вышеизложенного, можно сделать вывод, что на территории г. Волгодонска сформированы соответствующие условия эффективного развития ветроэнергетики. Данный пример, хоть и является локальным, но демонстрирует преимущества системного подхода к достижению цели. Анализ, проведенный в контексте целей устойчивого развития и планируемых результатов развития ветроэнергетики, свидетельствует о потенциальных возможностях развития не только нового сегмента энергетического рынка, но и территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руденко, В. А. Синхронизация задач отраслевых вузов со стратегией развития ГК «Росатом» как фактор обеспечения безопасности атомной энергетики / В.А. Руденко, М.В. Головки, С.А. Томилин, О.Ф. Цуверкалова // Глобальная ядерная безопасность. 2020. № 1. С. 98-106.
2. Головки, М. В. Формирование реляционной стратегии как фактор экономической безопасности предприятий атомной отрасли (на примере машиностроительных предприятий г. Волгодонска) / М.В. Головки, Ж.С. Рогачева, А.В. Анцибор, А.Н. Сетраков // Глобальная ядерная безопасность. 2020. № 3. С. 104-110.
3. Руденко, В. А. Факторы и вектор стратегического развития вуза в контексте реализации инновационного потенциала региона / В.А. Руденко, С.П. Агапова, С.А. Томилин, И.А. Ухалина, О.Ф. Цуверкалова, М.В. Головки, Н.А. Ефименко // Современное образование. 2017. № 1. С. 19-31.

Analysis of the Functioning of Wind Energy Production in the Territory of Volgodonsk from the Standpoint of Sustainable Development Goals

Golovko M.V.^{*,1}, Setrakov A.N.^{,2}, Tomilin S.A.^{***,3}, Olkhovskaya R.A.^{***,4}**

**Non-state accredited non-profit private educational institution of higher education «Academy of Marketing and Social and Information Technologies – IMSIT», Krasnodar; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»*

***Volgodonsk Branch of The Federal State State Educational Institution of Higher Education «Rostov Law Institute of Internal Affairs Ministry of Russian Federation», Stepnaya St., 40, Volgodonsk, Rostov region, Russia*

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

¹e-mail: golovko178@mail.ru

²e-mail: aleksandr-maior@inbox.ru

³e-mail: SATomilin@mephi.ru

⁴e-mail: RAOlkhovskaya@mephi.ru

Abstract – The report defines the importance of renewable energy sources for solving the problems of limited resources and environmental security. Some economic aspects of wind energy are given and its positive impact on the development of the territory is considered on the example of the city of Volgodonsk, Rostov Region, in the context of the implementation of sustainable development goals and planned results.

Key words: renewable energy sources, wind energy, sustainable development goals, economic effect.

БЕЗОПАСНОСТЬ КАК ЦЕННОСТЬ СОВРЕМЕННОЙ ГОРОДСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Петрулевич И.А.

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Безопасность рассматривается как оценка жителями городов степени защищённости от возможных угроз, подстерегающих человека в современном городе. Вторичной интерпретации подвергнута субъективная оценка уровня безопасности жителями южно-российских городов. Показано, что наивысший уровень безопасности отметили жители средних городов. Относительная утрата ценности безопасности в городе связана не только с объективными рисками и угрозами, подстерегающими человека в городе, но и с недостаточной информированностью населения о реальном положении дел в ядерной энергетике.

Ключевые слова: безопасность, город, ценность, страх, риски, ядерная энергетика.

Безопасность осознана сегодня как одна из важнейших ценностей человечества. Это связано, с одной стороны, с повышением угроз и рисков в условиях техногенного общества, а с другой – с общей тенденцией гуманизации человеческого существования, утверждающей ценность личности, в том числе её жизни и здоровья. Проблема безопасности может рассматриваться в нескольких аспектах: геополитическом, экономическом, военно-техническом, информационном, общекультурном. При этом влияние культуры на решение проблемы обеспечения безопасности в любом из её аспектов трудно переоценить: от культуры (понимаемой как специфически человеческий способ существования) зависят как риски, так и способы их предотвращения.

Само понятие безопасности охватывает несколько её видов, которые выделяются по разным основаниям: государственная, национальная, международная, индивидуальная, личная, глобальная, региональная: продовольственная; информационная и т.д. В самом общем виде безопасность определяется как «защита или устойчивость к потенциальному вреду (или другому нежелательному принудительному изменению), причиняемому другими, путем ограничения свободы действий других» [1]. Этимологический анализ термина «безопасность» показывает, что в разных культурах делаются разные акценты в содержательном наполнении этого понятия: в индоевропейских языках прослеживается представление о защищённости / защите от угроз, тогда как в восточноазиатских языках (японском и китайском) упор делается на внутреннее состояние спокойствия. При высокой этимологической и семантической близости этих трактовок акценты различаются: «В Европе это ударение падает на положение субъекта относительно среды, что предполагает некоторое действие самого субъекта или какого-то института, в Восточной Азии – на его внутреннее самоощущение, вытекающее из некоего состояния» [2: 32].

Применительно к современным городам проблема безопасности стоит особенно остро: в первую очередь – в связи с техническими и технологическими рисками, возросшими по сравнению с предыдущими этапами исторического развития. Безопасность рассматривается как оценка жителями городов степени защищённости от возможных угроз, подстерегающих человека в городе. Города – это сложные механизмы, в которых (или рядом с которыми) сконцентрированы различные предприятия, аварии на которых чреваты катастрофическими последствиями для прилегающих территорий. К таким предприятиям относятся и объекты ядерной энергетики. Но если применительно к опасным производственным объектам анализ рисков проводится с математической точностью и разрабатываются соответствующие алгоритмы их предотвращения, то подобный строгий математический анализ человеческого общества пока невозможен: слишком много неопределённостей, мотивов и скрытых соображений влияют на поведение людей. Однако, это не значит, что социогуманитарное знание абсолютно бессильно перед лицом угроз и рисков, вторгающихся в человеческую

жизнь. Обратимся в связи с этим к социокультурному анализу городской жизни, а именно – к ценностно-смысловому миру современного человека.

Процессы разрушения ценностного строя традиционной российской культуры, деморализация, колебания уровня нравственности людей, криминализации общества – это те обстоятельства, которые снижают уровень безопасности в современных городах. Об этом свидетельствуют и данные социологических исследований. Так, согласно анкетному опросу, проведённому в 2018 г. в 29 городах Южного федерального округа, при ответе на вопрос "Что бы Вы хотели изменить в Вашем городе?" (выбрать можно было не более трёх вариантов ответа) вариант «Сделать город более безопасным» выбрали 21,2% респондентов из крупнейших городов, 18,4% – из крупных, 15,8% – из больших, 11,7% – из средних и 16,2% – из малых [3:59-60]. Эти цифры подтверждаются и ответом на другой вопрос: "Чего не хватает Вам в Вашем городе?". Выбор варианта ответа распределился похожим образом: 21,7% респондентов из крупнейших городов, 17,2% – из крупных, 14,7% – из больших, 8,4% – из средних и 11,9% – из малых [3:71].

Приведённые данные свидетельствуют, во-первых, о том, что люди ощущают недостаточность уровня безопасности в их городах. Во-вторых, эта недостаточность, как ни странно, в малых городах ощущается сильнее, чем в средних (а в первом вопросе даже сильнее, чем в больших).

Отсюда можно сделать вывод, что, в отличие от средневекового города, воспринимаемого жителями как «ковчег спасения» (как в физическом, так и в духовном смысле), современная урбанизация привела к тому, что уровень страха (как индикатора ощущения степени безопасного существования) в техногенном мире увеличился в значительной мере. Показателем этого является широкое распространение в массовом сознании «комплекса Апокалипсиса», представления о скором «конце истории» вследствие глобальной ядерной катастрофы. Эти настроения регулярно подогреваются не только многочисленными явлениями «пророков», возглашающих о скором конце света, но и паническими слухами о якобы случившихся авариях на ядерных объектах. Данная ситуация усугубляется тем, что жёлтая пресса склонна раздувать такого рода сенсации. Отсюда столь важным становится объективное и своевременное информирование городского населения о реальном положении дел в ядерной энергетике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Security [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Security> – 25.04.2022.
2. Панарин, С.А. и др. Дискурсивный анализ безопасности: дефиниция как элемент культуры [Текст] / С.А. Панарин, А.Б. Есимова // Безопасность как ценность и норма: опыт разных эпох и культур (Материалы Международного семинара, г. Суздаль, 15–17 ноября 2011 г.) / Отв. ред. Сергей Панарин. – СПб.: Интерсоцис, 2012. – С.16-32.
3. Штомпель, О.М. Визуальный образ города [Текст] / О.М. Штомпель // Ценность города и ценности горожан: монография / Южный федеральный университет; под общ. ред. Л.А. Штомпель. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2019. – С.40-79.

Security as a Value of Modern Urban Culture

Petrulevich I.A.

*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia
e-mail: irusia2@rambler.ru*

Abstract – Security is considered as an assessment by city dwellers of the degree of protection from possible threats that await a person in a modern city. The subjective assessment of the level of security by residents of southern Russian cities is subjected to a secondary interpretation. It is shown that the highest level of security was noted by residents of medium-sized cities. The relative loss of the value of safety in the city is associated not only with objective risks and threats that lie in wait for a person in the city, but also with insufficient awareness of the population about the real state of affairs in nuclear energy.

Key words: security, city, value, fear, risks, nuclear energy.

ПРОФОРИЕНТАЦИОННАЯ КООПЕРАЦИЯ СТЕЙКХОЛДЕРОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Руденко В.А., Томилин С.А., Железнякова А.В., Лобковская Н.И.

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

В работе рассматривается профориентационная кооперация стейкхолдеров образовательного процесса и специалистов атомной отрасли с целью углубления интеграции школы, технического университета и производства. Предложена модель взаимодействия заинтересованных субъектов по построению эффективной системы социального партнерства в сфере профессионального образования и повышению качества подготовки выпускников.

Ключевые слова: атомный технопарк, профориентационная кооперация, стейкхолдеры атомной отрасли, профориентационное сопровождение.

Волгодонск – территория расположения предприятий сразу четырех дивизионов Госкорпорации «Росатом» – обоснованное и перспективное место специализированного взаимодействия стейкхолдеров атомной отрасли. На базе Волгодонского инженерно-технического института – филиала Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (далее – ВИТИ НИЯУ МИФИ) при поддержке АО «Концерн Росэнергоатом» и Ростовской АЭС в октябре 2021 г. создана и открыта площадка профессиональной интеграции стейкхолдеров атомной отрасли – Атомный технопарк. Высокотехнологичными оборудованными пространствами для совместной работы стали:

- лаборатория неразрушающих методов и средств контроля оборудования АЭС;
- центр диагностики и ремонта технологического оборудования АЭС;
- цифровой исследовательский полигон виртуальных систем управления и эксплуатации АЭС,
- атомный IT-акселератор;
- робототехнический и электротехнический клуб;
- естествоиспытательный полигон.

Главной траекторией развития этой новой практико-ориентированной зоны является профориентационная кооперация талантливых школьников, выполняющих научно-исследовательские или практико-ориентированные проекты инженерной направленности, студентов ВИТИ НИЯУ МИФИ и специалистов-практиков атомной отрасли. Школьникам на этапе самоопределения важно больше узнать об инженерных профессиях, что поможет осознанно планировать дальнейшее образование. Студентам необходима практическая подготовка, где под руководством ведущих преподавателей и научных работников НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ и профильных кафедр закрепляются их профессиональные навыки. Сотрудникам предприятий атомной отрасли будет интересна роль наставников в процессе сотрудничества с одаренной молодежью с целью передачи ценного профессионального опыта, эффективной профессиональной связи поколений, поддержания и повышения собственной профессиональной формы.

В связи с этим, первым масштабным мероприятием Атомного технопарка стала инженерная смена «Юниоры AtomSkills», направленная на:

- выявление и сопровождение увлеченной техническим творчеством молодежи;
- привлечение профессорско-преподавательского состава, ученых и практиков в области атомной энергетики к сотрудничеству с одаренной молодежью;
- специализированную профориентацию одаренной молодежи посредством выполнения командных и индивидуальных проектных заданий совместно с представителями высшей школы, производства и технологической среды;
- приобретение школьниками и студентами опыта командной проектной работы;

- предоставление возможности практиковаться в решении прикладных научно-технических задач;
- развитие творческих способностей и интереса к инженерной деятельности и техническому творчеству;
- популяризацию и пропаганду научных знаний в области атомной энергетики;
- вовлечение школьников в движение «Юниоры AtomSkills».

Программа инженерной смены «Юниоры AtomSkills» согласована с организациями-партнерами АО «Концерн Росэнергоатом», АНО «Корпоративная Академия Росатома», МБУДО «Станция юных техников» в г. Волгодонске, и разрабатывалась по пяти направлениям инженерной деятельности, соответствующим актуальным в атомной отрасли компетенциям:

1. Технологические системы энергетических объектов.
2. Web-дизайн и разработка.
3. 3D-моделирование и прототипирование.
4. Инженерное мышление. Каракури.
5. Культура безопасности.

В виду весомости обозначенного потенциала, ВИТИ НИЯУ МИФИ в условиях предоставленных ему полномочий выработал модель интеграции школы, технического университета и производства (рис. 1). Реализация модели имеет стратегический характер, ярко выраженный в масштабных практико-ориентированных проектах: Концепция комплексного взаимодействия «Школа-Университет-Предприятие», Стратегия развития дополнительного профессионального образования, Программа развития научно-исследовательской деятельности, План социокультурных мероприятий.

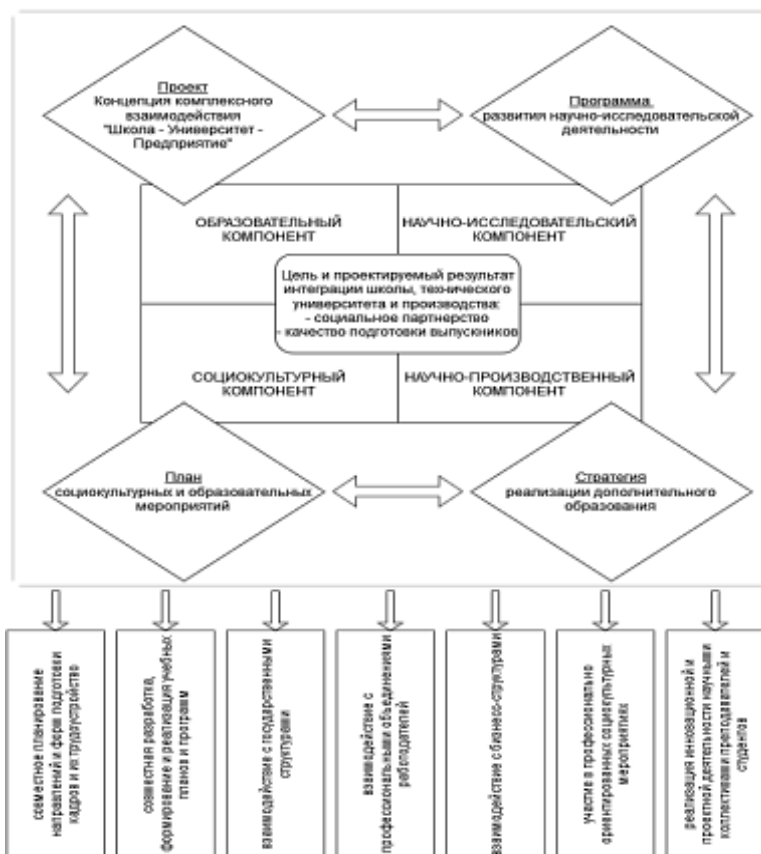


Рисунок 1 – Модель интеграции школы, технического университета и производства

Целью выступает ориентация образовательной организации на обеспечение ожидаемого работодателями качества подготовки выпускников для атомной отрасли. Результатом является, с одной стороны, эффективная система социального партнерства в сфере профессионального образования, а с другой – высокий уровень профессиональной

подготовленности будущих работников атомной отрасли. Первый (внешний) результат выступает как механизм регулирования социокультурных и экономических вопросов взаимодействия школ, технических вузов, работодателей и государства; второй (внутренний) – как единая концепция ВИТИ НИЯУ МИФИ, бизнес-сообщества региона и всех стейкхолдеров процесса интеграции.

Такая коллаборация стимулирует профессиональный рост педагогического и профессорско-преподавательского состава образовательных учреждений, гарантирует выпускникам трудоустройство по выбранной специальности с ясной перспективой карьерного роста, способствует формированию и совершенствованию их профессиональных компетенций, обеспечивает учреждениям профессионального образования гарантированный оплачиваемый заказ на подготовку специалистов, возможность дальнейшего развития научно-исследовательской базы, повышения уровня и диверсификации предоставляемого образования. Таким образом, определены и представлены образовательный, социокультурный, научно-исследовательский и научно-производственный компоненты интеграции, в процессе которой целевой результат достигается посредством построения и укрепления инновационных системообразующих связей ВИТИ НИЯУ МИФИ.

Vocational Cooperation of Stakeholders in the Nuclear Industry

Rudenko V.A.¹, Tomilin S.A.², Zheleznyakova A.V.², Lobkovskaya N.I.⁴

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

¹*e-mail: V.A.Rudenko@mephi.ru*

²*e-mail: satomilin@mephi.ru*

³*e-mail: AVZheleznyakova@mephi.ru*

⁴*e-mail: NILobkovskaya@mephi.ru*

Abstract – Career guidance cooperation between the stakeholders of the educational process and nuclear industry specialists is considered in order to deepen the integration of the school, technical university and production. A model of interaction between stakeholders to build an effective system of social partnership in the field of vocational education and improve the quality of graduate training is proposed.

Key words: nuclear technopark, career guidance cooperation, nuclear industry stakeholders, career guidance support.

УДК 330.101.8

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ КУЛЬТУРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Лыскова И.Е.

Коми республиканская академия государственной службы и управления, г. Сыктывкар, Россия

В тезисах актуализируются концептуальные основы формирования культуры производственной безопасности промышленных предприятий, обосновывается значимая роль атомной промышленности в области развития культуры безопасности промышленного производства.

Ключевые слова: промышленное производство; культура производственной безопасности; принципы формирования и развития культуры производственной безопасности.

Атомная промышленность более 35 лет, после трагических событий на Чернобыльской АЭС, демонстрирует лидерство в области разработки концепции культуры производственной безопасности и её реализации в сфере промышленного производства. Современная политическая и социально-экономическая ситуация требует действенных мер по обоснованию безопасности как приоритета, цели, ценности, нормы, стандарта качества промышленного производства.

Ключевые принципы формирования и развития культуры производственной безопасности зафиксированы в Руководстве по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по формированию и поддержанию культуры безопасности на атомных станциях и в эксплуатирующих организациях атомных станций» (РБ-129-17). Эти рекомендации утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, техническому и атомному надзору от 19 сентября 2017 г. № 371. Данное Руководство по безопасности разработано в соответствии с Федеральным законом от 21 ноября № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» в целях содействия соблюдению требований Федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» НП-001-15, утверждённых приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 декабря 2015 г. № 522 (зарегистрирован Минюстом России 2 февраля 2016 г., регистрационный № 40939) [1].

Отметим наиболее значимые концептуальные положения, обосновывающие практическую значимость, и действия по выполнению требований высокого уровня культуры производственной безопасности сотрудников атомной промышленности:

1. Приоритет безопасности.

Устанавливается приоритет безопасности над экономическими и производственными целями посредством заявления о политике в области безопасности или заявления о политике в области культуры безопасности. Провозглашение приоритетности и целей безопасности доводится до персонала и обеспечивается в обязательном порядке в процессе производственной деятельности.

2. Профессионализм и квалификация.

Формируется система подбора, профессионального обучения и поддержания высокой квалификации сотрудников с целью соответствия требованиям профессиональной квалификации и полной готовности сотрудников обеспечивать производственный процесс с учётом всех принципов и аспектов культуры безопасности, том числе освоение навыков лидерства руководителей всех уровней, навыков командной работы и высокой коммуникативной культуры.

3. Дисциплина и ответственность.

Дисциплина и ответственность – исключительно значимый компонент культуры безопасности как руководителей, так и исполнителей. Он базируется на эффективной организационной структуре, чётком и однозначном понимании профессиональных задач, распределении обязанностей, полномочий и ответственности в области производственной безопасности. Ответственность характеризуется наличием критической позиции и самоконтролем в отношении безопасности, качеством и документированием коммуникаций, строго регламентированным взвешенным подходом при принятии решений и выполнении производственных задач.

4. Соблюдение инструкций, регламентов, программ обеспечения качества.

Требуется чёткое обоснование и соблюдение технологических регламентов, следование требованиям, инструкциям, правилам, нормам в процессе производственной деятельности. Во избежание постепенного перехода на упрощённые схемы и обходные приёмы в вопросах обеспечения безопасности с определённой периодичностью необходимо производить оценку качества действующих инструкций, регламентов, норм, программ и др., привлекая к этой процедуре самих работников для объективной диагностики качества безопасности, выявления реальных технических и технологических несоответствий, искажений, изъянов, ошибок, неверных решений и действий.

5. Формирование атмосферы доверия.

Одним из базовых условий формирования и развития культуры производственной безопасности является приверженность руководства целям производственной безопасности промышленного производства в целом и приверженность культуре безопасности, в частности. Приверженность руководства безопасности проявляется через установку приоритетов экономической, социальной и экологической безопасности промышленного производства в интересах устойчивого развития [2]. Определяющим фактором развития культуры безопасности является формирование атмосферы доверия и открытости в вопросах обеспечения безопасности. Руководство промышленных предприятий является личным примером трансляции культуры безопасности посредством повседневного поведения, который должен восприниматься коллективом как гарант безопасности.

6. Понимание последствий несоблюдения требований безопасности и норм обеспечения качества.

Подчеркивается значимость формирования отношения к обеспечению безопасности всех сотрудников промышленного производства. Проводится профилактическая работа по выявлению неправильных и недопустимых действий сотрудников, рискующих повысить угрозы безопасности. Не допускается выполнение производственных операций, экономия ресурсов в ущерб качеству и безопасности производственных процессов. Рекомендуется открытое обсуждение потенциальных рисков и угроз безопасности, использование вероятностных оценок безопасности, анализ событий и опыта других предприятий, приводивших к чрезвычайным ситуациям, авариям, снижению надёжности производства, надёжности человеческого фактора и др.

7. Эффективный самоконтроль.

Самоконтроль является основным ресурсом обеспечения безопасности, способным исключить или свести к минимуму последствия ошибочных действий и решений в процессе профессиональной деятельности. Сотруднику рекомендуется критически оценивать свой потенциал и возможности безошибочного выполнения работ. Для повышения уверенности в правильности своих действий сотруднику рекомендуется использовать метод STARR (*Stop-Think-Act-Review-Report*, Остановись-Обдумай-Действуй-Проверь-Доложи).

8. Открытость и самосовершенствование.

Эффективность обеспечения безопасности в значительной мере зависит от стимулирования открытости профессиональной деятельности сотрудников посредством предупреждения, анализа, своевременной корректировки, недопущения повторений неправильных действий, но не с целью выявления и наказания виновных. Одной из существенных характеристик благоприятного социально-психологического климата в трудовом коллективе является недопустимость сокрытия обстоятельств, связанных с ошибочными действиями сотрудников по причине опасения санкций, и готовность открыто обсуждать проблемы обеспечения безопасности производственных процессов. Ключевым аспектом содействия эффективности культуре безопасности является стремление каждого сотрудника к самосовершенствованию посредством управления знаниями в организации, непрерывного повышения квалификации, самообразования, исследование негативного и положительного опыта по вопросам производственной безопасности, как локального, отраслевого, российского, так и зарубежного.

9. Мотивация.

Высокий уровень мотивации сотрудников является основой для повышения персональной и коллективной ответственности в вопросах обеспечения производственной безопасности. Система мотивации в аспекте управления культурой безопасности должна быть направлена на поддержание действий, формирующих безопасное поведение: своевременное сообщение о возникших проблемах в области безопасности; выявление условий и ошибок, связанных с повышенными рисками и угрозами безопасности производственных процессов; поддержание инициативы сотрудников по совершенствованию систем эксплуатационной безопасности и др.

Теоретические и практические аспекты формирования и развития культуры производственной безопасности, разработанные в атомной промышленности могут стать

ориентиром для повышения эффективности интегрированной системы менеджмента безопасности промышленных предприятий [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Рекомендации по формированию и поддержанию культуры безопасности на атомных станциях и эксплуатирующих организациях атомных станций (РБ-129-17) / Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. – Москва, 2016. С. 6-18.
2. Лыскова, И.Е. Методологические основы управления результативностью культуры производственной безопасности промышленных предприятий / И.Е. Лыскова // Экономическая безопасность. – 2022. – Том 5. № 2. – <https://1economic.ru/lib/114521>
3. Лыскова, И.Е. Приверженность руководства целям производственной безопасности как фактор формирования интегрированной системы менеджмента безопасности промышленных предприятий / И.Е. Лыскова // Глобальная ядерная безопасность. – 2021. № 4 (41). – С. 73-91.

