

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МИФИ»



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



XV Научно-практическая конференция

«Безопасность ядерной энергетики»

Волгодонск, 6 – 7 июня 2019 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Волгодонск 2019

УДК 621.039.58(063)
П78

Безопасность ядерной энергетики: тезисы XV Научно-практической конференции, 6 – 8 июня 2019 г. / НИЯУ МИФИ [и др.]. – Волгодонск: ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – 209 с.

Сборник тезисов конференции составлен по материалам XV Научно-практической конференции «Безопасность ядерной энергетики».

ISBN 978-5-7262-2569-2

Издается в авторской редакции

© ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2019

Ответственный за выпуск *Н.И. Лобковская*

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

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1

«Изготовление и ремонт оборудования АЭС»

- Гоок С.Э., Устюндаг О., Гуменюк А., Ретмайер М.** Гибридная лазерно-дуговая сварка толстых листов высокопрочной трубной стали Х120 с электромагнитным удержанием сварочной ванны (Общество Фраунгофера, Институт производственных систем и технологий конструирования ИПК; Федеральное ведомство по исследованию и испытаниям материалов БАМ; Технический университет, г. Берлин) **7**
- Колоколов Е.И., Томилин С.А., Жидков М.Е.** Влияние ликвационной неоднородности стали 10ГН2МФА на ее свариваемость (ВИТИ НИЯУ МИФИ, Волгодонск, Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск) **11**
- Шишов В.В.** Выбор наиболее рациональных методов закрепления теплообменных труб в трубные решетки (АО Опытное конструкторское бюро «ГИДРОПРЕСС», г. Подольск) **15**
- Марченко А.А.** Атоммаш 2019 – перспективы, развитие, новые технологии (Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск) **21**
- Винников В. С.** Прогрессивная технология сверления узкопрофильных глубоких кольцевых пазов (ПАО «ЗиО-Подольск», г. Подольск) **24**
- Полодов А.А., Подрезов Н.Н.** Информационно-измерительный модуль для анализа процессов дуговой сварки (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **27**
- Берела А.И., Томилин С.А., Федотов А.Г., Жидков М.Е.** Вариант разделки корпусного реактора при выводе из эксплуатации блока АЭС (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск, Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск) **29**
- Марченко А.А., Оржеховский С.С.** ПГВ-1000МКО: особенности проекта и технологии изготовления (Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск) **31**
- Усманов М. З.** Исследование процесса сверления глубоких отверстий большого диаметра (ПАО «ЗиО-Подольск», г. Подольск) **34**
- Кравченко П.Д., Федоренко Д.Н., Косогова Ю.П.** Варианты упрощенных конструктивных схем автоматических захватов для подъема упавших кассет в бассейне выдержки реактора типа ВВЭР (ООО «Атомспецсервис», ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **37**
- Маштакова Е.Э.** Вихретоковый контроль металла теплообменных труб и перемычек коллекторов парогенератора (Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск) **40**
- Романенко В.А., Абидова Е.А., Подрезов Н.Н.** Применение методов кластеризации для сравнительного анализа процессов электродуговой сварки (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **42**
- Семенов С.С.** Заглушки патрубков корпуса реактора типа ВВЭР при заводских гидравлических испытаниях (Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск) **44**
- Морозов С.С.** Изготовление и ремонт реакторного оборудования: изготовление нижнего полукорпуса реактора (Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск) **45**
- Колоколов Е.И.** Анализ характера разрушения конструкционных сталей при упруго-пластическом поведении с позиций нелинейной термодинамики (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **46**
- Абидова Е.А., Пугачёва О.Ю., Чернов А.В.** Повышение качества диагностических операций при проведении планово-предупредительных ремонтов оборудования АЭС (Научно-исследовательский институт «Атомного энергетического машиностроения», г. Волгодонск) **51**
- Толстов В.А., Кривин В.В., Ишигов И.О.** Разработка механического устройства координатного слежения как средство виртуальной реальности для тренажёра сварщика (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **53**
- Дубинин Д.В.** Организация на площадях Филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» серийного производства стеллажей уплотнённого хранения топлива с использованием бесшовных шестигранных борированных труб (Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск) **56**

Секция 2

«Эксплуатация энергоблоков АЭС»

- Проскуряков К.Н., Анিকেев А.В., Афшар И., Писарева Д.А.** Использование CFD модели реактора АЭС с ВВЭР-1200 для прогнозирования вибраций ТВС (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г. Москва) 57
- Коробкин В.В., Колоденкова А.Е.** Повышение безопасности эксплуатации информационно-управляющих систем путем их диагностирования на основе когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования (Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем им. академика А.В. Каляева Южного федерального университета, г. Таганрог) 60
- Арутюнян А.К., Выговский С.Б., Хачатрян А.Г.** Исследование способов повышения КВ в быстрых реакторах с МОХ-топливом при стремлении к минимальным значениям НПЭР (НИЯУ МИФИ, г. Москва) 68
- Никифоров В.Н., Арженовская Е.В., Подрезов Н.Н., Галкин А.С., Крупский А.Г.** Особенности ремонтных технологий на этапе проведения ремонтных кампаний (Научно-исследовательский институт «Атомного энергетического машиностроения», г. Волгодонск) 71
- Волкова З.С., Гошкодеров В.А., Гошкодерова Е.А., Сурин В.И.** Разработка автоматизированных систем электрофизического неразрушающего контроля (НИЯУ МИФИ, г. Москва) 73
- Кавришвили З.О., Рачков В.Л.** Автоматизация обработки результатов диагностического обеспечения при вводе в эксплуатацию энергоблоков АЭС (Ростовский филиал «Ростоватомтехэнерго» АО «Атомтехэнерго», г. Волгодонск) 76
- Арутюнян А.К., Выговский С.Б., Хачатрян А.Г.** Пути повышения коэффициента воспроизводства быстрых реакторов с оксидным топливом и натриевым теплоносителем (НИЯУ МИФИ, г. Москва) 79
- Алвахеба А.И., Бекетов В.Г., Иванов О.В., Иванова Т.Е., Сурин В.И.** Выявление дефектов в сварных соединениях методом сканирующей контактной потенциометрии (НИЯУ МИФИ, г. Москва; ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) 83
- Абу Сондос М.А., Демин В.М., Савандер В.И.** Оптимизация системы компенсации избыточной реактивности на основе гадолиния в активной зоне реактора ВВЭР-1200 (НИЯУ МИФИ, г. Москва) 86
- Берела А.И., Томилин С.А., Федотов А.Г.** Применение логистических процедур при реализации демонтажных работ в процессе вывода из эксплуатации блока АЭС (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) 89
- Лапкис А.А., Никифоров В.Н.** Построение эталонов для виброакустического мониторинга перемещения ядерного топлива энергоблоков ВВЭР-1000 (Научно-исследовательский институт «Атомного энергетического машиностроения», г. Волгодонск) 92
- Берела А.И., Томилин С.А., Федотов А.Г.** Логистика и обеспечение эффективности процесса вывода из эксплуатации блоков атомных станций (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) 95
- Абидова Е.А., Дембицкий А.Е., Пугачёва О.Ю.** Комплексный анализ диагностических параметров дизель-генераторных установок атомных электростанций (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) 97
- Драка О.Е., Чернов А.В., Абидова Е.А., Саункин В.Т.** Диагностирование состояния оборудования АЭС при помощи энтропийных методов обработки изображений (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) 98
- Цуверкалова О.Ф., Шпицер В.Я., Сысоев Ю.С.** Прогнозирование статистических характеристик контролируемого параметра на основе анализа временного ряда (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) 102
- Игнаткин В.А., Коломиец М.А., Лапкис А.А.** Интерактивный альбом нейтронно-физических характеристик топливной загрузки реакторов ВВЭР (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) 104
- Кислицын В.О., Калинин В.А., Карапетьян Г.Я., Катаев В.Ф., Степаненко Д.В.** Чувствительные элементы пассивных беспроводных датчиков на поверхностных акустических волнах для измерения тока в трехфазных цепях (ООО НТЦ «Русь», Ростов-на-Дону; ЮФУ, Ростов-на-Дону; ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) 107

Секция 3

«Экологическая и радиационная безопасность эксплуатации АЭС»

- Орумо Кеннолл, Елохин А.П., Ксенофонтов А.И.** Экологические и социально-экономические аспекты возможного развития атомной энергетики в Федеративной Республике Нигерия (НИЯУ МИФИ, г. Москва) **109**
- Бейсуг О.И.** Изменения показателей фосфатазной и эстеразной активности сестона при воздействии ртути в природных и модельных экосистемах (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **111**
- Мунёс Роча К.Л.** Определение эффективности регистрации полупроводникового спектрометра гамма-излучения в геометрии Маринелли (НИЯУ МИФИ, г. Москва) **114**
- Лыскова И.Е.** Модель бережливого производства как основа системы экологической и социальной безопасности современной организации (на примере Госкорпорации «Росатом») (Коми республиканская академия государственной службы и управления, г. Сыктывкар) **117**
- Ефименко А.И., Бубликова И.А.** Анализ динамики радиационных факторов (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **120**
- Елохин А.П., Федорченко С.Н.** Метод оценки протечки радиоактивного азота $^{16}\text{N}_7$ в парогенераторах, используемых на ядерных реакторах типа КЛТ-40 (НИЯУ МИФИ; АО «СНИИП», г. Москва) **122**
- Аксенова К.С., Бубликова И.А.** Анализ динамики содержания радионуклидов в продуктах питания, выращенных в зоне наблюдения Ростовской АЭС (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **128**
- Гнутов Р.А., Бубликова И.А.** Влияние газоаэрозольных выбросов радионуклидов Ростовской АЭС на территорию размещения (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **131**
- Александрова Н.С.** К вопросу об уголовной ответственности за нарушение правил обращения экологически опасных веществ и отходов (ДИТИ НИЯУ МИФИ, г. Димитровград) **133**
- Бейсуг О.И.** О методе установки сжигания ТРО И ЖГРО для комплекса переработки твердых радиоактивных отходов Курской АЭС (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **135**
- Demin, V.M, Abu Sondos M.A, Nimer H.H.** Discriminating the characteristics of spent MOX fuel and LEU fuel for safeguards purposes, security and non-proliferation of weapons (National Research Nuclear University МЕРНИ, Moscow) **138**

Секция 4

«Культура безопасности на объектах ядерной энергетики: социокультурный, экономический и информационный аспекты»

- Плотникова У.А., Карелина В.В., Василенко Н.П., Евдошкина Ю.А.** Роль отраслевых вузов в обеспечении высокого уровня культуры безопасности на зарубежных объектах ГК «Росатом» (Филиал АО «Концерн Росэнергоатом «Ростовская АЭС», Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск; Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск) **140**
- Цуверкалова О.Ф., Анцибор А.В., Рогачева Ж.С.** Место образовательных организаций в стратегии обеспечения экономической безопасности государства и бизнеса (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **148**
- Дронишинец Н.П., Зиновьев Г.С.** Влияние культурных и национальных факторов на ядерную безопасность (Новоуральский технологический институт НИЯУ МИФИ, г. Новоуральск) **151**
- Руденко В.А., Ухалина И.А., Ефименко Н.А., Агапова С.П.** Механизмы обеспечения безопасности экономического развития предприятий атомного энергомашиностроения (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **154**
- Симакова Н.А.** Формирование профессиональных компетенций на основе применения интерактивных учебных систем (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **158**
- Головко М.В., Плотников В.А.** Культура экономической безопасности как основной принцип разработки корпоративной политики противодействия теневым трансакциям (на примере предприятий ГК «Росатом») (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск; СпбГЭУ, г. Санкт-Петербург) **159**
- Судиловская И.В., Головко М.В.** Разработка кастомизированных учебных курсов для магистрантов как условие формирования конкурентоспособных кадров для атомной отрасли (Группа компаний «Промойл», г. Пермь, ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **164**
- Ермолаева Н.В., Лобковская Н.И.** Роль обеспечивающих кафедр ВИТИ НИЯУ МИФИ в формировании ценностей ГК «Росатом» в ходе ранней профессиональной ориентации школьников (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **167**

- Сетраков А.Н., Довгань Е.А., Петров М.В.** Криминологические особенности преступлений совершаемых на объектах атомной энергетики (Волгодонский филиал Ростовского юридического института МВД России, г. Волгодонск) **171**
- Локонова Е.Л., Железнякова А.В., Дмитров С.В.** О духовной безопасности как проекте формирования культуры безопасности будущего специалиста атомной отрасли (ВИТИ НИЯУ МИФИ; РПЦ, Волгодонская епархия, г. Волгодонск) **173**
- Агапова С.П., Ухалина И.А.** К вопросу об актуальности формирования компетенции «технологическое предпринимательство» у студентов технических специальностей и направлений подготовки (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **176**
- Галда М.В., Бушуев И.В., Петров М.В.** Пресечение незаконного оборота наркотических средств на режимных объектах атомной отрасли (Волгодонский филиал Ростовского юридического института МВД России, г. Волгодонск) **179**

Секция 5

«Проектирование и строительство энергоблоков АЭС»

- Медведев В.Н., Киселев Александр С., Киселев Алексей С., Ульянов А.Н., Стрижов В.Ф., Скорикова М.И., Пимшин Ю.И.** К вопросу о контроле защитных оболочек АЭС в период приемо-сдаточных испытаний (Институт проблем безопасного развития атомной энергетики, г. Москва; ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **183**
- Хафизов Т.М., Байбурун А.Х.** Подземно-наземный комплекс по управлению отходами (Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), г. Челябинск) **186**
- Забазнов Ю.С.** Восстановление мониторинга ЗГО АЭС с оценкой ее эксплуатационной надежности на этапе, после продолжительного периода эксплуатации блока (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **187**
- Землянский А.А., Землянский К.А., Шарипов Р.Р.** Эффективное повышение уровня надежности АЭС за счет введения шестого защитного барьера (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Балаково) **190**
- Бурдаков С.М., Гейдарова А.Н., Демиденко А.С., Пимшин И.Ю.** Наладка ходовой части крана кругового действия на предприятии заказчика (Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону; ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **192**
- Заяров Ю.В., Орехов М.И., Арсеньев Д.М.** Поверка нивелиров на вертикальном компараторе (Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону; ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск) **196**
- Пимшин Ю.И., Науменко Г.А., Яговкина Е.Н., Корнева М.В.** Проблема, возникающая при замене СПЗО на блоках АЭС с реактором ВВЭР-1000 (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск; Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону) **200**
- Ткачев В.Г., Науменко Г.А., Демиденко А.С., Пимшин И.Ю.** Особенности монтажа рельсового пути полярного крана на энергоблоках проекта АЭС 2006 (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск; Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону) **204**
- Пимшин Ю.И., Заяров Ю.В., Лагутин П.П., Дежевой М.С.** Об использовании синтезированных допусков при оценке уровня безопасности промышленных каркасных зданий (ВИТИ НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск; Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону) **206**

СЕКЦИЯ 1

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

УДК 621.791.725

Гибридная лазерно-дуговая сварка толстых листов высокопрочной трубной стали X120 с электромагнитным удержанием сварочной ванны

С. Гокк ^{*}, О. Устюндаг ^{*}, А. Гуменюк ^{}, М. Ретмайер ^{*,**,***}**

^{}Общество Фраунгофера, Институт производственных систем и технологий конструирования ИПК, Берлин*

*^{**}Федеральное ведомство по исследованию и испытаниям материалов БАМ, Берлин*

*^{***}Технический университет, Берлин*

В работе представлены результаты исследований возможности применения переменного электромагнитного поля для удержания сварочной ванны при гибридной лазерно-дуговой сварке листов высокопрочной трубной стали X120. Показано, что воздействие магнитного поля с частотой колебаний 1,2 кГц приводит к полной компенсации гидростатических сил в сварочной ванне при однопроходной сварке встык пластин толщиной 20 мм, предупреждая провисание расплава со стороны корня. Метод позволяет осуществлять процесс сварки в относительно широком диапазоне скоростей, тем самым обеспечивая возможность подбора наиболее благоприятного термического цикла сварки для исследуемой высокопрочной стали, чувствительной к повышенному тепловложению. Оценены прочностные свойства изготовленных швов.

Ключевые слова: гибридная лазерно-дуговая сварка, провисание, электромагнитное поле, компенсация гидростатических сил

Трубопроводы являются наиболее безопасным и экономически эффективным способом транспортировки жидких и газообразных природных энергоносителей. Ввиду роста объемов перекачки продукта и роста рабочего давления в магистральных трубопроводах, возникает необходимость во внедрении высокопрочных материалов для стротельства трубопроводов. Так, одним из перспективных материалов для трубной промышленности является сверхвысокопрочная сталь X120 с двухфазной ферритно-бейнитной структурой, разработанная по стандарту Американского нефтяного института API [1]. При производстве листового проката из стали X120 для получения двухфазной ферритно-бейнитной структуры и повышения деформационной способности применяется контролируемая прокатка и ускоренное охлаждение со строгим регулированием параметров режима, позволяющие получить оптимальную двухфазную структуру. Повышенное тепловложение при сварке данной стали способно провоцировать появление увеличенных зон разупрочнения в зоне термического влияния [2, 3]. Таким образом, высокопроизводительные сварочные процессы, характеризующиеся повышенной погонной энергией (многодуговая сварка под флюсом) не способны гарантировать требуемый комплекс свойств сварного соединения. Появление в последние десять лет лазерных источников излучения мощностью выше 10 кВт позволило сваривать стальные пластины толщиной до 30 мм, используя процесс полного проплавления [4, 5], отличающийся высокой эффективностью. В тоже время, сварка лазерным лучом характеризуется короткими термическими циклами сварки с высокими скоростям охлаждения, что может привести к ухудшению ударной вязкости металла сварного шва [6]. Снижение же скорости процесса лазерной или гибридной лазерно-дуговой сварки, с целью увеличения погонной энергии и выравнивания термического цикла, приводит к ситуации, когда в результате превышения критического уровня жидкий металл формируемого валика начнет провисать под воздействием гидростатического давления. В этом случае, для осуществления стабильного процесса сварки требуется система поддержки сварочной ванны. В отличие от электронно-

лучевой, лазерная сварка позволяет управлять жидким потоком в сварочной ванне при помощи электромагнитных полей. Подход, используемый в данном исследовании, состоит в бесконтактном наведении вихревых токов под зоной сварки при помощи переменного магнитного поля в направлении, перпендикулярном направлению сварки. Получаемые в результате этого объемные силы Лоренца в расплаве нейтрализуют действие гравитационных сил и компенсируют гидростатическое давление [7, 8]. Схема электромагнитной поддержки сварочной ванны показана на рисунке 1.

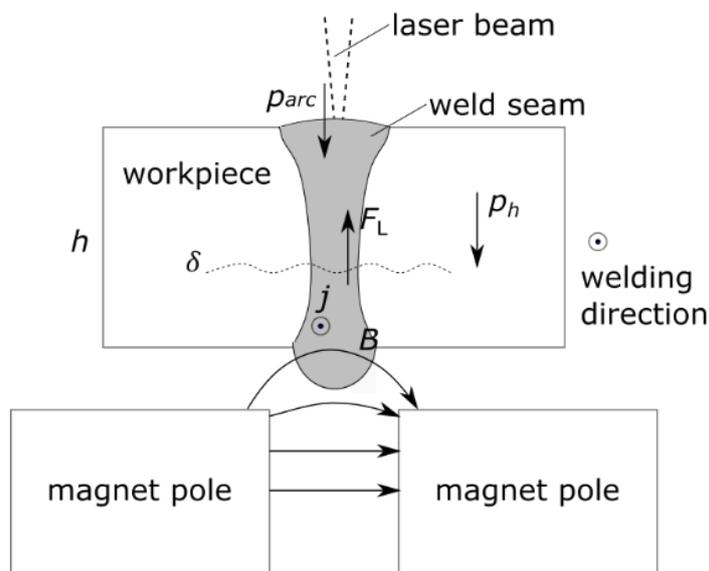


Рисунок 1 – Схема электромагнитной поддержки сварочной ванны при лазерной сварке с полным проплавлением [9]

В соответствии с приведенной схемой переменное магнитное поле B , которое перпендикулярно направлению сварки, создается магнитом переменного тока и генерирует вихревые токи в материале. Электрическая плотность j параллельна направлению сварки. Результирующая сила Лоренца F_L направлена вверх и противодействует гидростатическому давлению.

Эксперименты были проведены с использованием оптоволоконного лазера с выходной мощностью лазерного излучения 20 кВт. Параметры сварки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры сварки для сварных швов выполненных с электромагнитной поддержкой

Шов №	I_{arc}, A	U_{arc}, V	$v_w, \text{см мин}^{-1}$	$P_L, \text{кВт}$	$Q_{total}, \text{кДж мм}^{-1}$	$P_{AC}, \text{кВт}$	$f_{AC}, \text{кГц}$
1	34	331	50	15,3	3,2	1,8	1,2
2	40	530	125	17	1,8	1,8	1,2

Достигнутые формы проплавления изображены на Рисунке 2. Для случая с высокой погонной энергией $3,2 \text{ кДж мм}^{-1}$ при скорости сварки 50 см мин^{-1} характерны широкая форма проплавления и широкая зона термического влияния. Для более высокой скорости сварки 125 см мин^{-1} и, соответственно пониженной погонной энергии $1,8 \text{ кДж мм}^{-1}$ ширина проплавления, как и зона термического влияния уменьшены приблизительно на 40%. Следует отметить, что в обоих случаях отсутствует провисание корня шва, что на данных скоростях сварки, без использования электромагнитной поддержки было бы неосуществимо [10].

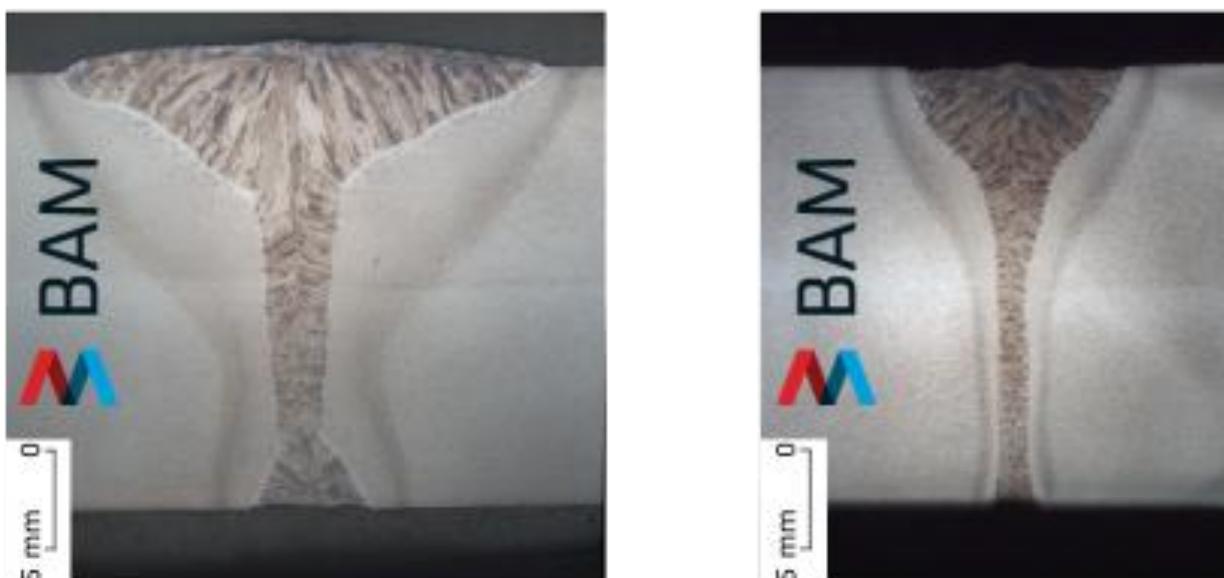


Рисунок 2 – Формы проплавления гибридных лазерно-дуговых швов на толщине 20 мм, выполненных для двух погонных энергий процесса сварки: 3,2 кДж мм⁻¹ при скорости сварки 50 см мин⁻¹ (слева) и 1,8 кДж мм⁻¹ при скорости сварки 125 см мин⁻¹ (справа)

Испытания на ударную вязкость сварных швов проводили в соответствии с требованиями норм EN 10045. Для испытаний изготовили стандартные образцы ISO V (10 мм x 10 мм) с надрезом в середине гибридного лазерного шва. Все испытания на поглощенную энергию удара по Шарпи были проведены при -40 °С. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний на поглощенную энергию удара по Шарпи

v_w , см мин ⁻¹	Q_{total} , кДж мм ⁻¹	A_v , Дж при 40 °С	Стандартное отклонение, Дж
50	3,2	144	±11
125	1,8	117	±35
260*	0,9	45	±8

* – сварка без электромагнитной поддержки. Данные приведены с целью сравнения.

Проведенные испытания демонстрируют высокие значения поглощенной энергии удара по Шарпи в диапазоне скоростей сварки 50 см мин⁻¹ до 125 см мин⁻¹. Достигнутая максимальная поглощенная энергия удара для образцов с V-образным надрезом составила 144±11 Дж при температуре испытания -40 °С. Между величиной погонной энергии процесса сварки и ударной вязкостью металла шва наблюдается зависимость. Так, с увеличением скорости сварки до 260 см мин⁻¹ поглощенная энергия удара снижается до 45±8 Дж.

В рамках данной работы было показано, что система электромагнитной поддержки сварочной ванны эффективна при гибридной лазерно-дуговой сварке больших толщин. Сварные швы на толщине 20 мм были выполнены в один проход без разделки кромок и с уменьшенной скоростью сварки, что не приводило к возникновению недопустимых дефектов типа провисания корня. Преимущества данной технологии можно свести к следующим основным пунктам:

- отказ от двустороннего доступа к разделке;
- возможность подбора наиболее благоприятного термического цикла сварки за счет вариирования скорости процесса в относительно широких пределах без снижения качества шва (имеет значение при сварке современных высокопрочных сталей чувствительных к чрезмерному тепловложению, например X100, X120);
- увеличение толщины свариваемого материала за счет полного проплавления при уменьшенных скоростях сварки (без увеличения мощности лазера).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhang, J. M., Sun, W. H., & Sun, H. Mechanical properties and microstructure of X120 grade high strength pipeline steel. *Journal of Iron and Steel Research International*. 2010. № 17(10). P. 63-67 (in English).
2. Koo, J. Y., Luton, M. J., Bangaru, N. V., Petkovic, R. A., Fairchild, D. P., Petersen, C. W., & Tamehiro, H. (2004). Metallurgical design of ultra high-strength steels for gas pipelines. *International Journal of Offshore and Polar Engineering*. № 14(01). (in English).
3. Lan, L., Kong, X., Qiu, C., & Zhao, D. Influence of microstructural aspects on impact toughness of multi-pass submerged arc welded HSLA steel joints. *Materials & Design*. 2016. № 90. P. 488-498 (in English).
4. Avilov, V.V., Gumenyuk, A., Lammers, M., Rethmeier, M. PA position full penetration high power laser beam welding of up to 30 mm thick AlMg3 plates using electromagnetic weld pool support. *Science and Technology of Welding and Joining*. 2012. 17(2). P. 128-133 (in English).
5. Vollertsen, F., Grünewald, S., Rethmeier, M., Gumenyuk, A., Reisgen, U., Olschok, S. Welding thick steel plates with fibre lasers and GMAW. *Welding in the World*. 2010. № 54(3-4). R62-R70 (in English).
6. Wang, H. H., Wu, K. M., Lei, X. W., & Qian, Y. Effect of fast cooling process on microstructure and toughness of heat affected zone in high strength pipeline steel X120. *Science and Technology of Welding and Joining*. 2012. № 17(4). P. 309-313 (in English).
7. Бахманн, М. Сварка аустенитной нержавеющей стали с использованием лазерного луча высокой мощности и электромагнитного управления сварочной ванной [Текст] / М. Бахманн, В. Авиллов, А. Гуменюк, М. Ретмайер // Автоматическая сварка. – 2014. – № 3. – С. 23-27.
8. Avilov, V., Fritzsche, A., Bachmann, M., Gumenyuk, A., & Rethmeier, M. Full penetration laser beam welding of thick duplex steel plates with electromagnetic weld pool support. *Journal of Laser Applications*. 2016. № 28(2). 022420. (in English).
9. Üstündag, Ö., Avilov, V., Gumenyuk, A., & Rethmeier, M. (2018, November). Full penetration hybrid laser arc welding of up to 28 mm thick S355 plates using electromagnetic weld pool support. In *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1109. №. 1. p. 012015. IOP Publishing. (in English).
10. Üstündag, Ö., Fritzsche, A., Avilov, V., Gumenyuk, A., & Rethmeier, M.. Hybrid laser-arc welding of thick-walled ferromagnetic steels with electromagnetic weld pool support. *Welding in the World*. 2018. № 62(4). P. 767-774 (in English).

Hybrid Laser-Arc Welding of Thick High-Strength Pipeline Steel Grade X120 Using Electromagnetic Weld Pool Support

S. Gook ^{*1}, Ö. Üstündag ^{*2}, A. Gumenyuk ^{**3}, M. Rethmeier ^{*,**,***,4}

^{*} Fraunhofer Institute for Production Systems and Design Technology IPK, Berlin

^{**} Federal Institute for Materials Research and Testing BAM, Berlin

^{***} Technische Universität, Berlin

¹ sergej.gook@ipk.fraunhofer.de

² oemer.uestuendag@ipk.fraunhofer.de

³ andrey.gumenyuk@bam.de

⁴ michael.rethmeier@bam.de

michael.rethmeier@tu-berlin.de

Abstract – The present study discusses the possibility of using an electromagnetic field to support a weld pool in hybrid laser-arc welding of thick high-strength steel X120. It is shown that the effect of a magnetic field with an oscillation frequency of 1.2 kHz leads to full compensation of hydrostatic forces in the weld pool during single-pass butt welding of plates 20 mm in thickness, preventing sagging of the melt. The method allows to carry out the welding process in a relatively wide range of welding speeds, allowing to choose the most favorable thermal cycle for high-strength steel X120, which is sensitive to increased heat input.

Keywords: hybrid laser-arc welding, high-strength steel, mechanical properties, pipeline steel, electromagnetic support.

Влияние ликвационной неоднородности стали 10ГН2МФА на ее свариваемость

Е.И. Колоколов*, С.А. Томилин*, М.Е. Жидков**

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

**Волгодонский филиал Акционерного общества «Инжиниринговая компания «АЭМ-технологии» (Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш»), Волгодонск, Ростовская обл.

Показано, что ликвационная неоднородность, свойственная заготовкам из стали 10ГН2МФА, вызывает образование в них участков, обогащенных примесями и неметаллическими включениями, а также явно выраженной структурной неоднородностью, обладающих различной склонностью к образованию дефектов и закалочных структур в зоне термического влияния при сварке. Подобное поведение может проявляться и в металле сварного шва при повышенном тепловложении и других отклонениях в технологии, вызывающих образование крупнодендритной структуры.

Ключевые слова: ликвационная неоднородность, термокинетические диаграммы, бейнит, мартенситно-аустенитная составляющая, горячие микротрещины ликвационного происхождения, междендритное хрупкое разрушение.

При изготовлении корпусного оборудования реакторных установок типа ВВЭР, как правило, применяют стали двух типов: 15Х2НМФА и 10ГН2МФА. Первые используют для изделий более высокого класса прочности – корпусов реактора, вторые – для менее прочных, в основном, для парогенераторов, компенсаторов давления и труб ГЦК. Технологии обработки заготовок и полуфабрикатов из этих сталей, например, сварки и термической обработки, подобны. Так, температуры их нагрева при отпуске практически не отличаются и обычно составляют 620 – 650⁰С; допускается проведение отпуска при 660 и даже 670⁰С [1].

Макро- и микроструктура и гарантированные механические свойства этих сталей отличаются уже более заметно. В поковках стали 10ГН2МФА заметна ликвационная неоднородность (рис. 1), выражающаяся в наличии участков различной степени травимости. При этом с уменьшением сечения заготовок формируется все более выраженная полосчатая структура, состоящая из таких участков. В поковках стали 15Х2НМФА подобный эффект практически не выявляется. Еще одно, не очень понятное различие – гарантированные значения $T_{ко}$ основного металла и швов. Для стали 10ГН2МФА они одинаковы и составляют от –10 до +15⁰С для разных изделий. Для основного металла стали 15Х2НМФА $T_{ко}$ ниже – 40⁰С, для швов ниже –25⁰С. Не понятно именно то, что по содержанию углерода и типу легирования $T_{ко}$ должна быть ниже у стали 10ГН2МФА.

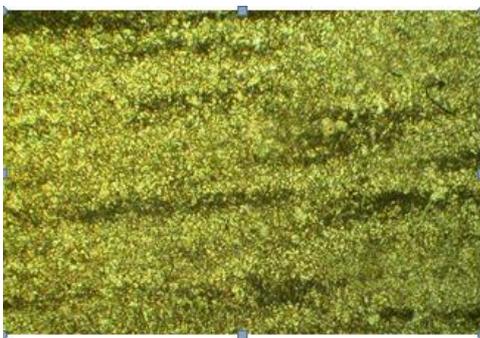


Рисунок 1 – Ликвационная неоднородность поковок из стали 10ГН2МФА x 100: более темные участки содержат больше углерода и сильнее легированы

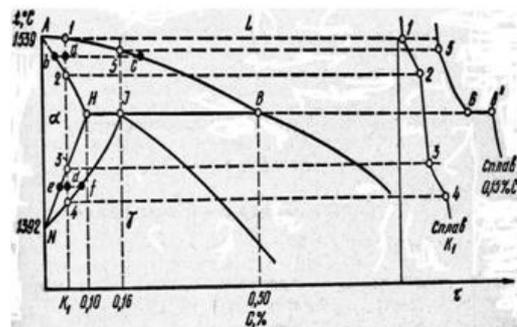


Рисунок 2 – Схема превращений в низко- и среднеуглеродистых сталях при кристаллизации согласно диаграмме равновесия Fe – C

Рассмотрим причины появления ликвационной неоднородности в малоуглеродистых низколегированных сталях. Согласно Н.П. Бунину [2] очень сильно ликвируют *S* и *P*, слабее (в 3 – 5 раз) *C*, *As*, *V*, *Mo*, а для *Si*, *Cr*, *Mn* и *Ni* ликвация практически не выражена. На рис. 2 показан участок диаграммы равновесия системы *Fe – C*, соответствующий температурам интервала кристаллизации мало- и среднеуглеродистых сталей. Для сплавов с концентрацией $C \leq 0,1\%$, к которым относится и сталь 10ГН2МФА, первичная кристаллизация (для сплава *K₁* от точки 1 до точки 2) завершается на линии *A–H*. В этих сплавах формируется дендритная структура δ -феррита. В процессе первичной кристаллизации избыточный углерод и содержащиеся в расплаве атомы легкоплавких примесей (в первую очередь *S* и *P*, а также *As* и содержащиеся в сталях *V* и *Mo*) и неметаллические включения выталкиваются в остаточные объемы жидкости, в то время, как *Si*, *Mn* и *Ni* распределены равномерно. К моменту окончания кристаллизации все ликвирующие элементы сосредоточены на границах дендритов. В этом заключается одно из проявлений дендритной ликвации. Для сплавов с $C > 0,1\%$ на линии *H–J–В* первичная кристаллизация прерывается перитектическим превращением. Этот процесс осуществляется с выделением тепла, ускоряющего диффузию, и для сплава, соответствующего точке *J*, заключается в том, что весь выделившийся феррит взаимодействует с оставшимся расплавом, в результате чего во всем объеме сплава образуется аустенит, в котором растворяется избыточный углерод. Это приводит к тому, что дендритная ликвация в таких сплавах выражена значительно слабее. По содержанию углерода сталь 15Х2НМФА практически совпадает с точкой *J*, т.е. все сказанное выше о сплавах с $C > 0,1\%$ относится и к ней.

Приведенная схема превращений несколько упрощена, однако она показывает основную причину формирования дендритной ликвации в сталях 10ГН2МФА, а также мест сосредоточения примесей и неметаллических включений в закристаллизовавшемся металле. Последующая при охлаждении двойная перекристаллизация при полиморфных превращениях, а также аналогичные и другие превращения при ОМД, «размазывают» химическую и структурную неоднородность, которая приобретает вид, характерный для имеющихся поковок. В более темных участках (рис. 1) содержится углерода заметно больше, чем 0,1%, а в светлых – меньше. Наблюдается также ликвация карбидообразующих элементов (*V* и *Mo*). Микротвердость более темных участков выше. Здесь присутствуют различные формы бейнита, мартенситно-аустенитная составляющая (МАС). Для описания появления таких микроструктур удобно использовать термокинетические диаграммы (ТКД), на которых более легированные темные участки соответствуют появлению закалочных структур при увеличении скорости охлаждения. Так на ТКД, изображенной на рис. 3, кривые охлаждения, соответствующие твердости 336–248, приводят к формированию закалочных структур, характерных для темных участков, а кривые, где твердость меньше 248 соответствуют структуре светлых участков.

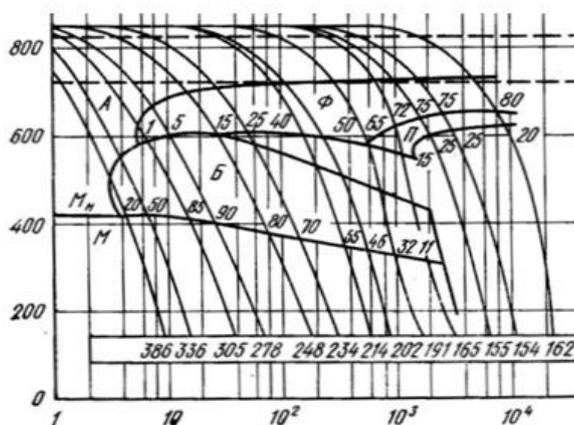


Рисунок 3 – Термокинетическая диаграмма, характерная для малоуглеродистых низколегированных сталей

При сварке, попавшие в высокотемпературную область зоны термического влияния (ЗТВ) участки, обогащенные углеродом и легирующими элементами, а также примесями и неметаллическими включениями, могут вести себя по-разному. Как правило, они более твердые и сильнее травятся. Если в таком участке, прилегающем к линии сплавления, присутствуют легкоплавкие неметаллические включения (например, эвтектические сульфиды), здесь произойдет подплавление и образуются горячие микротрещины ликвационного происхождения (рис. 4). Это, в частности, может произойти при наложении облицовочных валиков на кольцевых швах если в соответствующей обечайке присутствуют такие включения. В случае, когда этих включений у линии сплавления нет, но есть скопления элементов, ослабляющие границы, при охлаждении могут образоваться холодные трещины, растущие по границам предшествующего аустенитного зерна. Такие границы хорошо видны при микроструктурных исследованиях и их можно выявить в крупнозернистой зоне ЗТВ на поверхности гибовых образцов после проведения испытаний. Этот же фактор является основной причиной появления слоистых (ламеллярных) трещин в ЗТВ.

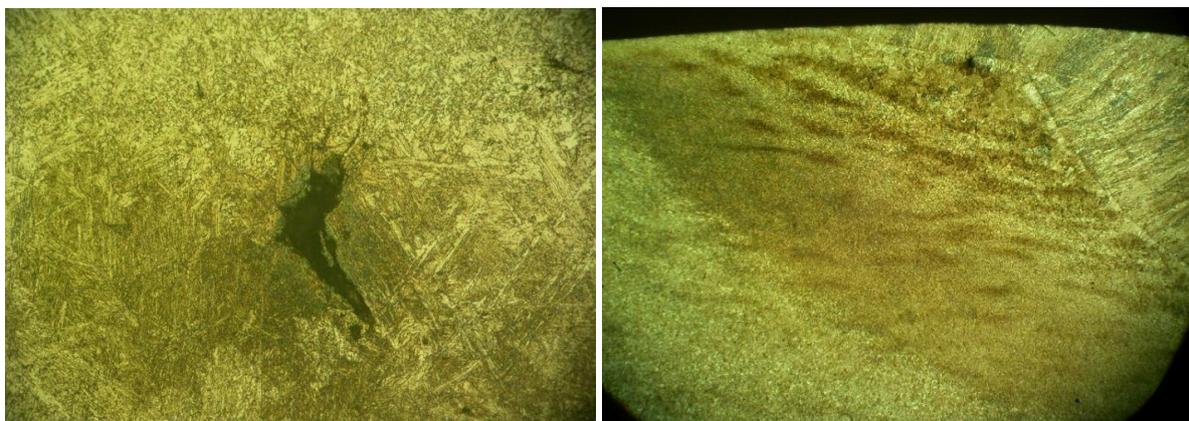


Рисунок 4 – Горячие микротрещины, которые могут образовываться на линии сплавления при наложении облицовочного валика: *a* – общий вид (вверху – облицовочный валик) $\times 100$; *б* – горячая микротрещина при большем увеличении (в верхней части трещины видны «усики» нераскрывшейся трещины, распространяющиеся в шов) $\times 500$

Еще один фактор, отрицательно влияющий на свариваемость – наличие примесей легкоплавких составляющих во флюсах, применяемых при сварке методом АСФ. В настоящее время нормативная документация (НП-104-18) не предусматривает такого контроля сварочных материалов [3]. В результате, вследствие ликвации при формировании дендритов при сварке, может произойти снижение ударной вязкости из-за междендритного хрупкого разрушения, образцов, выявляемого при фрактографических исследованиях на РЭМ при испытаниях после проведения послесварочного отпуска (рис. 5).

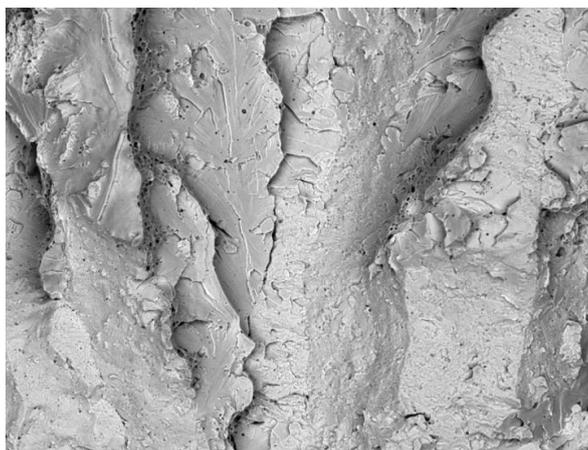


Рисунок 5 – Появление в изломе металла шва междендритного хрупкого разрушения наряду со сколом: РЭМ, x500

Существует два способа предотвращения этого явления: Первый – уменьшение размера первичных дендритов, снижающее концентрацию охрупчивающих примесей с одновременным повышением прочности путем измельчением зерна. Этого можно добиться технологическими приемами, направленными на снижение тепловложения или путем перемешивания металла сварочной ванны, а также модифицированием шва. Второй способ более радикальный – замена применяемого флюса на чистый керамический, применение порошковых проволок с модифицирующими добавками [4].

В начале данного сообщения высказывалось недоумение по поводу высоких значений $T_{\text{кю}}$ металла шва стали 10ГН2МФА, так как обычно легирование марганцем и никелем применяют для сталей, работающих при климатически низких температурах. Одна из причин этого явления – рост устойчивости аустенита в «темных» участках вследствие их более высокой легированности, а также снижение температуры A_{c1} металла из-за повышенной концентрации аустенитообразователей (C , Ni , Mn), приводящее к формированию устойчивой МАС при охлаждении после сварки и при высоких температурах послесварочного отпуска. Эта причина, а также загрязнение наплавленного металла легкоплавкими примесями приводят к охрупчиванию шва.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баландин, Ю.Ф. Конструкционные материалы АЭС [Текст] / Ю.Ф. Баландин [и др.]. – Москва : Энергоатомиздат, 1984. – 280 с.
2. Бунин, Н.П., Металлография [Текст] / Н.П. Бунин, А.А. Баранов. – Москва : Металлургия, 1970. – 256 с.
3. НП-104-18. Сварка и наплавка оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Москва : Ростехнадзор, 2018. – 260 с.
4. Колоколов, Е.И. Обеспечение конструктивной прочности сварных соединений реакторных установок посредством применения новых сварочных материалов и технологий [Текст] / Е.И. Колоколов, С.А. Томилин В.В. Шишов // Глобальная ядерная безопасность. – 2017. – № 3 (24). – С. 77-90.

Influence of Segregation Inhomogeneity of 10GN2MFA Steel on its Weldability

E.I. Kolokolov^{*1}, S.A. Tomilin^{*2}, M.E. Zhidkov^{**3}

^{*}Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University “MEPhI”,
Volgodonsk, Rostov region

^{**}The Volgodonsk Branch of Joint Stock Company «Engineering Company «AEM-technology» («Atomash») the Branch
of «AEM-technology» JSC, Volgodonsk, Rostov region

¹E.I.Kolokolov@yandex.ru

Abstract – The paper shows that segregation inhomogeneity inherent in 10GN2MFA steel billets causes the formation of areas enriched with impurities and nonmetallic inclusions as well as structural heterogeneity with different tendencies to the formation of defects and quenching structures in the heat affected zone during welding. Such activity can also manifest itself in the weld metal with increased heat input and other deviations in the technology causing the formation of a coarse dendritic structure.

Keywords: segregation heterogeneity, thermokinetic diagrams, bainite, martensitic austenitic component, hot microcracks of segregation origin, interdendritic brittle fracture.

УДК 621.1.016.4-462:620.18

Выбор наиболее рациональных методов закрепления теплообменных труб в трубные решетки

В.В. Шишов

АО Опытное конструкторское бюро «ГИДРОПРЕСС», Подольск, Московская обл.

Представлены результаты расчетно-экспериментальных исследований гидровальцевания теплообменных труб в трубные решетки, выполненные на образцах, идентичных конструкции парогенератора ПГВ-1000. Выявлено, что отклонение от круглости и цилиндричности отверстий и труб приводят к значительным колебаниям величины расчетной степени запрессовки и данный параметр не может быть надежным критерием качества соединения. Предпочтительно использование с этой целью технологических параметров – рабочего давления жидкости и времени выдержки при условии строгого соблюдения требований к точности формы и размеров отверстий и труб.