Principles of Formation and Development of Industrial Safety Culture of Industrial Enterprises

Lyskova I.E.

*The Komi Republican Academy of State Service and Administration, Syktyvkar, Russia
e-mail: IrinaLyskova@mail.ru*

Abstract – The theses analyze the conceptual foundations of the formation of a culture of industrial safety of industrial enterprises; substantiate the significant role of the nuclear industry in the development of a safety culture of industrial production.

Key words: industrial production; industrial safety culture; principles of formation and development of industrial safety culture.

УДК 331.53

НЕЗАВИСИМАЯ ОЦЕНКА КВАЛИФИКАЦИЙ В СТРУКТУРЕ ВНЕШНЕЙ ЭКСПЕРТИЗЫ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТА

Привалова Н.Ф., Руденко В.А.

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

В работе рассматривается отраслевая система независимой оценки профессиональных квалификаций в структуре внешней экспертизы качества подготовки специалистов, её структурные компоненты, раскрываются основные направления деятельности по реализации и развитию системы. Раскрывается актуальность внешней экспертизы качества подготовки специалиста и место независимой оценки квалификаций будущих инженерных кадров атомной отрасли в её структуре.

Ключевые слова: система профессиональных квалификаций, независимая оценка квалификаций, профессиональный стандарт, качество подготовки, внешняя экспертиза, формы экспертизы.

В сложившейся ситуации, когда обязательным требованием к деятельности каждого вуза становится наличие внешнего и внутреннего механизма оценки качества образования, проблема экспертизы качества подготовки специалиста, как её составляющей, становится актуальной, приоритетной. В связи с актуальностью проблемы возникает необходимость всестороннего анализа как происходящих в системе высшего образования процессов, так и

результативности деятельности образовательных организаций, представленных уровнем подготовки специалиста, по качеству отвечающих требованиям работодателя и рынка труда.

Это диктует необходимость перехода от парадигмы оценки достижений в процессе обучения в рамках внутренней оценки качества образования, к оценке уровня сформированности профессиональных компетенций, соответствующих контексту профессиональной деятельности соответствующей квалификации, полученных в процессе внешней независимой экспертизы.

С точки зрения В.С. Черепанова под экспертизой понимается совокупность процедур, необходимых для получения коллективного мнения в форме экспертного суждения (или оценки) о педагогическом объекте (явлении, процессе) [1].

Внешняя экспертиза – это экспертиза с привлечением специалистов, которые обладают необходимыми знаниями и опытом в исследуемой сфере, способных дать оценку объекту экспертизы в пределах своей компетенций с учетом основных направлений развития образования [1].

Работа по «настройке» инструментов оценки качества подготовки специалиста требует участия не только педагогов, но и, прежде всего, сторонних экспертов. Только тогда полученные результаты могут быть действительно объективными [1].

Понятие «качество подготовки» является сложным, многомерным и субъективным, поэтому при определении концептуальных подходов при экспертизе качества подготовки специалиста возникает необходимость использования в качестве методологического ориентира системный подход, который содействует формированию целостного представления о педагогической действительности [2]. При системном рассмотрении экспертиза качества подготовки специалиста включает в себя все аспекты деятельности вуза, оказывающих влияние на формирование конкурентоспособного выпускника, востребованного рынком труда.

Актуализация экспертизы образовательных систем подготовки специалистов определяется следующими факторами [3]:

- системными инновациями в многоуровневой подготовке специалистов;
- определением в качестве методологической основы в организации и проведении экспертизы оптимального сочетания социально-маркетингового и компетентностного подходов;
- выделением в качестве приоритетных форм общественно-государственные формы и методики оценки качества подготовки специалистов.

В практике проведения общественно-государственной экспертизы качества подготовки специалистов используются внутренние и внешние формы экспертизы [3].

Внутренние формы экспертизы – рейтинговая оценка деятельности преподавателей, кафедры, деятельности студентов, внутренний аудит, самообследование. Внешние формы – это лицензирование, государственная аккредитация, профессионально-общественная аккредитация и независимая оценка профессиональных квалификации выпускников.

При этом, независимая оценка профессиональных квалификаций в структуре внешней экспертизы качества подготовки специалиста выступает одной из форм выявления степени готовности выпускника выполнять новые для него профессиональные функции, отвечающие перспективным требованиям экономической деятельности.

Независимая оценка квалификации позволяет работодателю подтвердить, что профессиональные знания и умения работников соответствуют требованиям профессионального стандарта, выявить реальный уровень профессиональных знаний, умений, навыков, компетенций, определить которые из них требуют развития, квалификационные недостатки, которые необходимо устранить. Результаты независимой оценки могут стать основой для разработки плана переподготовки или повышения квалификации работников.

С 2018 г. по 2020 г. Национальное агентство развития квалификаций реализовало проект «Профессиональный экзамен для студентов» с участием отраслевых советов по профессиональным квалификациям и субъектов Российской Федерации. Проект подтвердил преимущества сопряжения промежуточной государственной итоговой аттестации и

независимой оценки квалификации для всех участников – выпускников, работодателей, образовательных организаций [4-5].

В целях дальнейшего развития национальной системы квалификаций и системы независимой оценки квалификации в 2020 г. был подготовлен проект «Стратегия развития национальной системы квалификаций в Российской Федерации на период до 2030 г.».

Стратегия призвана способствовать достижению национальных целей и реализации стратегических национальных приоритетов, определенных в Указе Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». Проектом Стратегии определены приоритеты развития Национальной системы квалификаций Российской Федерации в среднесрочной перспективе [6].

С 2019г. ВИТИ НИЯУ МИФИ ведет работу по внедрению системы независимой оценки квалификации и сертификации выпускников, регулируемой Федеральным законом «О независимой оценке квалификации». Независимая оценка квалификации реализуется в форме профессионального экзамена, который проводится на площадке Автономной некоммерческой организации «Волгодонский центр оценки и сертификации квалификаций специалистов атомной отрасли» в соответствии с профессиональными стандартами атомной промышленности, по квалификациям, востребованным, прежде всего, на рынке труда предприятиями атомной отрасли.

Волгодонский инженерно-технический институт – единственный ВУЗ на юге России, осуществляющий практико-ориентированную подготовку специалистов в области атомной энергетики, соответствующую запросам дивизионов Государственной корпорации «Росатом», с которыми в процессе деятельности в области подготовки специалистов достигнута тесная интеграция. Обеспечена консолидация ресурсов предприятий и вуза (кадровый потенциал, полномасштабное оборудование, производственные площадки, тренажеры отраслевых промышленных предприятий) для дуального обучения специалистов, реализации индивидуальных образовательных траекторий, отвечающих потребностям работодателей, повышающих уровень квалификации выпускников.

В рамках участия в международных образовательных программах Волгодонский инженерно-технический институт осуществляет внедрение в программу подготовки студентов лучших международных практик WorldSkills, как инструмента независимой оценки квалификаций, оценки сформированных профессиональных компетенций. Студенты вуза и техникума ежегодно являются участниками, призерами и победителями межвузовских чемпионатов WorldSkills, дивизиональных и отраслевых чемпионатов Государственной корпорации «Росатом» ReaSkills и AtomSkills.

ВИТИ НИЯУ МИФИ – вуз в Ростовской области, на базе которого с 2017г. в рамках пилотной апробации и заключенного трехстороннего соглашения между Государственной корпорации «Росатом», Союзом «WorldSkills Russia», НИЯУ МИФИ проводятся демонстрационные экзамены. Одним из обязательных условий проведения демонстрационных экзаменов является участие сертифицированных экспертов в оценке результатов демонстрационных экзаменов – представителей работодателей.

Для того чтобы Национальная система квалификаций заработала в полной мере необходимо, чтобы система образования смогла обеспечивать выпускника целостным видением процессов, происходящих в экономике, пониманием их взаимосвязанности, взаимозависимости и взаимообусловленности и, соответственно, системностью видения работником своей жизни. С этой целью требуется внедрение и дальнейшее развитие профессионально-общественной аккредитации (ПОА) образовательных программ, особенно, использования ее результатов для повышения качества образования [7]. С 2019г. в институте ведется работа по профессионально-общественной и международной аккредитации реализуемых профессиональных образовательных программ.

Таким образом, имеются инструменты, позволяющие работодателям в рамках внешней экспертизы осуществить независимую оценку качества подготовки будущего специалиста – выпускника вуза. Это система независимой оценки квалификации, реализуемая в форме

профессионального экзамена, результаты чемпионатов WorldSkills; демонстрационный экзамен; профессионально общественная аккредитация образовательных программ.

Сегодня перед системой высшего образования стоит задача объединения подходов и инструментов, используемых с целью внешней экспертизы качества подготовки выпускников. Необходима разработка единой методологии, которая позволит развивать независимую систему оценки квалификации молодых специалистов, как инструмента, способствующего росту профессиональной компетентности, модернизации системы подготовки кадров, удовлетворению потребности практики в профессионалах высокой квалификации, отвечающих современным требованиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щербакова Л.И. Качество профессионального образования и институциональные основы внешней экспертизы: монография / Л.И. Щербакова, Т.Ю. Коренюгина, И.А. Ревин, Е.А. Бондаренко, А.А. Овсиенко / Юж.-Рос. гос. политех. ун-т (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: «НОК», 2015. – 237 с. – URL: <https://www.npi-tu.ru/university/faculty/ido/assets/docs/kachestvo-professionalnogo-obrazovaniya-2015..pdf> (дата обращения: 02.03. 2022).
2. Денисова О.П. Современные подходы к экспертизе качества высшего профессионального образования / О.П. Денисова // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-педагогические науки: Сетевой журнал. – 2012. – №2(18).– URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennnye-podhody-k-ekspertize-kachestva-vysshego-professionalnogo-obrazovaniya> (дата обращения: 06.05.2022).
3. Мигунова Е.В. Общественно-государственная экспертиза качества подготовки будущих специалистов в вузе как инновационный процесс / Е.В. Мигунова, А.Н. Александрова // Вестник Новгородского государственного университета: Сетевой журнал. – 2011. – № 54. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obschestvenno-gosudarstvennaya-ekspertiza-kachestva-podgotovki-buduschih-spetsialistov-v-vuze-kak-innovatsionnyy-protsess> (дата обращения: 08.05.2022).
4. Доклад о состоянии, динамике развития и результатах деятельности в сфере независимой оценки квалификации в 2019 году. – URL: <https://nspkrf.ru> (дата обращения: 02.03. 2022).
5. Доклад о состоянии, динамике развития и результатах деятельности в сфере независимой оценки квалификации в 2020 году. – URL: <https://nspkrf.ru> (дата обращения: 02.03. 2022).
6. «Стратегия развития национальной системы квалификаций Российской Федерации на период до 2030 года» (одобрена Национальным советом при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям (протокол от 12.03.2021 N 51)). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_384038/ (дата обращения: 02.03. 2022).
7. Фирсанова, О.В. Национальная система квалификаций как сфера интересов образовательных организаций и работодателей / О.В. Фирсанова, С.М. Газуль, С.А. Степанов, Н.Г. Химичева // Гипотеза. № 2(7). – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2019. – С. 5-18. – URL: <http://hypothesis-journal.ru/sites/default/files/2019> (дата обращения: 17.02. 2022).

Independent Assessment of Qualifications in the Structure of External Examination of the Quality of Specialist Training

Privalova N.F., Rudenko V.A.

*Volgodonsk Engineering and Technology Institute - branch of the National Research Nuclear University "MEPhI",
Volgodonsk, Rostov region, Russia*

Abstract – The paper considers the sectoral system of independent assessment of professional qualifications in the structure of external expertise of the quality of training of specialists, its structural components, reveals the main areas of activity for the implementation and development of the system. The relevance of external expertise and the place of an independent assessment of the qualifications of future engineering personnel of the nuclear industry in its structure are revealed.

Key words: system of professional qualifications, independent assessment of qualifications, professional standard, quality of training, external expertise, forms of expertise.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Хухлаев Д.Г., Довбыш В.Е.

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

Статья посвящена вопросам построения эффективной сбалансированной стратегии развития атомной отрасли в условиях максимизации санкционного давления на Россию. В рамках исследования определен круг рисков в рамках PEST-анализа, и определен перечень возможных мер по управлению выявленными рисками.

Ключевые слова: стратегический анализ рисков атомной отрасли, PEST-анализ рисков атомной отрасли, управление рисками в условиях санкций, экономическая политика корпораций и государства.

В настоящее время Россия переживает довольно сложный период. Можно констатировать, что санкционная война, направленная против нашего государства, достигла глобальных масштабов. Соответственно, и масштаб рисков для отечественной экономики стал если не критическим, то опасным. В статье будут затронуты вопросы оценки и управления рисками атомной отрасли, при этом акцент сделан на сегмент «мирного» атома.

Для оценки ситуации использована методика PEST-анализа, предполагающая выделение экономических, политических, социальных и технологических рисков. От новых классификаций мы вынуждено отказались, поскольку они не несли новой смысловой нагрузки [1].

Политическая ситуация в мире в целом и в сфере экономики имеет уже в большей степени черты военного противостояния. Риски в этой связи в экономике усугубляются нелогичным и иррациональным поведением западноевропейских правительств, которые имеют значительную зависимость от США. Предлагаем рассмотреть перечень рисков:

1. замена экономических критериев для принятия управленческих решений на политические;
2. применение административных рычагов для выдавливания АО «Концерн Росэнергоатом» с международных рынков (Чехия, Финляндия);
3. общее усиление политической поляризации в мире.

Ситуация в технологической сфере выглядит наиболее устойчивой. Это подтверждается следующими основаниями:

– Положительные факторы.

1. применяемая АО «Концерн Росэнергоатом» стратегия полной интеграции позволяет осуществлять контроль за всеми этапами производства оборудования для АЭС и генерации ядерной электроэнергии;
2. наличие ресурсной базы для ядерной энергетики;
3. создание и сохранения профессиональных компетенций в области ядерной энергетики;
4. возможность замены ранее импортируемых сплавов (в т.ч. и из Украины);
5. переход на отечественное программное обеспечение, используемое для функционирования объектов ядерной отрасли.

– Негативные факторы:

1. использование для разработки и производства оборудования для АЭС импортного программного обеспечения (Автокад и др.);
2. общая деградация станкостроения в РФ оказала влияние и на зависимость на производство оборудования для атомной энергетики.

Социальные риски рассмотрим в аспекте научной деятельности. Представим риски в данном сегменте анализа:

1. ограничение доступа к научной информации;
2. возможный отток кадров, в том числе и выпускников вузов (это касается и смежных отраслей).

Экономические риски определены инфляционными процессами и дестабилизацией валютного рынка. В России правительство и ЦБ склоняются к тому, что в этом году в России будет спад примерно на восемь с половиной процентов, потому что мировая экономика работает, нефть сохраняется на высоких ценах, Россия продолжает ее продавать, хоть и с некоторыми проблемами. Это значит, что валюта поступает в страну.

Управление рисками в стратегической перспективе

Решения политических рисков, кроме установления контроля над странами-контрагентами пока не наблюдается. Причем, по опыту США, мы видим отказ от прямого территориального и военного контроля и переход к контролю политическому, экономическому и в первую очередь финансовому. В этом аспекте наша страна проигрывает нашим противникам со времен уничтожения СССР и социалистической системы.

Для предотвращения выезда кадров за рубеж необходимо:

1. восстановить практику обязательной отработки для выпускников, получивших образование за счет средств федерального бюджета;
2. отказаться от стимулирования получения работы за границей (программа «Два диплома»);
3. ограничить деятельность рекрутинговых агентств.

Для преодоления остаточной технологической зависимости в смежных отраслях, в частности в области обеспечения отечественным программным обеспечением необходимо выполнить весь комплекс инновационных и технологических мероприятий:

1. разработать программное обеспечение
2. разработать и внедрить в производство машиностроительное оборудование, сопряженное с вышеуказанным программным обеспечением;
3. устранить отсутствие и отставание в производстве промышленного оборудования.

В настоящее время российские предприятия, в том числе и атомной отрасли, придерживаются долгосрочной стратегии, направленной на рискориентированное развитие. Анализ международной практики последних лет показывает, что учет различных факторов риска производственной деятельности имеет важное значение для экономической устойчивости предприятий [2].

Увеличивающиеся инвестиции в машиностроение за последние годы свидетельствуют о переходе экономики России к периоду импортозамещения [3].

Подобные процессы по международному опыту имеют длительную продолжительность, и до того момента, когда отечественное машиностроение совместно с научно-техническим сектором национальной экономики сможет предоставить конкурентоспособную замену импортным аналогам в сфере технологических машин, оборудования, систем и комплектных производств, может пройти гораздо больший промежуток времени, чем который прошел с начала перехода национальной экономики к периоду импортозамещения.

При правильной оценке рисков стимулируется выбор новых экономических, технологических процессов и продуктов, поощряются достижения НТП в области управления рисками; появляется финансовый источник амортизационных поступлений [4].

Анализ внешнего систематического воздействия промышленных предприятий России, а также деятельности по ее минимизации показывает, что в целом предприятия осознают важность мероприятий по управлению производственными рисками.

В целом, резюмируя аналитические данные, можно утверждать, что глобалистические и либеральные подходы, применяемые для организации экономики страны, являются в корне не верными. Мы являемся свидетелями, что никакого свободного рынка с объективными и эффективными механизмами ценообразования не существует, правовых норм, которые обязательны к исполнению – также нет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зернова, Л.Е. Классификация санкций и рисков из-за введения санкций / Л.Е. Зернова, М. Фарзаниан // Инновационные технологии управления и права. – 2014. – №3(10). – С.98-101, 99
2. Дегтярев, П.А. Оценка влияния глобальных рисков и санкционного режима на экономику Российской Федерации // П.А. Дегтярев, Т.В. Шурухина – Экономико-правовые аспекты реализации стратегии модернизации России: Поиск модели эффективного социально-экономического развития: Сборник статей международной научно-практической конференции (Сочи, 05–09 октября 2016 года). – Москва: АНО "Научно-исследовательский институт истории, экономики и права", 2016. – С. 53-56.
3. Финансовый менеджмент российских компаний в условиях санкционных и рыночных рисков: Монография // Под редакцией Г.А. Бурякова, Р.А. Сычева – Краснодар: Научно-исследовательский институт экономики Южного федерального округа, 2018. – 300 с.
4. Спирина, А.В. Риски и потери России в санкционной войне / А.В. Спирина, К.Р. Шелтик, О.Н. Терентьева – Актуальные вопросы науки и практики: сборник научных трудов по материалам XV Международной научно-практической конференции. – Анапа: «Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов в Южном Федеральном округе, 2019. – С. 45-48.

Current Issues of Nuclear Industry Risk Management in Modern Conditions

Khukhlaev D.G.¹, Dovbysh V.E.²

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

¹*e-mail: omega356@yandex.ru*

²*e-mail: VEDovbysh@mephi.ru*

Abstract – The article is devoted to the issues of building an effective balanced strategy for the development of the nuclear industry in conditions of maximizing the sanctions pressure on Russia. Within the framework of the study, the range of risks within the framework of PEST analysis was determined, and a list of possible measures to manage the identified risks was determined.

Key words: strategic risk analysis of the nuclear industry, PEST risk analysis of the nuclear industry, risk management under sanctions, economic policy of corporations and the state.

УДК 378.4 :316.65

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ МОТИВАЦИИ СТУДЕНТОВ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ В ПОСТПАНДЕМИЙНЫЙ ПЕРИОД

Агапова С.П., Лобковская Н.И.

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

Исследуются причины снижения научно-исследовательской мотивации и инициативности студенческой молодежи в связи с переходом к смешенной форме обучения в годы пандемии коронавируса и высокой инерцией восстановления академической активности в постпандемийный период. Выявлена неустойчивость научно-исследовательского интереса студентов в связи с формализацией всего академического процесса в режиме дистанционного обучения при сохранении понимания повышенной сложности и трудоемкости научно-исследовательской деятельности.

Ключевые слова: научно-исследовательская мотивация, студенты высшей школы, постпандемийный период, инновационный потенциал, дистанционная форма обучения.

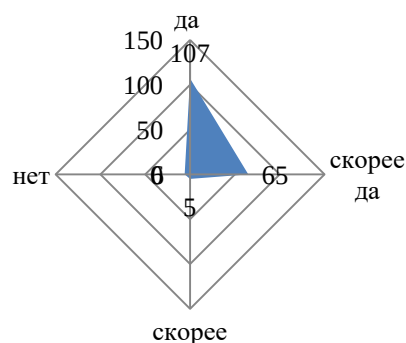
Прогрессивное преобразование российской экономики и общества в целом, требует ускоренного формирования информационного общества, основанного на высоком уровне

образования, креативности подходов, инновационности и мобильности во всех отраслях экономики и сферах деятельности. В современных российских условиях политической и идеологической напряженности стала очевидна важность научно-технической автономности государства. Для достижения необходимого уровня самостоятельности ключевое значение имеет инновационный потенциал студенческой молодежи, о чем, в частности, говорится в Указе Президента Российской Федерации В.В. Путина от 25.04.2022 № 231 «Об объявлении в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий» [1].

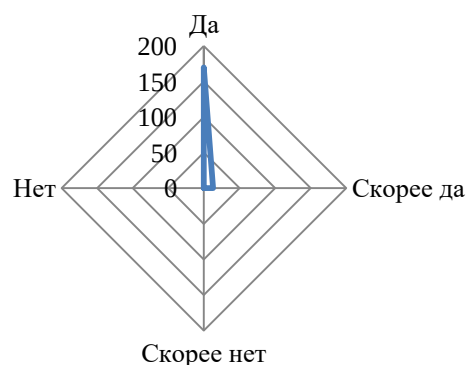
Формирование и развитие инновационного потенциала студенческой молодежи России должно стать базисом подобных трансформаций. В связи с этим предметом пристального внимания и непосредственного участия ППС высших и средних учебных заведений должно быть максимальное вовлечение, стимулирование и формирование мотивации обучающихся к активизации их научно-исследовательской деятельности.

Активность участия молодежи в процессах общественной трансформации зависит не только от уровня образования, степени мобильности, целей, жизненной позиции и социальных ориентиров (базисных условий), но и от внешних факторов – возможностей практической реализации и востребованности их инновационного потенциала, экономической и политической стабильности в обществе и др. Поступательное социально-экономическое развитие связано с новаторством, поиском нетрадиционных способов решения проблем, мобильностью и инициативностью, смелостью и парадоксальностью мышления, что в большей степени свойственно молодежи в силу их свободы от консерватизма и излишней рациональности.

Сравнительные результаты изучения научно-исследовательской активности студентов в допандемийный период 2018-2019 гг. [2] и постпандемийный период 2021-нач.2022 гг. представлены на рисунках 1-3. В выборку включены студенты ВИТИ НИЯУ МИФИ с 1 по 5 курс очной формы обучения в количестве 183 человек. Репрезентативность обеспечена пропорциональным отбором респондентов по направлениям и курсам.

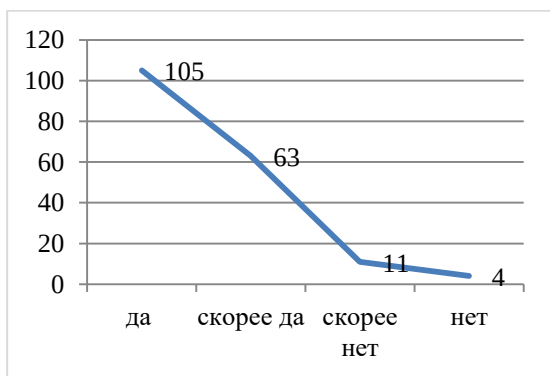


а) нач. 2018-2019 гг.

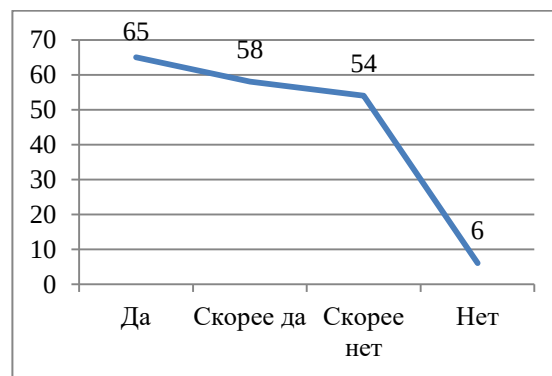


б) 2021-нач.2022 гг.

Рисунок 1 – Принятие студентами стратегической важности научно-технических исследований; разработок, достижений; чел.