Ключевые слова: парогенераторы, теплообменные трубы, трубные решетки, гидровальцовка, усилие вырыва, степень запрессовки, давление жидкости

На сегодняшний день проблема выхода из строя коллекторов 1-го парогенераторов ПГВ-1000, ПГВ-1000М не потеряла своей актуальности. Основными причинами выхода из строя является применение нерациональных технологических приемов закрепления теплообменных труб в трубные решетки.

В современных атомных, энергетических, химических, нефтяных установках широко используются теплообменные аппараты различной конструкции. В качестве нагревательных элементов в них применяются трубчатые системы, состоящие из большого количества труб, по которым под высоким давлением происходит движение теплоносителя в виде воды, газа, жидкого металла.

К узлам запрессовки труб в трубные доски и коллекторы всех типов теплообменного оборудования предъявляются очень высокие требования по надежности.

Исследованиями, проведенными российскими учеными установлено, что одной из причин преждевременного выхода из строя коллекторов парогенераторов 1-го контура ПГВ-1000 являются нерациональные технологические процессы их изготовления и, в первую очередь, технологические процессы запрессовки в них теплообменных труб, до недавнего времени использующие импульсную энергию взрывчатых веществ (метод «развальцовки взрывом»).

Поиск альтернативных процессов запрессовки теплообменных труб в трубные решетки и коллектора остается и сегодня весьма актуальной задачей.

Сегодня имеется немало работ, посвященных прессовым соединениям теплообменных труб с трубной решеткой, изготовленных роликовым вальцеванием, в которых проведен тщательный анализ факторов влияния на качество закрепления.

Процессы гидровальцевания, широко применяемые в технологиях создания узлов крепления труб, пока еще не достаточно изучены. Опыт применения и выполнения исследований показали, что в настоящее время имеются вопросы, знание ответов на которые весьма важны для производства.

В процессе цифрового моделирования технологии гидровальцевания с использованием контактных элементов, изучалась радиальная и осевая деформация трубы, а так же определялась степень влияния данной технологии на состояние прессовых соединений.

В целях более детального изучения данного процесса, были проведены натурные испытания на образцах парогенератора ПГВ-1000 по определению усилия вырыва трубы из трубной решетки после гидровальцевания и степени влияния геометрических размеров труб и отверстий на качество заделки трубы в трубной доске. До проведения гидровальцевания были проведены замеры труб по внутреннему и наружному диаметрам по трем сечениям с определением максимального и минимального диаметра в каждом сечении. По размеру внутреннего диаметра ($d_{тр.вн}$) проведена селекция на три группы: $d_{тр.вн} \leq 12,90$ мм; $d_{тр.вн} = 13 \pm 0,05$ мм; $d_{тр.вн} > 13,05$ мм. Аналогично проведены измерения минимальных, максимальных диаметров и селекция отверстий в моделях. Измерения наружных диаметров моделей D_1 и D_2 проводились в 4-х плоскостях на специально выполненных проточках.

После гидровальцевания труб в трубной решетке (модели) проводились следующие измерения:

- минимального ($d_{тр.вн.мин}$) и максимального ($d_{тр.вн.мах}$) внутреннего диаметра трубы в трех сечениях по длине;
- наружных диаметров трубной решетки (D_1 и D_2) в 4-х плоскостях;
- длины трубы L ;
- длины участка гидрораздачи l_p и участка перехода от развальцованной к неразвальцованной части трубы.

По результатам измерений расчетным путем определялись следующие показатели прессового соединения:

- минимальные ($S_{мин}$) и максимальные ($S_{мах}$) зазоры между трубой и поверхностью отверстия в трубной решетке до вальцевания;
- минимальное ($\Delta d_{мин}$) и максимальное ($\Delta d_{мах}$) увеличение внутреннего диаметра трубы после вальцевания;
- изменение длины трубы (ΔL) в результате вальцевания;
- минимальную ($\rho_{мин}$) и максимальную ($\rho_{мах}$) степень запрессовки трубы в трубной решетке в сечениях 1-1; 2-2; 3-3 по формулам (1) и (2):

$$\rho_{мин} = ((\Delta d_{мин} - S_{мах}) / d_{отв. мин}) * 100\%, \quad (1)$$

$$\rho_{мах} = ((\Delta d_{мах} - S_{мин}) / d_{отв. мах}) * 100\%, \quad (2)$$

где $d_{отв. мин}$, $d_{отв. мах}$ – минимальный и максимальный размер диаметра отверстия в сечениях 1-1; 2-2; 3-3.

Кроме указанных параметров экспериментально определялась сила вырыва трубы из модели

Анализ проведенных исследований показывает, что расчет степени запрессовки по существующему методу без учета отклонений от круглости отверстий, трубок и непрямолинейности продольной оси в большинстве случаев приводит к отрицательной

степени запрессовки. Это значит, что в соединениях имеются зазоры, а не натяги, и сила вырыва должна равняться нулю.

Фактически же сила вырыва трубы из соединений с отрицательной степенью запрессовки находится на одном уровне с силой вырыва из соединений с положительной степенью запрессовки и слабо зависит от расчетной степени запрессовки.

Металлографические исследования зазоров в соединениях по периметру также показали, что их величина не связана с расчетной величиной степени запрессовки конкретного соединения и находится в пределах от 0 до 20 мкм. Анализ полученных данных не позволил выявить взаимосвязь силы вырыва с геометрическими параметрами отверстий и труб. Для этого необходимо проведение специальных исследований. Однако приведенные выше результаты дают основание считать, что именно отклонения от круглости и цилиндричности отверстий и труб с различной направленностью по длине отверстий приводят к значительным колебаниям степени запрессовки.

Приведенные результаты исследований дают основание считать, что расчетная степень запрессовки при гидровальцевании труб не может служить надежным критерием оценки качества соединений «труба-трубная доска». Таким критерием может быть рабочее давление жидкости и время выдержки, гарантированно обеспечивающие требуемое качество соединения при условии строгого соблюдения требований по точности формы и размеров отверстий и труб. Это положение подтверждается зарубежным опытом («VITKOVICE» (Чехия), «BALCKE DÜRR» (Германия), а также работами, выполненными в ГНЦ РФ АО «ЦНИИТМАШ».

После установления рациональной конструкции и размеров зондов было проведено исследование и отработка рациональных режимов запрессовки теплообменных труб. Для этого было изготовлено 12 однострунных образцов (рис. 1) из стали 08X18H10T-ВД, в которых трубы запрессовывались при различном рабочем давлении воды (от 196 до 343 МПа с интервалом 49 МПа) и времени выдержки (от 5 до 10 сек).

После гидрозапрессовки по 2 образца каждого режима были подвергнуты механической довальцовке и испытаниям на вырыв. Остальные образцы разрезались на темплеты и на них проводились металлографические исследования.

В таблицах 1 и 2 приведены результаты измерения геометрических размеров и испытаний на вырыв и определения зазоров (табл. 3).

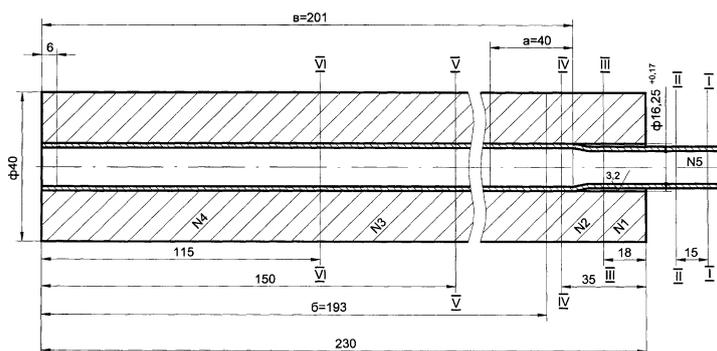


Рисунок 1— Конструкция однострунного образца и схема его разрезки для металлографических исследований: а — зона довальцовки; б — зона гидровальцовки; в — зона подвальцовки + гидровальцовки + довальцовки

Таблица 1 – Результаты замеров геометрических размеров и испытаний на вырыв

Номер образца	Режим гидрозапрессовки, МПа	Размеры до гидрозапрессовки					Геометрические размеры после гидрозапрессовки			
		Диаметр отверстия, мм	Наружный диаметр трубы, мм	Величина зазора, мм	Внутренний диаметр трубы, мм	Длина участка трубы I, мм	Внутренний диаметр трубы, мм	Величина раздачи, мм	Длина участка трубы I, мм	Длина участка переходной зоны, мм
1	196	16,39	16,01	0,38	12,81 13,01	52,3	13,23 13,48	0,41 0,47	51,0	6,0
2	196	16,39	15,95	0,44	12,94 13,03	52,4	13,41 13,55	0,47 0,52	51,5	6,0
3	196	16,40	15,98	0,42	13,01 13,09	52,1	13,52 13,58	0,51 0,49	51,1	6,5
4	245	16,35 16,38	15,99	0,36 0,39	13,06 13,15	52,6	13,52 13,60	0,46 0,45	51,6	6,0
5	245	16,38	16,00	0,38	13,06 13,10	52,5	13,48 13,52	0,42 0,42	51,4	6,0
6	245	16,37 16,39	15,92	0,45 0,47	12,80 13,13	51,3	13,32 13,58	0,52 0,45	50,1	6,0
7	294	16,40	15,96	0,44	13,02 13,11	52,4	13,54 13,62	0,52 0,51	51,2	6,0
8	294	16,40	15,95	0,45	13,01 13,13	52,6	13,55 13,68	0,54 0,55	51,4	7,5
9	294	16,40	15,96	0,44	12,86 12,93	52,8	13,38 13,44	0,52 0,51	51,6	7,0
10	343	16,39	15,90	0,49	13,01 13,16	52,5	13,59 13,78	0,58 0,62	50,4	6,0
11	343	16,40	15,96	0,44	12,80 13,05	52,3	13,38 13,62	0,58 0,57	50,1	7,0
12	343	16,40	15,93	0,47	12,86 13,15	51,4	13,34 13,66	0,43 0,51	50,3	6,5

Таблица 2 – Результаты замеров геометрических размеров и испытаний на вырыв

Номер образца	Величина изменения длины участка трубы (I-I), мм	Размеры до довальцовки		Размеры после довальцовки		Величина раздачи в зоне довальцовки, мм	Величина изменения длины участка трубы (I-I), мм	Разность внутренних диаметров труб, мм	Наличие (отсутствие) довальцовки, + (-)	Усилие вырыва трубы, Н
		Внутренний диаметр трубы, мм	Длина участка трубы I, мм	Внутренний диаметр трубы в месте довальцовки, мм	Длина участка трубы I, мм					
1	-1,3	12,80 13,0	51,0	13,21 13,44	51,2	0,41 0,44	+0,2	0,02 0,04	+	-
2	-0,9	12,97 13,04	51,5	13,41 13,55	51,7	0,44 0,51	+0,2	0 0	+	7840
3	-1,0	12,99 13,07	-	-	-	-	-	-	-	686
4	-1,0	13,05 13,16	-	-	-	-	-	-	-	1176
5	-1,1	13,05 13,10	-	13,45 13,54	51,6	0,40 0,44	+0,2	0,03 0,02	+	-
6	-1,2	12,81 13,07	50,1	13,39; 13,64	50,4	0,58 0,57	+0,3	0,07 0,06	+	7840
7	-1,2	12,98 13,05	-	-	-	-	-	-	-	784
8	-1,2	13,04 13,14	-	13,52 13,61	51,7	0,48 0,47	+0,3	0,03 0,07	+	-
9	-1,2	12,81 12,92	51,6	13,39 13,48	51,8	0,58 0,56	+0,2	0,01 0,04	+	6860
10	-1,1	13,00 13,17	50,4	13,63 13,67	50,6	0,63 0,60	+0,2	0,04 0,11	+	-
11	-1,2	12,83 13,06	50,1	13,40 13,67	50,4	0,57 0,61	+0,2	0,02 0,05	+	17248
12	-1,1	12,83 13,09	-	-	-	-	-	-	-	5292

Таблица 3 – Результаты замеров величин зазоров в соединениях «втулка-труба»

Номер образца	Режим гидрозапрессовки, МПа	Исследуемая зона	Номер темплета	Величина зазора, мкм	Протяженность зазора по периметру, %
1	196	гидрозапрессовка	2	2-5	80
				10-20	20
4	245	гидрозапрессовка	2	1-2	90
				5	10
7	294	гидрозапрессовка	2	2-5	80
				10-20	20
10	343	гидрозапрессовка	2	2-5	90
				10-20	10
1	196	гидрозапрессовка плюс довальцовка	3	1-2	70
				5-20	30
4	245	гидрозапрессовка плюс довальцовка	3	1-2	90
				5	10
7	294	гидрозапрессовка плюс довальцовка	3	2-5	80
				10-20	20
10	343	гидрозапрессовка плюс довальцовка	3	2-5	90
				10-20	10

По экспериментальным данным, приведенным в этих таблицах, можно сделать следующее заключение:

- При исходном зазоре 0,38...0,49 мм величина раздачи труб составляет 0,41..0,62 мм и находится в прямой зависимости от начального зазора (наружного и внутреннего диаметра трубы). Разность между величиной раздачи и величиной исходного зазора составляет 0,04...0,14 мм, что согласуется с данными, опубликованными в технической литературе.
- Укорочение труб после их гидрозапрессовки составляет 0,9...1,3 мм и при постоянной длине запрессовываемого участка зависит в основном от величины исходного зазора. Толщина стенки трубы практически не уменьшается.
- Механическая довальцовка после гидрозапрессовки трубы приводит к их удлинению на 0,2...0,3 мм.
- Разность внутреннего диаметра труб в зонах гидрозапрессовки и довальцовки составляет 0...0,11 мм.
- Сила вырыва трубы после гидрозапрессовки зависит от рабочего давления жидкости и составляет: 686...1176 Н при давлении 196...294 МПа; 5392 Н при давлении 343 МПа. - - Механическая довальцовка труб после гидрозапрессовки увеличивает силу вырыва до 6860...17248 Н. При таком большом диапазоне колебаний не прослеживается зависимость силы вырыва от рабочего давления гидрозапрессовки при его изменении в пределах 196...343 МПа.
- Опыты с изменением времени выдержки рабочего давления гидравлического вальцевания от 5 до 10 секунд показали, что при выдержке 5 секунд процесс упруго-пластических деформаций в системе «трубная решетка-труба-зонд-уплотнительные кольца» заканчивается, разрушений уплотнительных колец не происходит и обеспечивается заданное усилие вырыва.
- Величина зазора в соединении «труба-трубная доска» по всему периметру не превышает 20 мкм как после запрессовки, так и после довальцовки независимо от изменения рабочего давления в исследованном диапазоне (196...343 МПа).

Вывод:

Наиболее производительным и качественным способом заделки труб в трубных досках является на сегодняшний день комбинированный метод гидравлической вальцовки с последующей механической довальцовкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Терехов, В.М. Технологические основы обеспечения качества глубоких отверстий и соединений теплообменных труб с трубными решетками и коллекторами аппаратов атомных энергоустановок: дис. докт. техн. наук [Текст] / В.М. Терехов. – Москва, 2006. – 476 с.
- 2 Кондратенко, Л.А. Расчетно-экспериментальные методы исследования технологических напряжений и деформаций в неразъемных трубных соединениях энергоустановок: автореф. докт. техн. наук [Текст] / Л.А. Кондратенко. – Москва, 2017. – 48 с.
- 3 Овсеенко, А.И. Поверхностный слой деталей: проблемы технологического обеспечения качества [Текст] // Влияние технологии на состояние поверхностного слоя: материалы междунар. конф. – Познань, 2002. – С. 411-415.
- 4 Кондратенко, Л.А. К вопросу об упрочнении материала вальцовочных соединений в теплообменных аппаратах [Текст] / Л.А. Кондратенко, Л.И. Миронова // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2016. – №3. – С. 106-112.
- 5 Кондратенко, Л.А. К вопросу о влиянии динамики роликового вальцевания на качество изготовления теплообменных аппаратов в атомных энергетических установках [Текст] / Л.А. Кондратенко, В.М. Терехов, Л.И. Миронова // Тяжелое машиностроение. – 2016. – № 10. – С. 10-14.
- 6 Кондратенко, Л.А. Анализ некоторых проблем механического закрепления теплообменных биметаллических труб в энергетических установках [Текст] / В.М. Терехов, Л.И. Миронова // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2017. – №3. – С. 83 – 88.
- 7 Терехов, В.М. Математическая модель процесса закрепления теплообменных труб посредством гидрораздачи [Текст] / В.М. Терехов, Л.А. Кондратенко // Технология машиностроения. – 2001. – № 1. – С. 55-57.
- 8 Кондратенко, Л.А. Технологические возможности теплообменных труб в операции закрепления [Текст] / Л.А. Кондратенко, В.М. Терехов, В.С. Винников, А.С. // Технология машиностроения. – 2014. – №7. – С.28-33.
- 9 Смирнов, А.М. Исследование состояния поверхностного слоя теплообменных труб из высоколегированных сталей аустенитного класса [Текст] / А.М. Смирнов, Л.И. Миронова, В.М. Терехов, Л.А. Кондратенко // Новые материалы и перспективные технологии: материалы IV Междисциплинарный научный форум Москва, 20-23 ноября 2018 г. – Москва: ИМАШ РАН, 2018. – Т.1, с. 814 – 818.
- 10 Смирнов, А.М. Особенности технологии раздачи теплообменных труб достаточной толщины и оценка качества прессовых соединений [Текст] / А.М. Смирнов, В.М. Терехов, А.С. Аверин // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2019. – №1. – С. 150 – 155.

Selection of the Most Rational Methods of Fastening Heat Exchanging Pipes to Pipe Grilles

V.V. Shishov

*Experimental Design Bureau "GIDROPRESS", Podolsk, Moscow region
e-mail: v.shishov@eatom.ru*

Abstract – The article presents the results of computational and experimental studies of the hydraulic of heat exchange tubes into tube sheets made on samples identical to the construction of the PGV-1000 steam generator. It is revealed that deviation from the roundness and cylindrical nature of the holes and pipes leads to significant fluctuations in the magnitude of the calculated pressing-in degree and this parameter cannot be a reliable criterion for the quality of the connection. It is preferable to use the technological parameters of the working pressure of the liquid and the exposure time under the condition of strict observance of the requirements for the accuracy of the shape and size of the holes and pipes.

Keywords: steam generators, heat exchange tubes, tube sheets, hydraulic rolling, pullout force, pressing ratio, fluid pressure.

Атоммаш 2019 – перспективы, развитие, новые технологии

А.А. Марченко

Волгодонский филиал Акционерного общества «Инжиниринговая компания «АЭМ-технологии» (Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш»), Волгодонск, Ростовская обл.

В докладе описывается состояние завода «Атоммаш» в 2019 году, обозначены ключевые задачи; проблемы и препятствия на пути достижения данных задач; приведены примеры решения; основные результаты работы ПСР, ПИТР и прочее.

Ключевые слова: атомная электрическая станция (АЭС), парогенератор (ПГВ), план инвестиционно-технического развития (ПИТР), производственная система Росатома (ПСР), корпус реактора (КР), Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск (Атоммаш).

АО «АЭМ-технологии» (входит в машиностроительный дивизион Росатома – Атомэнергомаш) – одна из ведущих инжиниринговых компаний России в области энергетического машиностроения. Направления деятельности: комплексное производство оборудования реакторной установки ВВЭР, газонефтехимия, тепловая энергетика. «Атоммаш» начал работу в 1976 году. В 2012 г. завод стал производственным филиалом АО «АЭМ-технологии».

Реализация стратегической цели «Повышение доли на международных рынках» подразумевает значительное увеличение объемов производства оборудования. Для выполнения уже имеющегося портфеля заказов необходимо наладить выпуск четырех комплектов реакторного оборудования в год.

Перечень перспективных проектов (страны-заказчики): Финляндия, Китай, Венгрия, Турция, Египет, Бангладеш, Индия, Китай.

К основным проблемам и препятствиям на пути достижения стратегической цели можно отнести:

- необходимость вовлечения в работу (предмонтажные работы, монтаж, наладка) большого количества оборудования в рамках плана инвестиционного технического развития в сжатые сроки;
- различные требования систем менеджмента качества заказчиков (процедуры оценки);
- иностранные заказчики требуют выполнение работ по европейским/американским нормам и правилам. Для этого нужны дополнительные аттестации, аккредитации и квалификации процессов;
- периодически поступаемые от заказчиков дополнительные требования (не имеющиеся в применяемой НТД) по верификации изготавливаемой продукции (например, подтверждения качества выполнения специальных процессов – сварки, формоизменения, термообработки);
- необходимость большего количества переводчиков и сотрудников, владеющих иностранным языком.

Для достижения задачи по выпуску 4 комплектов оборудования АЭС в год на АТОММАШе ведется постоянная работа по улучшению производственных процессов всеми доступными методами:

- максимальное использование методов ПСР;
- закупка нового и модернизация имеющегося оборудования;
- научная и исследовательская работа, разработка нестандартного оборудования, внедрение новых технологий изготовления и проч.;
- IT-решения (сокращение временных затрат за счет утилит, подпрограмм, надстроек);

- решение специфических требований инозаказчиков и проч.;
- организационные решения (обучение сотрудников специфике иностранных проектов, расширение штата сотрудников).

В 2019 году ВФ АО «АЭМ-технологии» получил звание «Лидера ПСР» третий год подряд. Статус «Лидер ПСР» присуждают по итогам системной работы предприятия в течение года. Звание подтверждает высокий уровень внедрения на заводе системы бережливого производства.

Как пример применение ПСР на предприятии можно привести мероприятия, существенно сократившие срок изготовления двух основ изделий Атоммаша: КР и ПГВ.

Реализации имеющегося потенциала Атоммаша обеспечивается ликвидацией «узких мест» за счет инвестиционной программы (закупка оборудования, освоение и внедрение новых технологий).

Потребность в дополнительном оборудовании вызвана дефицитом мощностей, вследствие снижения коэффициента доступности имеющегося оборудования до 0.7, что вызвано следующими факторами:

- отсутствие капитальных ремонтов с 1989 по 2012 гг. ключевого технологического оборудования;
- повышение нагрузки на оборудование с 2013 г. в связи с увеличением производственной программы и как следствие повышенного износа оборудования.

ПИТР Атоммаша заключается в модернизации имеющегося и приобретении нового оборудования (металлорежущего, сварочного, оборудования для обработки металла давлением и прочее).

В качестве примера результатов ПИТР можно привести 2 особенно важных для производства примера:

1. Приобретение горизонтально-расточного станка с ЧПУ, второй стойкой и поворотным столом. Так называемый дублер уникального станка ВД-19.

Приобретение данного станка позволит:

- ликвидировать «узкое» место при обработке главного разъема КР и корпуса ПГВ в сборе.
- выполнять обработку сразу 2-х изделий;
- исключить «узкое» место по нарезанию резьбы главного разъема КР.

2. Приобретение автоматического трубогибочного станка

Основная цель применения данного станка – выстраивание потока изготовления, при котором происходит передача змеевиков ПГВ под набивку по 1 ряду, в соответствии с ПСР-проектом «Сокращение ВПП изготовления змеевиков ПГВ «от склада до набивки»

Использование данного станка позволит сократить время на наладку, перенастройку станка в течении смены, сократит время гибки каждой трубы, обеспечит порядное изготовление змеевиков.