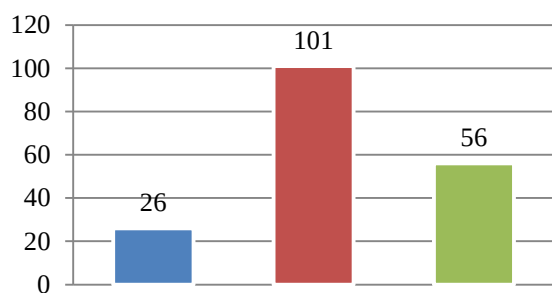


а) 2018-нач.2019 гг.

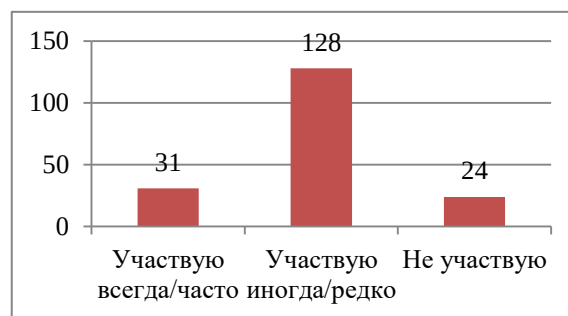


б) 2021-нач.2022 гг.

Рисунок 2 – Намерение студентов заниматься научно-исследовательской деятельностью; чел.



а) 2018-нач.2019 гг.



б) 2021-нач.2022 гг.

Рисунок 3 – Участие студентов в научно-исследовательских проектах; чел.

Вынуждены отметить обнаруженное противоречие: на фоне абсолютного принятия стратегической важности научно-технических достижений, во второй волне исследования студенты демонстрируют увеличение научно-исследовательской активности через участие в соответствующих проектах и одновременно снижение мотивации к научно-исследовательской деятельности. Такая ситуация нуждается в дополнительном изучении, так как гипотезы об участии «через силу» не предусматривалось. Однако среди ограничивающих причин студенты отметили следующее:

1. Нехватка времени:

- загруженность в учебе: больше всего времени обучающиеся тратят на посещение занятий в институте (до 48 ч. в шестидневную неделю);
- большой объем домашних заданий (16-19 ч. а неделю);
- самообразование, онлайн-курсы (7-9 ч. а неделю);
- общественная деятельность (2-3 ч. а неделю).

2. Не видят для себя ценности научно-исследовательской деятельности:

- сомневаются, стоит ли тратить время на мероприятия, которые не поощряются желаемыми наградами;
- нет уверенности, что полученные навыки могут пригодиться.

3. Пугает высокая сложность и трудоемкость научно-исследовательских проектов.

4. Проблематичность практической реализации разработанных тем.

Итак, снижение интереса к участию в научно-исследовательской деятельности, инициативности студентов в постпандемийный период проявляется в росте пассивности, нежелании решать сложные задачи, требующие значительных временных затрат и умственных усилий. Такая ситуация, на наш взгляд, спровоцирована сокращением полноценных контактов преподавателей, студентов и работодателей в течение достаточно длительного периода, замещением академической активности (дискуссии, групповые формы выработки решений проблемных ситуаций и т.п.) в ходе очных занятий возможностью присоединиться к мнению других, психофизиологическими проблемами перехода из дистанционного формата обучения в очный, сокращением возможностей демонстрации и реализации своих проектов.

В качестве мер, способствующих усилению мотивации и раскрытия инновационного потенциала студентов предлагаем:

1. Стимулирование творческой активности в ходе решения кейсов и индивидуальных проектов в рамках читаемых дисциплин

2. Возобновление практики стажировок преподавателей на ведущие предприятия с целью обмена опытом и актуализации направлений научно-исследовательской работы студентов.

3. Привлечение студентов к разработке реальных проектов развития объектов городской инфраструктуры и участие в их практической реализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Российской Федерации от 25.04.2022 № 231 «Об объявлении в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий». – URL :<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202204250022?index=0&rangeSize=1> (дата обращения: 29.04.2022).
2. Лобковская, Н. И. К вопросу об инновационном потенциале студентов отраслевых вузов – партнеров ГК «Росатом» / Н. И. Лобковская, А.В. Железнякова, А.Н. Недорубов // Глобальная ядерная безопасность. – 2020. – № 1(34). – С. 116-124.

To the Question of Reducing the Research Motivation of Higher School Students in the Post-Pandemic Period

Lobkovskaya N.I.¹, Agapova S.P.²

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

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

²*e-mail: svetlana-1164@mail.ru*

Abstract – The reasons for the decline in research motivation and initiative of students in connection with the transition to a blended form of education during the coronavirus pandemic and the high inertia of the restoration of academic activity in the post-pandemic period are investigated. The instability of students' research interest is revealed in connection with the formalization of the entire academic process in the distance learning mode, while maintaining an understanding of the increased complexity and laboriousness of research activities.

Key words: research motivation, higher school students, post-pandemic period, innovation potential, distance learning.

СЕКЦИЯ

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

УДК 621.311:620.179.13

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

Абидова Е.А., Воробьев Е.В., Пугачёва О.Ю., Прыткова Д.А., Чернов А.В.

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

Работа посвящена промежуточным результатам создания системы тепловизионного контроля, которая обеспечит снижение трудоемкости формирования документации по результатам контроля оборудования с включением в них всей необходимой информации. Описываются особенности методов прогнозирования технического состояния электротехнического и тепломеханического оборудования. Представлены необходимые критерии и методы анализа температурных полей с оценкой теплового состояния и мониторинга технического состояния электротехнического и теплообменного оборудования.

Ключевые слова: тепловизионный контроль, диагностика оборудования, запорная арматура, база данных, прогнозирование.

Проект НИИ Атомного Энергетического машиностроения ВИТИ НИЯУ МИФИ направлен на разработку комплексной автоматизированной системы хранения и анализа результатов тепловизионного контроля оборудования (КАС ТВК). КАС ТВК предназначено в первую очередь для диагностики оборудования АЭС, но может быть использовано на других производствах. К настоящему времени в рамках договора с частным учреждением «Наука и инновации» выполнены первый и второй этапы [1].

КАС ТВК работает с термографическими снимками, полученными с помощью приборов тепловизионного контроля различных типов. Термограммы могут быть переданы в КАС ТВК как непосредственно с тепловизора, так и из удаленного сетевого хранилища. КАС ТВК при регистрации термограмм извлекает из них термографическую информацию с сопутствующими данными (условиями тепловизионной съемки и параметрами настроек тепловизионного прибора) и сохраняет в своей внутренней базе данных [2]. В процессе регистрации данных обеспечивается визуализация процесса тепловизионного контроля и возможность корректировки данных в случае необходимости. При наличии дополнительной информации об обследовании, оператор добавляет ее вручную в базу КАС ТВК.

Для разработки методического обеспечения КАС ТВК использован опыт разработки переносного программно-технического комплекса диагностирования дизель-генераторов АЭС [3, 4]. Комплекс задач КАС ТВК можно разделить на пять групп: «Журнал обследований», «Новое обследование», «Оборудование», «Средства контроля», «Сервис». Пример экранной формы для реализации задачи «Новое обследование» представлен на рисунке 1.

В настоящее время результаты ТВК хранятся сотрудниками отдела технической диагностики разрозненно и обрабатываются вручную практически без учета истории диагностирования, без учета результатов, полученных другими методами. С целью повышения качества диагностирования реализованы следующие подходы:

1. Автоматизировано определение контролируемых областей на основе сопоставления видимого изображения объекта (полученного тепловизором во время съемки) с хранящимся эталоном изображения этого объекта.

2. Разработана модель для оценки перепада температур, возникающего при наличии протечки и величины протечки. Можно сопоставить перепад температур с размером течи. При

этом путем задания параметров узлов учитываются основные свойства среды и конфигурация анализируемого участка трубопровода с герметизирующим элементом.

3. Исследовано построение гистограмм температур. Процесс заключается в выборе области контроля, соотнесении ее с соответствующим конструктивным элементом объекта диагностирования, построении гистограммы с заданным шагом дискретизации температурных значений.

4. Разработан программный модуль на основе нейросетевого анализа термографических изображений, который обеспечивает автоматическое распознавание негерметичной арматуры. Скомплектованы документы для оформления РИД.

5. Реализовано прогнозирование температурных параметров методом экстраполяции тренда.

6. Опробована методика анализа расширенных результатов ТВК методом главных компонент.

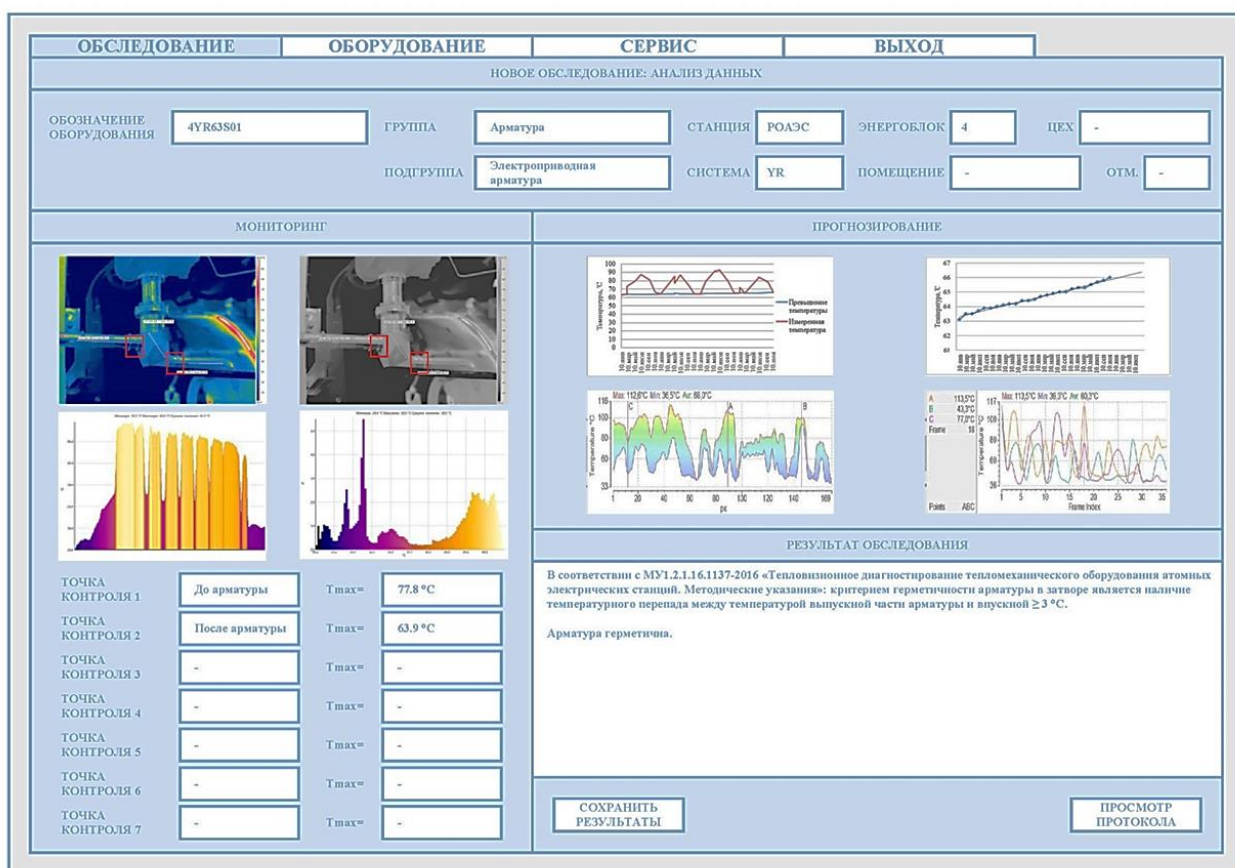


Рисунок 1 – Экранная форма комплекса задач «Новое обследование – Анализ данных»

Основным преимуществом разработки является возможность повышения коэффициента использования мощности за счет сокращения внеплановых простоев АЭС в связи с отказами оборудования. Немаловажным фактором является положительная практика по системе WANO, поскольку КАС ТВК направлена на повышение безопасности АЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка автоматизированной системы хранения и обработки результатов тепловизионного контроля оборудования АЭС. Абидова Е.А., Воробьев Е.В., Калашников М.В., Прыткова Д.А. Наука и инновации в современном мире: Сборник научных статей. Ч. IX. Научный ред. канд.филол.н. Е.Н. Муратова. – М.: Издательство «Перо», 2021. – 62-65 с.
2. Концепция создания комплексной автоматизированной системы тепловизионного контроля. Д.В. Швеиц, Е.А. Абидова, М.В. Калашников, П.В. Поваров. // Глобальная ядерная безопасность, 2022. - № 1 (42). – 60-66 с.

3. Абидова Е.А., Пугачёва О.Ю., Соловьёв В.И. Результаты диагностирования дизеля 15Д-100 посредством виброакустического мониторинга и тепловизионного контроля // Безопасность ядерной энергетики [Электронный ресурс] : тез. докл. XI Междунар. науч.-практ. конф., 27-29 мая 2015 г. / ВИТИ НИЯУ МИФИ [и др.]. – Волгодонск: [Б. и.], 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD).
4. Абидова Е.А., Пугачева О.Ю., Соловьёв и др. Диагностирование дизель-генераторного оборудования АЭС по результатам виброконтроля и теплотметрии // Безопасность ядерной энергетики [Электронный ресурс] : тез. докл. XII Междунар. науч.-практ. конф., 1-3 июня 2016 г. / ВИТИ НИЯУ МИФИ [и др.]. – Волгодонск: [Б. и.], 2016. – 1 электрон. опт. диск (CD).

Development of Methodological and Software for the Thermal Vision Control System of NPP Equipment

Abidova E.A., Vorobyov E.V., Pugacheva O.Yu., Prytkova D.A., Chernov A.V.

*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 – The area of research is the operation of electric pipeline valves at nuclear power plants of Rosenergoatom Concern JSC. The main measurement methods for implementation in the developed portable complex are selected. To assess the applicability of the direct method for measuring the ESA torque, a scheme of an experimental stand was developed. A valve drive model is proposed, which allows simulating various deviations in its operation and performing actions in order to correct these deviations. For the first time, processes were simulated during tightening of reinforcement, ensuring its tightness.

Key words: thermal imaging control, equipment diagnostics, valves, database, forecasting.

УДК 621.941.1

ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТРУБЫ СБ И ДЕТАЛЕЙ, ВХОДЯЩИХ В СБОРКУ, В УСЛОВИЯХ ФИЛИАЛА АО «АЭМ-ТЕХНОЛОГИИ» «АТОММАШ»

Агалаков Н.В., Федотов А.Г.

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

Механическая обработка является одним из основных способов изготовления большинства механизмов и деталей к ним. Благодаря металлорежущим методам обработки можно получить качественные, точные изделия любого профиля и размеров. В тяжелом атомном машиностроении механическая обработка имеет наибольшее значение в изготовлении изделий, таких, как корпус реактора, внутрикорпусные устройства, парогенератор и другие. В данном докладе будет рассмотрено назначение сборочной единицы «Труба», анализ технологичности, существующих технологических процесс, выбор заготовки, методы обработки расчет режимов резания, а также назначение баз, составления маршрутно-технологического процесса, выбор технологического оборудования и разработка приспособления.

Ключевые слова: тяжелое машиностроение, технологический процесс, анализ технологичности, режимы резания, механическая обработка, станки, приспособление, инструмент, деталь, технологическая оснастка.

Труба – сборочная единица, состоящая из трубы и хвостовика, Данное изделие предназначено для фиксации Выгородки в шахте внутрикорпусной корпуса реактора. Деталь входит в состав изделия Выгородки. Габаритные размеры трубы – длина шпильки 4440 мм,

[illegible]

Анализ технологичности конструкции детали

Таблица 1 – технологичность конструкции детали «Труба»

№	Требования технологичности	Характеристика технологичности
1	Деталь должна изготавливаться из стандартных заготовок	Конструкция детали технологична, т.к. в качестве заготовки используется трубный прокат
2	Конструкция детали должна обеспечивать доступность обработки ее поверхности	Конструкция детали технологична, т.к. поверхности доступны для обработки на станках
3	Конструкция детали возможность должна обеспечивать групповых или стандартных технологических процессов; размеры детали должны быть унифицированы	Конструкция детали технологична, т.к. размеры унифицированы и применен типовой технологический процесс
4	Свойства материала детали должны удовлетворять существующей технологии изготовления, хранения и транспортировки	Конструкция детали технологична, т.к. изготавливается из стали 08X18H10T, что удовлетворяет следующей характеристике материала, технологии изготовления, хранения и транспортировки.

100

Для Токарно-винторезной операции применяется станок токарно-винторезный станок ЛА40х6000.

Для сверления радиальных отверстий применяется вертикально-сверлильный станок 2Н125.

Для фрезерования пазов и сверления отверстий применяется горизонтально-расточной станок 2Ф622Ф4.

Выбор схемы проектирования, базирования и разработки конструкции приспособления.

На рисунке 2 представлена схема базирования заготовки в призмах опорных.

Для обеспечения точности обработки, устанавливаемая в приспособление заготовка должна быть лишена всех шести степеней свободы – возможности поворота и перемещения относительно трех осей координат рабочего пространства приспособления.

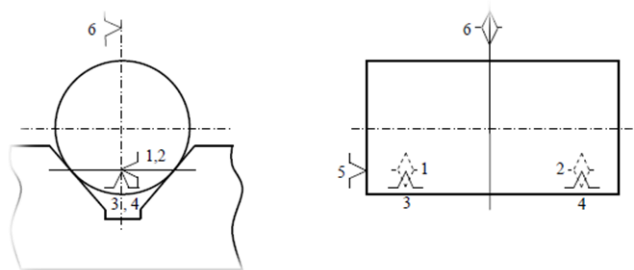


Рисунок 3 – Установка цилиндрической заготовки в призмах опорных

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.Г. Косилова, Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1986. Т.2. – 496 с.
2. Гузеев В.И., Батуев В.А., Сурков И.В. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник / Под ред. В.И. Гузеева. М.: Машиностроение, 2005. – 368 с.
3. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учеб. Пособие для техникумов по предмету «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент». – 5-е изд., перераб. и доп.- М., Машиностроение, 1990. - 448 с.
4. Справочник конструктора машиностроителя. В 3-х т. /Под ред. А.В. Анурьева.-Т3; М.: Машиностроение, 2001-864 с.
5. Приспособление для металлорежущих станков. Ансеров М.А. Редактор Н.Г. Гутнер. Ленинград «Машиностроение» Ленинградское отделение 1975.

Technology of mechanical processing of pipe 110.03.04.100 SB and parts included in the assembly, in the conditions of the Branch of JSC "AEM-technology" "Atom mash"

Agalakov N.V.¹, Fedotov A.G.²

Volgodonsk Engineering and Technology Institute - branch of the Research Nuclear University "MEPhI", Volgodonsk, Rostov region

¹ e-mail: agalakov.n@mail.ru

² e-mail: agfedotov@mephi.ru

Abstract – Machining is one of the main methods of manufacturing most mechanisms and parts for them. Thanks to metal-cutting processing methods, it is possible to obtain high-quality, accurate products of any profile and size. In heavy nuclear engineering, machining is of the greatest importance in the manufacture of products, such as the reactor pressure vessel, internals, steam generator, and others. This report will consider the purpose of the "Pipe" assembly unit, the analysis of manufacturability, the existing technological process, the choice of workpiece, the processing methods, the calculation of cutting conditions, as well as the appointment of bases, the compilation of the routing process, the choice of technological equipment and the development of application.

Key words: heavy engineering, technological process, processability analysis, cutting modes, machining, machine tools, device, tool, part, technological equipment.

МЕТОДИКА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО КОНТРОЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

Горин А.С., Абидова Е.А.

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

В данной статье описана методика ультрафиолетового контроля оборудования АЭС. Данная методика описывает последовательность действий, критерии оценки состояния высоковольтного оборудования информацию, полученную ультрафиолетовым методом.

Ключевые слова: ультрафиолетовое излучение, состав диагностического сопровождения, ультрафиолетовый контроль высоковольтного оборудования, требование к прибору и описания камеры DayCor, техника безопасности.

Фактически ультрафиолетовое излучение, такое как частичное появление короны возникает на всех элементах электрической цепи. Включая атомные отрасли, магистральные сети, подстанции. Корона связана с напряжением, поэтому как физическое явление корона возникает в сетях среднего и высокого напряжения. Имея различные проблемы в атомной отрасли от проектирования строительства и эксплуатации до техобслуживания АЭС. Поэтому задача основная в выявлении недостатков особенно если они структурные. В первую очередь об идентификации недостатков.

Классификация уровней напряжения:

- Ультровысокое – от 750кВ и выше
- Сверхвысокое – 750кВ, 500 кВ, 400кВ
- Высокое напряжение ВН – 330кВ, 220 кВ, 150 кВ, 110кВ
- Среднее первое напряжение – 35 кВ, 33 кВ, 20 кВ
- Среднее второе напряжение – 10 кВ, 6 кВ, 3 кВ.
- Напряжение на выводах генераторов 24 кВ, 22 кВ, 18 кВ, 15 кВ, 13 кВ.
- Низкое напряжение – 0,69 кВ, 0,4 кВ, 0,23 кВ

Большинство дефектов производят корону и эффективно выявляют УФ-методом.

- - Пробитые фарфоровые тарельчатые изоляторы.
- - Набросы проволоки (большой дефектов)
- - Сильное загрязнение
- - Дефекты полимерных изоляторов
- - Трещины в опорных фарфоровых изоляторах

Физика коронного разряда.

Коронный разряд это – эмиссия УФ – фотонов в результате рекомбинации ионов, сгенерированных при ионизации воздуха вдоль проводника под воздействием сильного электромагнитного поля.

Корона – это светоизлучающий электрический разряд, возникающий из за ионизации воздуха.

Корона возникает, когда локальное электрическое поле превышает критическое значение $E_{\text{крит}} = 24\text{--}30 \text{ кВ/см}$ (происходит ионизация воздуха)

Ионизация воздуха в результате Короны приводит к выделению абразивных кислот которые разъедают металлы и повреждают изоляцию вне зависимости от материала изолятора.

Корона является одновременно индикатором неисправностей и активным злокачественным фактором, который необходимо ликвидировать.

В результате

- Коррозия металлической концевой арматуры;
- Эрозия;
- Разложение полимерных изоляторов;
- Потеря гидрофобности;
- Вспышки;
- Пробои;
- Потеря сопротивления изоляторов;
- Нарушение проводимости проводников;
- Физическое повреждение компонентов;
- Трещины цемента между стержнем и металлическим колпачком;
- Фактически утечки электроэнергии.

Сравнение инфракрасного метода (тепловизор) с ультрафиолетовым методом

Тепловизор

Фиксирует: Точку нагрева

Обнаруживает: Тепловое излучение в результате электрических сбоев

УФ-дефектоскоп

Фиксирует: Частичный разряд (Корону)

Обнаруживает: УФ излучение (связанное с напряжением) в результате электрических сбоев



Рисунок 1 – Корона в месте соединения втулки и конденсатора

Принцип работы УФ – дефектоскопа DayCor

Свет, проникающий через объектив и видеоматрицу это визуальный канал, через УФ – фильтр сигнал попадает на так называемый множитель, который направляет на УФ – матрицу в котором в конечном итоге происходит наложения изображения, который дает комбинированный канал. Поэтому есть возможность работать в трех режимах в «визуальном», в режиме «ультрафиолета», и «комбинированный» (наложенный).

Это подводит к тому, что обнаружение ведет к предотвращению. Ультрафиолетовая диагностика наиболее эффективный способ раннего выявления дефектов своевременного реагирования.

Типы диагностики:

Наружная:

- Магистральная линии электропередач;
- Распределительные линии электропередач;
- Подстанции;
- Тяжелая промышленность.

Внутренние:

- Высоковольтные лаборатории;
- Производственные линии;
- Внутренние подстанции.

Наружная УФ диагностика – влияние окружающей среды

Атмосферное давление	Температура	Влажность
Низкое	Высокая	Высокая

При обследовании на объектах с подсветкой (флуоресцентное освещение прожектора) возможно из-за излучения в спектре, попадающие в поле зрения камеры, что сбивает показатели.

Сварочные работы в районе обследования (сварка до 1 км могут создавать проблемы)

Погодные условия (включая ветер).

Суть счетчика в камере.

Количество событий короны – это среднее за минуту количество засветок приемной матрицы фотонами проникающими через солнечно – слепой фильтр УФ – дефектоскопа.

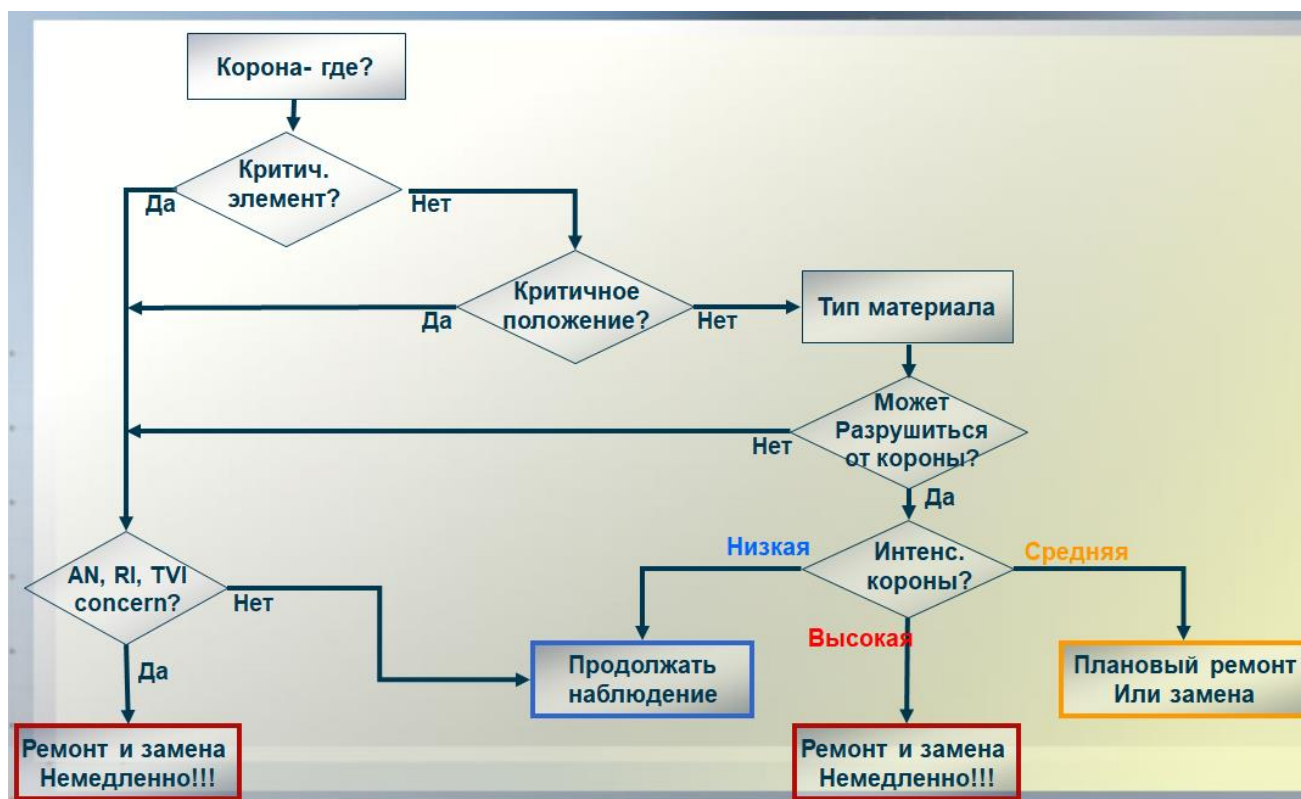


Рисунок 2 – Схема принятия решений

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрияшечко С.А., Васильев Б.Ю.: ВВЭР-1200: эволюция классики, 2020. – 672 с.
2. Носов, В. В. / Санкт-Петербург: Диагностика машин и оборудования, 2012. – 384 с.

Methodology for Ultraviolet Control of NPP Equipment

Gorin A.S.¹, Abidova E.A.²

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

¹e-mail: Stk.gorin@yandex.ru

²e-mail: eaabidova@mephi.ru

Abstract – This article describes the method of ultraviolet control of NPP equipment. This technique describes the sequence of actions, criteria for assessing the state of high-voltage equipment, information obtained by the ultraviolet method.

Key words: ultraviolet radiation, composition of diagnostic support, ultraviolet control of high-voltage equipment, requirements for the device and descriptions of the DayCor camera, safety precautions.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ МЕХАНИЗМА НЕФТЕГАЗОВОЙ АРМАТУРЫ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ МОЛИБДЕНОВОГО ПОКРЫТИЯ

Косогова Ю.П.^{*}, Мамонтова Е.Р.^{*}, Томилин С.А.^{*}, Погорелов М.В.^{**},
Ольховская Р.А.^{*}, Арсентьева Е.С.^{*}

^{*}Волгодонский инженерно-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск, Россия

^{**}АО «Атоммашэкспорт», г. Волгодонск, Ростовская обл., Россия

Существенное влияние на эксплуатационную надежность нефтегазовой арматуры оказывает износ ее элементов. В работе рассмотрено влияние молибденового покрытия деталей нефтегазовой арматуры на повышение эксплуатационной надежности. Установлено, что применение покрытия снижает трение в сопрягаемых деталях до 3-5 раз, повышает стойкость к агрессивным средам и износостойкость даже при работе без смазки или в условиях без постоянного возобновления смазки. Это позволяет увеличить ресурс арматуры, повысить плавность хода и точность регулирования, снизить вероятность поломки вследствие износа.

Ключевые слова: молибденовое покрытие, износостойкость, нефтегазовая арматура, испытания.

Подвижные сопряжения деталей нефтегазовой арматуры подвержены повышенному трению, что отрицательно влияет на эксплуатационные свойства и сокращает срок службы изделий. В этой связи повышение эксплуатационной надежности нефтегазовой арматуры достигается, прежде всего, повышением ее износостойкости.

Известно [1 - 3], что введение в состав смазочного материала мелкодисперсных твердофазных частиц благоприятно сказывается на увеличении износостойкости пар трения вследствие формирования ориентированных структур в зоне контакта, полирующего действия наночастиц и создания на поверхностях трения многофункциональной пленки. Для снижения коэффициента трения и повышения износостойких качеств смазочных материалов, в настоящее время разработаны различные нанопорошки, самосмазывающиеся покрытия, присадки, композиционные материалы, в составе которых эффективно используются соединения молибдена [4 - 6].

В работе рассматривалась эффективность применения молибденового покрытия в конструкции нефтегазовой арматуры, а именно, осесимметричном обратном клапане и регулирующем клапане. Покрытие из молибдена наносилось с помощью плазменного напыления, для этого использовались установка «Луч-1» и «Луч-2». Предварительно поверхность обрабатывалась струйно-абразивным методом. Детали, подлежащие покрытию, изготавливались из стали 12Х13 ГОСТ 5632-2014, стали 20Х13 ГОСТ 5632-2014 (твердость 217-255 НВ), стали 14Х17Н2 ГОСТ 5632-2014 (твердость 293-331НВ). Нанесению подвергались наружные цилиндрические поверхности диаметром от 30 мм до 120 мм. Покрываемые поверхности имели шероховатость Ra 1,6-6,3 мкм.

Технические параметры получаемого покрытия:

- номинальная толщина покрытия – 0,15...0,3 мм;
- допускаемые отклонения толщины покрытия +30 % от номинальной толщины;
- микротвердость покрытия 300-400 НВ;
- адгезия не менее 250 кгс/см².

Прочность соединения с основным материалом (адгезия) испытывалась по методике приложения № 2 ГОСТ 9.304-87 при аттестации новой партии молибденового порошка. Контроль толщины покрытия на цилиндрической части выполнялся с помощью приспособления. Деталь устанавливалась в центре или в призме концевыми шейками. Индикатор часового типа настраивался на «0» в зонах без покрытия. Перемещением индикатора вдоль оси детали с периодическим ее поворотом определялась толщина покрытия.

Контроль микротвердости покрытия производился на образце-свидетеле, который покрывался одновременно и по той же технологии, что и штатные детали.

В ходе испытаний на подтверждение работоспособности подшипника скольжения («ЦН-6Л – молибден») для клапанов обратных осесимметричных на условный проход DN 400...600 выяснилось, что без молибденового покрытия перемещение нагруженных сопрягаемых деталей арматуры из положения «открыто» в «закрыто» осуществлялось с заеданиями, усилие перемещения штока составило при 1 цикле 35 кгс. После 5 циклов наблюдалось заклинивание. При испытании с нанесенным молибденовым покрытием перемещение осуществлялось плавно без заеданий, при этом усилия перемещения равны: при 1 цикле 16-32 кгс; после 10 циклов – 18-37 кгс; после 200 циклов – 18-37 кгс.

Установлено, что применение покрытия снижает трение в сопрягаемых деталях до 3-5 раз. Это позволяет повысить эксплуатационную надежность арматуры, в частности увеличить ее ресурс, повысить плавность хода и точность регулирования, снизить вероятность поломки вследствие износа. В процессе исследований была установлена высокая стойкость к агрессивным средам (высокой температуре, наличию щелочных и кислотных примесей в рабочей среде), высокая износостойкость, даже при работе без смазки или в условиях без постоянного возобновления смазки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косогова Ю.П., Бурлакова В.Э., Томилин С.А. Получение наноразмерных частиц металлов и их влияние на триботехнические характеристики смазочных композиций // Инженерный вестник Дона. 2016. № 1 (40). С. 4.
2. Косогова Ю.П., Бурлакова В.Э. Сравнение триботехнической эффективности смазочных композиций, содержащих наночастицы меди, свинца и палладия // Инженерный вестник Дона. 2016. № 2 (41). С. 14.
3. Рогов В.А. и др. Новые материалы в машиностроении / В.А. Рогов, В.В. Соловьев, В.В. Копылов. – М.: РУДН, 2008 – 324.с.
4. Крыхтин Ю.И., Шабалин А.В. Эксплуатационные характеристики дисков трения с покрытием на молибденовой основе // Тракторы и сельскохозяйственные машины. №8. 2001. С.24-26.
5. Карлов В.И. Разработка заготовок дисков трения с молибденовым покрытием для повышения надежности работы в масле в трансмиссионных узлах машин // Известия Волгоградского государственного технического университета. №8 (187). 2016. С. 75-78.
6. Щербakov И.Н. О системном подходе к разработке композиционных антифрикционных покрытий // Инженерный вестник Дона, 2013, №1. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_86_Sherbakov.pdf_1567.pdf.

Improving the Operational Reliability of the Mechanism of Oil and Gas Fittings Through the Use of Molybdenum Coating

Kosogova Yu.P.^{*,1}, Mamontova E.R.^{*}, Tomilin S.A.^{*}, Pogorelov M.V.^{,2},
Olkhovskaya R.A.^{*}, Arsentiev E.S.^{*}**

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

*^{**}АО «Atommasheksport», Volgodonsk, Rostov region, Russia*

¹e-mail: VITkafMPM@mephi.ru

²e-mail: pogorelov@atomexp.ru

Abstract – The wear of its elements has a significant impact on the operational reliability of oil and gas fittings. The paper considers the influence of the molybdenum coating of oil and gas fittings on the increase in operational reliability. It has been established that the use of a coating reduces friction in mating parts by up to 3-5 times, increases resistance to aggressive media and wear resistance even when operating without lubrication or in conditions without constant renewal of lubrication. This allows you to increase the service life of the valve, increase the smoothness of motion and control accuracy, reduce the likelihood of breakage due to wear.

Key words: molybdenum coating, wear resistance, oil and gas fittings, testing.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ММА ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ ДУГОЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОЦЕССА СВАРКИ

Подрезов Н.Н.^{*}, Попов Е.Ю.^{*}, Доронин Ю.В.^{**}, Гужавин А.А.^{**}

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

^{**}Аттестационный центр городского хозяйства, г. Москва, Россия

В работе исследовали устойчивость ММА процесса пульсирующей дугой при наплавке валиков электродами УОНИ 13/55 и МР-3 диаметром 3 мм на низкоуглеродистую сталь толщиной 8 мм. В качестве источника питания применяли инверторный аппарат ИНЭМ-200Т, оснащенный микропроцессорной системой управления для режимов ММА, ММА– PULSE, TIG, TIG– PULSE. Изучали влияние режимов ММА пульсирующей дугой на устойчивость процесса в зависимости от среднего значения сварочного тока $I_{ср}$, размаха амплитуды по току A_0 относительно $I_{ср}$, частоты и скважности токовых импульсов. Для осциллографирования ММА-процесса применяли информационно измерительную систему SignalExpress 2014 на базе NI9229. Обработку осциллограмм проводили в прикладном пакете NI Diadem 2018 (учебная версия). Формирование металла шва оценивали по ГОСТ 25616-83 [1]. Установлено влияние оцениваемых параметров при сварке пульсирующей дугой на устойчивость процесса и формообразование наплавов.

Ключевые слова: сварочный аппарат, пульсирующая дуга, ручная дуговая сварка покрытые электроды, импульс тока сварки, размах амплитуды по току.

Как было установлено ранее изучаемый ММА – процесс пульсирующей дугой обратной полярности более устойчив по сравнению с традиционной ручной дуговой сваркой [2]. Электродуговой процесс, по мнению сварщиков, в режиме пульсирующей дуги реализуется значительно легче и не требует специальных навыков.

Широкий набор регулировок в источнике ИНЭМ-200Т, а также принципиальное наличие импульсного режима обеспечивает возможность подбора оптимальных режимов сварки для работы любыми типами покрытых электродов. Импульсный режим по току регулируется по четырем параметрам: средний ток в импульсе, $I_{ср}$; размах амплитуды по току, A_0 ; частота импульсов, сек^{-1} ; коэффициент заполнения (или скважность), %.

В работе исследовали устойчивость ММА процесса при наплавке валиков покрытыми электродами УОНИ 13/55 диаметрами 3 мм на низкоуглеродистую сталь толщиной 8 мм. Сварку штучными электродами УОНИ 13/55 и МР-3 выполняли в импульсном режиме ММА– PULSE пульсирующей дугой.

На рисунке 1 представлены результаты осциллографирования в SignalExpress 2014 на базе NI9229, а также их синхронная обработка в прикладном пакете NI Diadem для следующего режима пульсирующей дугой: $I_{ср} = 80 \text{ А}$, $A_0 = 1,5 (\pm 40 \text{ А})$, частота следования импульсов – 10 Гц, коэффициент заполнения импульса – 50%. Сопротивление сварочного контура (рис. 1, в) колеблется примерно от 0,2 до 0,8 Ом, а мощность, выделяемая на сварочной ванне (рис. 1, г) – в пределах от 100 до 4000 Вт. При этом напряжение на сварочной ванне в среднем составляет на исследуемом участке осциллограммы 25... 26 В и изменяется от 20 до 35 В не синхронно с токовым сигналом. Длина сварочной ванны составила – 40 мм, а ее ширина 7 мм при хорошем формировании наплавленного валика по ГОСТ 25616-83.

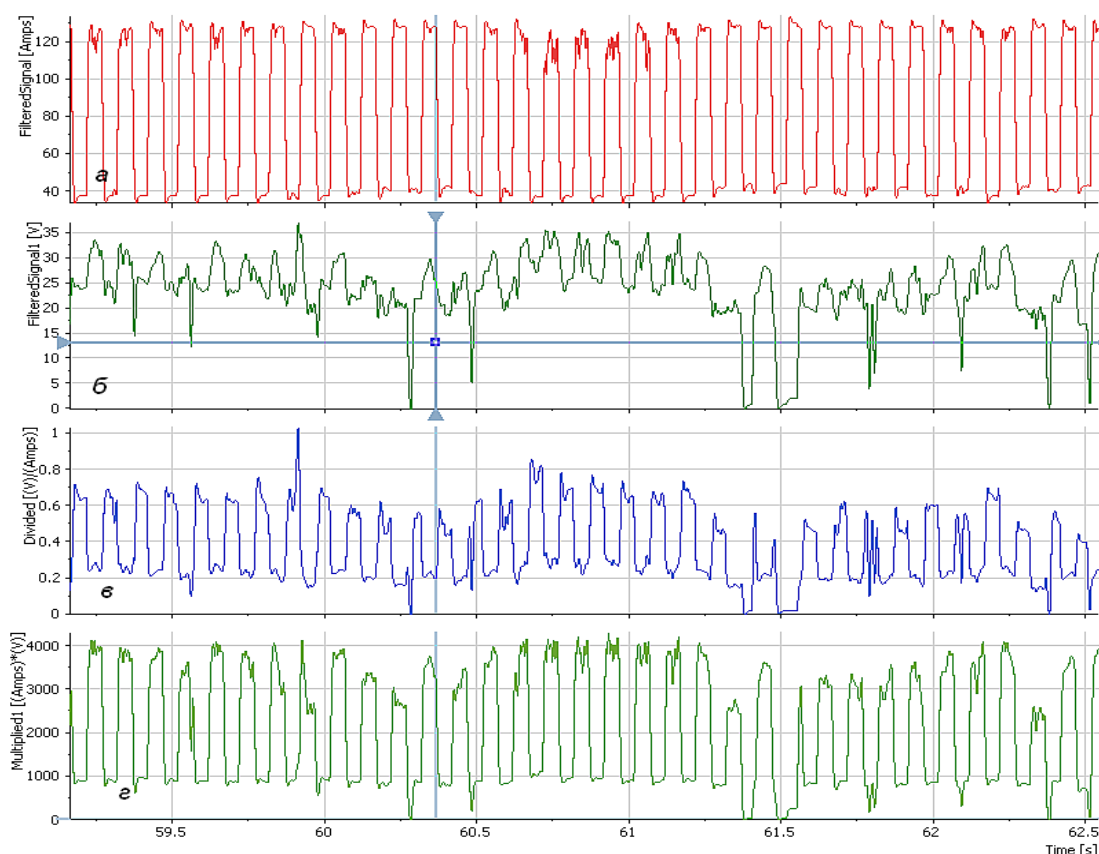


Рисунок 1 – Отфильтрованные сигналы по току (а), напряжению (б), сопротивлению сварочного контура (в), мгновенная мощность на сварочной ванне (г), ММА пульсирующей дугой, электрод УОНИИ 13/55, ф 3 мм.

Аналогичные оценки влияния среднего значения сварочного тока $I_{ср}$, размаха амплитуды по току A_o относительно $I_{ср}$, частоты и скважности токовых импульсов были сделаны для широкого спектра значений указанных параметров. Например, увеличение $I_{ср}$ до 100А при прочих равных условиях приводит к уменьшению длины сварочной ванны до 30 мм и увеличению ее ширины до 11 мм, при неизменном хорошем формировании наплавки. Увеличение частоты следования импульсов до 14 Гц при коэффициенте заполнения периода импульса 80%, $I_{ср} = 80A$ и $A_o = 1,6$ уменьшает длину сварочной ванны до 25 мм при ширине 10 мм, формирование – удовлетворительное.

В целом по работе показано, что ММА процесс пульсирующей дугой является более гибким по сравнению с обычной РДС и допускает подбор подходящих режимов сварки, особенно для сварки малой ёмкостной арматуры – штуцеры, измерительные патрубки и т.п.

По результатам работы сделаны выводы о возможности использования ММА пульсирующей дугой для сварки ответственных швов в атомной энергетике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 25616-83. Источники питания для дуговой сварки. Методы испытания сварочных свойств.
2. Подрезов Н.Н. и др. /Анализ устойчивости ММА-процесса на базе источника питания ИНЕМ-200Т//Н.Н. Подрезов, И.С. Сазонов, Е.Ю. Попов, Гужавин А.А. Безопасность ядерной энергетики: тезисы докладов XVII Международной научно-практической конференции, Волгодонск, 26-28 мая 2021 г. – Волгодонск: ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – С. 108-109. - ISBN 978-5-7262-2783-2
3. Князьков В.Л. Повышение эффективности ручной дуговой сварки модулированным током электродами с покрытием за счет автоматической адаптации параметров режима к технологическому процессу // Дис. канд. техн. наук: 05.03.06. М., 2006. – 166 с.

Stability Analysis of MMA Process Based on Power Supply INYeM-200T

Podrezov N.N.^{*,1}, Popov E.Yu.^{*}, Doronin Yu.V.^{**,2}, Guzhavin A.A.^{**}

Abstract – In this work, we studied the stability of the MMA process with a pulsed arc during the surfacing of beads with UONI 13/55 and MP-3 electrodes with a diameter of 3 mm on low-carbon steel with a thickness of 8 mm. An INEM-200T inverter device equipped with a microprocessor control system for the following modes was used as a power source: MMA, MMA-PULSE, TIG, TIG-PULSE. We studied the effect of MMA modes with a pulsating arc on the stability of the process depending on the average value of the welding current I_{av} , the current amplitude A_o relative to I_{av} , the frequency and duty cycle of current pulses. For oscillography of the MMA process, the SignalExpress 2014 information and measurement system based on NI9229 was used. The oscillograms were processed using the NI Diadem 2018 application package (educational version). The formation of the weld metal was evaluated according to GOST 25616-83 [1]. The influence of the estimated parameters in pulsed arc welding on the stability of the process and the shaping of overlays has been established.

Key words: welding machine, pulsed arc, manual arc welding, coated electrodes, welding current pulse, peak current amplitude.

УДК 621.762

ОЦЕНКА ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАГРЕТЫХ ПОРИСТЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИСПЫТАНИИ ОБРАЗЦОВ НА ОСАДКУ, ИЗГИБ И РАСТЯЖЕНИЕ

Синельщиков В.В., Томилин С.А.

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск, Ростовская обл., Россия

Приведён анализ напряжённых состояний и характера разрушений монолитных материалов при испытаниях на осадку, изгиб и растяжение. Представлены конструкции приспособлений и устройства для проведения таких испытаний в нагретом состоянии пористых порошковых образцов из металлических порошков. Показан вид трещин, возникающих при исчерпании пластичности пористого материала при осадке и изгибе образцов, а также характер разрушения образцов при растяжении. Сформулирован вывод о малопластических свойствах нагретого пористого материала при испытаниях на осадку, изгиб и растяжение.

Ключевые слова: динамическое горячее прессование, порошковый образец, пластичность порошкового материала, осадка, изгиб и растяжение нагретых пористых образцов, вид трещин при осадке и изгибе нагретых образцов, характер разрушения образцов при растяжении.

В настоящее время значительную актуальность приобретают разработки, связанные с заменой целого ряда материалов и традиционных технологий изготовления машиностроительных изделий на технологии порошковой металлургии. Ряд таких исследований представлены в работах [1 - 5].

Применение изделий из порошковых материалов в атомной энергетике зависит в первую очередь от требований к прочностным, пластическим, температурным и другим свойствам, а также требованиям, связанным с обеспечением их безопасной эксплуатации.

В настоящее время в реакторах некоторых типов АЭС применяют плотные изделия из порошковых материалов с конструктивными свойствами. Детали из пористых материалов,

то есть, содержащие поры, применяют для эффективной фильтрации отработанной воды в охлаждающих контурах. Порошковидные материалы находят применение для изготовления поглотителей с замедлителями, а также стержней тепловыделяющих элементов.

Авторы [4, 5] приводят данные об изготовлении деталей уплотнения энергетической арматуры высоких параметров, а также формирования высокоплотного материала при электроконтактном уплотнении порошковых стали 110Г13 и бронзы.

Технология динамического горячего прессования (ДГП) позволяет изготавливать детали путём только осадки по высоте нагретой порошковой заготовки или с её значительной поперечной деформацией. Второй вариант ДГП целесообразно применять для изготовления высокоплотных сложных по конфигурации детали из нагретых порошковых заготовок простой формы, что является его достоинством.

Прессование порошковых заготовок со значительной поперечной деформацией сопровождается непрерывным изменением напряжённо – деформированного состояния нагретого пористого материала. При возникновении предельных растягивающих напряжений в поверхностных слоях материала порошковой заготовки возникают трещины, которые на конечной стадии прессования захлопываются, сохраняя границу раздела [6, 7]. Такие дефекты недопустимы, так как они уменьшают механические и пластические свойства порошковых материалов после ДГП.

Результаты представленных исследований позволяют учитывать влияние схем напряжённо – деформированного состояния на пластические свойства нагретого пористого порошкового материала при составлении технологического процесса ДГП.

Информацию о влиянии напряжённо-деформированного состояния на пластичность пористого материала можно получить, выполнив исследования по осадке, изгибу и растяжению нагретых образцов. В настоящей работе представлен материал, содержащий сведения об устройствах и оборудовании, позволяющим выполнить эти испытания.

Осадка

В работах [8, 9] приводятся данные об исследовании пластических свойств материалов методом осадки образцов.

Автор [10] считает, что пластичность материала любого образца характеризуется условиями разрушения в начальный момент (с наиболее благоприятными условиями для разрушения). Испытания на осадку нагретых цилиндрических пористых порошковых образцов проводили с использованием приспособления (рис. 1), конструкция которого обеспечивала вертикальное перемещение бойка 2.