На Атоммаше постоянно ведется работа по улучшению технологии выполнения процессов, в том числе процессов сварки. В 2019 г. совместно с АО «НПО ЦНИИТМАШ» выполняется работа по внедрению двух НИОКР: «Разработка технологии односторонней сварки при выполнении швов № 110 приварки днищ к корпусам ПГВ» и «Разработка технологии полуавтоматической аргонодуговой сварки в смеси защитных газов ВКУ ПГВ».

Все процессы на всех стадиях во всех структурных подразделениях реализуются посредством соответствующего программного обеспечения

IT-инженеры Атоммаша вводят дополнительные утилиты и надстройки в Базовые программы (TeamCenter, NX, 1С) для упрощения работ и снижения временных затрат. Широко применяется Электронная цифровая подпись (ЭЦП) – позволяет снизить физический (бумажный) документооборот и уйти от ненужных перемещений сотрудников только для визирования документов.

В 2019 г. вводится в действие, так называемое цифровое поле оснастки. Данный проект позволит увеличить оперативность поиска проектов оснастки, снизить риск использования неактуальной версии документа, уменьшить время на выдачу КД на изготовление оснастки и прочее. Также в 2019 г. Атоммаш переходит на безчертёжную систему проектирования, путём ввода в работу процесса электронного согласования и утверждения РКД в системе Teamcenter, с использованием ЭЦП.

Основные результаты в направлении работы с персоналом следующие:

1. За прошедший 2018 год зафиксирован прирост: средней заработной платы по Филиалу – 10%, численности – 10% и производительность труда – 62%.

2. Работа по обучению персонала: Запущена внутренняя программа обучения станочников системе ЧПУ SIEMENS SINUMERIK 840D, Прошли обучение и сертифицированы в Технической Академии Росатома 15 внутренних тренеров по Культуре безопасности; обучение культуре безопасности в 2019 г. пройдет каждый сотрудник Филиала и прочее.

3. Продолжает работу совместный проект с ВИТИ НИЯУ МИФИ «Ресурсный центр». Проведение практики для иностранных студентов, будущих работников строящихся АЭС за рубежом. В 2018 году практику прошли 190 студентов из стран: Вьетнам, Индия, Бангладеш, Танзания, Китай, Иордания, Египет, Гана, Армения и др.

4. В 2018 г. третий год подряд одержана победа в номинации «Сварочные Технологии» на крупнейшем промышленном форуме России Worldskills Hi-tech Russia.

В 2018 г. на Атоммаше были аккредитованы испытательные лаборатории международной организацией ILAC MRA в рамках проекта «Аккую» (первые в машиностроительном дивизионе); выполнена сертификация системы менеджмента качества на соответствие требованиям новой версии международного стандарта ISO 9001:2015; пройдена процедуры ядерной квалификации в проекте АЭС «ПАКШ-2»; получены письма-разрешения на право проведения работ по конструированию и изготовлению оборудования при реализации проекта «Руппур»; Пройдены с положительным результатом аудиты со стороны: ТАЭК (АККУЮ, Турция), Владельца «ПАКШ-2» (ПАКШ-2, Венгрия), ИКАЭЛ (Куданкулам, блок 5,6, Индия), Fennovoima Oy (Ханхикиви-1), БАЭК (РУППУР, Бангладеш).

Задачи в области качества на 2019 год: утверждение испытательных лабораторий в STUK, с целью выполнения требований проекта «Ханхикиви-1»; ресертификация системы менеджмента качества на соответствие требованиям ISO 9001:2015; получение сертификата NNSA при реализации проектов АЭС в Китае; Регистрация в NPPD.

В 2018 г. на Атоммаше разработана улучшенная технология изготовления колен ГЦТ и ГЦН из поковок вместо литого изделия, позволяющая значительно улучшить качество структуры металла послековки и горячей штамповки по сравнению с литой

Данная технология изготовления колен ГЦТ и ГЦН значительно продлевает общий срок эксплуатации ГЦТ АЭС. В результате – ведущая европейская энергогенерирующая компания EDF заинтересована в сотрудничестве с Атоммашем в вопросах поставки качественных элементов ГЦТ для энергоблоков мощностью 900 МВт. Задача в данной области на 2019 год: подписание контракта с EDF на поставку прямых секции PRIS ГЦТ для французских АЭС.

Также в настоящий момент проходит «Информационная» стадия проекта АЭС Ханхикиви. Нужно документально доказать финскому органу STUK, что наше предприятие готово поставить качественную продукцию. Это выливается в огромный объем документации, оформленной по новым требованиям.

Atomash 2019 – Prospects, Development, New Technologies

A.A. Marchenko

Abstract – The report describes a condition of Atomash plant in 2019 and identifies key tasks; problems and obstacles to achieving these objectives; examples of solutions are given: the main results of the work of the investment technical development plan, Rosatom production system and etcetera.

Keywords: nuclear power plant (NPP), steam generator, investment technical development plan, Rosatom production system, reactor vessel, Volgodonsk branch of JSC «AEM-technology» «Atomash».

УДК 621.7.011

Прогрессивная технология сверления узкопрофильных глубоких кольцевых пазов

В.С. Винников

ПАО «ЗиО-Подольск», Подольск, Московская область

В статье рассмотрена задача изыскания технологии сверления узкопрофильных глубоких кольцевых пазов на основе выбора оборудования, разработки конструкции инструмента, расчёта эквивалентного напряжения при работе с помощью численного метода конечных элементов. Цель работы: изыскать и внедрить технологию сверления узкопрофильных глубоких кольцевых пазов.

Ключевые слова: кольцевое сверление, метод конечных элементов.

В конструкции корпусных деталей разработчики зачастую закладывают кольцевые пазы для минимизации напряжений, возникающих во время работы. Обработка кольцевых поверхностей является одним из сложных и трудоёмких процессов, так как отвод стружки весьма затруднен, силы резания не уравновешены и велики, инструмент работает в стесненных и напряженных условиях, при сильной вибрации, которая резко снижает его стойкость, вызывает выкрашивание и поломку режущих кромок.

Для существующих в настоящее время генераторной, профильной и прогрессивной схем резания отсутствуют оригинальные, простые, но наукоемкие технические решения, которые бы позволили значительно повысить эффективность данного процесса, а именно повысить производительность обработки путем её оптимизации и стабилизации, а в итоге снизить себестоимость изготовления продукции.

В статье рассмотрено сверление глубокого узкопрофильного кольцевого паза шириной 17 мм, глубиной 246 мм, диаметром 479 мм с точностью по 9 качеству, в жаропрочной, радиационно-стойкой стали 15Х2МФА, в условиях отсутствия жесткости инструмента при большом вылете резцедержателей кольцевого сверла, что приводит к возникновению вибраций в процессе резания.

Обзор литературных и патентных материалов[1-4] показывает, что конструктивные и геометрические параметры трепанирующего инструмента часто выбираются без должного обоснования, и имеют широкий диапазон значений.

К современным конструкциям кольцевых сверл относятся сверла компаний: Sandvik Coromant (Швеция). «ВОТЕК Präzisionbohrtechnik GmbH» (Германия), но данные виды сверл либо не имеют нужных геометрических параметров режущей части, либо требуют специализированных станков, которыми предприятие не располагает.

Так, например, для эффективной эвакуации стружки при кольцевом сверлении паза с внешним диаметром 479 мм и шириной 17 мм необходима гидростанция с масляной СОЖ,

обеспечивающая расход порядка 450... 500 л/мин, а существующий станок имеет гидростанцию, обеспечивающую расход 35 л/мин. Таким образом, для применения инструмента «ВОТЕК Präzisionbohrtechnik GmbH» потребовалось бы приобретение новой гидростанции, изготовление маслоприёмника и системы сбора использованной СОЖ, а также создание закрытой зоны обработки для предотвращения разлива масляной СОЖ.

Поэтому автором статьи была предложена конструкция специального кольцевого сверла, удовлетворяющая парку оборудования на предприятии.

Принятая схема резания (рис. 1), предполагает использование сменных твердосплавных неперетачиваемых пластин трехгранной формы. Два резца делят ширину припуска равномерно для уравнивания нагрузки. Схема резания за счет применения твердого сплава более производительна и далее будет применена при проектировании и расчетах.

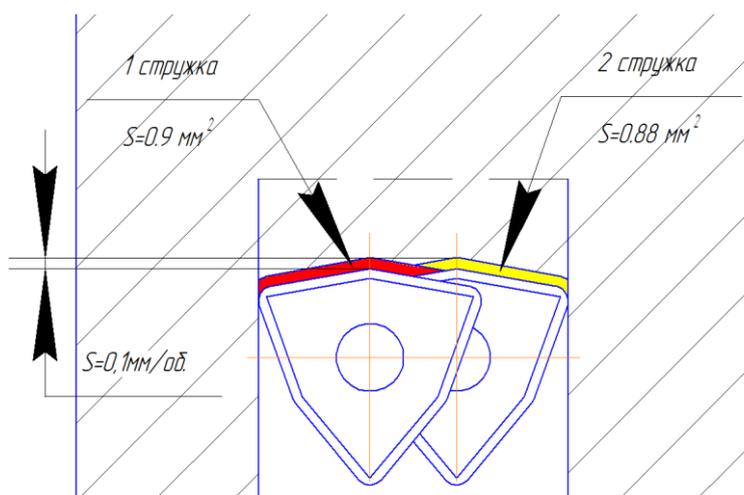


Рисунок 1 – Схема резания со сменными твердосплавными неперетачиваемыми пластинами

Определение геометрических параметров режущей кромки сменных твердосплавных пластин подбирается таким образом, чтобы ширина пластины равнялась примерно 2/3 ширины прорезаемого паза. Для обработки по геометрическим параметрам подходит пластина DFT 06T308.

Расчет конструкции кольцевого сверла проводился в системе АРМ FEM, представленной в системе КОМПАС-3D. Система АРМ FEM предназначена для выполнения расчетов твердотельных объектов и визуализации результатов этих расчетов в системе КОМПАС-3D.

Объектом компьютерного исследования является кольцевое трепанирующее сверло с внутренним подводом СОЖ. Целью исследования является определение эквивалентного напряжения при работе данного трепанирующего сверла.

Разбивка твердотельной модели кольцевого трепанирующего сверла на сетку конечных элементов производилась с заданием минимальных размеров конечных элементов – 1 мм. Это привело к длительному во времени, но оптимальному по точности расчету.

Результаты расчета напряженного состояния (рис. 2).

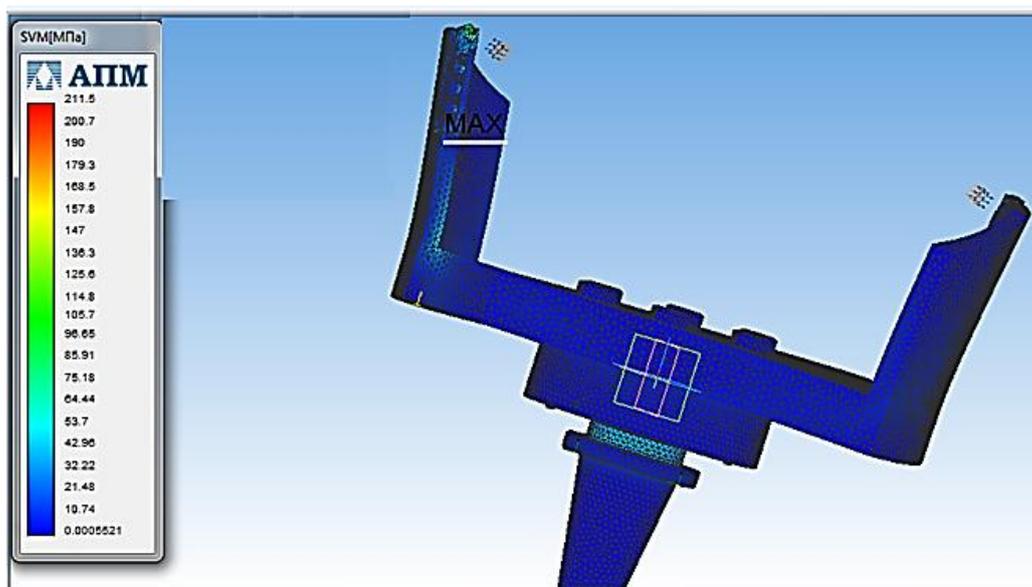


Рисунок 2 – Результаты расчета напряженного состояния кольцевого трепанирующего сверла

Сравнение возникающих напряжений с допускаемыми приведено в таблице 1.

Одним из наиболее напряжённых участков при обработке являются места перехода от «лопастей» к «основанию» сверла.

Таблица 1 – Сравнение возникающих в конструкции напряжений, с допускаемыми.

Наименование узла	Расчетная группа категорий напряжений	σ , МПа	$1,3[\sigma]$, МПа
Переход от «лопастей» к «основанию» сверла	$(\sigma)_2$		169
Шейка оправки	$(\sigma)_2$	276	160

Выводы:

1. Благодаря МКЭ-анализу выявлены критические места разработанного инструмента. Было наглядно показано, что есть напряжения на основаниях лопастей корпуса сверла. Запас по прочности указывает на надежность инструмента при механической обработке.

2. На оправке, в зоне перехода от посадочного конуса к фланцу, жесткости не достаточно. Автором предложено дополнительное промежуточное опорное кольцо.

3. На основании произведенных расчетов разработаны рабочие чертежи и изготовлен натурный образец кольцевого сверла.

4. Технология сверления узкопрофильных кольцевых пазов внедрена при изготовлении режущего оборудования для ледоколов нового поколения на производственной площадке ПАО «ЗиО-Подольск».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терехов, В.М. Технологические основы обеспечения качества глубоких отверстий и соединений теплообменных труб с трубными решетками и коллекторами аппаратов атомных энергоустановок : дисс. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук. [Текст] – Москва, 2006. – 476 с.
2. Пат. 2460613 Российская федерация, МПК В23В 51/04 Кольцевое сверло [Текст] / Ю.М. Ермаков, О.Н. Щербаков; № 2011126316/02; заявл. 28.06.2011; опубл. 10.09.12. Бюл. № 25 – 1 с.
3. Васильков, С.Д. Исследования по определению остаточных напряжений через удельное электросопротивление [Текст] / С.Д. Васильков // Технология, оборудование и автоматизация машиностроительного производства: Сб. научн. тр., Санкт-Петербург : Инструмент и технологии. 2008. – С. 28-31.
4. Miller J. R. Trepanning speeds holemaking. *Manuf. Eng. (USA)*. 1999. 122. № 5. P. 64-65 (in English).

Progressive Technology Drilling Narrow Deep Grooves

V.S. Vinnikov

PAO «ZIO-Podolsk», Podolsk, Moscow region
v.vinnikov@eatom.ru

Abstract – The article deals with the task of finding the technology of drilling narrow-profile deep annular grooves based on the choice of equipment, the design of the tool, the calculation of the equivalent stress when working using the numerical finite element method. Objective: to find and implement the progressive technology drilling narrow deep grooves.

Keywords: Hole drilling, finite element method.

УДК 621.791.75 : 681.518.3

Информационно-измерительный модуль для анализа процессов дуговой сварки

А.А. Полюдов, Н.Н. Подрезов

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

В работе рассмотрено устройство информационно-измерительного модуля на базе инструментального блока NI 9229 для осциллографирования тока и напряжения сварки и первичной обработки полученных сигналов. Управление записью сигналов и обработка измерительной информации производится с помощью программного обеспечения Signal Express, установленного на внешний компьютер (контроллер).

Ключевые слова: измерения, модуль, сварное соединение, дуговая сварка.

Объектом исследований является сварочный контур, состоящий из источника питания (ИП), сварочной дуги (Д) и сварочной ванны (СВ), который можно представить двумя взаимосвязанными контурами (рис. 1). Поскольку дуга является участком сварочного контура, то все процессы, протекающие в ней или с ее участием, находят свое отражение в ее электрических параметрах. Сварочная дуга характеризуется такими электрическими параметрами, как сварочный ток, напряжение на дуге, напряженность электрического поля столба дуги, плотность тока и т.д. При этом основными параметрами, которые несут объем информации о дуге, являются сварочный ток и напряжение на дуге [1].

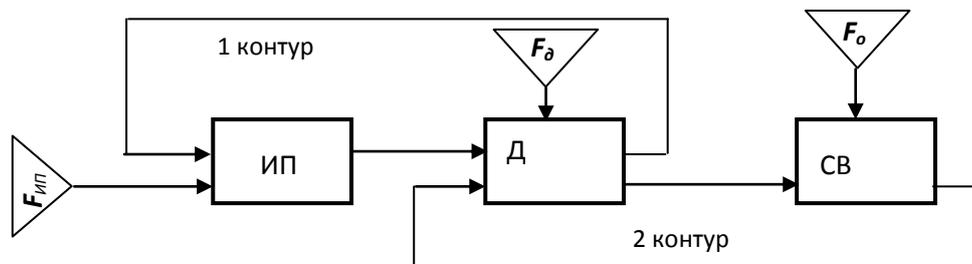


Рисунок 1 – Схема сварочного контура $F_{ип}, F_{д}, F_{о}$ – возмущающие воздействия [2]

Для измерения значений тока и напряжения, необходимых для анализа процесса дуговой сварки, применяют информационно – измерительный модуль на базе инструментального блока NI 9229. Он представляет собой многоканальное устройство, в котором мгновенные значения напряжения или силы тока преобразуется аналого-цифровым преобразователем в двоичный цифровой код. С помощью межканальной изоляции вся система, в том числе тестируемое устройство, защищена от вредных скачков напряжения до величин номинальных значений изоляции. В дополнение к безопасности изоляция устраняет ошибки измерения, возникающие из-за разности потенциалов, потому что входные контуры модуля являются непостоянными.

Управление записью сигналов и обработка измерительной информации производится с помощью программного обеспечения Signal Express, установленного на внешний компьютер (контроллер).

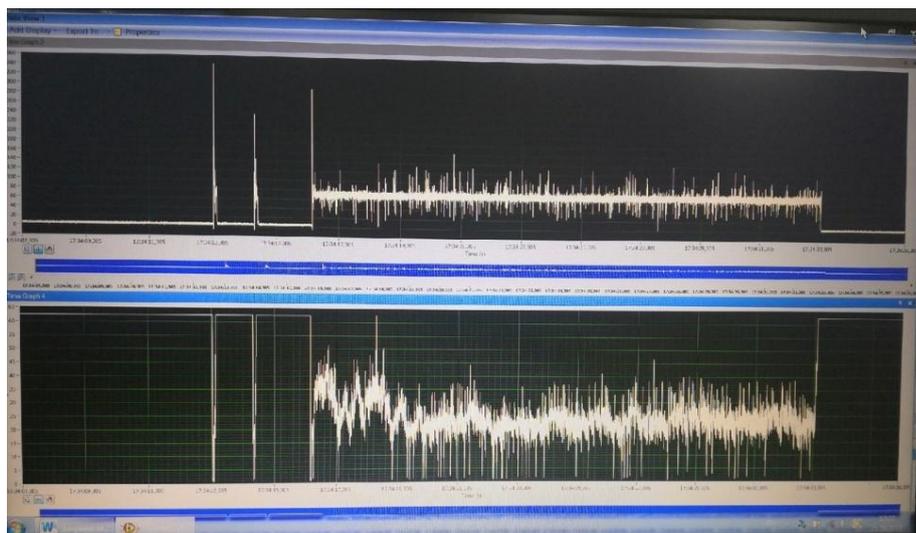


Рисунок 2 – Осциллограммы напряжения (верхняя) и тока

Полученные в ходе осциллографирования значения сварочного тока и напряжения на дуге (рис. 2) можно анализировать как при помощи стандартных методов обработки, позволяющих определить математическое ожидание, дисперсию, среднеквадратичное отклонение, так и нестандартными методами кластеризации, регрессионного анализа с помощью программного пакета Lab View.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Походня .К. Критерии оценки стабильности процесса дуговой сварки на постоянном токе [Текст] / И.К. Походня, И.И. Заруба, В.Е. Пономарев, Н.В. Илюшенко, Т.А. Гвенетадзе // Автоматическая сварка. – 1989. – № 8. – С.1-4.
2. Алевкин Л.Е. Полная структурная схема дугового автомата типа АРДС // Труды МВТУ. – 1970. – № 136. – С. 67-117.

Information and Measurement Module for the Analysis of Arc Welding Processes

A.A. Polyudov, N.N. Podrezov

*Volgodonsk branch of National Research Nuclear University "MEPhI",
Volgodonsk, Rostov region
VITkafMPM@mephi.ru*

Abstract – The paper considers a device of an information-measuring module based on the instrumental block NI 9229 for oscillography of the current and voltage of welding and the primary processing of the received signals. Mode control and processing of measurement information is performed using software installed on an external computer (controller).

Keywords: measurements, module, weld, arc welding.

УДК621.311.25.004.7:621.7.07

Вариант разделки корпусного реактора при выводе из эксплуатации блока АЭС

А.И. Берела^{*}, С.А. Томилин^{*}, А.Г. Федотов^{*}, М.Е. Жидков^{}**

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

*^{**}Волгодонский филиал Акционерного общества «Инжиниринговая компания «АЭМ-технологии» (Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш»), Волгодонск, Ростовская обл.*

Рассмотрен вариант демонтажа корпусного реактора ВВЭР путем его разделки в стружку с применением современного высокопроизводительного и удобного в обращении режущего инструмента. Дан анализ условий эксплуатации инструмента, кинематики и параметров процесса резания, а также обращения с инструментом при восстановлении его режущих свойств.

Ключевые слова: вывод из эксплуатации, блок атомной электрической станции, процесс и параметры резания, замена режущего инструмента, радиационная безопасность.

Демонтаж корпусного реактора является наиболее сложной и ответственной операцией при выводе блока ВВЭР из эксплуатации, что объясняется его высокой степенью радиоактивности, массогабаритными параметрами и конфигурацией корпуса и внутрикорпусных устройств, необходимостью применения дистанционно управляемой демонтажной техники [1].

Представляет интерес предложение по применению специальной технологии демонтажа корпуса реактора и части внутрикорпусных устройств путём фрагментации в стружку способом торцового фрезерования [2, 3]. В нем предусмотрено использование освоенных к тому времени в машиностроительной и атомной промышленности технологического оборудования, оснастки, инструментов [4, 5].

Принципиальная возможность и целесообразность применения данной технологии обосновывается приемлемым уровнем обрабатываемости резанием конструкционных материалов изделия, технологичностью конструкции с позиций обработки фрезерованием (за исключением выемной корзины и днища корпуса), практикой фрезерных работ, удобством обращения с продукцией демонтажа в виде стружки, обеспечением радиационной безопасности работ и другими факторами.

Принципиальная схема фрезерования корпуса: применяются две диаметрально противоположно расположенные инструментальные головки [5], оснащенные сборными торцовыми фрезами диаметром 200 мм с режущей частью, выполненной из твёрдого сплава группы Р по классификации ИСО; общее направление разделки корпуса – сверху вниз; главное движение резания – вращение фрезы, движение рабочей подачи – круговое по периметру корпуса, движение подачи на врезание в стенку корпуса – радиальное, движение в набор глубины резания (толщины срезаемого слоя) – вертикальное.

Ширина фрезерования: по фланцу в три прохода по 155 мм, по обечайке в один проход 140 мм. Режим фрезерования определяется применяемыми в машиностроении

нормативами [6].

Предусмотрена автоматическая замена фрез с использованием инструментального манипулятора и инструментального магазина.

Возможно применение корпусных торцовых фрез двух типов, оснащенных:

– вставными резами с припаянными (перетачиваемыми для восстановления режущей кромки) пластинками твердого сплава (рассмотрено ранее в источниках [2, 3];

– вставными быстросъемными кассетами с установленной в каждой из них многогранной (или круглой) режущей твердосплавной пластинкой с возможностью фиксированного поворота для ввода в работу острой режущей кромки вместо затупившейся.

Эксплуатация второго типа фрез является современным прогрессивным направлением в развитии фрезерной обработки, поэтому возможность их использования для демонтажа корпусного реактора представляет большой интерес, что и отражено в содержании доклада.

В качестве рекомендуемого для разделки корпусного реактора режущего инструмента представлены торцовые фрезы CoroMill 360 для тяжелой обработки фирмы «Sandvik Coromant». Приводятся сведения по режимам резания коррозионно-стойких сталей, представляемые данной фирмой. Следует заметить, что фрезы оснащаются режущими пластинками последней модификации с противоизносным покрытием.

Применение корпусных фрез CoroMill 360 и предлагаемых режимов резания позволяет в три раза повысить производительность разделки корпусных реакторов по сравнению с использованием стандартных фрез первого типа.

Восстановление режущих свойств этих фрез после затупления рабочей режущей кромки осуществляется поворотом четырехгранной пластинки в каждой кассете (при диаметре фрезы 200 мм – восемь кассет) с установлением в рабочее положение острой кромки. После затупления всех кромок пластинки кассета снимается с корпуса фрезы, вместо нее вставляется другая кассета с установленной в ней новой режущей пластинкой.

Для соблюдения требований радиационной безопасности замена фрез и кассет, поворот режущих платинок выполняется в специальном радиационно-защищенном боксе, предусмотренном в конструкции устройства для фрезерования корпусного реактора (дистанционно-управляемом комплексе).

Следует заметить, что стоимость рассматриваемых корпусных фрез велика (порядка 100000 рублей), целесообразность их применения может быть оправдана сокращением потерь времени на восстановление режущих свойств и кратным уменьшением потребности в их количестве по сравнению с фрезами первого типа с перетачиваемыми режущими пластинками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Былкин, Б.К.* Дистанционно управляемые комплексы для демонтажа высокорadioактивного оборудования АЭС [Текст] / Б.К. Былкин, А.И. Берела, А.А. Этинген // Теплоэнергетика. – 1995. – № 5. – С. 22-25.
2. Пат. 5065323/25 (029079) РФ. Способ демонтажа ядерных реакторов и устройство для его осуществления.
3. *Былкин, Б.К.* Технологический комплекс для демонтажа реакторов типа ВВЭР [Текст] / Б.К. Былкин, А.И. Берела, В.Я. Шпицер, А.А. Этинген, А.А. Хрулев // Тяжелое машиностроение. – 1996. – № 6. – С. 28-32.
4. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах. Т.1 [Текст] / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – Москва : Машиностроение, 1986. – 656 с.
5. *Дружинский, И.А.* Обработка радиоактивных материалов в атомной промышленности [Текст] / И.А. Дружинский, Т.Н. Новиков. – Москва : Энергоиздат, 1987. – 176 с.
6. *Гуревич, Я.Л.* Режимы резания труднообрабатываемых материалов: Справочник [Текст] / Я.Л. Гуревич [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1986. – 240 с.

Variant of Body Reactor Cutting during the NPP Unit Decommissioning

A.I. Berela^{*1}, S.A. Tomilin^{*2}, A.G. Fedotov^{*3}, M.E. Zhidkov^{4}**

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

***The Volgodonsk Branch of Joint Stock Company «Engineering Company «AEM-technology» (The Branch of JSC
«AEM-technology» «Atommash»), Volgodonsk, Rostov region*

¹berelaleks@yandex.ru

²SATomilin@mephi.ru

³AGFedotov@mephi.ru

⁴Zhidkov_ME@atommash.ru

Abstract – The article considers the option of dismantling the WWER vessel reactor by cutting it into chips using modern high-performance and easy-to-use cutting tools. It gives an analysis of the operating conditions of the tool, kinematics and parameters of the cutting process, as well as the handling of the tool while restoring its cutting properties.

Keywords: decommissioning, nuclear power plant unit, cutting process and parameters, cutting tool replacement, radiation safety.

УДК 621.039.53 : 621.181

ПГВ-1000МКО: особенности проекта и технологии изготовления

А.А. Марченко, С.С. Оржиховский

Волгодонский филиал Акционерного общества «Инжиниринговая компания «АЭМ-технологии» (Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш»), г. Волгодонск, Ростовская обл.

В работе освещены основные различия парогенераторов ПГВ-1000МКП и ПГВ-1000МКО.

Ключевые слова: парогенератор, реакторная установка, теплоноситель, парообразование.

Парогенератор является составной частью Главного Циркуляционного Контура реакторной установки и предназначен для производства сухого насыщенного пара за счет тепла, переносимого в парогенератор из активной зоны ядерного реактора теплоносителем первого контура. Сухой насыщенный пар, вырабатываемый парогенератором, используется в турбогенераторной установке для производства электроэнергии. Парогенератор также используется для расхолаживания реакторной установки. Парогенератор является элементом нормальной эксплуатации, по влиянию на безопасность – важным для безопасности АЭС, и отнесен к классу безопасности 1.

Парогенератор представляет собой однокорпусный теплообменный аппарат горизонтального типа с погруженной теплообменной поверхностью и состоит из следующих основных частей:

- корпус с патрубками различного назначения;
- пучок теплообменных труб (Ø16x1,5 08X18N10T У) с элементами крепления и дистанционирования;
- 2 коллектора теплоносителя первого контура;
- устройство подвода и раздачи питательной воды;
- устройство подвода и раздачи питательной воды в аварийном режиме;
- потолочный (пароприемный) дырчатый лист;
- погруженный дырчатый лист;
- устройство подачи химических реагентов;

Корпус является составной частью парогенератора, в котором расположены коллекторы первого контура, теплообменная поверхность и внутрикорпусные устройства. Это сварной цилиндрический сосуд, по торцам которого с двух сторон приварены эллиптические днища. Корпус выполнен из стали 10ГН2МФА.

В состав корпуса ПГ входят следующие основные элементы:

- два люка второго контура (Ду800) для обслуживания коллекторов первого контура;
- два люка-лаза (Ду500) для доступа в объем второго контура;
- два патрубка (Ду1200, установлены коллектора первого контура) для подвода и отвода теплоносителя первого контура;
- десять патрубков (Ду350) для отвода пара – для ПГВ-1000МКП
- либо один патрубок (Ду650) для отвода пара – для ПГВ-1000МКО;
- два патрубка на «холодном» днище – для подачи питательной воды в аварийном режиме и для продувки из «солевого» отсека;
- два патрубка на «горячем» днище – для подачи химических реагентов при промывке ПГ и для возврата конденсата из системы пассивного отвода тепла;
- четыре патрубка (Ду50) для продувки в нижней части корпуса.

Коллектор пара располагается над парогенератором и служит для сбора генерируемого пара из 10 патрубков выхода пара расположенных в корпусе парогенератора и подачи пара в главный паропровод.

Для крепления парогенераторов применяется механическая система опор и гидроамортизаторов, которая обеспечивает:

- восприятие одновременного действия весовых и сейсмических нагрузок;
- возможность свободного перемещения парогенератора относительно корпуса реактора при термическом удлинении или сжатии трубопроводов при разогреве или расхолаживании Реакторной Установки;
- восприятие усилий от разрыва трубопровода питательной воды и паропровода и исключение при этом возможности самопроизвольного смещения парогенератора и его воздействия на другие конструкции;
- исключение повреждения парогенератором другого оборудования или трубопроводов при сочетании нагрузок от режимов нормальных условий эксплуатации, проектной аварии и максимального расчетного землетрясения.

Для повышения надежности работы теплообменных труб и увеличения срока службы ПГ, наряду с мерами по улучшению водно-химического режима, в проектах ПГВ-1000МКП и ПГВ-1000МКО применена коридорная компоновка труб в теплообменном пучке. Данное решение позволяет увеличить интенсивность циркуляции в трубном пучке, снизить скорость роста отложений на теплообменных трубах и концентрации коррозионно-активных примесей под ними и, как следствие, уменьшить вероятность коррозионного повреждения теплообменных труб.

Конструктивными особенностями ПГВ-1000МКО является:

В парогенераторе ПГВ-1000МКО отсутствует сборочная единица «Коллектор пара». Коллектор пара не предусмотрен конструкцией, соответственно в корпусе парогенератора вместо 10 патрубков (Ду350) выхода пара, устанавливается один патрубок (Ду660) выхода пара, который подключается непосредственно к паропроводу, а выравнивание парового потока происходит за счет различной степени перфорации по площади потолочного (пароприемного) дырчатого листа.

Длина парогенератора, а, следовательно, и всего трубного пучка, погружного дырчатого листа и потолочного (пароприемного), увеличена на 1000 мм.

Изменена форма выгородок, устанавливаемых в потолочном листе для обеспечения герметичность вокруг коллекторов первого контура.

Далее представлено сравнение характеристик парогенераторов ПГВ-1000МКП и ПГВ-1000МКО в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Сравнение характеристик парогенераторов ПГВ-1000МКП и ПГВ-1000МКО

Наименование характеристики	Тип аппарата	
	ПГВ-1000МКП	ПГВ-1000МКО
Конструкция парогенераторов и их закрепление обеспечивают возможность эксплуатации реакторной установки при падении самолета	массой 5,7 т со скоростью до 100 м/с	массой 20 т со скоростью до 215 м/с
Теплогидравлические характеристики		
Номинальная тепловая мощность ($N_{ном}$), МВт	803	828
Максимальная тепловая мощность ($107\%N_{ном}$), МВт	859	886
Паропроизводительность, т/ч	1602	1652
Давление пара на выходе из ПГ, МПа	7,00	7,00
Температура пара на выходе из ПГ, °С	285,8	285,8
Влажность пара на выходе из ПГ, % масс., max	0,2	0,2
Температура теплоносителя I контура на выходе из ПГ, °С	298,2	297,2
Потеря давления теплоносителя I контура в ПГ, МПа, max	0,13	0,143
Потеря давления в ПГ по паровому тракту, МПа, max	0,12	0,15
Рабочие условия		
Температура питательной воды, °С	225	225
Температура теплоносителя I контура на входе в ПГ, °С	328,9	328,8
Давление теплоносителя I контура на входе в ПГ, МПа	16,14	16,2
Расход теплоносителя I контура через ПГ, м ³ /ч	21500	21865
Расчетные параметры		
Давление в I контуре, МПа	17,64	17,64
Температура в I контуре, °С	350	350
Давление во II контуре, МПа	8,10	9,00
Температура во II контуре, °С	300	300
Давление гидравлических испытаний в I контуре, МПа	24,5	24,5
Давление гидравлических испытаний во II контуре, МПа	11,5	12,6
Расчетная масса самого парогенератора, т	330	355
Расчетная масса коллектора пара, т	7,2	отсутствует
Масса воды в ПГ при номинальных параметрах, т	53 – 59,1	55,3 – 64,2
Объем ПГ по I контуру, м ³	21	21
Объем ПГ по II контуру, м ³	150,2	157,4
Геометрические характеристики		
Длина корпуса ПГ, мм	13820	14820
Диаметр корпуса ПГ, мм	4200	4200

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Стреман, Л.С.* Тепловые и атомные электростанции [Текст] / Л.С. Стреман, А.Т. Шарков, С.А. Тевлин Москва : Атомиздат, 1975. – 496 с.
2. *Резепов, В.К.* Реакторы ВВЭР-1000 для атомных электростанций [Текст] / В.К. Резепов [и др.]. – Москва : ИКЦ «Академкнига», 2004. – 333 с.
3. *Шнурков, М.Е.* и др. Технология парогенераторостроения [Текст] / М.Е. Шнурков [и др.]. – Москва : «Энергия», 1972. – 328 с.
4. АО ОКБ «Гидропресс» Парогенераторы ПГВ-1000МКП с опорами. Технические условия.
5. АО ОКБ «Гидропресс» Парогенераторы ПГВ-1000МКО с опорами. Технические условия.

PGV-1000MKO: Manufacturing Technology and Design Features

A.A. Marchenko¹, S.S. Orgehovsky²

Abstract – It includes main differences of steam generators PGV-1000MKP and PGV-1000MKO.

Keywords: steam generator, reactor plant, coolant, steam formation.

УДК 621.951-752

Исследование процесса сверления глубоких отверстий большого диаметра

М.З. Усманов

ПАО «ЗиО-Подольск», Подольск, Московская область

В статье рассмотрена задача нахождения собственных колебаний инструмента при сверлении глубоких отверстий большого диаметра на основе предложенных математических моделей расчёта уровней вибрации аналитическим и численным методом конечных элементов. Цель работы: избежать резонансных колебаний инструмента при сверлении на глубине более 5D. Рассчитанные значения вибрации соответствуют экспериментальным данным.

Ключевые слова: Глубокое сверление, собственные частоты колебаний, метод конечных элементов.

Глубокие отверстия большого диаметра корпусных деталей должны обеспечивать прочность, герметичность и надежность в течение срока эксплуатации оборудования. К этим поверхностям предъявляются высокие требования по точности, статической и циклической прочности, сопротивлению коррозии, состоянию поверхностного слоя, ремонтпригодности на протяжении срока эксплуатации.

Одной из главных причин возможной поломки инструмента при сверлении отверстий являются вибрации, которые резко снижает его стойкость. Вибрации инструмента могут вызывать выкрашивание металла режущих кромок на твердосплавных вставках металлорежущего инструмента и, как следствие, поломку самого инструмента.

Многочисленными исследованиями [1-3] установлено, что одной из причин появления значительных вибраций является возникновение резонансных колебаний технологической системы «станок – приспособление – инструмент – деталь» в процессе работы, которые образуются вследствие неправильно подобранных режимов механической обработки, недостаточной жесткости элементов технологической системы, и собственные колебания инструмента.

Целью работы является исследование устойчивости технологической системы к действию периодических возмущающих сил, возникающих при сверлении глубоких отверстий большого диаметра на обрабатываемом центре с диаметром шпинделя 225 мм «SKODA»(Чехия) при различных режимах обработки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Определить собственные частоты изгибных колебаний инструмента при сверлении глубоких отверстий.
2. Разработать рациональную технологию высокоскоростного сверления глубоких отверстий большого диаметра исключая недопустимые вибрации режущего инструмента.

Автором предложен способ определения собственных частот колебаний инструмента с помощью построения математической модели и теоретических исследований колебаний инструмента при сверлении глубоких отверстий

Для сверления глубоких отверстий использовался составной режущий инструмент фирмы «Kennametal» (США).

При нормальной работе сверлильной головки пилотное сверло обеспечивает точное центрирование инструмента относительно оси обрабатываемого отверстия. В этом случае расчетную схему колебательной системы составного инструмента можно представить в виде балки, у которой один конец имеет упругую заделку, а другой конец – шарнирную опору.

По данной расчетной схеме строятся матрицы жесткостей и податливостей для колебательной системы составного инструмента.

Для определения собственных частот колебаний составного режущего инструмента, зная численные значения приведенных масс m_i и коэффициентов жесткости колебательной системы c_{ij} , можно перейти к решению системы дифференциальных уравнений, представленной в виде:

$$y_i = A_i \sin(\omega t + \varphi_i) \quad (1)$$

где: A_i – амплитуда колебаний сосредоточенной массы m_i ;

ω – угловая частота собственных колебаний;

φ_i – начальная фаза колебаний сосредоточенной массы m_i .

Полученные результаты расчетов, в виде собственных частот колебаний системы, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения собственных частот колебаний инструмента, рассчитанные аналитическим методом

Вылет инструмента, мм	0	700	1400
ν_1 , Гц	12,4	9,7	9,4
ν_2 , Гц	40,4	27,4	27,1
ν_3 , Гц	48,6	61,3	60,8

Для расчета частот собственных форм колебания сверла численным методом конечных элементов проводился с помощью программного комплекса ANSYS Mechanical [4].

Расчетная схема моделировалась объемными конечными элементами с тремя степенями свободы в каждом узле.

Расчет велся из условия контактной задачи между элементами сверла.

На конце сверла запрещались поперечные перемещения. На поверхности закрепления сверла в станке задавалось условие заделки.

Первые три собственные формы колебаний сверла для контактной задачи (рис. 1-3).



Рисунок 1 – Первая собственная форма колебаний сверла



Рисунок 2 – Вторая собственная форма колебаний сверла



Рисунок 3 – Третья собственная форма колебаний сверла

Результаты расчета собственных частот колебаний сверла приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения собственных частот колебаний инструмента, рассчитанные методом конечных элементов

Вылет инструмента, мм	1400
ν_1 , Гц	10,03
ν_2 , Гц	25,2
ν_3 , Гц	58,61

Значения, приведенные в таблицах 1 и 2, показывают разницу результатов расчетов рассчитанных аналитическим и методом конечных элементов не более 5 %.

Выводы:

1. Расчеты проведенные аналитическим и численным методом конечных элементов близки по значениям и соответствуют экспериментальным данным;
2. Собственные частоты изгибных колебаний сверла фирмы «Kennametal», могут изменяться в пределах от 9 до 60 Гц в зависимости от надежности центрирования режущей головки инструмента пилотным сверлом и вылета шпинделя станка;
3. При прочих равных условиях, с увеличением вылета шпинделя станка от минимального до максимального значения, собственная частота колебаний инструмента уменьшается в 1,3-1,5 раза, что при определенных условиях обработки отверстий может приводить к резонансу колебаний технологической системы;
4. Предложенный автором способ сверления нашел практическое применение на производственной площадке ПАО «ЗиО-Подольск» при изготовлении реакторного оборудования для судостроения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терехов, В.М. Технологические основы обеспечения качества глубоких отверстий и соединений теплообменных труб с трубными решетками и коллекторами аппаратов атомных энергоустановок: дисс. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук [Текст]. – Москва, 2006. – 476 с.

2. *Могутов, И.В.* Повышение производительности обработки глубоких отверстий в трубных решётках и коллекторах теплообменных аппаратов для АЭС. – дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. [Текст]. – Москва, 2013. – 183 с.
3. *Клауч, Д.Н.* Совершенствование технологии и инструмента для обработки глубоких отверстий в коллекторах парогенератора и трубных досках подогревателей высокого давления энергоблоков ВВЭР-1000 применительно к станкам фирмы ТВТ [Текст] / М.Е. Кущева, Е.Г. Ягуткин // Отчет по НИР № 27.14.19.25. – Москва : ОАО НПО «ЦНИИТМАШ», 2010. – 93 с.
4. Программный комплекс ANSYS Mechanical, версия 14.0.

Study of the Drilling Process of Deep Holes of Large Diameter

M.Z. Usmanov

*PAO «ZIO-Podolsk», Podolsk, Moscow region
m.usmanov@atom.ru*

Abstract – The article considers the problem of finding the natural oscillations of a tool when drilling deep holes of large diameter on the basis of the proposed mathematical models for calculating the vibration levels by analytical and numerical methods. Objective: to avoid resonant oscillations of the tool when drilling at a depth of more than 5D. The calculated vibration values correspond to the experimental data.

Keywords: deep drilling, natural vibration frequencies, finite elements method.

УДК 621.86.06

Варианты упрощённых конструктивных схем автоматических захватов для подъёма упавших кассет в бассейне выдержки реактора типа ВВЭР

П.Д. Кравченко^{*}, Д.Н. Федоренко^{}, Ю.П. Косогова^{*}**

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

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

Рассмотрены варианты схемы автоматических захватов для наведения на упавшую в бассейн выдержки реактора типа ВВЭР кассету. Захват состоит из двух полувтулок блока подвеса с дополнительной массой с канатами и двумя возвратными пружинами.

Ключевые слова: бассейн выдержки, упавшие кассеты, петлевой захват, полувтулки.

Упавшие кассеты в бассейне выдержки ядерного реактора типа ВВЭР могут располагаться как в наклонном, так и в горизонтальном положениях. Положение кассеты, расположенной горизонтально, может быть различным по отношению к вертикальным стенкам бассейна [1-7].

Рассмотрим положение кассеты, при котором расстояние от крайней кромки головки кассеты до стенки имеет свободное пространство длиной l , в которое можно подвести захватный элемент под головку кассеты, как представлено на рисунке 1.

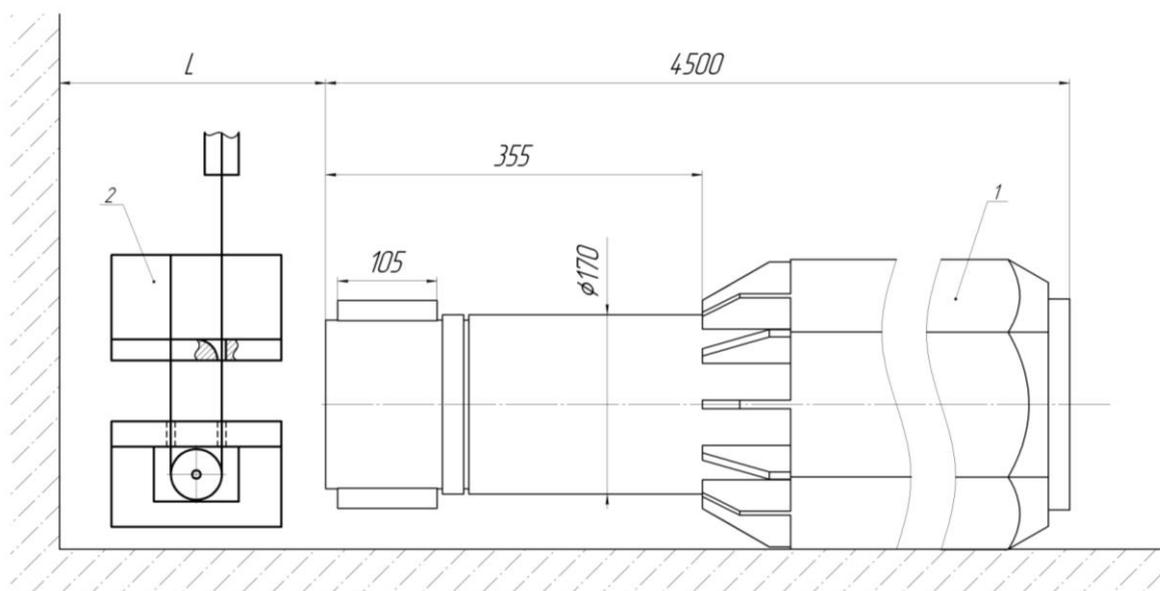


Рисунок 1 – Положение кассеты, упавшей в бассейн выдержки: 1 – кассета; 2 – захват; l – расстояние от головки кассеты до стенки бассейна

Основные габаритные размеры кассеты и расстояние от крайней кромки её стенки являются исходным элементами для конструктивной проработки захвата. В этом случае захват можно представить в виде двух раздвижных полувтулок, нижняя полувтулка подводится под головку кассеты за шпонки. Это конструктивное ограничение, которое должно быть соблюдено для обеспечения операции подвода захвата под головку кассеты.