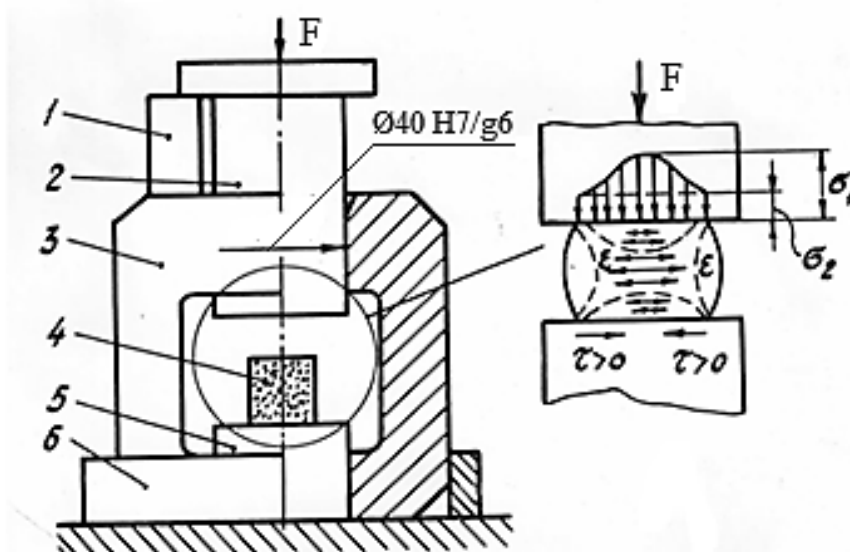


Рисунок 1 – Приспособление для осадки цилиндрических образцов:

1 – фиксатор, 2 – пуансон, 3 – обойма направляющая, 5 – вставка, 6 – кольцо ограничительное

На рисунке 2 показаны состояния цилиндрической поверхности спеченного пористого образца пористостью 30% из порошка ПЖ4С до (а) и после (б) осадки (температура нагрева 1100°С) и вид раскрытой трещины (в).

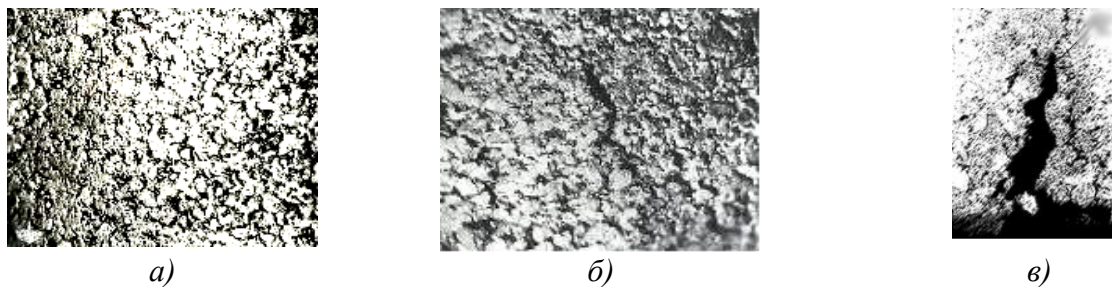


Рисунок 2 – Состояние цилиндрической поверхности спеченного пористого образца из порошка ПЖ4С до (а) и бочкообразной после (б) осадки (х30); трещина (в) в пористом материале, х30 (шлиф нетравленный)

Изгиб

В общем случае характер возникающих напряжений при пластическом изгибе монолитного листа рассмотрен в работах [11, 12]. При достижении определённого значения растягивающих напряжений в изогнутом образце происходит его разрушение.

Для испытания на изгиб использовали пористые порошковые образцы с квадратным сечением, размером 10х10 мм и длиной 100 мм, изготовленных из железного порошка ПЖ4С3. После спекания они имели остаточную пористость 23% и перед испытанием на изгиб нагревались в защитной среде диссоциированного аммиака до температуры 1100°С.

На рисунке 3, а изображено приспособление для изгиба нагретых пористых образцов. Образец с трещиной после изгиба на оправке показан на рисунке 3, б.

В качестве оборудования при испытаниях на изгиб использовался копёр, боёк которого имел массу 1,4 кг. Сменные оправки 5 имели разные радиусы в сторону их уменьшения. Для каждой радиусной оправки добивались полного прилегания образца к её поверхности путём воздействия бойка на скобу 1. Эксперименты заканчивали с использованием оправки определённого радиуса, на которой изгиб нагретого порошкового образца приводил к появлению трещины в материале его растянутой части.

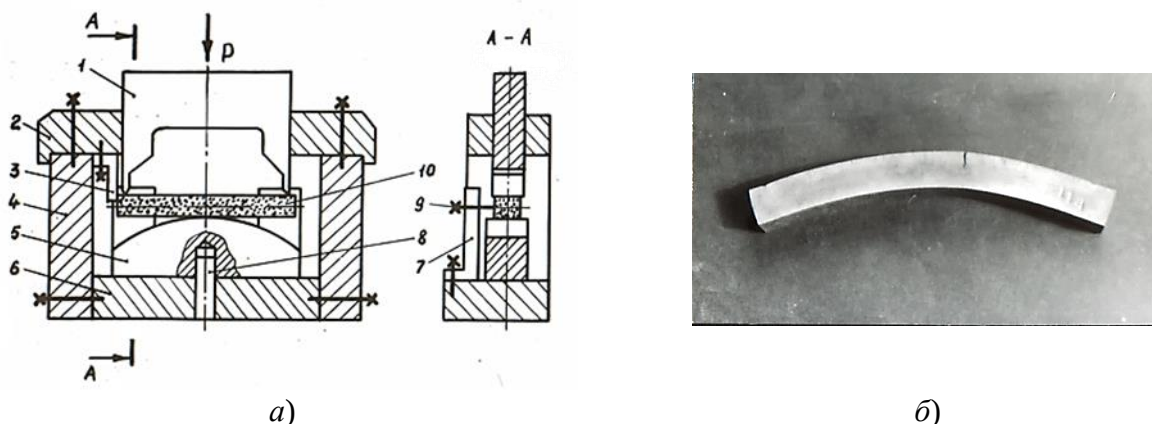


Рисунок 3 – Приспособление для динамического изгиба образцов (а) и образец с трещиной (б) после изгиба на оправке: 1 – скоба, 2 – планка, 3 – упор, 4 – стойки, 5 – радиусная оправка, 6 – основание, 7 – задние планки, 8 – фиксатор, 9 – винты, 10 – образец

Растяжение

Растяжение гладких образцов, как метод испытания для установления пластических свойств материалов, используется авторами [13, 14]. Для случая растяжения условия возникновения трещин отрыва в области положительных деформаций и трещин сдвига в области максимальных сдвиговых деформаций схематически показаны на рисунке 4, а, б соответственно. Разрушение малопластичного материала (рис. 4, а) характерно наличием нормальных напряжений, в то время как в зоне разрушения пластичных материалов

возникают касательные напряжения (рис. 4, б). Следует отметить, что у растягиваемого образца в зоне образования шейки образуется объёмное напряжённое состояние, в то время как выше и ниже шейки схема напряжения – линейная (рис. 4, в) [15].

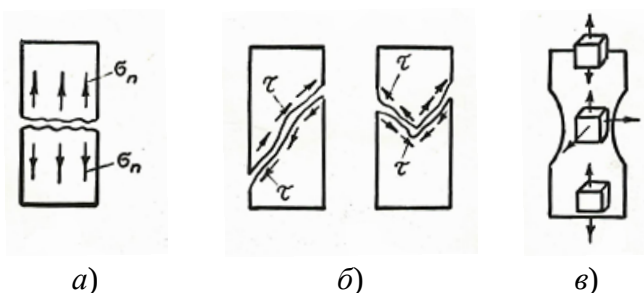


Рисунок 4 – Схема разрушения образцов:
а, б – малопластичный и пластичный материалы соответственно; в – напряжения, возникающие в зоне шейки и вне её

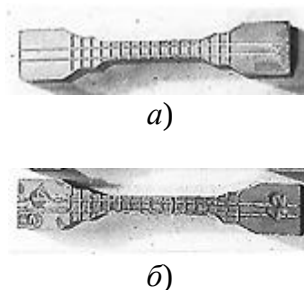


Рисунок 5 – Форма порошкового образца до (а) и после динамического растяжения

Форма спечённого образца пористостью 31% из порошка ПЖ4МЗ до (а) и составленного после динамического растяжения (б) показана на рисунке 5. Образец подвергался растяжению в нагретом состоянии при температуре 1100°С на установке, конструкция которой представлена на рисунке 6.

Испытание на растяжение нагретого пористого образца проводили в защитной среде диссоциированного аммиака следующим образом. Детали 26, 25, 7 совместно с образцом 24 собирались вместе опускались во внутреннюю полость силитовой печи. Далее к детали 7 подсоединялась штанга 14 с подвижным грузом 13 на втулке 12. После выдержки удаляли фиксатор 19, груз и втулка перемещались вниз и в конце вертикального движения ударяли по буртику на штанге, что приводило к разрыву образца 24.

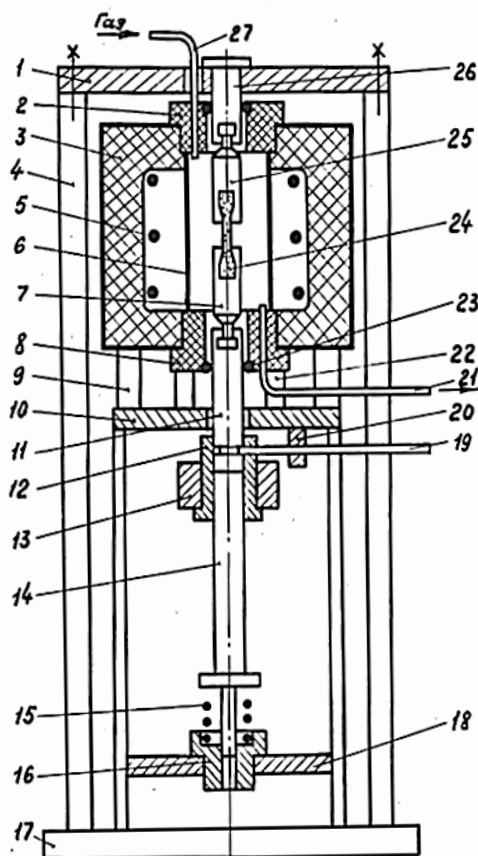


Рисунок 6 – Схема устройства для динамического растяжения нагретых металлических пористых порошковых образцов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мецлер А.А., Медведев Ю.Ю., Томилин С.А., Литвинова Т.А. Особенности формирования высокоплотного материала при электроконтактном уплотнении порошковой бронзы // Глобальная ядерная безопасность. 2013. № 3 (8). С. 37-41.
2. Синельщиков В.В., Томилин С.А. Влияние температуры на пластические свойства пористого материала при осадке образцов // Глобальная ядерная безопасность. 2022. № 1 (42). С. 41-45.
3. Синельщиков В.В., Томилин С.А. Влияние некоторых технологических факторов динамического горячего прессования на структуру и свойства материала сателлитов дифференциала // Инженерный вестник Дона. 2022. № 2 (86). С. 40-46.
4. Пирожков Р.В., Литвинова Т.А., Томилин С.А. Получение структуры стали 110Г13 методом электроконтактного уплотнения // Глобальная ядерная безопасность. 2012. № 4 (5). С. 49-53.
5. Мецлер А.А., Медведев Ю.Ю., Томилин С.А., Литвинова Т.А. Особенности формирования высокоплотного материала при электроконтактном уплотнении порошковой бронзы // Глобальная ядерная безопасность. 2013. № 3 (8). С. 37-41.
6. Дорофеев Ю.Г., Жердицкий Н.Т., Байдала Э.С., Синельщиков В.В., Васько Н.Г., Сачко В.Б. Некоторые особенности динамического горячего прессования деталей типа сателлит. В сб. Горячее прессование, выпуск 2, ИПМ АН УССР, НПИ. Киев, 1974, С. 38 – 45.
7. Дорофеев Ю.Г. К вопросу о качестве изделий, изготавливаемых методом ДГП. // Горячее прессования: Сб. докладов научн. техн. семинара. Киев: Наукова думка, 1983. Вып. 2. С.3-9.
8. Громов Н.П. Теория обработки металлов давлением. М., «Металлургия», 1978.
9. Охрименко Я.М., Тюрин В.А. Теория процессовковки. М., «Высшая школа», 1977.
10. Губкин С.И. Деформируемость металлов. М., Metallurgizdat, 1958.
11. Мошнин Е.Н. Гибка и правка на ротационных машинах. М., «Машиностроение», 1967.
12. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. Москва, «Машиностроение», 1977.
13. Агеев Н. П. Механические свойства стали при высоких температурах и различных скоростях деформации. Машпром, 1961.
14. Хоменко О.А., Лапкин Н.И., Тимашук Д.Г. Материаловедение и термическая обработка металлов. Инф. №13, серия 11, 1965.
15. Северденко В.П. Теория обработки металлов давлением. Минск, «Высшая школа», 1966.

Evaluation of Plastic Properties of Heated Porous Powder Materials When Testing Specimens for Upsetting, Bending and Tension

Sinelshchikov V.V.¹, Tomilin S.A.²

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

¹*e-mail: VVSinelshchikov@mephi.ru*

²*e-mail: SATomilin@mephi.ru*

Abstract – An analysis of the stress states and the nature of the destruction of monolithic materials during tests for upsetting, bending and tension is given. Designs of fixtures and devices for carrying out such tests in the heated state of porous powder samples from metal powders are presented. The type of cracks that appear when the plasticity of the porous material is exhausted during upsetting and bending of the samples, as well as the nature of the destruction of the samples under tension, is shown. A conclusion is made about the low-plasticity properties of a heated porous material during upsetting, bending, and tensile tests.

Key words: dynamic hot pressing, powder sample, ductility of powder material, upsetting, bending and stretching of heated porous samples, type of cracks during upsetting and bending of heated samples, nature of sample failure in tension.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

Сенченко А.С.^{*}, Гоок А.Э.^{**}, Гоок С.Э.^{***}

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

^{**}Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск, Ростовская обл., Россия

^{***}Общество Фраунгофера, Институт производственных систем и технологий конструирования ИПК, г. Берлин, Германия

В работе рассмотрен вариант сварки корпусных деталей оборудования АЭС в узкую разделку, позволяющий оптимизировать процесс сварки с учетом уменьшения объема наплавленного металла, что даст возможность снизить трудоемкость и повысить производительность изготовления оборудования АЭС.

Ключевые слова: блок защитных труб (БЗТ), узкая разделка кромок, автоматическая сварка под флюсом, двусторонняя разделка кромок.

В настоящее время одной из важных задач в изготовлении оборудования АЭС является оптимизация технологии сварки. Сварку корпусных деталей на предприятии выполняют автоматической сваркой под флюсом со стандартной разделкой кромок.

Применение узкой разделки взамен стандартной разделки дает следующие преимущества:

- уменьшение объема наплавленного металла;
- уменьшение расхода сварочных материалов;
- увеличение производительности изготовления;
- снижение трудоемкости механической обработки и сварочных работ;
- улучшение качества сварных соединений, за счет снижения послесварочных напряжений.

Рассмотрим данную технологию на примере выполнения продольных и кольцевых швов корпуса блока защитных труб (БЗТ) реактора ВВЭР-1200. Корпус БЗТ состоит из обечаек, конуса и плит, для его изготовления необходимо выполнить 9 продольных швов при толщине металла 80 мм и более, а также более 3 кольцевых швов при толщине металла уже 50 мм. Сварку выполняют в двустороннюю разделку с углом раскрытия кромок $15^\circ \pm 1^\circ$ (рис. 1) [1, 2]. Вследствие сварки больших толщин металла на процесс сварки затрачивается значительное количество времени.

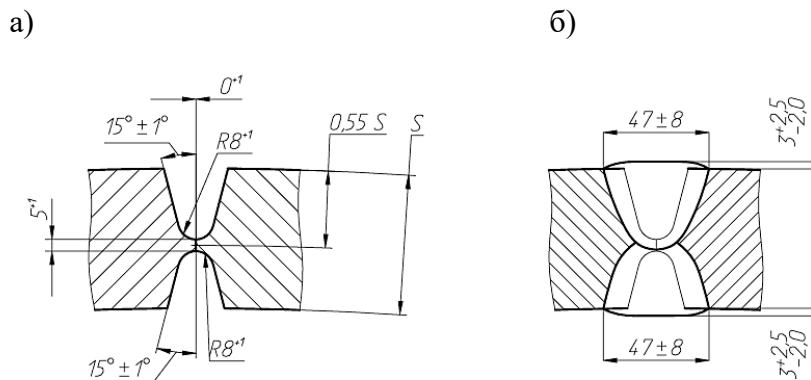


Рисунок 1 – а) разделка кромок под сварку с углом $15^\circ \pm 1^\circ$, б) выполненное сварное соединение

Повысить качество сварных соединений и производительность изготовления корпуса БЗТ возможно применив более технологичную узкую разделку (рис. 2). За счет применения разделки со скосом кромок $4^\circ \pm 1^\circ$ площадь наплавленного металла снижается на 20%, при этом

снижается трудоемкость на механическую обработку и сварочные операции, а также расход сварочных материалов. Количество проходов (сварочных валиков) сокращается на 20%.

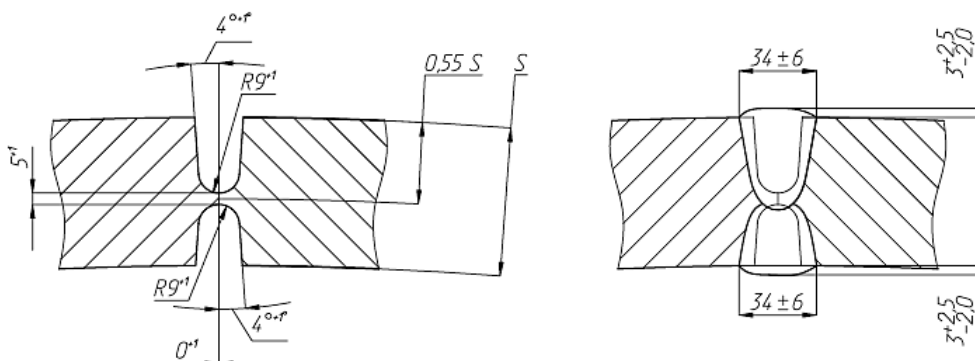


Рисунок 2 – а) разделка кромок под сварку с углом $4^{\circ\pm 1^{\circ}}$, б) выполненное сварное соединение

Основной эффект от внедрения технологии сварки под флюсом в узкую разделку, по сравнению с используемой технологией достигается за счет снижения затрат времени на сварку и сокращения расхода сварочных материалов, что видно из следующих расчетов (табл. 1).

Таблица 1 – Расход сварочных материалов на 1 шов

Сварной шов	Технология	Площадь шва, мм ²	Расход сварочных материалов, кг	
			проволока	флюс
Продольный шов	Старая технология	2160	20	28,7
	Предлагаемая технология	1760	16,7	23,4
	Сокращение	300	3,3	5,3
Кольцевой шов	Старая технология	1100	31,5	43,8
	Предлагаемая технология	950	27	37,8
	Сокращение	160	4,5	6

По применяемой технологии на сварку швов блока защитных труб затрачивается 274,5 кг сварочной проволоки и 389,7 кг флюса.

С применением разделки со скосом кромок $4^{\circ\pm 1^{\circ}}$ на сварку швов блока защитных труб затрачивается 231,3 кг сварочной проволоки и 324 кг флюса.

Стоит отметить, что для применения новой технологии сварки необходимо, чтобы сварочное оборудование было оснащено системой слежения с автоматическим позиционированием сварочной головки по линии стыка кромок, чтобы исключить несплавление металла. Также необходимо будет провести дополнительное обучение персоналу по технологии выполнения сварки в узкую разделку, с учетом того, что режимы сварки сохранены в соответствии с базовым вариантом [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПНАЭ Г-7-009-89 Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварка и наплавка.
2. НП-104-2018. Сварка и наплавка оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.
3. НП-105-18. Правила контроля металла оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок при изготовлении и монтаже

Optimization of the Procedure of Welding NPP Equipment Body Parts

Senchenko A.S.^{*1}, Gook A.E.^{**2}, Gook S.E.^{***}

Abstract – The paper considers a variant of welding the body parts of NPP equipment into a narrow cutting, which allows optimizing the welding process taking into account the reduction in the volume of deposited metal, which makes it possible to reduce the labor intensity and increase the productivity of manufacturing NPP equipment.

Key words: protective tube unit (PTU), narrow cutting of edges, automatic submerged welding, double-sided cutting of edges.

УДК 621.039.5.5.8:621.38.004.6

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ДЛЯ ЭНЕРГОБЛОКА С ВВЭР-ТОИ

Уманцева В.А., Галушкин А.В., Кузин С.А.

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

Актуальность данной работы определена необходимостью оценить надежность пластинчатых теплообменников, которые разработаны для ВВЭР-ТОИ и заменят почти все кожухотрубные теплообменники в ответственных системах. На основании исследования разработаны рекомендации по увеличению надежности оборудования и определены границы его применимости. Анализ отчетов по эксплуатации фирм, изготавливающих пластинчатые теплообменники, в том числе и для АЭС (для сравнительно небольших расходов) подтвердил надежную эксплуатацию пластинчатых теплообменников. Проведенные расчеты показателей надежности для пластинчатых теплообменников, предполагаемых к использованию на ВВЭР-ТОИ, показывают соответствие показателей регламентированным величинам. Результатом настоящего анализа стало получение объективных характеристик безопасности (частота отказов) пластинчатых теплообменников в энергетике. В большинстве случаев пластинчатые теплообменники показали очень низкое значение частоты отказов.

Ключевые слова: ВВЭР-ТОИ, пластинчатый теплообменник, надежность, безопасность, энергетическое оборудование.

Пластинчатый теплообменник предназначен для эксплуатации при заданных значениях расходов, температур, давлений и рабочих сред. При эксплуатации теплообменника резкое (скачкообразное) изменение рабочих давлений и (или) температуры любой из (или обеих) рабочих сред недопустимо, так как может повлечь его (теплообменника) механическое повреждение.

Данная работа посвящена анализу влияния на показатели надежности пластинчатых теплообменников 2 класса безопасности по НП-001-15 [1].

Теплообменник в своём составе содержит комплект гофрированных пластин с уплотнительной прокладкой по контуру каждой пластины. Комплект пластин зажат между основной и прижимной плитой. Теплообменник представляет собой конструкцию с двумя полостями, разделенными между собой пластинами. Для присоединения к внешним коммуникациям основная плита имеет места под крепление фланцев. Эскиз теплообменника показан на рисунке 1.

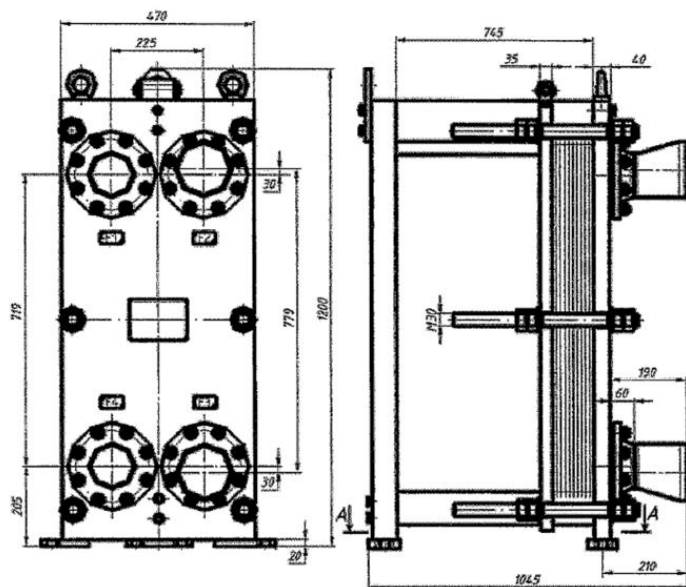


Рисунок 1 – Эскиз теплообменника

Каждое оборудование нуждается в тщательном техническом обслуживании. Если несвоевременно обнаружить дефекты изделия, то это приведет к его отказу. Основными возможными отказами являются: утечки в портах (в отверстиях «входов-выходов») фланцевых соединений, утечки между пакетом пластин и неподвижной или прижимной плитой, утечки между пластинами, внутренние утечки, несоответствие фактических параметров теплообменника.

Для многих типов пластинчатых теплообменников могут быть использованы различные материалы пластин. Чрезвычайно важно правильно подобрать материал пластин коррозионностойким по отношению к рабочим средам. При неправильном выборе материала отказы оборудования возникают в течение очень короткого времени, часто в течение нескольких месяцев. Единственным методом устранения уже случившегося отказа является замена установленного пакета пластин на пластины из подходящего материала.

Зависимость частоты отказов от различных материалов пластин изображена на рисунке 2.

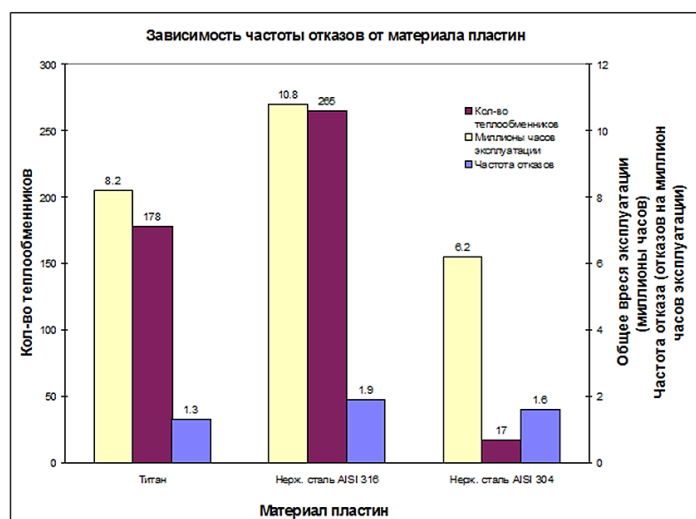


Рисунок 2 – Зависимость частоты отказов от материала пластин

Существуют возможные направления для повышения надежности пластинчатых теплообменных аппаратов. Под этим подразумевается предупреждение возникновения течей и засорений теплообменника. Правильный выбор типа теплообменника, размера и материала

пластины, соответствующего рабочим средам, тщательное всестороннее рассмотрение параметров работы, наряду с тщательно спланированным графиком проведения планово-предупредительных ремонтов, являются одними из важнейших факторов обеспечения надежной и безотказной работы оборудования. Установка механических фильтров в некоторых случаях также способствует повышению эксплуатационной надежности оборудования [2].

Анализ надежности теплообменного оборудования – это результат обработки и обобщения статистических данных, предоставленных заказчиками компании, эксплуатирующих пластинчатые теплообменники на тепловых, атомных, гидро- и геотермальных электрических станциях. Были проведены расчеты показателей надежности для пластинчатых теплообменников, предполагаемых к использованию на ВВЭР-ТОИ, показывают соответствие этих показателей регламентированным величинам.

Таким образом, прогноз по эксплуатационной надежности пластинчатых теплообменников на ВВЭР-ТОИ при соблюдении технического обслуживания пластинчатых теплообменников, водного режима и т.п. – положительный.

В таблице 1 приведены результаты расчетов показателей надежности различных пластинчатых теплообменниках, находящихся в ответственных системах энергоблока с ВВЭР-ТОИ.

Таблица 1 – Результаты расчетов показателей надежности

Наименование/ обозначение	Средняя наработка на отказ, час	Интенсивность отказа нарушения герметичности, 1/ч	Коэффициент технического использования	Показатель долговечности, лет	Средний ресурс до капитального ремонта, час
Дохладитель промконтура	131579	$1 \cdot 10^{-7}$	0,9959	71	70080
Дохладитель промконтура	131579	$1 \cdot 10^{-7}$	0,9959	71	70080
Дохладитель подпитки	131579	$1 \cdot 10^{-7}$	0,9959	71	70080
Охладитель боросодержащей воды	227273	$1 \cdot 10^{-7}$	0,996	71	70080
Охладитель борного концентрата	227273	$1 \cdot 10^{-7}$	0,996	71	70080
Охладитель подпитки	113636	$1 \cdot 10^{-7}$	0,996	71	70080
Теплообменник аварийного и планового расхолаживания	55555	$1 \cdot 10^{-7}$	0,995	71	70080
Теплообменник аварийного и планового расхолаживания	55555	$1 \cdot 10^{-7}$	0,995	71	70080
Теплообменник охлаждения сплинклерной воды и бассейна выдержки	75758	$1 \cdot 10^{-7}$	0,9956	71	70080
Теплообменник охлаждения сплинклерной воды и бассейна выдержки	75758	$1 \cdot 10^{-7}$	0,9956	71	70080
Теплообменник промконтура	50000	$1 \cdot 10^{-7}$	0,995	71	70080
Теплообменник промконтура	50000	$1 \cdot 10^{-7}$	0,995	71	70080

Улучшение технологических схем, в которых установлены теплообменники, позволяет обеспечить повышенную надежность эксплуатации теплообменников и системы в целом [3]. Правильный выбор теплообменника, правильное построение технологической схемы установки оборудования, правильное и своевременное проведение планово-предупредительных работ избавит эксплуатирующую организацию от многих забот, связанных с эксплуатацией оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. Основные положения НП001-15. – URL : <http://www.seogan.ru/np-001-15-obshie-polozheniya-obespecheniya-bezopasnostiatomnix-stanciiy.html>
2. Надежность машин Т.IV-3. Машиностроение. Энциклопедия / В.В. Клюев, В.В. Болотин, Ф.Р. Соснин [и др.]. – Москва : Машиностроение, 2003. – 592 с.
3. *PTM 95.823-81*. Надежность оборудования реакторных установок АЭС. Методика расчета.

Forecasting the Reliability Indicators of Plate Heat Exchangers for the Power Unit with VVER TOI

Umantseva V.A.¹, Galushkin A.V.², Kuzin S.A.³

"АЕМ-technology" JSC "Atommash" branch in Volgodonsk, Rostov region

¹ e-mail: violet.umantseva@gmail.com

² e-mail: toliyan27@gmail.com

³ e-mail: KuzinSergey55@mail.ru

Abstract – The relevance of this work is determined by the need to evaluate the reliability of plate heat exchangers, which are designed for VVER-TOI and will replace almost all shell-and-tube heat exchangers in critical systems. Based on the study, recommendations were developed to increase the reliability of equipment and the limits of its applicability were determined. Analysis of reports on the operation of companies manufacturing plate heat exchangers, including for nuclear power plants (for relatively low costs), confirmed the reliable operation of plate heat exchangers. The performed calculations of reliability indicators for plate heat exchangers intended for use at VVER-TOI show that the indicators correspond to the regulated values. The result of this analysis was to obtain objective safety characteristics (failure rate) of plate heat exchangers in the energy sector. In most cases, plate heat exchangers have shown very low failure rates.

Key words: VVER-TOI, plate heat exchanger, reliability, safety, power equipment.

УДК 51-7

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРОЦЕССА ГЛУБОКОГО СВЕРЛЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ В КОРПУСНОМ ОБОРУДОВАНИИ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Усманов М.З.

АО «Машиностроительный завод «ЗиО-Подольск», г. Подольск, Россия

Для оптимизации процесса глубокого сверления крупных гладких отверстий в ответственном оборудовании применён метод планирования эксперимента и математической обработки экспериментальных данных. Для вывода математической зависимости влияния указанных параметров на шероховатость поверхности глубоких отверстий применяли метод полного факторного эксперимента типа $N=2^n$. Выявлена зависимость шероховатости просверленного

отверстия от параметров технологического процесса. При оценке по критерию Фишера полученная математическая модель была признана адекватной.

Ключевые слова: планирование эксперимента; машиностроение; математическая обработка экспериментальных данных; глубокое сверление; шероховатость поверхности; состояние поверхности; перовое сверло; эмпирическая зависимость; износ инструмента; механическая обработка.

На сегодняшний день одной из задач в отечественной атомной энергетике является изготовление реакторных установок для ледоколов нового поколения с целью повышения конкурентоспособности российского морского транспорта на рынке морских перевозок и развития Северного морского пути.

При изготовлении данных реакторных установок на АО «Машиностроительный завод «ЗиО-Подольск» возникла проблема глубокого сверления крупных гладких отверстий. При её решении были проведены исследования механической обработки крупных глубоких отверстий.

Одним из важнейших параметров поверхностного слоя является шероховатость поверхности по параметру R_a , которая в соответствии с требованиями чертежно-конструкторской документации составляет 6,3 мкм. В связи с высокими требованиями к обработанному отверстию по шероховатости поверхности, в качестве параметра оптимизации при построении эмпирической модели выбрана именно шероховатость поверхности.

Планирование и математическую обработку результатов экспериментов проводили с помощью регрессивного анализа и теории планирования экспериментов. Для вывода математической зависимости влияния указанных параметров на шероховатость поверхности глубоких отверстий применяли метод полного факторного эксперимента типа $N=2^n$ /. В качестве системы сверления использовалась система сверления HTS компании Kennametal (США) (Рисунок 1), разработанная компанией Kennametal, представляет собой модульную конструкцию, которая состоит из хвостовика, удлинителя, приводных колец и сверлильной головки HTS. После обработки результатов эксперимента была получена эмпирическая зависимость шероховатости обработанной поверхности от режимов резания и состояния режущего клина инструмента с учетом времени протекания процесса резания:

$$R_a = 6,11 + 0,0004V + 1,25S + 0,44h + 0,01VS - 0,003Vh - 11Sh + 0,08VSh, \quad (1)$$

где R_a – шероховатость поверхности, мкм,

V – скорость резания, м/мин,

S – подача, мм/мин,

h – износ режущего клина, мм.

При оценке по критерию Фишера полученная математическая модель была признана адекватной.

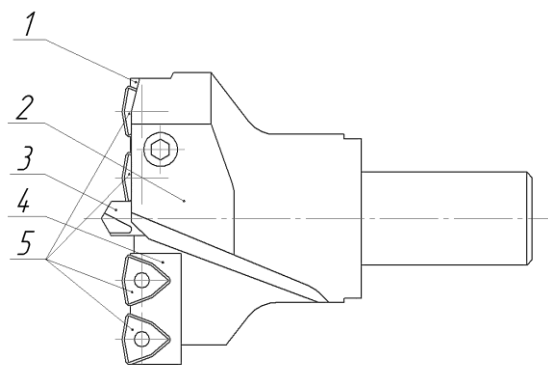


Рисунок 1 – Сверлильная головка HTS

1 – центральный картридж; 2 – корпус; 3 – пилотное сверло; 4 – периферийный картридж;
5 – сменные твердосплавные пластины

Выводы

1. В процессе экспериментальных исследований получена эмпирическая зависимость ключевых технологических факторов на шероховатость поверхности, которая может быть использована в инженерных расчетах.

2. Результаты работы нашли практическое применение на промплощадке АО «Машиностроительный завод «ЗиО-Подольск» при изготовлении реакторного оборудования для судостроения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2746729 Российская Федерация, МПК В23В 51/04 (2006.01), F16F 7/00 (2006.01). Удлинитель виброгасящий инструмента для глубокого сверления [Текст] / Усманов М. З., Терехов В.М., Винников В.С. ; заявитель и патентообладатель АО "ЗиО-Подольск" - N 2020126937 ; заявл. 12.08.2020; опубл. 19.04.2021, Бюл. N 11. – 10 с. : ил.
2. Пат. 2650525 Российская Федерация, МПК C10M 173/00 (2006.01), C10M 133/08 (2006.01), C10M 129/40 (2006.01), C10M 137/08 (2006.01), C10M 159/08 (2006.01), C10N 40/22 (2006.01), B82Y 30/00 (2011.01), B82Y 5/00 (2011.01), СПК, C10M 173/00 (2006.01), C10M 133/08 (2006.01), C10M 129/40 (2006.01), C10M 137/08 (2006.01), C10M 159/08 (2006.01). Концентрат смазочно-охлаждающей жидкости [Текст] / Терехов В.М., Винников В.С., Кулеева А. Х. ; заявитель и патентообладатель АО "ЗиО-Подольск" - N 2017128575 ; заявл. 11.08.2017; опубл. 16.04.2018, Бюл. N 11 – 7 с. : ил.
3. Терехов, В. М. Технологические основы обеспечения качества глубоких отверстий и соединений теплообменных труб с трубными решетками и коллекторами аппаратов атомных энергоустановок. [Текст] : дис. ...докт. техн. наук: 05. 02. 08 / Терехов Виктор Михайлович. - М., 2006. - 476 с.
4. Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учебник и практикум для вузов [Текст] / Н. И. Сидняев, - 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2019. – 495 с. – ISBN 978-5-534-05070-7.
5. L. A. Kondratenko, L. I. Mironova, V. M. Terekhov and M. Yu. Khizhov. Cutter Wear in a One-Sided Drill. ISSN 1068-798X, Russian Engineering Research, 2021, Vol. 41, No. 12, pp. 1183–1188. © Allerton Press, Inc., 2021. Russian Text © The Author(s), 2021, published in Vestnik Mashinostroeniya, 2021, No. 9, pp. 71–76.
6. Mironova L., Kondratenko L., Terekhov V. Question of creation of general theory of deep holes machining. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2019. ICIE 2018: Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering pp 1321-1328. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-95630-5_139.

Mathematical Processing of Experimental Data of the Process of Deep Drilling of Holes in Cabinet Equipment of Responsible Purpose

Usmanov M.Z.

JSC “ZiO-Podolsk”, Podolsk, Moscow region, Russia
e-mail: marat12u@yandex.ru

Abstract – To optimize the process of deep drilling of large smooth holes in critical equipment, the method of experiment planning and mathematical processing of experimental data was applied. To deduce the mathematical dependence of the influence of these parameters on the roughness of the surface of deep holes, the method of a complete factorial experiment of type $N = 2^n$ was used. The dependence of the roughness of the drilled hole on the parameters of the technological process is revealed. When evaluated according to the Fisher criterion, the resulting mathematical model was found to be adequate.

Key words: experiment planning; mechanical engineering; mathematical processing of experimental data; deep drilling; surface roughness; surface condition; feather drill; empirical dependence; tool wear; machining.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛА ШВОВ ИЗ СТАЛИ 15Х2НМФА, ВЫПОЛНЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ АГЛОМЕРИРОВАННОГО ФЛЮСА, В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЬЦЕВЫХ ШВОВ КОРПУСОВ РЕАКТОРОВ ТИПА ВВЭР

Шубин О.В., Попова А.В., Подрезов Н.Н.

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

Атомная энергетика – важнейшая подотрасль глобальной энергетики и является перспективным мировым направлением развития. Экономически эффективным является сооружение АЭС больших мощностей и одновременно с длительным сроком эксплуатации и повышенной безопасностью. При этом срок эксплуатации АЭС лимитируется сроком службы корпуса реактора, т.е. сроком, в пределах которого корпус реактора сохраняет свою работоспособность и надежность в условиях воздействия эксплуатационных факторов. Именно поэтому на сегодняшний день одной из приоритетных задач в области реакторного машиностроения является совершенствование материалов и технологий изготовления корпуса реактора. В настоящей работе представлены исследования по повышению служебных характеристик кольцевых швов корпуса реактора за счет замены плавного флюса на агломерированный.

Ключевые слова: дуговая сварка, агломерированные флюсы, металл шва, атомная станция, реакторы ВВЭР, эксплуатация, радиационное и тепловое охрупчивание, безопасность, ресурс, качество.

В настоящее время общепринятым условием обеспечения безопасной эксплуатации корпуса реактора (далее – КР) является обеспечение его целостности по критерию хрупкого разрушения. Одним из путей повышения безопасности эксплуатации КР типа ВВЭР является применение для его изготовления материалов с низким значением исходной критической температуры хрупкости (T_{k0}), а также с высоким сопротивлением радиационному и тепловому охрупчиванию.

За последнее десятилетие совершенствование легирующей композиции реакторной стали 15Х2НМФА и технологии изготовления заготовок КР позволили обеспечить гарантированно низкую T_{k0} , а также требуемые прочностные характеристики основного металла [1].

Однако применяемые на данный момент сварочные материалы для автоматической сварки под флюсом кольцевых швов КР из стали 15Х2НМФА – проволока Св-09ХГНМТАА-ВИ в сочетании с плавным флюсом ФЦ-16А – не позволяют обеспечить прочностные характеристики металла сварного шва и его T_{k0} на уровне основного металла: в соответствии с [2, 3] требования к прочностным свойствам сварного шва ниже на 11-15%, а требования к T_{k0} металла шва ниже до 66% относительно основного металла. Таким образом, сварные соединения по-прежнему остаются «слабым местом» КР и лимитируют срок его службы.

Плавный флюс ФЦ-16А разработан специально для сварки сталей 15Х2НМФА, взамен плавных флюсов ФЦ-16, НФ-18М, как более технологичный. Однако из-за высокой химической активности данного флюса имеет место повышенное содержание кислорода в виде неметаллических включений в металле шва, из-за чего не удастся обеспечить высокие значения его ударной вязкости. Альтернативных отечественных плавных флюсов для сварки сталей 15Х2НМФА не разработано, а применение флюсов импортного производства невозможно ввиду требований [3].

Известно, что агломерированные флюсы обладают комплексом преимуществ перед плавными [4]. Агломерированные флюсы содержат в своем составе металлические компоненты, такие как кремний, марганец, титан, благодаря чему осуществляется раскисление, легирование и модифицирование металла шва. Благодаря модифицирующей

способности агломерированных флюсов обеспечивается более мелкозернистая и равномерная структура металла шва. Низкая химическая активность этих флюсов позволяет обеспечивать минимальный переход кислорода в виде неметаллических включений в металле шва. Благодаря технологической операции спекания в присутствии жидкого стекла, при изготовлении агломерированных флюсов удастся избежать проблем с удалением остаточной влаги, как при выплавке плавящихся флюсов.

Таким образом, замена плавящихся флюсов на низкоактивные агломерированные флюсы является весьма перспективным направлением с точки зрения повышения механических характеристик металла сварных швов Cr-Ni-Mo-V теплоустойчивых сталей.

К настоящему времени не имеется отечественных разработок агломерированных флюсов, предназначенных для сварки Cr-Ni-Mo-V теплоустойчивых сталей. В АО «НПО «ЦНИИТМАШ» для сварки перлитных сталей разработан агломерированный флюс марки ФЦК-16, который в настоящее время допущен для сварки углеродистых сталей с кремнемарганцовистыми и легированными сталями в соответствии с [3], а также находятся на стадии исследований возможности его применения для сварки Cr-Ni-Mo-V теплоустойчивых сталей. В рамках федеральных программ развития атомной энергетики НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» проведен ряд исследований и разработан агломерированный флюс марки 48АФ-71 [5]. Данный флюс аттестован для сварки стали марки 15Х2МФА в сочетании с проволокой Св-15ХГМТА.

Близкий химический состав сталей 15Х2МФА и 15Х2НМФА и сварочных проволок Св-15ХГМТА и Св-09ХГНМТАА-ВИ позволяет предположить возможность применения агломерированного флюса 48АФ-71 взамен плавящегося ФЦ-16А с положительным влиянием на механические характеристики металла шва.

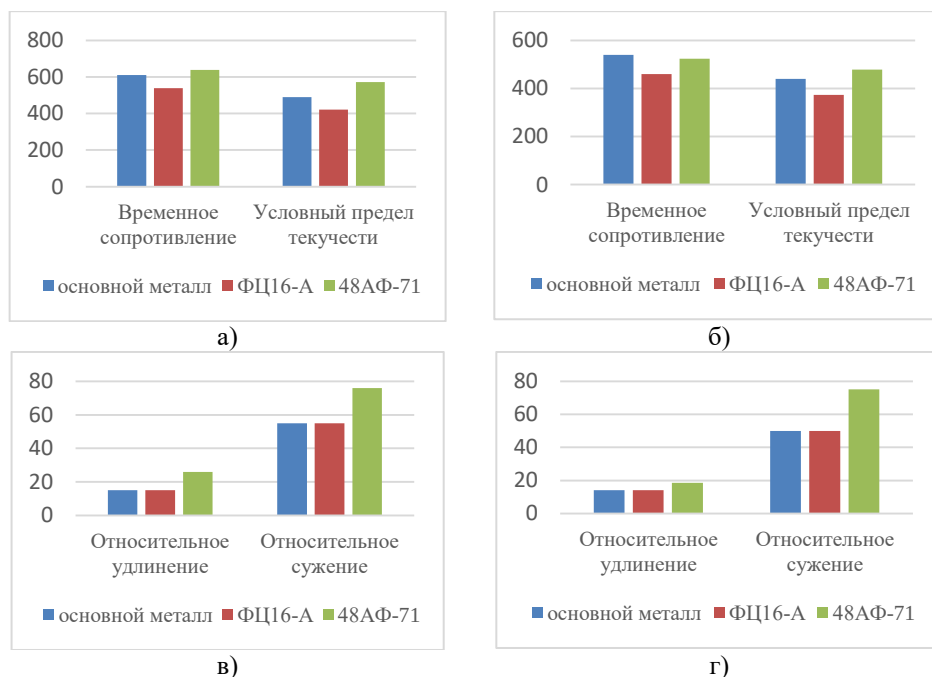
Для исследования свойств металла шва, выполненного автоматической сваркой с применением проволоки Св-09ХГНМТАА-ВИ в сочетании с флюсом 48АФ-71, были изготовлены контрольные сварные соединения (КСС). Подготовка пластин (планок) под сварку, сварка, предварительный и сопутствующий подогрев, термообработка, неразрушающие и разрушающие контроли КСС проводились в соответствии с требованиями [3, 6]. Разрушающий контроль КСС включал в себя определение химического состава, механических свойств металла шва при нормальной и повышенной температурах, критической температуры хрупкости.

По результатам исследования химического состава видно, что химический состав металла шва, выполненного проволокой Св-09ХГНМТАА-ВИ в сочетании с керамическим флюсом 48АФ-71 полностью референтен химическому составу металла шва, выполненного проволокой Св-09ХГНМТАА-ВИ в сочетании с плавящимся флюсом ФЦ-16А [3] (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты исследования химического состава металла шва

Химический состав, массовая доля в процентах															
Химический элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	P	Cu	Co	Sb	Sn	Al	S	N
Нормативные значения	0,04-0,10	0,15-0,45	0,45-1,10	1,20-2,00	1,00-1,30	0,40-0,75	0,01-0,06	≤0,008	≤0,06	≤0,02	≤0,008	≤0,001	≤0,010	≤0,025	факт
Результаты испытаний	0,04	0,20	0,95	1,57	1,11	0,64	0,01	0,007	0,03	0,01	<0,001	0,001	0,001	0,004	0,0069

По результатам исследования механических характеристик металла шва видно, что средние значения механических характеристик и критической температуры хрупкости металла шва, выполненного проволокой Св-09ХГНМТАА-ВИ в сочетании с керамическим флюсом 48АФ-71, выше нормативных значений для металла шва, выполненного проволокой Св-09ХГНМТАА-ВИ в сочетании с плавящимся флюсом ФЦ-16А, и находятся на уровне нормативных значений для основного металла (рис. 1, 2).



а) при 20 °C, б) при 350 °C,
свойства пластичности, МПа: в) при 20 °C, г) при 350 °C

Рисунок 1 – Механические свойства

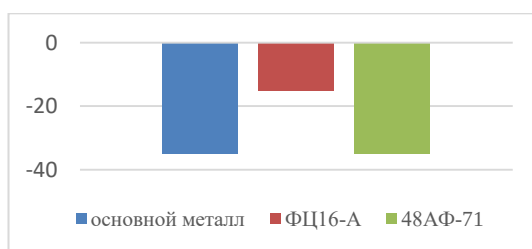


Рисунок 2 – Критическая температура хрупкости (°C)

Результаты проведенных исследований показали, что применение агломерированного флюса 48АФ-71 для автоматической сварки кольцевых швов корпуса реактора позволит повысить и приблизить к основному металлу прочностные свойства и свойства пластичности, а также снизить исходную критическую температуру хрупкости. Повышение указанных служебных характеристик позволит увеличить стойкость металла сварных швов корпуса реактора при температуре эксплуатации и нейтронном облучении, повысив сопротивляемость температурному и радиационному охрупчиванию и тем самым увеличив проектный срок службы корпуса реактора. На основании полученных положительных результатов исследований совместно с НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» и АО ОКБ «ГИДРОПРКСС» разработана программа аттестационных испытаний нового сочетания сварочных материалов с целью его аттестации и последующего внедрения в производство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карзов, Г.П., Теплухина, И.В. Материаловедческие аспекты новых принципов повышения эксплуатационных характеристик теплоустойчивых сталей для корпусов АЭУ и их практическая реализация // Вопросы атомной науки и техники. 2011. №2. С. 46-53.
2. ТУ 0893-013-00212179-2003. Заготовки из стали 15Х2НМФА, 15Х2НМФА-А и 15Х2НМФА класс 1 для корпусов, крышек и других узлов реакторных установок. Технические условия. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rosatom.ru/about/tekhnicheskoe-regulirovanie/standartizatsiya-v-oblasti-ispolzovaniya-atomnoy-energii/tu-0893-013-00212179-2003/>.
3. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии "Сварка и наплавка оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок" (НП-104-18) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/551789830>.

4. Головки, В. В., Потапов, Н. Н. Особенности агломерированных (керамических) флюсов при сварке // Сварочное производство. 2010. № 6. С. 29-34.
5. Тимофеев, М. Н. Создание сварочных материалов, обеспечивающих повышение служебных характеристик металла сварных швов корпусов атомных и нефтехимических реакторов из хромомолибденованадиевых сталей: дис. канд. тех. наук. [Текст] / М.Н. Тимофеев – СПб., 2016. – 187 с.
6. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии "Правила контроля металла оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок при изготовлении и монтаже" (НП-105-18) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/551789828>.