Захват, состоящий из двух полувтулок блока подвеса с дополнительной массой с канатами и двумя возвратными пружинами, установленными в гильзах, обеспечивающими открытое положение захвата при заведении его под головку кассеты и возвращающими его в открытое положение после подъёма кассеты и установки её в вертикальное положение на твёрдое основание.

После ослабления натяжения подъёмного каната возвратные пружины разводят полувтулки, обеспечивая зазор между шпонкой кассеты и полувтулками для освобождения кассеты.

Эскизная конструктивная схема канатного захвата с полувтулками представлена на рисунке 2.

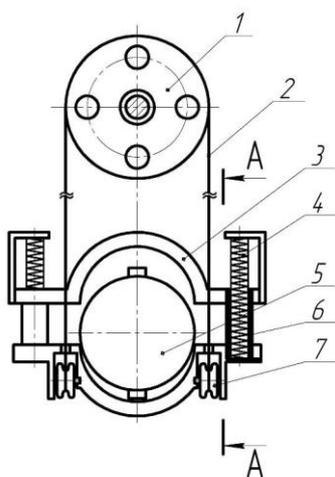


Рисунок 2 – Схема захвата при виде с торца; 1 – блок подвеса; 2 – канат; 3 – полувтулка; 4 – возвратная пружина; 5 – головка кассеты; 6 – гильза направляющая; 7 – ролик

На рисунке 2 не представлены элементы блока подвеса с дополнительной массой, т.к. это не является оригинальным решением. При заведении захвата под головку кассеты и начале подъёма канаты 1 поднимают вверх захват, обходя ролики 7 и зажимая головку кассеты, сжимая при этом возвратные пружины 4. Процесс зажима обеспечивается тем, что усилие подъёма в канатах ориентировочно равно 350 кгс, а силы сопротивления возврата пружин рассчитываются на максимальное усилие сжатия 10...20 кг.

На рисунке 3 представлена схемы захвата и кассеты при подъёме кассеты и установке её в вертикальном положении на твёрдое основание: *а* – положение захвата после заведения под головку кассеты; *б* – положение захвата в начале подъёма, полувтулки сжаты; *в* – положение захвата при подъёме-повороте кассеты на 90° и установки её в вертикальное положение на твёрдом основании; *г* – положение захвата в раскрытом состоянии при опускании блока подвеса. В этом положении возвратные пружины раздвигают полувтулки, появляется свободное пространство между поверхностью головки кассеты и полувтулками, позволяющее отвести захват от головки кассеты.

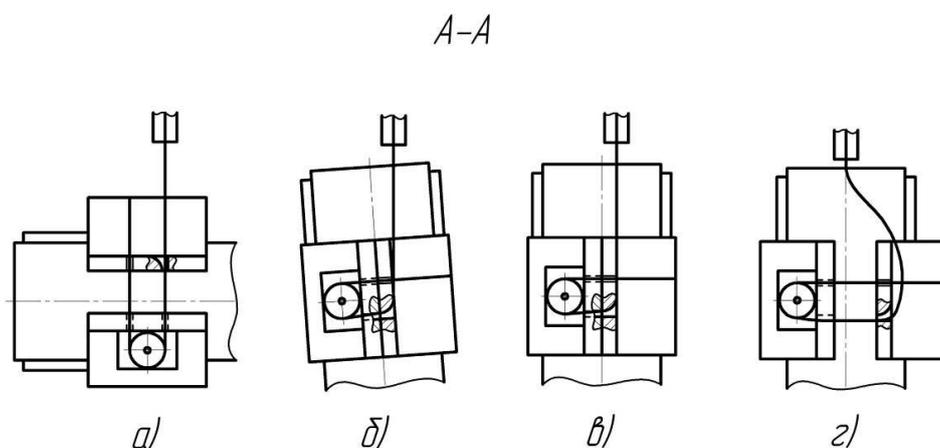


Рисунок 3 – Последовательные положения захвата с кассетой при операции подъёма упавшей горизонтально расположенной кассеты

Рассмотренная операция требует основательной конструктивной проработки всех элементов захвата, расчёта возвратных пружин, проверки положения центра масс захвата, позволяющего свободно выводить захват из зоны взаимодействия с головкой кассеты. При необходимости можно использовать дополнительное клиновое устройство отводящее захват от головки кассеты, такое устройство конструктивно выполнить не сложно, однако это относится к «*know how*» и здесь не представлено.

Настоящие конструктивные схемы требуют основательного объёма НИОКР и многократных испытаний конструкций на стендах, имитирующих положения кассеты при захвате и установке её в вертикальное положение. Захват для перемещения кассеты установленной вертикально не представляет конструктивных сложностей, конструктивные схемы таких захватов рассмотрены ранее. [8-9]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрижиевский, А.А. Многомерная вычислительная модель для анализа тепломассообменных процессов в бассейнах выдержки отработавшего ядерного топлива АЭС [Текст] / А.А. Андрижиевский, А.Г. Трифионов, Т.Ю. Пронкевич // Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. – 2013. – № 3. – С. 170-174.
2. Евстигнеев, В.П. Обращение с отработавшим ядерным топливом исследовательских реакторов в НИЦ «Курчатовский институт» [Текст] / В.П. Евстигнеев, Р.Х. Газин, С.Г. Семенов, А.В. Чесноков, А.Д. Шиша // Атомная энергия. – 2019. – Т. 126. – № 2. – С. 92-97.

3. Проданчук, А.В. Особенности системы управления процессом подъема с помощью агзу упавших расположенных вертикально кассет в реакторе типа ВВЭР [Текст] / А.В. Проданчук, П.Д. Кравченко // Современные материалы, техника и технологии. – 2017. – № 1 (9). – С. 168-173.
4. Малинина, Т.В. Пути решения проблемы переработки и рециклинга отработавшего ядерного топлива АЭС [Текст] / Т.В. Малинина, В.И. Мурина // Science, technology and life. – 2014. – 2015. – С. 524-533.
5. Молчанов, В.Л. Ядерное топливо для реакторов ВВЭР. Современное состояние и перспективы [Текст] / Тяжелое машиностроение. 2010. №2. С. 14-19.
6. Margolin B.Z., Yurchenko V., Kostylev V.I., Morozov A.M., Varovin A.Y., Rogozkin S.V., Nikitin A.A. Radiation embrittlement of support structure materials for WWER RPVS // Journal of nuclear materials. Elsevier Science Publishing Company, Inc. 2018. VOL. 508. P. 123-138.
7. Лапкис, А.А. Виброакустическая паспортизация режимов работы машин перегрузочных энергоблоков ВВЭР [Текст] / А.А. Лапкис, В.Н. Никифоров, Л.А. Первушин // Глобальная ядерная безопасность. – 2018. – № 2 (27). – С. 82-90.
8. Kravchenko P. D., Fedorenko D. N. Heuristic Method of Design of the Load Gripping and Manipulating Devices For Work In Special Conditions. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 10, Number 6. 2015. P. 14537-14542.
9. Кравченко, П.Д. Вариант конструктивного исполнения устройства точного позиционирования захвата для подъема упавших кассет в реакторе типа ВВЭР [Текст] / П.Д. Кравченко, Д.Н. Федоренко, Ю.П. Косогова [Текст] // Глобальная ядерная безопасность. – 2019. – № 1 (30). – С. 101-105.

Options Simplified Structural Schemes of Automatic Grippers to Lift the Fallen Cassettes in the Fuel Pool of the Reactor of Type Wwer

P. D. Kravchenko ^{*1}, D. N. Fedorenko ^{2}, Y. P. Kosogova ^{*3}**

** Volgodonsk Engineering Technical Institute, the Branch of the National Research Nuclear University “MEPhI”,
Volgodonsk, Rostov region*

*** Atomspetsservis Ltd, Vosmaya Zavodskaya St., 23, Volgodonsk, Rostov region*

¹krapa21@yandex.ru

²fdn999@ya.ru

³kosogova-up@yandex.ru

Abstract – The options considered the scheme of automatic grippers to restore the fallen in the cooling pond of WWER type. The gripper consists of two half-shafts of the suspension unit with additional weight with ropes and two return springs.

Keywords: pool exposure, fallen cassettes, loop grip, half-alleys.

УДК 621.311.25.004.7: 658.8

Вихретоковый контроль металла теплообменных труб и перемычек коллекторов парогенераторов

Е.Э. Маштакова

*Волгодонский филиал Акционерного общества «Инжиниринговая компания «АЭМ-технологии»
(Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаши»), Волгодонск, Ростовская обл.*

С 1990-х годов на российских АЭС для контроля состояния металла теплообменных труб и перемычек коллекторов первого контура парогенераторов применяется вихретоковый метод контроля. В работе раскрывается принцип действия вихретокового контроля, его достоинства и цели.

Ключевые слова: вихретоковый контроль

Парогенераторы ПГВ-1000М, ПГВ-1000МКП являются одними из основных элементов реакторных установок и предназначены для передачи тепловой энергии, которая генерируется в реакторе, теплоносителю второго контура.

Коллекторы первого контура парогенератора представляют собой вертикальные сосуды переменных диаметров и толщин, изготовленные из легированной стали перлитного класса 10ГН2МФА. В центральной части коллекторов имеются отверстия, служащие для заделки в них теплообменные трубы.

Вихретоковый контроль (ВТК) – неразрушающий контроль, основанный на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в объекте контроля этим полем.

Достоинством ВТК является возможность его проведения при отсутствии контакта между ВТП и объектом контроля. Дополнительным преимуществом вихретокового контроля является практически полное отсутствие влияния на сигналы ВТП влажности, давления, загрязненности атмосферы, радиоактивных излучений и загрязнение поверхности объекта контроля токонепроводящими веществами.

Цели контроля теплообменных труб и перемычек:

- определение исходного состояния металла перемычек коллекторов и металла труб;
- сбор информации для создания базы данных о состоянии металла;
- накопление статистических данных результатов контроля для наблюдения за возможным появлением и развитием дефектов при эксплуатации парогенератора.

Автоматизированный компьютеризированный комплекс выявляет все возможные типы дефектов металла на теплообменных трубах и перемычках коллекторов парогенераторов.

Требования к результатам контроля теплообменных труб – фиксируются индикации типа «нехватка материала» 20% и более на прямом участке теплообменной трубы; 30% и более на участках гибов, опорных пластин и зон развальцовки.

Уровень браковки – трубы, имеющие индикации типа «нехватка материала» более 40% от толщины стенки теплообменной трубы подлежат глушению. Глушение труб выполняется на основании технического решения, принимаемого изготовителем и разработчиком. На заводе-изготовителе допускается производить глушение змеевиков в количестве не более 0,1 % от общего количества (11 штук).

Критерии оценки перемычек:

Контроль перемычек должен проводиться на всю их длину (т.е. на толщину стенки коллектора). В любой перемычке по всей толщине стенки коллектора в пределах чувствительности дефектоскопа трещины не допускаются. В случае обнаружения трещины в перемычке принимается решение о ремонте коллектора, согласованное с разработчиком проекта реакторной установки.

В дальнейшем, при эксплуатации парогенератора на АЭС проводят ВТК теплообменных труб и перемычек с целью определения состояния металла, а именно, выявление и определение места расположения дефектов, классификация дефектов, определение геометрических размеров и ориентации дефектов, отсутствие трещин в перемычках.

В процессе эксплуатации парогенераторов при вихретоковом контроле теплообменных труб должны выявляться:

- коррозионные повреждения типа «нехватка металла» (язвы, питтинги, трещины различной ориентации относительно оси теплообменной трубы) как с внешней, так и с внутренней стороны трубы;
- утонение стенки теплообменной трубы в результате коррозионномеханического износа в местах установки дистанционирующих планок;
- наличие электропроводящих отложений на теплообменных трубах.

Eddy Current Test of Metal of Steam Generator Heat Exchange Tubes and Collector Ligaments

Е.Е. Mashtakova

*The Volgodonsk Branch of Joint Stock Company «Engineering Company «AEM-technology» (The Branch of JSC «AEM-technology» «Atommash»), Volgodonsk, Rostov region
mashtakova_ee @atommash.ru*

Abstract – Since the 1990s, the eddy current method of inspection has been used at the Russian NPPs to monitor the state of the metal of heat exchange tubes and ligaments of the steam generators primary collectors. The work reveals the principle of eddy current test, its advantages and objectives.

Keywords: eddy current test.

УДК [004.622 : 519.237.8] : 621.791.75

Применение методов кластеризации для сравнительного анализа процессов электродуговой сварки

В.А. Романенко, Е.А. Абидова, Н.Н. Подрезов

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

В работе рассмотрено применение методов кластеризации для сравнительного анализа процессов электродуговой сварки, что позволяет анализировать полученные сварные швы без использования стандартных методов разрушающего и неразрушающего контроля, а также регулировать возможные причины возникновения дефектов при сварке.

Ключевые слова: кластеризация, сварное соединение, электродуговая сварка, сравнительный анализ, метод главных компонент.

Извлечение значимой полезной информации из многомерных данных является научной проблемой, несмотря на множество существующих подходов к решению этой задачи. Для стандартного числа измерений реализация общей схемы анализа данных возможна лишь потому, что человек, существуя в трехмерном пространстве, обладает укладывающимися в сознание геометрическими образами и представлениями для пространств с числом измерений $n \leq 3$.

Многомерные данные получают из эксперимента, суть которого – сконструировать оптимальную измерительную процедуру и попытаться получить как можно больше информации из результатов. Можно выделить три основных этапа измерительной процедуры:

- разработка метода (выбор метода и оптимизация);
- проведение измерения (подготовка образца и сбор данных);
- интерпретация данных (первичная обработка данных, перевод «сырых» данных в техническую информацию и переход от технической информации к потребительской).



Рисунок 1 – Схема анализа данных большой размерности

Важно отметить, что на этапе кластеризации можно сгруппировать данные так, что будут получены предварительные, достаточно полные данные об изучаемом объекте.

В данной работе проведено исследование данных и получен результат сварки конкурсантов-сварщиков AtomSkills-2018 на предмет сходимости результатов с местами сварщиков в турнирной таблице.

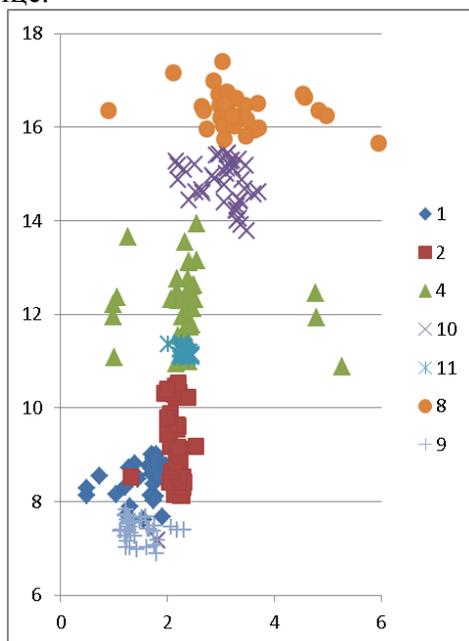


Рисунок 2 – Результат кластеризации данных

Из рисунка 2 видно, что минимальная дисперсия в кластерах соответствует наиболее высоким занятым местам сварщиков, что, вероятно, доказывает целесообразность применения метода главных компонент при анализе сварочных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернов, А.В. Обработка информации в системах контроля и управления сварочным производством: монография [Текст] / Новочерк. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск : НГТУ, 1995. – 180 с.
2. Блейхут, Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов [Текст] / Москва, 1989. – 448 с.
3. Есюков, И.С. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ [Текст] / Пер с англ. Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка и др.; под ред. И.С. Есюкова. – Москва : Финансы и статистика 1989. – 215 с.

Use Clustering Techniques for Comparative Analysis of Electric Arc Welding Processes

V.A. Romanenko, E.A. Abidova, N.N. Podrezov

*Volgodonsk branch of National Research Nuclear University "MEPhI", Lenin St., 73/94, Volgodonsk, Rostov region
VITikafMPM@mephi.ru*

Abstract – The paper considers the use of clustering methods for comparative analysis of electric arc welding processes, which allows analyzing the welds obtained without using standard methods of destructive and non-destructive testing, as well as regulate possible causes of welding defects.

Keywords: clustering, welded joint, arc welding, comparative analysis, principal component analysis.

УДК 621.311.25.004.7: 658.8

Заглушки патрубков корпуса реактора типа ВВЭР при заводских гидравлических испытаниях

С.С. Семенов

Волгодонский филиал Акционерного общества «Инжиниринговая компания «АЭМ-технологии» (Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш»), Волгодонск, Ростовская обл.

В работе рассматривается вариант глушения патрубков САОЗ на корпусе реактора типа ВВЭР-1000(1200) механическими многоразовыми заглушками вместо приварных заглушек. Как результат – отсутствие затрат на периодическое изготовление заглушек и сокращение времени на подготовку корпуса реактора к гидроиспытаниям; вариант глушения патрубков теплоносителя на корпусе реактора типа ВВЭР-1000(1200) заглушками, обеспечивающими производство работ по контрольной сборке корпуса с внутрикорпусным устройством (ВКУ) на стенде гидроиспытаний сразу после гидравлических испытаний. Как результат – сокращение времени изготовления корпуса реактора. Предложено использование механических многоразовых заглушек вместо применяемых приварных тарельчатых на патрубках САОЗ корпуса реактора, что сократит время изготовления и затраты на материалы.

Ключевые слова: корпус реактора, заглушка, гидравлические испытания.

Для обеспечения гидравлических испытаний корпуса реактора совместно с крышкой верхнего блока необходимо заглушить все имеющиеся на нем патрубки технологическими приспособлениями, обеспечивающими герметичность и безопасность технологического процесса.

Существует технология глушить патрубки САОЗ приварной тарельчатой заглушкой, что требует наличие технологического припуска на патрубках.

Рассматриваемый вариант глушения патрубков механическими заглушками позволяет исключить технологический припуск и сразу обработать патрубки в чистовые размеры. Так же отпадает необходимость изготовления приварных заглушек к каждому корпусу и их приварка, что при серийном производстве ведет к перерасходу материалов.

В связи с тем, что у разных исполнений корпусов реакторов имеются различия в геометрии патрубков САОЗ (В настоящее время два варианта) в данной работе рассматриваются две конструкции заглушек, учитывающих особенности геометрии патрубков, в связи с чем имеются кардинальные различия в их конструкции.

Традиционно патрубки теплоносителя корпуса реактора глушатся механическими заглушками довольно сложной конструкции. Однако, используемые заглушки необходимо

демонтировать перед проведением контрольной сборки корпуса с ВКУ, т.к. габариты заглушек не позволяют производить контрольную сборку.

Рассматриваемый вариант конструкции заглушек патрубков теплоносителя позволяет производить контрольную сборку корпуса с ВКУ без их демонтажа. При этом, благодаря существенному упрощению конструкции заглушки, повышается её надежность и сокращается объем работ по обслуживанию и подготовке заглушек к гидравлическим испытаниям.

Nozzles Plugs of Reactor Pressure Vessel of WWER-Type During Factory Hydraulic Tests

S.S. Semenov

*The Volgodonsk Branch of Joint Stock Company «Engineering Company «AEM-technology» (The Branch of JSC «AEM-technology» «Atomash»), Volgodonsk, Rostov region
semenov_ss@atomash.ru*

Abstract – During the working process the following is considered: 1) The option of plugging the ECCS Nozzles of WWER-1000(1200) type of Reactor Pressure Vessel with the mechanical reusable plugs instead of welded plate-type plugs. As a result, no expenses on periodical production of plugs and reduction of time in order to prepare the Reactor Pressure Vessel for Hydraulic testing; 2) The option of plugging of the Coolant Nozzles of WWER-1000(1200) type of Reactor Pressure Vessel with plugs, ensuring the vessels test assembly with the Internals on the hydraulic stand immediately after the Hydraulic testing.

Keywords: Reactor Pressure Vessel, a plug, Hydraulic Testing.

УДК 621.039.5 : 658.58

Изготовление и ремонт реакторного оборудования: изготовление нижнего полукорпуса реактора

В.А. Морозов

Волгодонский филиал Акционерного общества «Инжиниринговая компания «АЭМ-технологии» (Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атомаш»), Волгодонск, Ростовская обл.

В докладе раскрывается технология изготовления нижнего полукорпуса реактора из цельной обечайки и днища вместо 3 отдельных обечаек и днища. Как результат уменьшение времени производства и улучшение прочностных характеристик полукорпуса, а так же корпуса реактора в целом.

Ключевые слова: поковка, горячая штамповка.

Изготовление реакторной установки – уникальная компетенция, которой обладают лишь несколько стран в мире. Завод «Атомаш» в г. Волгодонск – единственный в России завод, выпускающий полный комплект оборудования ядерного острова АЭС, включая корпус реактора, парогенераторы и др. Производственные мощности предприятия позволяют выпускать до 4 комплектов оборудования в год.

Штамповка днища реактора для нижнего полукорпуса выполнена на заводе АО «АЭМ-технологии» «Атомаш» в г. Волгодонск. Днище изготовлено на гидравлическом листоштамповочном прессе двойного действия фирмы «JNJ» Япония

Обечайка для нижнего полукорпуса была изготовлена на ПАО «Энергомашспецсталь». Для изготовления обечайки был отлит слиток. Далее была выполнена ковка и механическая обработка этого слитка. Основным требованием к данной

конструкции является исключение сварных соединений из области активной зоны и сокращение кольцевых сварных соединений.

Fabrication of the Lower Half of the Reactor Vessel

V.A. Morozov

*The Volgodonsk Branch of Joint Stock Company «Engineering Company «AEM-technology» (The Branch of JSC «AEM-technology» «Atommash»), Volgodonsk, Rostov region
morozov_va@atommash.ru*

Abstract – The report reveals the manufacturing technology of the lower half-shell of the reactor from one shell and the bottom, instead of three separate shells and the bottom. As a result, a reduction in production time and an improvement in the strength of the semi-shell and the reactor in the well.

Keywords: forging, hot forming.

УДК 539.382.4: 539.422; 536.94

Анализ характера разрушения конструкционных сталей при упруго-пластическом поведении с позиций нелинейной термодинамики

Е.И. Колоколов

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

Показано, что образцы с кольцевым надрезом, изготовленные из конструкционных сталей, подвергаемые растяжению в условиях их упруго-пластического поведения, проявляют себя как открытая термодинамическая система, которая при критических значениях управляющих параметров теряет устойчивость в результате чего происходит хрупкое разрушение. Этими параметрами являются значения статической и динамической составляющих упругой энергии, сформированные в процессе нагружения. Разрушение сколом при квазихрупком разрушении начинается в слабом звене в результате пластической неустойчивости, связанной с образованием пластического шарнира, после которой суммарный уровень упругой энергии достигает значения, достаточного для разрыва межатомных связей в очаге. Последующий рост магистральной трещины осуществляется за счет постоянной подпитки упругой энергией, освобождаемой при разрыве связей и волновом перераспределении поля упругих искажений в изделии.

Ключевые слова: теплота и работа, энергообмен, диссипативная система, искажения кристаллической решетки, принцип Ле-Шателье, внешние и внутренние шумы, волны напряжений, критическая ситуация, самоорганизация, запас упругой энергии, квазихрупкое разрушение сколом, пластический шарнир, управляющие параметры.