Investigation of the Metal of Welds Made of 15x2nmfa Steel, Made with the Use of Agglomerated Flux, in Order to Improve the Performance of the Annular Seams of PWR Type Reactor Housings

Shubin O.V.¹, Popova A.V.², Podrezov N.N.³

Atom mash, AEM-Technologies, JSC Branch in Volgodonsk

¹ *e-mail: shubin_ov@atom mash.ru*

² *e-mail: popova_av@atom mash.ru*

³ *e-mail: NNPodrezov@mephi.ru*

Abstract – Nuclear energy is the most important sub-sector of global energy and is a promising global direction of development. It is cost-effective to construct large-capacity nuclear power plants and at the same time with a long service life and increased safety. At the same time, the life of the NPP is completely determined by the service life of the reactor vessel, i.e. the period within which the reactor vessel retains its operability and reliability under the influence of operational factors. That is why today one of the priorities in the field of reactor engineering is the improvement of materials and technologies for the manufacture of the reactor vessel. This paper presents studies on improving the service characteristics of the annular seams of the reactor vessel by replacing the fused flux with agglomerated.

Key words: arc welding, agglomerated fluxes, weld metal, nuclear power plant, PWR reactors, exploitation, radiation and thermal embrittlement, safety, resource, quality.

УДК 681.5.08

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС НАСТРОЙКИ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ЭЛЕКТРОПРИВОДНОЙ АРМАТУРЫ

Абидова Е.А., Воробьёв Е.В., Бондарев В.С., Корниенко Б.Ю., Кривин В.В.

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

Областью исследования является эксплуатация электроприводной трубопроводной арматуры на атомных станциях АО «Концерн Росэнергоатом». Выбраны основные методы измерений для реализации в разрабатываемом переносном комплексе. Для оценки применимости прямого метода измерения крутящего момента ЭПА разработана схема экспериментального стенда. Предложена модель привода арматуры, позволяющая имитировать различные отклонения в его работе и производить воздействия с целью корректирования данных отклонений. Впервые симитированы процессы при затяжке арматуры, обеспечивающие её герметичность.

Ключевые слова: трубопроводной арматуры, протечки, настройка моментных муфт, ресурс оборудования, обучение персонала.

Эффективная работа АЭС требует подготовки персонала, выполняющего обслуживание, диагностику и ремонт оборудования. Отработка соответствующих навыков осуществляется с использованием виртуальных и реальных тренажеров. ВИТИ НИЯУ МИФИ разрабатывает Аппаратно-программный комплекс настройки ограничителей крутящего момента электроприводной арматуры, а также «Тренажер по настройке моментных муфт и концевых выключателей запорной и регулирующей трубопроводной арматуры, контроля технического состояния трубопроводной арматуры и насосов. Неразрушающий контроль. Методы ТОиР».

Проведен анализ наиболее часто встречающихся дефектов трубопроводной арматуры, методов и средств их контроля [1]. Среди известных дефектов наиболее часто встречаются протечки, которые угрожают безопасности АЭС. Причиной пропуска чаще всего является недостаточное усилие при закрытии арматуры. С другой стороны чрезмерное усилие при закрытии приводит к дефектам запорного органа и штока, которые практически не выявляются при диагностировании, но могут стать причиной внезапного отказа. Течи и повреждения запорного органа, штока зачастую имеют одинаковую причину: ошибки персонала при настройке конечных выключателей и муфт предельного момента [2].

В настоящее время на АЭС настройка муфт предельного момента осуществляется с использованием стационарных стендов. Применение данных стендов требует демонтажа, переноса и последующего монтажа оборудования. Такой подход требует материальных и трудовых затрат, снижает ресурс оборудования. При этом настройка на стенде с помощью калибровочной характеристики (момент-мощность двигателя) не учитывает особенностей механической нагрузки.

Для отработки методики контроля момента запорной арматуры в ВИТИ НИЯУ МИФИ используется стенд «Гидравлическая петля». Данный стенд является прототипом разрабатываемого Тренажера по настройке моментных муфт и концевых выключателей.

В составе аппаратно-программного комплекса настройки ограничителей крутящего момента электроприводной арматуры предложено использовать тензорезисторный датчик М20С. Существенным преимуществом при использовании датчика является отсутствие необходимости демонтажа арматуры при его установке. Предполагается обучение персонала настройке арматуры с использованием датчика крутящего момента.

Однако использование датчиков момента двигателя не является идеальным решением, поскольку требуется определенное время на его установку и калибровку. Поэтому разработка аппаратно-программного комплекса настройки ограничителей крутящего момента реализует методы расчета момента, на основе измеренных сигналов электрического тока, мощности и известных характеристик привода [3]. Однако результаты расчета не вполне соответствуют результатам измерения, поскольку в процессе затяга действуют динамические факторы, влияющие на деформацию, инерцию, жесткость объектов. Данные факторы почти невозможно учесть аналитически. Поэтому целесообразно моделирование динамических процессов в приводе.

Использование реального тренажера имеет ограничения: не все возможные состояния оборудования могут быть воспроизведены без повреждения лабораторного оборудования; перечень оборудования, на котором может пройти обучение персонал, ограничен. Поэтому дополнительно разработана расчетная модель, которая позволяет учесть особенности различных приводов арматуры. Модель может имитировать работу привода в условиях наиболее часто встречающихся дефектов, в том числе при неправильной настройке моментной муфты.

Модель представляет собой два связанных блока: базовую модель и модель нагрузки, которые обучаемые настраивают в соответствии с заданием. Также модель может дополняться блоками имитирующими изменение параметров при наличии дефектов (деформация, инерция, трение). Обучаемые настраивают и подсоединяют субмодели дефектов в зависимости от вида и степени развития дефектов. Затем наблюдают проявления дефектов в токе и моменте двигателя.

Моделирование обеспечивает наблюдение процессов при затяге, – сопротивление нагрузки, перемещение запорного органа, – которые не могут контролироваться средствами измерения. Результаты моделирования позволяют установить соответствие ненаблюдаемых характеристик затяга и настраиваемых параметров: положение конечных выключателей, срабатывание моментной муфты.

В рамках обучения с помощью модели возможно задание положение конечных выключателей и установку на срабатывание моментной муфты, которые соответствуют правильной настройке оборудования

Таким образом, расчетная оценка момента может быть использована в производственной практике АЭС и других производств для настройки момента запорной арматуры. Физический тренажер и модель могут быть использованы для обучения персонала АЭС и других производств диагностике и настройке запорной арматуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подрезова И.С. Анализ причин заклинивания и обрывов штоков трубопроводной электроприводной арматуры / И.С. Подрезова, Л.В. Шутова, Ю.Е. Ульянова, О.Ю. Пугачева, Ю.Н. Елзов // Глобальная ядерная безопасность. 2014. №4 (13). С. 32-37.
2. ГОСТ 9544-2015 «Арматура трубопроводная. Нормы герметичности затворов».
3. Лапкис А.А. Расчетный метод контроля состояния электропривода запорной арматуры / Лапкис А.А., Швец Д.В., Абидова Е.А., Дембицкий А.Е. // Автоматизация в промышленности. 2022. - №1. – С. 45-50.

Hardware and Software Package for Setting Torque Limiters of Electric Drive Valves

Abidova E.A., Vorobyev E.V., Pugacheva O.Yu., Prytkova D.A., Krivin V.V.

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

Abstract – The field of research is the operation of electric drive pipe fittings at nuclear power plants of Rosenergoatom Concern JSC. The main measurement methods for implementation in the developed portable complex are selected. To assess the applicability of the direct method of measuring the torque of

the EPA, a scheme of an experimental stand has been developed. A model of the valve actuator is proposed that allows simulating various deviations in its operation and producing effects in order to correct these deviations. For the first time, processes were simulated during the tightening of the valve, ensuring its tightness.

Key words: pipeline fittings, leaks, adjustment of torque couplings, equipment resource, personnel training.

УДК: 004.046

ХРАНЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФРАКРАСНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ

Ермилов И.В., Крапивко Е.Н., Абидова Е.А.

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

Работа посвящена созданию комплексной автоматизированной системы хранения и анализа результатов термографического контроля оборудования (КАС ТВК) АЭС, а также снижению издержек на обслуживание электроприводного и тепломеханического оборудования во время плановых простоев генерирующих мощностей при условии сохранения эксплуатационной надежности оборудования на станции.

Ключевые слова: диагностика оборудования АЭС, тепловизионный контроль, база данных, обработка термограмм, экономичность АЭС.

КАС ТВК обладает многофункциональностью, мобильностью, компактностью и удобством в использовании, что свидетельствует о перспективности ее использования для контроля технического состояния разных категорий оборудования с целью повышения безопасности АЭС.

Тепловизионный контроль основывается на измерениях пространственного распределения излучения тепловой энергии поверхностью контролируемого объекта и преобразовании результатов измерений в изображение (карту) теплового поля [1].

При проектировании КАС ТВК в качестве приоритетных ставятся задачи поддержки и обеспечения стратегических целей ГК «Росатом», а именно:

- снижение себестоимости выработки электроэнергии;
- повышением глубины поиска неисправностей;
- накопление диагностической информации;
- увеличением межремонтного периода
- снижением риска аварийных отказов;
- выход продукта на зарубежные рынки.

Функции сбора термографической информации будут выполнять тепловизор, используемые на АЭС. Функции обработки информации будет выполнять стационарный компьютер с возможностью подключения тепловизора через канал USB. Компьютер должен быть подключен к локальной сети.

В базе данных предусматривается регистрация данных обследований, проводимых по графику, привязанному к виду и конкретным образцам оборудования. Во время обследования сохраняются термограммы, а также данные, сопровождающие условия измерения (параметры окружающей среды) [2].

При обработке данных используются нормативные параметры для данного оборудования и ранее рассчитанные диагностические параметры. Тепловизионные снимки

должны вводиться в систему посредством стандартных интерфейсов и средств. При этом оператор, вводя снимки, должен указывать оборудование. Место использования компьютера со специализированным программным обеспечением и базой данных КАС ТВК – помещения специалистов отдела технической диагностики.

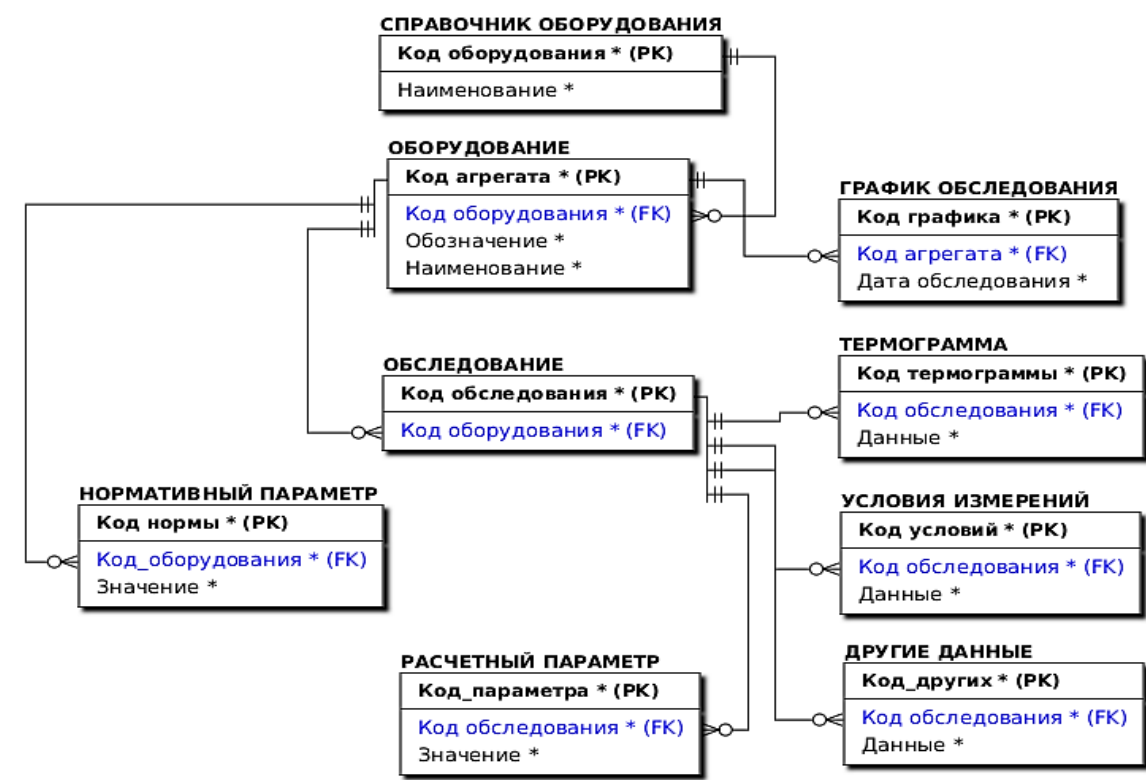


Рисунок 1 – Структура базы данных системы

В качестве среды для разработки программного обеспечения КАС ТВК предлагается использовать среду визуального программирования LabVIEW (National Instruments), обладающей мощными средствами построения пользовательского интерфейса и создания сложных многопоточных приложений. Для целей обработки и анализа изображений в составе LabVIEW имеется библиотека модулей для реализации машинного зрения и цифровой обработки изображений IMAQ Vision. В качестве средств импорта радиометрических изображений будут использоваться интерфейсы прикладного программирования (SDK API) от производителей тепловизоров. В случае использования тепловизоров производства компании FLIR имеется возможность использования имеющейся информации о структуре радиометрического файла формата JPEG.

В качестве системы управления базой данных при разработке КАС ТВК будет использована SQLite, мощная встраиваемая реляционная база данных. При разработке базы системы будет учтен опыт использования системы управления базы данных SQLite при разработке комплекса диагностирования дизель-генераторных установок АЭС. В дальнейшем, при рассмотрении вариантов масштабирования базы данных, а также для размещения данных на вычислительных ресурсах АЭС, может быть предложен перенос базы данных на MySQL или PostgreSQL.

Программное обеспечение КАС ТВК будет обеспечивать следующие режимы работы:

- регистрация снимков с просмотром изображений, ввод дополнительной информации об условиях съемки;
- автоматическое распознавание изображения по эталону, температуры в заранее определенных точках измерения отображаются на экране (таблица, график, гистограмма);
- распознавание контрольных точек и зон на инфракрасном изображении автоматическое и ручное (при невозможности автоматического распознавания). Извлеченные температурные данные отображаются в таблицах, графиках, гистограммах;

- анализ данных по конкретному оборудованию. При этом учитывается история измерений. На экран выводятся сообщения о состоянии оборудования, на печать выводится экспресс-отчет;

- режим настроек. Здесь создаются и редактируются модели оборудования (эталонные изображения), на которых указываются контрольные точки и зоны. Здесь ведется редактирование настроек и параметров программного обеспечения;

- режим служебных функций. Здесь реализуются функции обслуживания базы данных и резервное копирование данных. Будет предусмотрено разграничение уровня доступа пользователей, а также обновление КАС ТВК для расширения функций (при необходимости).

Повышение эффективности применяемых на действующих энергоблоках АЭС неразрушающих методов ТВК ответственного тепломеханического и силового оборудования направлено на решение задач оперативного управления ресурсом, путём цифровизации процедур сбора, обработки, анализа, хранения и генерации различного вида форм протоколов, актов и отчётной документации, содержащих данные результатов термографического контроля и диагностики конкретного оборудования.

Тем самым, данным методом мы повышаем безопасность и экономичность выработки электроэнергии на АЭС, чего и посей день добивается госкорпорация «Росатом».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 153-34.0-20.364 «Методика инфракрасной диагностики тепломеханического оборудования».
2. Абидова Е.А., Дембицкий А.Е., Чернов А.В. Разработка системы диагностики дизель-генераторной установки. Системы управления и информационные технологии. Воронежский государственный технический университет. Воронеж. ISSN 1729-5068. 2021г. №1 – с. 49-53.

Storage and Processing of Infrared Images in an Integrated Automated Thermal Imaging Control System

Ermilov I.V.¹, Krapivko E.N.², Abidova E.A.³

*Volgodonsk Institute of Engineering and Technology is a branch of the National Research Nuclear University "MEPhI",
Volgodonsk*

¹*e-mail: ermilov1998@yandex.ru*

²*e-mail: krapivkoekaterina@mail.ru*

³*e-mail: e-abidova@mail.ru*

Abstract – The work is devoted to the creation of an integrated automated system for storing and analyzing the results of thermographic control of equipment (CAS TVK) NPP, as well as reducing the maintenance costs of electric and thermal mechanical equipment during planned downtime of generating capacities, provided that the operational reliability of equipment at the plant is maintained.

Key words: NPP equipment diagnostics, thermal imaging control, database, thermogram processing, NPP efficiency.

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСНОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ МП И КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОШАГОВОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПЕРЕГРУЗКИ ТОПЛИВА В УСЛОВИЯХ АЭС С РЕАКТОРАМИ ВВЭР

Лапкис А.А., Никифоров В.Н., Елизарова Е.Ю.

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

В докладе обобщён опыт работы НИИ атомного энергетического машиностроения в области создания систем виброакустического контроля технического состояния и оценки остаточного ресурса реакторного оборудования АЭС с реакторами типа ВВЭР, такого как: приводы системы управления и защиты (СУЗ) типов АРК, ЛШП, ШЭМ; машина перегрузочная МПС-В-1000. Описана модернизированная система виброакустического контроля технического состояния рабочей штанги, основных узлов и механизмов МПС-В-1000, безопасности выполнения технологических процессов перегрузки ядерного топлива (ЯТ) на АЭС, рассмотрены перспективы её дальнейшего развития.

Ключевые слова: ВВЭР-1000, ядерное топливо, машина перегрузочная, диагностика, техническое состояние.

НИИ АЭМ – специализированное научно-исследовательское подразделение НИЯУ МИФИ (Волгодонский филиал), созданное на базе научно-экспериментального отдела технической диагностики оборудования АЭС, входившего с 1980 г. в состав отраслевого Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-конструкторского института атомного машиностроения, ВНИИАМ (Волгодонский филиал).

Коллектив НИИ АЭМ имеет более чем 40-летний опыт работы в области определения технического состояния и оценки остаточного ресурса оборудования на АЭС с реакторами типа ВВЭР, такого как: бассейны выдержки ЯТ, транспортно-технологическое оборудование перегрузки ЯТ, машины перегрузочные (МП) типа МПС-В-1000, а также в области создания автоматизированных систем виброакустического контроля:

- технического состояния приводов СУЗ;
- технического состояния МПС-В-1000;
- технологических операций перегрузки ядерного топлива в пространстве активной зоны и бассейна выдержки.

Этап перегрузки ядерного топлива является уникальным в части возможности организации автоматизированного виброакустического контроля процессов перемещения (извлечения, установки в активной зоне и в ячейках стеллажей бассейнов выдержки) ТВС и ПС СУЗ, а также возможности организации оперативной диагностики рабочей штанги, основных узлов и механизмов МП. Разработки НИИ АЭМ позволяют в период перегрузочной кампании существенным образом расширить зону контроля безопасности при проведении технологических операций перегрузки ядерного топлива.

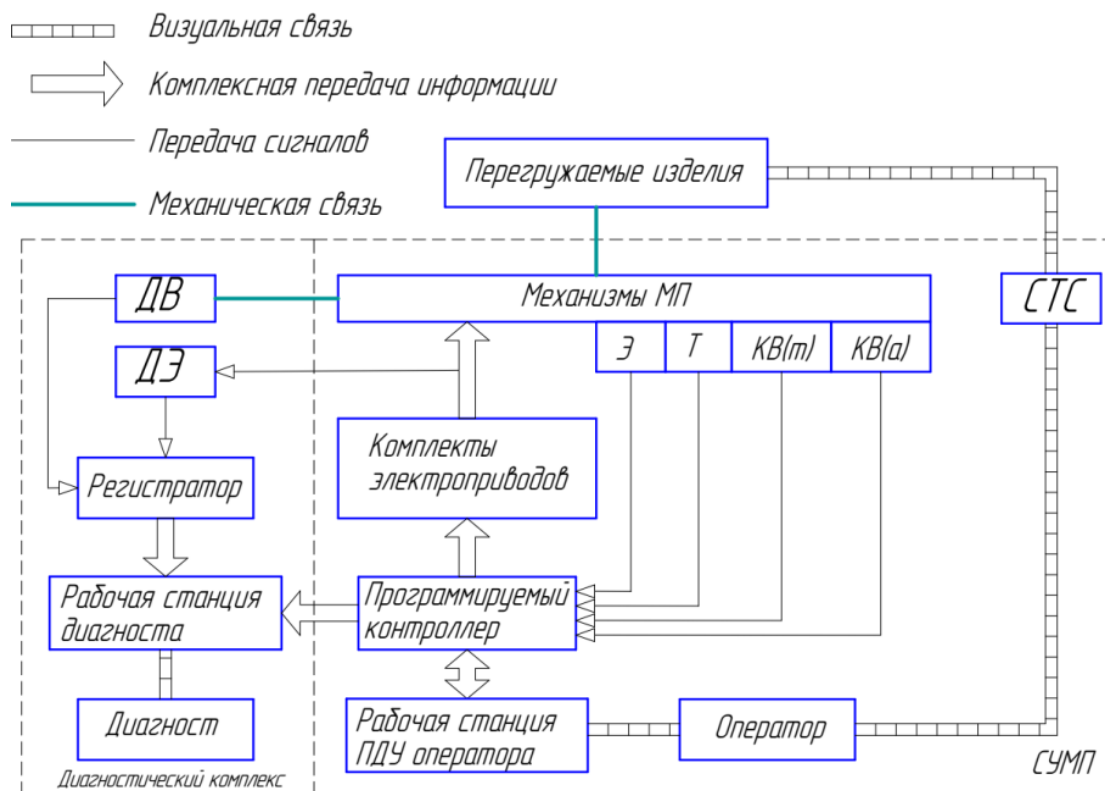
Оснащение МП оперативными виброакустическими системами контроля технического состояния РШ, основных узлов и механизмов МПС было предусмотрено в 2001 году Концепцией модернизации машин перегрузочных для реакторных установок с реакторами типа ВВЭР. Такого рода системами, разработанными коллективом НИИ АЭМ, были оснащены: ЭБ №1 Ро АЭС; ЭБ №1 и №2 Тяньваньской АЭС (КНР); испытательный стапель МПС АО «Атоммаш».

В рамках программы НИОКР (2017 – 2020 гг.) НИИ АЭМ была выполнена модернизация автоматизированной системы виброакустического контроля МПС-В-1000, эксплуатируемая на энергоблоке №1 Ростовской АЭС.

Цель модернизации:

- классификация элементарных движений, осуществляемых МПС с учётом типа работающего привода, особенностей перемещаемого объекта, скорости и зоны перемещения МПС для усовершенствования системы оперативного виброакустического контроля технического состояния рабочей штанги, основных узлов и механизмов;
- создание и заполнение соответствующих баз данных;
- виброакустическая паспортизация технологических операций перегрузки ЯТ, осуществляемых в период проведения перегрузочных кампаний.

Полученные результаты подтверждают принципиальную необходимость интеграции модернизированной системы со штатной системой управления машиной перегрузочной (СУМП).



ДВ – датчики вибрации, ДЭ – датчики электрических параметров, КВ(а) – концевые выключатели аварийные, КВ(т) – концевые выключатели технологические, ПДУ – пульт дистанционного управления, СТС – специальная телесистема, Т – тензодатчики, Э – энкодеры.

Рисунок 1 – Структурная схема диагностического комплекса, интегрированного с СУМП

При работе с сигналами СУМП была поставлена цель – выявить эталонные значения и поля допусков на весовые нагрузки на захватах МП с целью дополнить ими СВК. Однако вместо полей допусков были выявлены типичные профили изменения сил трения по высоте активной зоны при извлечении ТВС и ПС СУЗ.

Таким образом, было показано, что СУМП может быть дополнена, помимо СКГО МП, ещё и модулями для контроля технического состояния МП и элементов активной зоны, а сигналы весоизмерительных устройств СУМП несут важную, ранее не доступную информацию о состоянии ТВС.

Дальнейшей перспективой работ представляется тиражирование работ с интеграцией подсистемы диагностики в штатные проекты СУМП для новых энергоблоков АЭС и развитие концепции комплексного контроля активной зоны реактора ВВЭР при перегрузке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Контроль технического состояния рабочей штанги перегрузочной машины для ВВЭР-1000 / В. Н. Никифоров, О. Ю. Пугачева, А. В. Паламарчук, Ю. Н. Елзов, Л. А. Первушин. Теплоэнергетика. - 2003. – N 5. – С. 33-34.
2. Вопросы виброакустической паспортизации процессов перегрузки ядерного топлива энергоблоков ВВЭР / А.А. Лапкис, И.В. Малахов, В.Н. Никифоров, В.П. Поваров. Доклад на Международной научно-практической конференции «55 лет безопасной эксплуатации АЭС с ВВЭР в России и за рубежом». 23-27 сентября 2019 г. – г. Нововоронеж, 2019.
3. Лапкис А.А., Безматеева А.Н., Абидова Е.А. Анализ деформированного состояния активной зоны ВВЭР-1000 с помощью системы управления машины перегрузочной. Глобальная ядерная безопасность. – 2021. – №1(38), с. 84-93.

Experience and Prospects of Integrated Vibroacoustical Diagnostical Support for the Refueling Systems Operation at Nuclear Power Plants with VVER Reactors

Lapkis A.A.¹, Nikiforov V.N., Elizarova E.Yu.

Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University “MEPhI”

¹*e-mail: nii_energomash@mail.ru*

Abstract – The report summarizes the experience of the Research Institute of Nuclear Power Engineering in the field of monitoring the technical condition and residual life of the NPP refueling systems elements and drives of CPS power units with VVER reactors. The modernized system of vibroacoustic control of the processes of nuclear fuel transport of the Rostov NPP is described, the prospects for the development of the topic are outlined.

Key words: VVER-1000, nuclear fuel, reloading machine, diagnostics, technical condition.

УДК 004.75

ОБЗОР И АНАЛИЗ СПОСОБОВ ДИАГНОСТИКИ ПЬЕЗОАКСЕЛЕРОМЕТРОВ

Муженко А.С., Плотников Д.А., Савельев Д.А.

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,
г. Новочеркасск, Ростовская обл., Россия*

В работе кратко изложены результаты исследований авторов в области разработки систем вибромониторинга (СВМ) турбоагрегатов (ТА). Приведен анализ некоторых способов дистанционного определения коэффициента преобразования (КП) пьезоэлектрических акселерометров (ПА) на эксплуатируемом ТА. Выявлены технические особенности и условия, при которых невозможно решение задачи определения исправности ПА и расчета КП. Предложено использование обобщенно-регрессионных нейронных сетей (GRNN) со скрытыми слоями нейронов с нелинейными радиально-базисными функциями активации для определения параметров функции, аппроксимирующей суммарный сигнал с выхода тестируемого ПА.

Ключевые слова: вибромониторинг, турбоагрегат, интеллектуальный датчик, пьезоэлектрический акселерометр, коэффициент преобразования, повышение точности измерения, нейросетевой анализ, обучение и эксплуатация нейросети.

При эксплуатации тепловых, в том числе и атомных, электростанций существует проблема диагностики состояния турбоагрегатов (ТА). Одним из наиболее эффективных методов диагностики является вибромониторинг.

Для измерения параметров вибрации используются пьезоакселерометры (ПА), крайне важно быть уверенным в том, что эти ПА находятся в исправном состоянии. Для этого их нужно периодически или непрерывно диагностировать, причём желательно без остановки объекта наблюдения и без демонтажа ПА. Делается это для решения двух задач: определить исправен ли ПА и определить параметры ПА, основным среди которых является коэффициент преобразования (КП).

Известно несколько способов дистанционной диагностики и определения КП ПА.

Способ, реализуемый в устройстве [1] предназначен для диагностики ПА и основан на обратимости пьезоэффекта. Он заключается в подаче на датчик импульсов напряжения, каждый из которых вызывает затухающие колебания чувствительного элемента (ЧЭ) с частотой установочного резонанса (УР). Возникшие колебания регистрируются и по отклонению их частоты от номинальной делается вывод об исправности ПА.

Недостатком способа является то, что он позволяет оценить лишь исправность ПА. Небольшие изменения КП, влияющие на точность измерения параметров вибрации и вызванные, например, колебаниями температуры, этот способ не выявляет. Кроме того, он работоспособен лишь при отсутствии внешних механических воздействий на ПА со стороны объекта измерения. При наличии таких воздействий вызванные ими колебания ЧЭ ПА суммируются со свободными колебаниями, что делает невозможным непосредственное определение частоты этих колебаний. Следовательно, диагностика ПА может быть выполнена лишь во время планового или аварийного останова объекта измерения, что значительно ограничивает область применения способа.

Способ, реализуемый в устройстве [2], является развитием предыдущего способа и дает возможность измерять КП посредством периодического выполнения операции возбуждения резонансных колебаний, определения параметра Q_n , пропорционального их амплитуде, и вычисления текущего значения КП ПА на основании сравнения Q_n с образцовым значением Q_0 , измеренным на этапе пусконаладки.

Этот способ обладает тем же недостатком, что и предыдущий: наличие вибрации объекта измерения существенно затрудняет, а порой делает невозможным определение амплитуды свободных колебаний.

Способ, предложенный в [3], частично решает задачу получения полной и достоверной информации о состоянии ПА без его демонтажа с объекта измерения. В этом случае ПА возбуждается нормированным электрическим синусоидальным сигналом последовательно на нескольких частотах в пределах рабочего диапазона ПА, что эквивалентно механическому возбуждению ПА вибрацией объекта измерения. Анализируя сигнал на выходе ПА, определяют КП ПА.

Недостатками данного способа является использование для вычисления КП ПА косвенных данных, что снижает точность и достоверность получаемых результатов. Кроме того, вибрация объекта измерения искажает отклик ПА и делает невозможной реализацию способа в рабочем режиме объекта.

Наиболее полно задача измерения КП ПА на работающем оборудовании решается способом, реализованном в устройстве [4]. Принцип его действия схож с [2], но отличается компенсацией вибрации объекта измерения. Способ реализуется следующим образом. В рабочем режиме объекта измерения регистрируется фрагмент сигнала, соответствующий вибрации объекта, и временно сохраняется в памяти устройства. Затем в ЧЭ ПА с помощью тестового импульса возбуждаются свободные колебания, после чего регистрируется суммарный сигнал, содержащий вынужденную составляющую, обусловленную вибрацией объекта измерения, и свободную составляющую, соответствующую затухающим механическим колебаниям ЧЭ ПА. Компенсация вынужденной составляющей выполняется путём вычитания предварительно сохранённого фрагмента из суммарного сигнала. Идея способа основана на предположении о периодическом характере и стабильности параметров вибрации объекта в течение некоторого непродолжительного времени. Из этого следует основной недостаток способа, ограничивающий область его применения: невозможность использования в условиях непериодических и импульсных помех.

Из приведенного обзора следует, что ни один из рассмотренных способов не решает в полной мере поставленную задачу. Наиболее близкий к решению способ, реализуемый устройством [4], нуждается в доработке, позволяющей определять параметры свободной составляющей сигнала на фоне шумов и импульсных помех. Фильтрация решает проблему лишь частично, поскольку фильтры искажают форму этой составляющей на начальном, наиболее информативном участке. Перспективным с этой точки зрения является использование нейросетей (НС) для определения параметров функции, аппроксимирующей суммарный сигнал с выхода тестируемого ПА. Аппроксимация в большинстве случаев менее чувствительна к случайным помехам, чем рассмотренные выше способы.

Пример применения нейронных сетей для получения достаточно высокого уровня аппроксимации исходных наблюдаемых данных (совпадение оценочных и реальных значений) представлен в [7]. Использование скрытых слоёв нейронов с нелинейными радиально-базисными функциями активации, позволяющими отслеживать малейшие изменения в уровнях исследуемого временного ряда, свойственных обобщенно-регрессионной нейронной сети (GRNN) и радиально-базисным (RBF) сетям, позволяет обеспечить высокий уровень аппроксимации со сглаживанием данных от случайной составляющей.

Также, известен пример разработки, обучения и использования НС на базе многослойного персептрона для задач идентификации технического состояния изнашивающихся элементов движительно-рулевой колонки (ДРК) по выходным вибрационным характеристикам [8]. НС после проектирования и обучения стала способна аппроксимировать поступающие данные с источников вибросигналов, установленных для контроля изнашивающихся элементов ДРК, и прогнозировать критический износ и, как следствие, выход из строя контролируемых элементов.

Приведенные выше примеры использования НС для аппроксимации данных, дают основание полагать, что НС способна решить задачу вычисления КП и определения исправности ПА в системах вибромониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2150708С1 Российская Федерация, МПК G01P 21/00, G01P 15/09. Способ электрического возбуждения резонансных колебаний пьезоэлектрического акселерометра и устройство для его осуществления / Субботин М.И. ; заявитель и правообладатель Научно-производственное объединение измерительной техники. - №99100835/28 ; заявл. 21.01.1999 ; опубл. 10.06.2000.
2. Пат. 2176396С1 Российская федерация, МПК G01P 21/00, G01P 15/09. Способ дистанционного периодического контроля коэффициента преобразования пьезоэлектрического акселерометра / Субботин М.И. ; заявитель и правообладатель Научно-производственное объединение измерительной техники. - №2000125060/28 ; заявл. 20.10.2000 ; опубл. 27.11.2001.
3. Пат. 2358244С1 Российская федерация, МПК G01H 11/08, G01R 29/22. Способ поверки пьезоэлектрического вибропреобразователя без демонтажа с объекта контроля / Иванов Ю.М., Косенков Б.В.; заявитель и правообладатель Закрытое акционерное общество «МЕРА». – №20071136975/28 ; заявл. 26.09.2007 ; опубл. 10.06.2009.
4. Пат. 99158U1 Российская федерация, МПК G01H 17/00. Устройство дистанционного измерения коэффициента преобразования пьезоэлектрического акселерометра / В.И. Лачин, А.К. Малина, Д.А. Плотников; заявитель и правообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)». – №2010125245/28 ; заявл. 18.06.2010 ; опубл. 10.11.2010.
5. Плотников, Д.А. и др. Экспериментальное исследование метода повышения точности интеллектуального датчика вибрации / Д.А. Плотников, В.И. Лачин // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2012. - №3. – С. 72-77.
6. Плотников, Д.А. и др. Реализация функций самодиагностики интеллектуальных датчиков вибрации / Д.А. Плотников, В.И. Лачин // Изв. ЮФУ. Техн. науки. – 2012. - №3. – С. 241-251.
7. Филатова, Т.В. Применение нейронных сетей для аппроксимации данных [Текст] / Т.В. Филатова // Кибернетика. – 2004.
8. Макаров, В.В. Использование методов искусственного интеллекта для оценки технического состояния движительно-рулевой колонки (ДРК) по вибрационным характеристикам [Текст] / В.В. Макаров // Ученые записки физического факультета Московского университета. – 2017. – №5.

9. Мышинский, Э.Л. Борьба с вибрацией и шумом в инженерной практике [Текст] / Э.Л. Мышинский // ЦНИИ им. Акд. А.Н. Крылова. – 2011. – С. 240.

Review and Analysis of Methods for Diagnosing Piezoaccelerometers

Muzhenko A.S.¹, Plotnikov D.A.², Saveliev D.A.³

Platov South-Russia State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia

¹*e-mail: muzhenko97@mail.ru*

²*e-mail: dpl68@mail.ru*

³*e-mail: gofreak40@gmail.com*

Abstract – The paper briefly outlines the results of the authors' research in the development of vibration monitoring systems (VMS) for turbine units (TU). An analysis of some methods for remote determination of the conversion factor (CF) of piezoelectric accelerometers (PA) on an operating TU is given. The technical features and conditions under which it is impossible to solve the problem of determining the serviceability of the PA and calculating the CF are revealed. The use of generalized regression neural networks (GRNN) with hidden layers of neurons with non-linear radial basis activation functions is proposed to determine the parameters of the function approximating the total signal from the output of the tested PA.

Key words: vibration monitoring, turbine unit, intelligent sensor, piezoelectric accelerometer, conversion factor, measurement accuracy improvement, neural network analysis, neural network training and operation.

УДК 004.896

СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОТЕЧЕК ЭЛЕКТРОПРИВОДНОЙ АРМАТУРЫ НА ОСНОВЕ LSTM НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Прыткова Д.А., Воробьев Е.В., Абидова Е.А., Толстов В.А.

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

Аннотация. Работа посвящена созданию автоматической процедуры обработки термографических изображений для контроля герметичности запорной арматуры АЭС. Процедура реализуется с помощью программного обеспечения на основе нейросетевого анализа термографических изображений запорной арматуры. Приведены основные реализуемые программой этапы подготовки и обработки данных. Внедрение результатов работы в практику диагностирования запорной арматуры АЭС позволяют уменьшить вероятность возникновения человеческой ошибки и ускорить процесс обработки термограмм.

Ключевые слова: диагностика арматуры, определение протечек, тепловизионный контроль, нейронная сеть, обработка изображений.

Надежность работы АЭС и выполнение плана по выработке электроэнергии зависит от состояния оборудования, используемого на АЭС. Одним из способов повышения надежности является качественная диагностика электроприводной арматуры. В данной работе предлагается вариант системы, которая поможет ускорить обработку и диагностику термограмм запорной арматуры.

В настоящее время обработка термограмм происходит вручную, и именно поэтому существует необходимость создания системы, которая позволит ускорить и автоматизировать диагностику арматуры по её термографическим изображениям.

В основу работы системы положен алгоритм, который основан на переводе цвета пикселя в температуру и дальнейшей обработке данной информации. В будущем планируется использовать точное значение температуры прямо из файла, который создает тепловизор после съемки.

Предварительная подготовка данных для диагностики выглядит следующим образом:

- 1) Из пикселей в цветовой модели RGB извлекается только канал R, что соответствует красному цвету.
- 2) Термограмма делится на определенное количество частей.
- 3) В каждой из частей термограммы пиксели отбираются по определенной чувствительности, зависящей от конкретной модели тепловизора.
- 4) Полученный массив символов собирается в строку.

После предварительной подготовки получается последовательность символов, которая и используется в диагностике посредством нейронной сети.

Сама нейронная сеть основана на таком типе нейронных сетей как рекуррентные. А именно – LSTM нейросети. Данный тип сети позволяет находить зависимости в последовательностях символов.

Интерфейс системы (рис. 1) написан с помощью библиотеки tkinter, которая входит в список стандартных библиотек для языка Python. Выбор языка обусловлен наличием в нем удобной и быстрой библиотеки для машинного обучения – Tensorflow и тем, что данный язык используется для обработки больших данных, что в данном случае целесообразно.

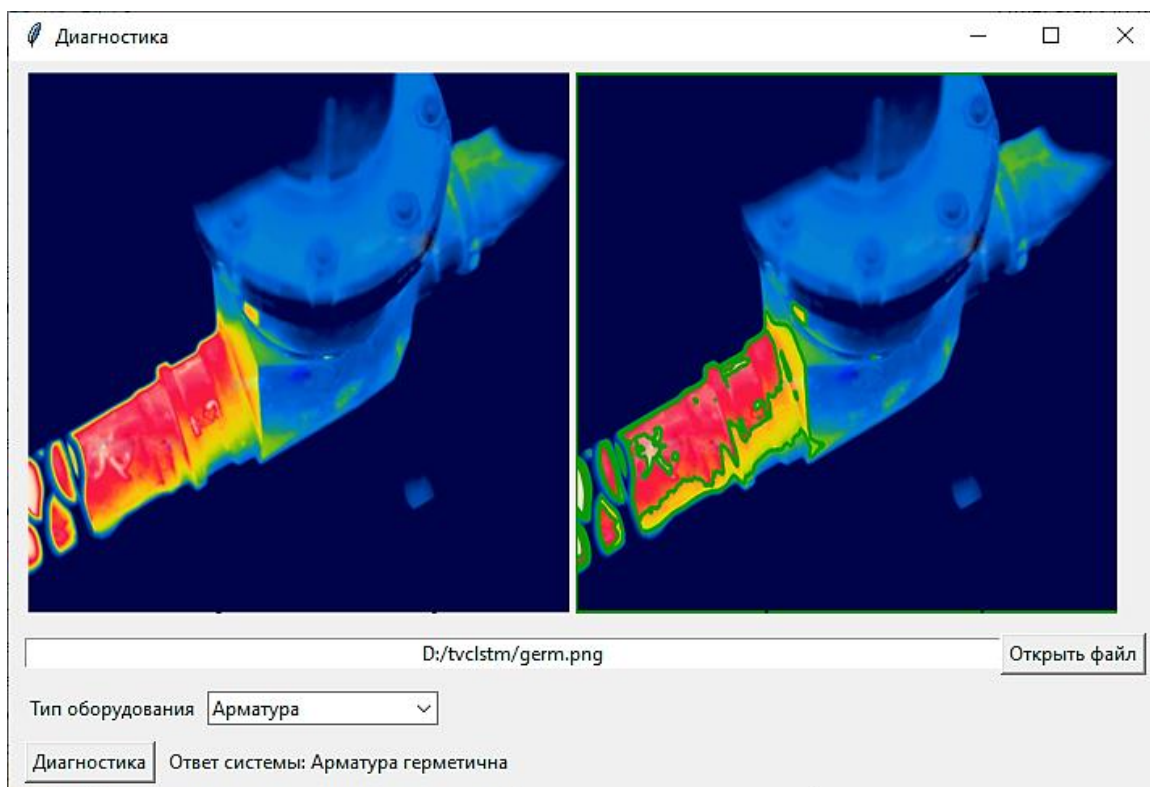


Рисунок 1 – Интерфейс программы после выполнения диагностики

Результат, полученный в ходе разработки системы определения протечек электроприводной арматуры, очень важен для повышения надежности работы всей атомной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абидова, Е.А. и др. Идентификация диагностической информации при оценке технического состояния электроприводной арматуры АЭС [Текст] / Е.А. Абидова, В.А. Носенко, А.В. Чернов, О.Ю. Пугачёва // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2012. – Т. 6 – №6. – С. 90–93.

2. Абидова Е.А. Чернов А.В., Хегай Л.С. Совершенствование методов обработки информации в системах диагностики оборудования АЭС: монография. М.: НИЯУ МИФИ; Волгодонск: ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – 128 с.

System for Detecting Electric Valve Leaks Based on an LSTM Neural Network

Prytkova D.A.¹, Vorobev E.V.², Abidova E.A.³, Tolstov V.A.⁴

*Volgodonsk Engineering and Technology Institute - National Research Nuclear University "MEPhI",
Volgodonsk, Rostov region.*

¹*e-mail: muz1@mail.ru*

²*e-mail: xpanr@ya.ru*

³*e-mail: e-abidova@mail.ru*

⁴*e-mail: vatolstov@mephi.ru*

Abstract – The work is devoted to the creation of an automatic procedure for processing thermographic images to control the tightness of shut-off valves of nuclear power plants. The procedure is implemented using software based on neural network analysis of thermographic images of shut-off valves. The main stages of data preparation and processing implemented by the program are given. The implementation of the results of the work in the practice of diagnosing shut-off valves of nuclear power plants can reduce the likelihood of human error and speed up the process of processing thermograms.

Key words: valve diagnostics, leak detection, thermal imaging control, neural network, image processing.

УДК 316.77

ВРЕМЯ КАК ФАКТОР ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Снежко Г.Е.

*Ростовский областной центр обработки информации в сфере образования,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

В работе представлены три аспекта влияния фактора времени на обеспечение информационной безопасности. Показано, что время и информация являются двумя сторонами единого процесса порождения и функционирования любых данных. Доказано, что совершенствование систем информационной безопасности должно включать в себя фактор времени, а именно, временное ограничение для доступа к информации. Выделена необходимость учёта особенностей индивидуального отношения ко времени, а также накопления усталости человека-оператора при взаимодействии с цифровыми устройствами. Определены способы снижения дефицита времени как ценного ресурса совместной деятельности.

Ключевые слова: время, информация, информационная безопасность, длительность.

Информационная безопасность выступает важнейшим условием нормального функционирования объектов ядерной энергетики. Современная методология достижения основной цели информационной безопасности – «обеспечение целостности, конфиденциальности и доступности» информации [1] – до сих пор не включает в себя в достаточной мере учёт фактора времени. А между тем время выступает всеобщей формой существования всех процессов нашего мира. Всеобщей в том смысле, что любой процесс есть смена состояний. Каждое состояние длится. Это дление, длительность каждого состояния и выступает первой (но не единственной) характеристикой времени. Второй важнейший момент: начало и конец любого состояния, его длительности. Начало и конец обозначают прерывы в длящемся процессе. Третий момент определяется тем, что множество процессов и их актуальных состояний взаимодействуют друг с другом, поэтому и их длительности также

находятся в соотносительном состоянии. Время поэтому и мыслится философами и учёными как форма, выражающая отношения между длительностями. Такое понимание мы находим в реляционной концепции времени, которая, на наш взгляд, является наиболее продуктивной для целей данного исследования.

Обеспечение информационной безопасности должно включать в себя фактор времени как минимум в трёх аспектах: во-первых, при учёте того, что происходит с информацией с течением времени, во-вторых, при анализе «человеческого фактора», то есть при учёте наличия человека, владеющего или пользующегося информацией; в-третьих, при рассмотрении отношения «человек-машина» (в том числе – «человек-цифровое устройство») и «человек-человек». Рассмотрим последовательно все три аспекта.

Информацию следует рассматривать в единстве со временем. Действительно, информация – это то, что изменяет воспринимающую её систему, а изменение порождает время, выражается во времени. Каждый процесс имеет собственное время, если под временем понимать дление каждого его состояния и дление всех их вместе, последовательно. Установление конкретных отношений между динамическими системами, упорядочивание смены их состояний порождает определённые ритмы, устанавливает периодичности, ускоряет или замедляет процессы, «опрокидывает» их в прошлое или, напротив, провоцирует скачки в будущее. Все эти «темпоральные рисунки» упорядочиваются, что в познающем их сознании отражается в виде операции приравнивания длительностей каждого отдельного процесса ко времени Вселенной, которое, в свою очередь, приравнивается к движению астрономических тел.

Если же обратиться к анализу внутреннего устройства времени любой сложной системы, то можно зафиксировать синхронизацию и вложенность друг в друга длительностей всех подсистем этой сложной системы – от атомного и молекулярного до механического и биологического уровней. Таким образом, информация и время – это две стороны единого процесса порождения и функционирования любых данных. Сбой на одном участке неминуемо ведёт к искажению на всех других. Поэтому до всякой содержательной проверки изменение временных параметров системы (темпа, ритма, скорости, направленности и т.д.) будет являться сигналом неблагополучия системы.

Второй аспект – субъективный фактор, т.е. наличие человека, владеющего или пользующегося информацией, а, следовательно, потенциально способного к несанкционированному доступу к ней. На первый взгляд кажется, что моральной и юридической ответственности участников информационных взаимодействий достаточно для защиты информации. Однако практика не подтверждает эту гипотезу. В связи с этим совершенствование систем информационной безопасности должно включать в себя (наряду с другими факторами) фактор времени, а именно, временное ограничение для доступа к информации. В первую очередь это касается защиты персональных данных. Их хранение в каждой организации должно быть временным, а не постоянным. Эйфория по поводу того, что в цифровом мире информация существует вечно, давно прошла. Из вечности надо вернуться в наш мир времени и временности.

Наконец, следует учитывать особенности индивидуального отношения ко времени, что потенциально может провоцировать конфликты в ходе организации совместной деятельности, а также накопление усталости оператора при взаимодействии с цифровыми устройствами. Последнее обстоятельство может быть минимизировано путём упорядочивания времени этих взаимодействий. Что касается организации времени членов коллектива, то здесь можно обратиться к работам отечественных (Т.А. Нестик [2]) и зарубежных (McGrath, Kelley [3]) исследователей, исходящих из понимания времени как ценного ресурса совместной деятельности. Дефицит этого ресурса минимизируются с помощью планирования (снижается темпоральная неопределённость), синхронизации действий (разрешаются конфликты по поводу последовательности выполнения задач) и использования различных способов экономии времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Information security [Электронный ресурс] // NIST Interagency or Internal Report (NISTIR) 7298 Rev. 3: Glossary of Key Information Security Terms: [англ.] / Celia Paulsen, Robert Byers , editor. Computer Security Division, Information Technology Laboratory. — Revision 3. USA : National Institute of Standards and Technology, 2019. Режим доступа: URL: https://csrc.nist.gov/glossary/term/information_security – 26.04.2022.
2. Нестик, Т.А. Социальная психология времени [Текст] / Т.А.Нестик.– М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. – 496 с.
3. McGrath, J.E. et al. Time and human interaction. Toward a social psychology of time [Текст] / J.E. McGrath, J.R.Kelley. – N.Y.-L.: Guilford Press, 1986. – 183 p.

Time as a Factor of Information Security

Snezhko G.E.

*Rostov Regional Information Processing Center in Education, Rostov-on-Don, Russia
e-mail: nova@161.ru*

Abstract – The paper presents three aspects of the influence of the time factor on information security. It is shown that time and information are two sides of a single process of generating and functioning of any data. It has been proven that the improvement of information security systems should include a time factor, namely, a time limit for access to information. The necessity of taking into account the peculiarities of the individual attitude to time, as well as the accumulation of fatigue of the human operator when interacting with digital devices, is highlighted. The ways of reducing the shortage of time as a valuable resource for joint activities are determined.

Key words: time, information, information security, duration.