Согласно термодинамическим принципам, материальные объекты условно разбивают на термодинамическую систему (ТДС) и окружающую (внешнюю) среду. Все основные свойства системы проявляются при ее энерго- и массообмене с окружающей средой, осуществляющемся в виде теплоты Q и работы W , которые являются двумя основными видами функций термодинамических процессов. Общая черта обоих видов энергообмена состоит в том, что они проявляются только в процессах взаимодействия систем. В механической системе, в соответствии с нелинейной термодинамикой (НЛТ), энергообмен посредством передачи теплоты, связанный с осреднением характеристик неупорядоченного, хаотического движения микрочастиц, составляющих систему, осуществляется посредством индивидуальных тепловых колебаний атомов и диффузии и называется диссипативным способом передачи энергии. Энергообмен, осуществляемый посредством совершения

работы, – это упорядоченный макропроцесс, в ходе которого движения элементов системы согласованны, происходит посредством распространения упругих колебаний (волн).

Термодинамическими системами можно управлять, изменяя действующие на них внешние факторы (управляющие параметры). Если наращивать поток энергии, то физическую систему можно далеко сместить от состояния термодинамического равновесия. В неравновесной среде в условиях диссипации энергии, поступающей извне, может возникнуть устойчивое состояние. Такие системы называются диссипативными. При критических значениях управляющих параметров, диссипативная система может достигнуть такой степени неравновесности, при которой она теряет устойчивость. Возникшая критическая ситуация может разрешиться путем быстрого перехода системы в одно из возможных устойчивых состояний. Этот переход является актом самоорганизации системы.

Процесс самоорганизации зависит от наличия в системе «шумов» (флуктуаций), воздействие которых в существенной степени ускоряет этот процесс. Эти возмущения, делятся на два класса: создаваемые внешней средой и воспроизводимые самой системой. Внутренний шум системы обусловлен тепловым движением частиц, а внешний – связан с их упорядоченным движением. Все эти шумы являются следствием реакции системы на внешнее воздействие. Некоторые из них могут быть настолько сильными, что передают ТДС свои свойства, изменяя, по сути, режим её существования. В таких случаях можно сказать, что диссипативной называется ТДС, по которой распространяются (и рассеиваются) возмущения.

Для того, чтобы правильно применить принципы НЛТ к деформации и разрушению конструкционных материалов, необходимо сформулировать непротиворечивую физическую картину их поведения, в которой действуют механические нагрузки, осуществляются перемещения, наблюдается энерговыделение. При приложении механических нагрузок (F) в кристалле появляются упругие искажения кристаллической решетки (рис. 1), которые согласно пружинной модели (a) выражаются в увеличении расстояния между атомами (b) под действием нормальных напряжений – σ и изменении угла между атомными плоскостями (ϵ) при действии касательных напряжений – τ . Только такие искажения наблюдаются в идеальных кристаллах при небольшой величине нагрузки. Фактически при приложении к образцу растягивающих нагрузок в каждом зерне одновременно возникают нормальные и касательные напряжения и того, и другого типа согласно схеме, приведенной на рисунке 1. По мере роста уровня искажений увеличивается запас упругой (потенциальной) энергии натянутых межатомных связей.

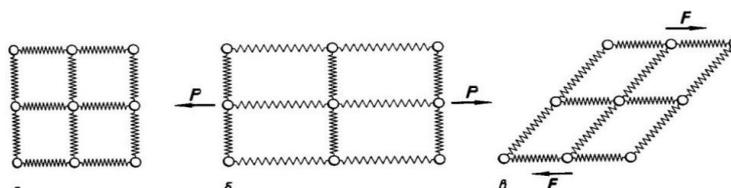


Рисунок 1 – Пружинная модель кристаллической решетки

Механический объект, подвергающийся внешнему нагружению, является открытой ТДС, подчиняющейся законам НЛТ. Для такой системы, вполне применим принцип Лешателье: «Если ТДС выводится в результате внешнего воздействия из состояния равновесия, в ней развиваются такие процессы, которые противодействуют внешнему воздействию и стремятся его ослабить». Реальную картину процессов, протекающих в механической ТДС при изменении запаса упругой энергии, накопленной кристаллической решеткой, можно проследить, анализируя физические явления, осуществляющиеся на различных стадиях и условиях нагружения.

Рассмотрим цилиндрический образец с кольцевым надрезом, растягиваемый квазистатической нагрузкой в условиях его упруго-пластического поведения. В соответствии с принципами НЛТ об осуществлении энергообмена путем совершения работы (W), сразу после начала активного растяжения образец находится в динамическом неравновесном состоянии, которое вызвано передачей нагрузки в виде последовательности волновых импульсов растяжения небольшой амплитуды. Степень неравновесности растет по мере роста нагрузки до момента разрушения в т. 3 (рис. 2) в соответствии с увеличением запаса упругой энергии натянутых межатомных связей в области концентратора напряжений и соответствует площади треугольника 3-4-5. При росте нагрузки одновременно увеличивается и уровень внешнего шума, являющегося следствием реакции системы на внешнее воздействие. В результате, в образце при росте нагрузки растут как запас статической упругой энергии, так и уровень вибрационного воздействия, в виде волновых импульсов растяжения и внешнего шума, которые ускоряют действие происходящих в твердом теле процессов.

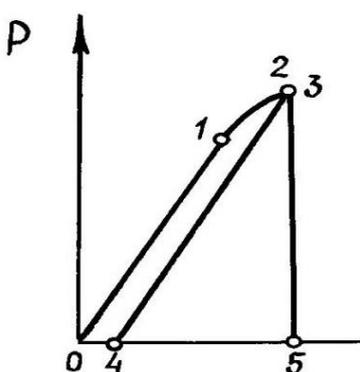


Рисунок 2 – Диаграмма растяжения образца при его упруго-пластическом поведении

При увеличении нагрузки на диаграмме растяжения появляется нелинейный участок (1-2; рис. 2), обусловленный достижением критического уровня упругих искажений кристаллической решетки в зернах под действием касательных напряжений. При этом наблюдается локальная потеря устойчивости в виде образования множества свежих краевых дислокаций в наиболее благоприятно ориентированных системах скольжения на границах зерен, расположенных в области кольцевого надреза. В результате согласно НЛТ происходит локальная самоорганизация путем формирования и развития устойчивых полос Чернова-Людерса (ПЧЛ). По мере увеличения нагрузки образуются новые ПЧЛ в системах скольжения зерен с менее благоприятной ориентировкой. Последовательность таких локальных актов самоорганизации в зоне кольцевого надреза приводит к формированию двух пластических конусов, состоящих из лепестков ПЧЛ, ориентированных под углом около 45° в направлении действия максимальных касательных напряжений (рис. 3). При росте нагрузки происходит увеличение длины ПЧЛ в сторону оси образца вплоть до момента, когда в точке 2 диаграммы произойдет смыкание полос, исходящих из противоположных участков надреза (рис. 3).

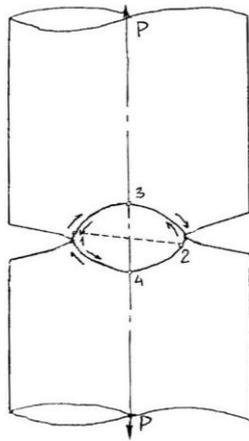


Рисунок 3 – Формирование пластического шарнира при растяжении цилиндрических образцов с острым надрезом

При нагрузке, соответствующей этому моменту, возникает новая критическая ситуация, заключающаяся в общей потере устойчивости. Это происходит вследствие смены упругого поведения системы на пластическое из-за появления степени свободы для пластической деформации в момент смыкания пластических зон, образованных встречными ПЧЛ. В соответствии с НЛТ под действием нагрузки в системе происходит еще одна самоорганизация, заключающаяся в резком синхронном смещении половинок образца вдоль поверхности образовавшегося при смыкании ПЧЛ пластического шарнира (ПШ). Фактически, такая реакция системы заключается в образовании гигантской флуктуации, состоящей из набора дискретных волновых импульсов, которая играет определяющую роль в последующем сразу после этого хрупком разрушении по траектории *1-2* (рис. 3). Фактически, критическая ситуация складывается из двух последовательных событий (совпадающих с точками *2* и *3* на рис. 2): первое – достижение предельного уровня статической упругой энергии (площадь треугольника *3-4-5*), при котором наблюдается потеря устойчивости (точка *2*); второй – хрупкое разрушение сколом в очаге, которое происходит при достижении в нем критического уровня упругой энергии, включая ее динамическую составляющую в момент образования гигантской флуктуации (точка *3*). Этот критический уровень упругой энергии соответствует теоретической прочности в очаге разрушения. Размер флуктуации соответствует диаметру ПШ, т.е. охватывает всю зону концентрации напряжений. В литературе по механике разрушения это резкое смещение на диаграмме растяжения получило название «скачка» – *pop-in* и связывается непосредственно с хрупким разрушением.

Хрупкое разрушение сколом, сопровождающееся освобождением большей части упругой энергии натянутых связей, происходит в средней части сечения внутри ПШ (Рис. 3), не затронутой пластической деформацией. При этом максимальная степень искажений кристаллической решетки соответствует кольцевой области, прилегающей изнутри к границам ПШ, где и происходит образование очага хрупкого разрушения в слабом звене, выявленном «сканированием» этой области гигантской флуктуацией. В момент раскрытия микротрещины скола в очаге, от ее берегов и вершины начинают распространяться продольные и поперечные упругие волны большой амплитуды (рис. 4). В результате отражения, суперпозиции и образования волн Релея происходит вскрытие соседних участков и начинается автокаталитический процесс – трещина скола быстро растет за счет постоянной подпитки упругой энергией, освобождаемой при разрыве связей и волновом перераспределении поля упругих напряжений в изделии.

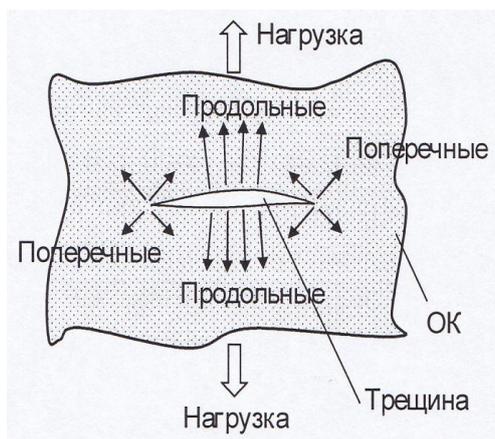


Рисунок 4 – Формирование волн напряжений при образовании трещины скола в очаге

Первым управляющим параметром, необходимым для развития хрупкого разрушения, является достигаемый в рабочем сечении образца статический уровень удельной потенциальной (упругой) энергии, обеспечивающий возможность развития магистральной трещины. Этому уровню соответствует запас упругой энергии (ΔA), накопленной в образце к моменту наступления пластической неустойчивости (треугольник **3-4-5** на кривой растяжения, рис. 2) и освобождаемой при хрупком разрушении с образованием зоны макроскопически хрупкого излома (ΔS). Полученная в результате деления ($\Delta A/\Delta S$) характеристика разрушения G_C , является мерой энергосодержания при хрупком или квазихрупком разрушении, приходящейся на единицу поверхности излома, и характеризует уровень трещиностойкости материала. При достижении первым управляющим параметром критического уровня, действие второго параметра (динамический фактор), управляющего процессом хрупкого разрушения, приводит к появлению микротрещины скола в слабом звене и последующему росту магистральной трещины в результате автокаталитического процесса. Динамический фактор зависит от условий нагружения и геометрии образца.

Analysis of Destruction Pattern of Structural Steels in Elastic Plastic Behavior from the Positions of Nonlinear Thermodynamics

E.I. Kolokolov

**Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI",
Volgodonsk, Rostov region
E.I.Kolokolov@yandex.ru*

Abstract – The article shows that samples with an annular notch made of structural steels subjected to stretching under the conditions of their elastic-plastic behavior, manifest themselves as an open thermodynamic system, which loses stability at critical values of control parameters, resulting in brittle fracture. These parameters are the values of static and dynamic components of elastic energy formed in the process of loading. The fracture by cleavage in the case of quasi-brittle fracture begins in the weak link as a result of plastic instability associated with the formation of a plastic hinge after which the total level of elastic energy reaches a value sufficient to break interatomic bonds in the source. The subsequent growth of the main crack is due to the constant feeding of elastic energy released when the bond is broken and the wave redistribution of the elastic distortion field in the product.

Keywords: heat and work, energy exchange, dissipative system, lattice distortions, Le Chatelier principle, external and internal noise, stress waves, critical situation, self-organization, elastic energy supply, quasi-brittle fracture with chipping, plastic hinge, control parameters.

Повышение качества диагностических операций при проведении планово-предупредительных ремонтов оборудования АЭС

Е.А. Абидова, О.Ю. Пугачёва, А.В. Чернов

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

В докладе рассмотрены проблемы обслуживания оборудования АЭС по состоянию, связанные с повышением чувствительности диагностических процедур. Предложена методика сравнения текущих диагностических параметров с заранее рассчитанными образами известных состояний путем использования метода главных компонент.

Ключевые слова: диагностика электромеханического оборудования, планово-предупредительный ремонт, электроприводная арматура, энтропия Шеннона, образ состояния, метод главных компонент.

Проблемой перехода от обслуживания электро-механического оборудования АЭС по регламенту к обслуживанию по состоянию является возможность проведения диагностирования только в период планово-предупредительного ремонта (ППР), и по результатам диагностирования устанавливается возможность безотказной эксплуатации данного оборудования в межремонтный период. Повышение чувствительности применяемых методов диагностирования к зарождающимся дефектам является актуальной и востребованной задачей. Актуальность данной задачи повышается в связи с переходом эксплуатации некоторых блоков на восемнадцатимесячный цикл, сокращением сроков ППР.

Самым массовым оборудованием, подвижным для диагностики, является электроприводная арматура (ЭПА): 5000 единиц на один блок ВВЭР-1000, среди которой есть элементы, отказы которых являются исходными событиями проектных аварий. ЭПА ежегодно подвергается диагностике путем регистрации и анализа тока, потребляемого двигателем. Рассчитанные по току двигателя характеристики сравниваются с нормативными для данного типа ЭПА значениями.

Основным достоинством метода анализа тока является его оперативность. Однако метод не обеспечивает чувствительности, глубины диагностирования которые достигается системами виброакустической диагностики [1]. Вибрационный контроль нескольких тысяч единиц оборудования, часть которого располагается в «грязных» зонах, в условиях сокращения времени диагностирования практически невозможен. В данной ситуации повысить качество диагностирования можно за счет совершенствования методов электрических сигналов.

В работе[2] показано, что качество диагностирования может быть существенно повышено за счет комплексного использования энтропийных и детерминированных показателей состояния ЭПА. В настоящей работе задачу многомерного анализа детерминированных и энтропийных характеристик предлагается решить с использованием метода главных компонент (МГК).

Классический метод [3] использует при обработке весь массив данных (исправных и неисправных состояний) и результаты классификации являются относительными. МГК в интерпретации, предлагаемой Трендафиловой[4], предполагает изначальное построение базиса и последующее проецирование на него анализируемых данных. Исходными данными являются результаты диагностирования соответствующие исправному состоянию. Для корректного применения метода при обработке диагностической информации нужно осуществить выбор и представление данных для построения базиса.

Для решения данной задачи [5] предлагается провести анализ нагрузок параметров, которыми характеризуется объект диагностирования, на главные компоненты. Проверяемые параметры, по которым планируется построить эталонный базис, подвергаются сингулярному разложению и проецированию. В результате получается матрица нагрузок, первые колонки которой являются координатами параметров в пространстве главных компонент (ГК). Положение параметров в пространстве ГК позволяет установить их относительную взаимосвязь и информативность.

С целью реализации предлагаемого подхода была исследована нагрузка параметров ЭПА на ГК. Путем анализа графика нагрузок (рисунок 1 а) установлено, что энтропия Шеннона, имея наибольшую нагрузку на компоненты, в наибольшей степени характеризует выборку параметров и, соответственно, состояние ЭПА. При этом штатные параметры (плавность хода, рабочий ток, время срабатывания) создают нагрузку, которой нельзя пренебречь, т.е. ни один из используемых параметров не целесообразно исключать.

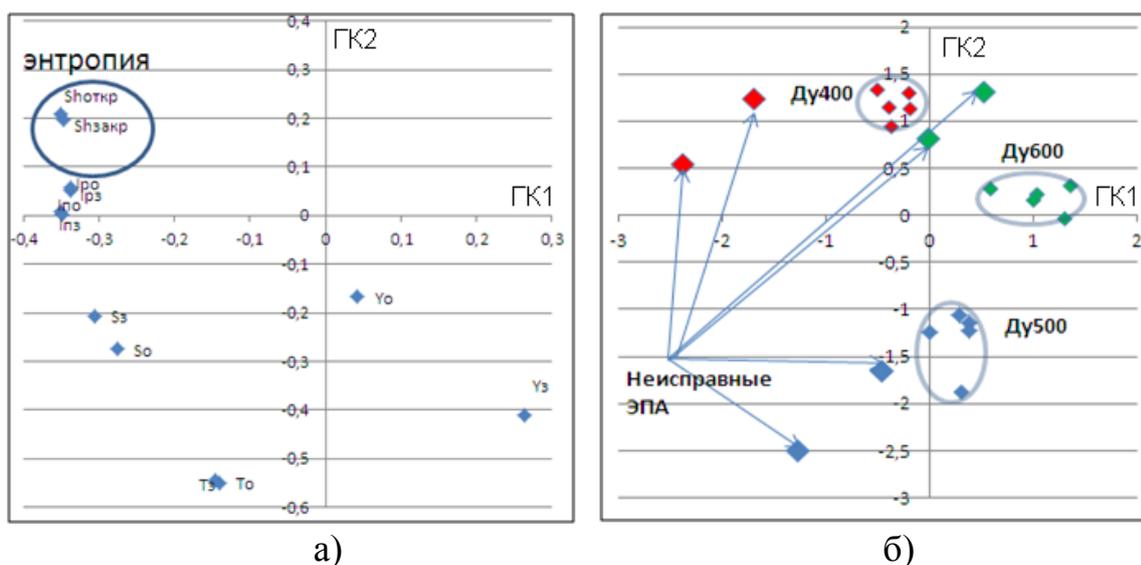


Рисунок 1 – Представление данных в пространстве ГК: а) представление диагностических параметров ЭПА; б) представление характеристик ЭПА

Применение алгоритма классификации данных к характеристикам ЭПА, - детерминированным и хаотическим (энтропийным), - позволил получить кластера, соответствующие типу оборудования (рисунок 1 б). При этом характеристики неисправного оборудования оказались вне кластеров. Важно, что учет энтропийных характеристик позволил избежать пропуска дефекта. Если в качестве исходных брались только параметры, предусмотренные штатной методикой, то характеристики неисправных ЭПА попадали в один кластер с исправными (т.е. возникали ошибки первого рода).

Таким образом, повышение качества диагностических операций за счет комплексного анализа детерминированных и хаотических характеристик позволяет осуществлять ремонт оборудования АЭС по состоянию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русов, В. Обзор вибрационных методов и технических средств, предназначенных для диагностики подшипников качения [Текст] / В. Русов // Главный механик. – 2009. – № 3. – С.15-18.
2. Муха, Ю.П. Алгоритмизация процесса обработки диагностических сигналов электроприводной арматуры с учетом хаотических составляющих [Электронный ресурс] / Ю.П. Муха, А.В. Чернов, Е.А. Абидова, Л.С. Хегай // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 2. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4253.

3. *Абидова, Е.А.* Оценка состояния водного объекта в зоне размещения РоАЭС с использованием метода главных компонент [Текст] / Е.А. Абидова [и др.] //Глобальная ядерная безопасность. – 2018. – № 4 (29). – С. 17-23.
4. *H Al-Bugharbee and I Trendailova*, ‘A fault diagnosis methodology for rolling element bearings based on advanced signal pretreatment and autoregressive modelling’, *Journal of Sound and Vibration*, Vol 369, pp. 246-265. 2016.
5. *T Liu, J Chen and G Dong*, ‘Singular spectrum analysis and continuous hidden Markov model for rolling element bearing fault diagnosis’, *Journal of Vibration and Control*, Vol 21, No 8, pp. 1506-1521. 2015.

Improving the Quality of Diagnostic Operations When Carrying Out Scheduled and Preventive Repairs of Equipment of Nuclear Power Plants

E.A. Abidova, O.Yu. Pugacheva, A.V. Chernov

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University “MEPhI”,
Volgodonsk, Rostov region
nii_energomash@mail.ru*

Abstract – The report deals with the problems of maintenance of NPP equipment as associated with increased sensitivity of diagnostic procedures. The method of comparison of current diagnostic parameters with pre-calculated images of known states by using the principal component method is proposed.

Keywords: diagnostics of electromechanical equipment, scheduled preventive maintenance, electric drive valves, Shannon entropy, state image, principal component method.

УДК 608.2

Разработка механического устройства координатного слежения как средство виртуальной реальности для тренажёра сварщика

В.А. Толстов, В.В. Кривин, И.О. Ишигов

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

Доклад посвящён разработке механического манипулятора для координатного слежения за торцом физической модели электрода в компьютерном тренажёре для обучения навыкам сварки. Рассматриваются вопросы проектирования механизма, выбора датчиков и программирования микроконтроллера для связи с компьютером.

Ключевые слова: дуговая сварка, тренажёр, манипулятор

Обучение рабочим профессиям в условиях повышения требований к качеству продукции машиностроения порождает необходимость в новых методах обучения. Во многих странах разработаны и активно используются тренажёры для обучения навыкам сварки [1]. Активное развитие энергетики в Российской Федерации и интерес к российским проектам АЭС со стороны зарубежных заказчиков породили спрос на специалистов высокой квалификации во многих областях. В таких условиях для подготовки сварщиков необходим недорогой, но в то же время эффективный тренажёр.

Для эффективного обучения сварщиков на тренажёре необходимы математические модели процесса сварки, которым была в значительной степени посвящена научная работа кафедры информационных и управляющих систем ВИТИ НИЯУ МИФИ. Однако исходными данными для моделирования являются координаты торца электрода, и для их регистрации

было использовано недорогое, но недостаточно точное устройство National Point TrackIR, представленное на рисунке 1а.

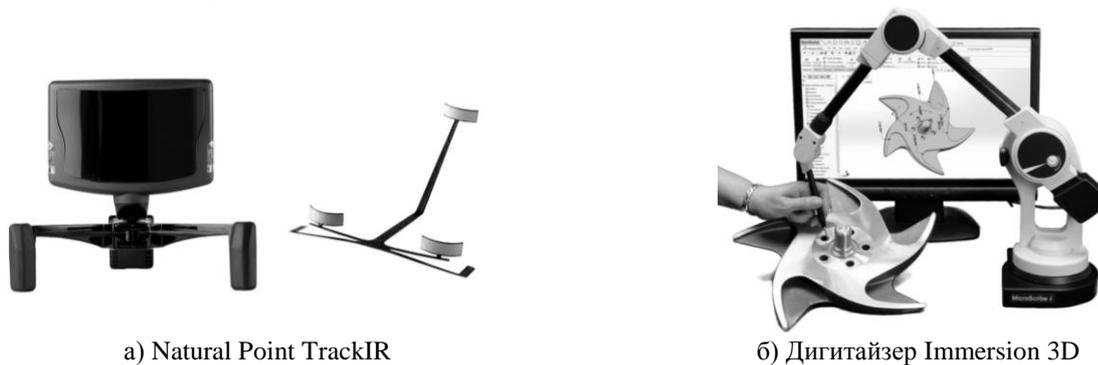


Рисунок 1 – Устройства координатного слежения

Оценка погрешности устройства показала, что погрешность заметно зависит от положения отражателей относительно оптической оси камеры, хотя и не превышает 1 мм [2]. Однако в качестве источника данных для моделирования сварки это устройство подходит ограниченно из-за влияния источников света на камеру. Более совершенные устройства – дигитайзеры, которые выпускаются компанией Immersion 3D, обладают высокой точностью, но несравнимо более высокой ценой и функциональной избыточностью (рис. 1б).

В то же время, широкое распространение получают платформы для самостоятельной разработки электронных устройств, фактически представляющие собой микрокомпьютеры с интегрированными портами для подключения датчиков и исполнительных механизмов. Наибольшей популярностью пользуется открытая аппаратно-программная платформа Arduino на базе микроконтроллеров ATmega [3]. При разработке устройства на этой платформе необходимо решить следующие задачи:

- выбрать микроконтроллер. Микроконтроллер уже распаян на небольшой плате, также включающей стабилизатор питания и порты для подключения датчиков и исполнительных механизмов;
- выбрать датчики. Выпускаются совместимые датчики для практически всех физических величин;
- подключить исполнительные механизмы. Микроконтроллер может выдавать маломощные сигналы управления, поэтому для управления мощной нагрузкой необходим модуль-посредник – реле или драйвер;
- написать программу для микроконтроллера. Заявлена поддержка более трёх десятков языков программирования.

Эскизная модель механизма манипулятора представлена на рисунке 2. где 1 – рабочая поверхность; 2 – торец электрода; 3, 5, 7 – подвижные крепления с датчиками; 4, 6, 8 – жёсткие плечи механической системы.

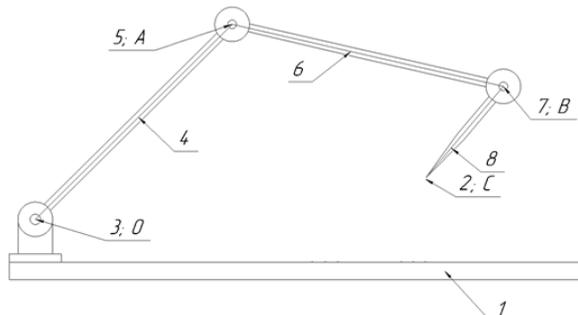


Рисунок 2 – Эскиз проектируемого манипулятора

В качестве датчиков поворота сегментов были выбраны линейные потенциометры. Все контроллеры Arduino оснащены аналоговыми портами ввода, которые можно использовать для регистрации напряжения на подвижном контакте каждого потенциометра. Разрядность встроенного АЦП равна 10, поэтому доступно 1024 шага квантования. Это позволяет сразу оценить погрешность определения угла: между крайними положениями потенциометра угол составляет 300° , следовательно, абсолютная погрешность равна:

$$\Delta = 300/1024 \approx 0,3^\circ.$$

Так как манипулятор по отношению к контроллеру является только устройством ввода, то драйверы исполнительных механизмов (например, электродвигателей) в конструкции не используются.

При программировании контроллера реализован следующий алгоритм. Расчёт координат основан на проецировании всей механической системы на оси трёхмерной прямоугольной системы координат. Так для нахождения координаты Z торца электрода находятся алгебраическая сумма длин проекций каждого плеча в отдельности на ось Z, с учётом направления каждого отрезка. Длина проекции механической части устройства на ось Z считается координатой Z торца электрода.

Для нахождения координат X и Y первоначально производится проецирование каждого плеча механической системы в отдельности на горизонтальную плоскость, образованную осями X и Y трёхмерной прямоугольной системы координат, с их дальнейшим суммированием при условии учёта направленности каждого отрезка. Полученная проекция механической системы на плоскость XY повторно проецируется на оси X и Y. Длины проекций механической части устройства на оси X и Y считаются соответственными координатами торца электрода.

К моменту публикации тезисов собран прототип манипулятора. Плечи выполнены из отрезков алюминиевого профиля, а подвижные соединения распечатаны на 3D-принтере. В конструкции этих элементов предусмотрено крепление потенциометров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Компьютерный тренажер для обучения навыкам сварки при изготовлении и монтаже конструкций энергетического машиностроения. Отчет о НИОКР (промежуточ.) : 50.41.25 / НИЯУ МИФИ ; рук. А.А. Тямалов ; исполн. : В.В. Кривин [и др.] – Волгодонск, 2014. – 176 с. № ГР 114102740077. – Инв. № 08.03-08.01-01.
2. Кривин, В.В. Использование устройства координатного слежения TrackIR для измерения координат электрода в мультимедийном тренажере сварщика РДС [Текст] / В.В. Кривин [и др.] // Глобальная ядерная безопасность. – 2014. – № 3 (12). – С. 73-77.
3. Белов, А.В. ARDUINO: от азов программирования до создания практических устройств [Электронный ресурс] / А.В. Белов. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2018. – 480 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/109415>.

The Development of Mechanical Coordinate Tracker for Welding Simulator as Virtual Reality Tool

V.A. Tolstov¹, V.V. Krivin², I.O. Ishigov³

Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MPhI",

Volgodonsk, Rostov region

¹*v-tolstov-2017@mephi.ru*

²*e-mail: vkrivin@mephi.ru*

³*e-mail: ioishigov@mephi.ru*

Abstract – The report deals with development of coordinate tracker for node torch. This is mechanical manipulator for computer welding simulator. There are mechanical system, sensors and programming of microcontroller described in paper.

Keywords: arc welding, simulator, manipulator

Организация на площадях Филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» серийного производства стеллажей уплотнённого хранения топлива с использованием бесшовных шестигранных борированных труб

Д.В. Дубинин

Волгодонский филиал Акционерного общества «Инжиниринговая компания «АЭМ-технологии» (Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск)

В работе описывается организация на площадях филиала АО «АЭМ – Технологии» «Атоммаш» серийного производства стеллажей уплотнённого хранения тепловыделяющих сборок (СУХТ); участок и установка контроля качества шестигранной трубы из борсодержащей стали; необходимая оснастка для сборки труб и оборудование необходимое для изготовления СУХТ. Также приведено основное назначение СУХТ и место их установки. Перспективы снижения себестоимости изготовления СУХТ за счёт изготовления труб из частей.

Ключевые слова: СУХТ, стеллажи уплотнённого хранения тепловыделяющих сборок, стеллажи бассейна выдержки.

СУХТ представляют собой сварную коробчатую конструкцию из листов, внутри которой расположены шестигранные борированные трубы (ячейки) с шагом 300 мм (конструктивно обеспечивающим ядерную безопасность при хранении топлива). Для сборки стеллажей будет организован отдельный участок в корпусе Атоммаша.

Одним из основных параметров изделия СУХТ является равномерное распределение бора в шестигранных трубах. Для контроля будет организован участок, с использованием одной из рентгеновских камер корпуса Атоммаша. На участке будет смонтирована установка контроля распределения бора

Система хранения отработавшего топлива, она же СУХТ, предназначена для снятия активности и остаточных тепловыделений отработавших ТВС. В конструкции стеллажей бассейна выдержки (СУХТ) используются нейтронопоглощающие материалы, а именно шестигранные трубы из борсодержащей стали. Стеллажи изготавливаются с учётом размещения и длительного хранения отработавших ТВС в бассейне выдержки до 10 лет, что позволяет выдерживать топливо повышенного обогащения, снизив его активность до пределов, допустимых для его безопасного вывоза со станции. Съёмные конструкции стеллажей обеспечивают полный доступ к облицовке бассейна выдержки для диагностики и ремонта.

Конструкции стеллажей хранения, а также оборудование для изготовления и контроля распределения бора в шестигранной борированной трубе позволяет гарантировать высокую надёжность и безопасность использования изготовленного оборудования на новых АЭС с водо-водяными энергетическими реакторами.

Organization of the Serial Production of Nuclear Fuel Sealed Storage Racks Using Weldless Hexagonal Borated Tubes at «Atomash» the Branch of «AEM-Technology» JSC

D.V. Dubinin

The Volgodonsk brach of JSC “Engineering company” “AEM-technology” (“Atomash” the Branch of “AEM-technology” JSC in Volgodonsk)

dubinin_ss@atommmash.ru

Abstract – The work describes the organization of the serial production of sealed storage racks for fuel assemblies (NFSSRs) on the premises of the Branch of JSC “AEM-technology” “Atomash”; the site and the quality control installation of the hexagonal boron steel tube; the tooling necessary for the tubes assembly and the equipment necessary for the manufacture of NFSSRs. Also, it specifies the main assignment of NFSSRs and the place of their installation. Prospects for reducing the cost of NFSSRs manufacture through the manufacture of tubes from parts.

Keywords: NFSSRs, sealed storage racks for fuel assemblies, spent fuel pool storage racks.

СЕКЦИЯ 2

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС

УДК 621.039.5

Использование CFD модели реактора АЭС С ВВЭР-1200 для прогнозирования вибраций ТВС

К.Н. Проскуряков, А.В. Аникеев, И. Афшар, Д.А. Писарева

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», Москва

Применен теплогидравлический трехмерный CFD-код модели реактора ВВЭР-1200 для построения картограммы изменения собственной частоты колебаний давления теплоносителя (СЧКДТ) в активной зоне реактора и прогнозирования условий роста вибраций ТВС ВВЭР-1200. Показано, что совпадение СЧКДТс частотой вибраций ТВС возможно лишь при определенном значении средней температуры теплоносителя в активной зоне только в области температур, соответствующих полюсе пропускания относительно выявленного значения СЧКДТ.

Ключевые слова: частота, колебания, давление, теплоноситель, вибрации, износ

Актуальными задачами являются: выявление и предотвращение условий эксплуатации, приводящих к разрушению тепловыделяющих элементов и выходу радиоактивных продуктов в теплоноситель. В результате колебаний теплоносителя возникают циклические изгибные деформации оболочек ТВЭЛов. Образование и развитие дефектов в результате: коррозионно-усталостных процессов и динамического взаимодействия оболочек ТВЭЛов с дистанционирующими решетками (ДР) приводит к фреттинг-износу и повреждением твердыми частицами (дебриз - износ) оболочек в зоне их контакта с пуклевками ДР. Циклические напряжения в зоне крепления хвостовиков ТВЭЛов в нижней опорной решетке, способствуют инициированию и дальнейшему развитию механического износа хвостовиков [1].

В работе [2] разработан и применен теплогидравлический трехмерный CFD-код модели реактора ВВЭР-1200, содержащий ~1 млрд. ячеек. Разработанная модель позволяет определять распределение температуры (рис. 1), и давления теплоносителя в реакторе. Обработка результатов расчета позволяет получить ряд параметров, характеризующих работу реакторной установки, таких как распределение расходов на входе и на выходе из активной зоны, распределение подогревов в тепловыделяющих сборках активной зоны, коэффициенты гидравлического сопротивления элементов проточного тракта реактора и т.д.

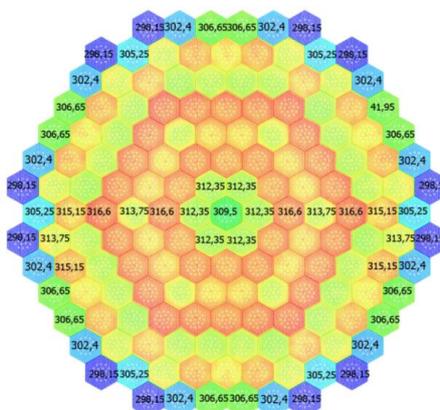


Рисунок 1 – Картограмма средних температур CFD модели, °C

Использование картограммы [2] распределения средних температур по сечению на выходе активной зоны (рис.1) и методов расчета [3] позволяют построить картограмму изменения собственной частоты колебаний давления теплоносителя (СЧКДТ) в активной зоне реактора, представленной на рисунке 2 и провести прогнозирование условий роста вибраций ТВС ВВЭР-1200 на основе данных CFD модели.

Из нее видно, что в номинальном режиме при температуре, представленной на картограмме (рис. 1) не возникает резонансных колебаний ТВС – 2М с потоком теплоносителя.

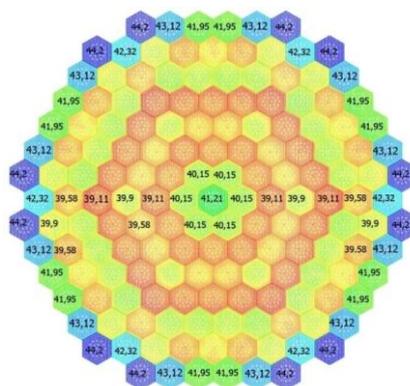


Рисунок 2 – Картограмма СЧКДТ при номинальном режиме, Гц

Проведены сопоставление результатов расчетов СЧКДТ CFD модели с собственной частотой колебаний макета ТВС-2М, частота которого в различных зонах варьируется между 5-35,5 Гц, в зависимости от формы колебания [4].

Собственная частота колебания, извлеченного из ТВС ТВЭЛа варьируется от 39,5 Гц до 400 Гц в зависимости от варианта расположения дистанционирующей решетки рассматриваемой модели ТВС. На базе конструкции ТВС-2М созданы конструкции ТВС для новых проектов АЭС-2006 и ВВЭР-ТОИ. В работе [4] выявлено, что при эксплуатации влияющим фактором на вибрации ТВЭЛов оказывает расход теплоносителя. В таблице 1 приведены собственные частоты колебаний макета ТВС-2М [4]. Источником вибрации в теплоносителе являются локальные возмущения потока теплоносителя. Однако, влияние температуры теплоносителя на вибрации ТВС не было обнаружено.

Известно, что при воздействии внешнего источник возмущений с частотой в 2 раза превышающую частоту собственных колебаний объекта возникает резкое увеличение амплитуды колебаний объекта.

Таблица 1 – Параметры теплоносителя, при которых СЧКДТ в два и в четыре раза превышает частоту вибрации ТВС

Форма колебаний	Собственная частота вибраций ТВС-2М, Гц	Двукратная частота, Гц	Четырехкратная частота, Гц	Скорость звука в теплоносителе, м/с	Температура при P=8 МПа, °C	Температура при P=10 МПа, °C	Температура при P=12 МПа, °C	Температура при P=16 МПа, °C
3-я изгибная	16,5	-	66	1471,4	160	159	161	167
4-я изгибная	23,0	46	-	1025,8	280	283	285	290
5-я изгибная	28,0	56	-	1248,8	230	233	235	240
6-я изгибная	35,5	71	-	1583,3	80	83	84	90

Следующим этапом исследования, проведенного в НИУ “МЭИ”, является определение параметров теплоносителя, при которых величина СЧКДТ в активной зоне в два раза больше частот вибраций ТВС-2М, приведенных в таблице. а также равна четырехкратной частоте оборотов главного циркуляционного насоса (ГЦН).

Данные приведенные в таблице указывают на то, что на разных этапах пуска реактора ВВЭР-1000 возможно усиление изгибных колебаний ТВС – 2М, что необходимо учитывать при анализе остаточного ресурса и обеспечения допустимого износа в результате процесса фреттинг - коррозии.

Показано, что совпадение СЧКДТ и вибраций ТВС возможно лишь при определенном значении средней температуры теплоносителя в активной зоне и только в области температур, соответствующих полосе пропускания относительно выявленного значения СЧКДТ.

В работе [5] проведены исследования вибраций в потоке теплоносителя с температурой 20-40 °С и с максимальным проектным расходом через ТВС.

Пульсации давлений по амплитуде превосходили максимальные приемлемые амплитуды при пусконаладочных измерениях на ВВЭР-1000 примерно на 10-20%.

Во время исследования с помощью лазерных виброметров через прозрачные окна в колонке стенда измерялась вибрация ТВЭЛов, возбуждаемая потоком. Совместно проводилось измерения вибраций одного и того же ТВЭЛа в двух направлениях в каждом из пролетов.

Пульсации давления, созданные на стенде, представлены на рисунке 3.

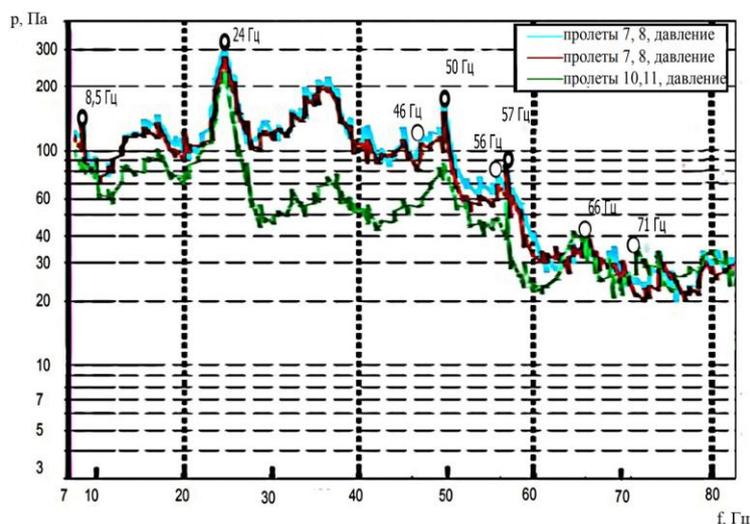


Рисунок 3 –Спектральная характеристика пульсаций давления в макете ТВС

Спектральная характеристика пульсаций давления созданы на базе реально полученного спектра при исследовании ядерного реактора для воссоздания условий эксперимента с соответствующими динамическим характеристикам. На рисунке 3 обозначены частоты пульсаций давления. На спектральной характеристике пульсаций давления в макете ТВС видно, что этим частотам соответствуют выраженные пики.

С учетом того, что представленная на рисунке 3 спектральная характеристика пульсаций давления соответствует измерениям, проведенным на реакторе ВВЭР-1000, можно констатировать, что результаты прогнозирования параметров теплоносителя, при которых увеличивается уровень вибраций ТВС в реакторе ВВЭР-1200, обоснованы данными измерений на эксплуатируемых энергоблоках.

Интенсивность износа защитной оболочки ТВЭЛ при фреттинг – коррозии (ФК) возрастает при виброакустическом резонансе, при котором частоты вибраций ТВЭЛ и/или ТВС попадают в полосу пропускания акустических колебаний теплоносителя в активной зоне реактора.

Совпадение СЧКДТ и вибраций ТВС возможно лишь при определенном значении средней температуры теплоносителя в активной зоне и только в области температур, соответствующих полосе пропускания выявленного значения СЧКДТ.

Для предотвращения резонанса колебаний теплоносителя с вибрациями ТВС необходимо и достаточно вывести собственную частоту колебаний ТВС за пределы полосы пропускания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Перевезенцев, В.В.*, Возбуждение колебаний пучка ТВЭЛов реакторов ВВЭР турбулентным потоком теплоносителя [Текст] / В.В. Перевезенцев // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – Сер. Машиностроение. – 2009. – № 4. – С.78-88.
2. *Проскуряков, К.Н.* Ядерные энергетические установки [Текст] / К.Н. Проскуряков // Изд. дом МЭИ. – 2015. – С. 446.
3. *Волков, В.Ю.* Разработка теплогидравлической CFD модели реактора ВВЭР-1200 / В.Ю. Волков [и др.] // Компьютерные технологии: решения прикладных задач тепломассопереноса и прочности: материалы междунар. конф. – Нижний Новгород, 31 мая - 01 июня 2017 г.
4. *Макаров, В.В.* Модальный анализ макетов ТВС реакторов ВВЭР при силовом и кинематическом возбуждении вибрации [Текст] / В.В. Макаров, А. В. Афанасьев, И.В. Матвиенко. // Научно-техническая конференция молодых специалистов ФГУП ОКБ «Гидропресс». – Подольск. – 2014.
5. *Егоров, Ю.В.*, Экспериментальные исследования вибрации ТВЭЛов ТВС-2М и ТВС-КВАДРАТ в потоке теплоносителя в обоснование вибрационной прочности [Текст] / Ю.В. Егоров // Научно-техническая конференция молодых специалистов ФГУП ОКБ «Гидропресс». – Подольск. – 2016.

Application of a CFD Model of the Nuclear Power Plant WWER-1200 for the Prediction of Vibrations of Fuel Assemblies

K.N. Proskuryakov¹, A.V. Anikeev², E. Afshar³, D.A. Pisareva⁴

National Research University «MPEI», Moscow

¹*proskuriakovkn@mpei.ru*

²*anikeevav@yandex.ru*

³*afshari@mpei.ru*

⁴*pisarevavia@yandex.ru*

Abstract – Thermal-hydraulic three-dimensional CFD model of the reactor WWER-1200 has been applied for building cartograms that show the changes of the self-frequency of coolant pressure oscillations (SFCPO) in the reactor core and predict the conditions for the increase of vibrations of fuel assemblies in WWER -1200. It is shown that the overlapping of the frequency of vibration of the fuel assembly with those of acoustic waves is possible only at a certain value of the average temperature of the coolant in the core and only in the temperature range corresponding to the bandwidth relative to the detected values of the SFCPO.

Keywords: frequency, oscillations, pressure, coolant, vibrations, wear rate.

УДК 004.81 : 004.056

Повышение безопасности информационно-управляющих систем путем их диагностирования на основе когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования

В.В. Коробкин,^{*} А.Е. Колоденкова^{}**

^{*}*НИИ многопроцессорных вычислительных систем ЮФУ, Таганрог*

^{**}*Инновационный центр трансфера технологий (ИЦТТ Самарского государственного технического университета (СамГТУ), Самара*

В целях повышения безопасности функционирования распределенных информационно-управляющих систем в условиях интервальной неопределенности и нечетких исходных данных

предлагается применить диагностирование на основе когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования, позволяющего отражать проблемы системы в упрощенном виде (в модели), исследовать возможные сценарии возникновения рискованных ситуаций на ранней стадии их развития, а также находить пути их разрешения в модельной ситуации. В качестве примера предложена нечеткая когнитивная модель диагностики распределенных информационно-управляющих систем. Приведены пессимистические и оптимистические сценарии возможного развития рискованных ситуаций при возмущениях, разработанные с помощью импульсного моделирования и дан их краткий анализ. Рассчитаны системные показатели нечеткой когнитивной модели, позволяющие выявлять, какие из факторов оказывают наибольшее влияние на всю систему и наоборот; осуществлять поиск наилучших значений факторов, отражающих нормальную эксплуатацию распределенных информационно-управляющих систем.

Ключевые слова: безопасность, диагностирование, распределенные информационно-управляющие системы, когнитивное и нечеткое когнитивное моделирование.

Введение. Распределенная информационно-управляющая система (РИУС) зачастую представляет собой сложный динамический объект, при этом на этапе ее эксплуатации с большой вероятностью могут возникнуть нештатные ситуации, при которых технологический процесс или состояние оборудования выходит за рамки нормального функционирования, что может привести к аварии. Что характерно, для таких систем выявить нештатные ситуации, равно как определить состояние и реакцию системы на такие ситуации в полной мере невозможно на этапе проектирования РИУС. Поэтому актуальной задачей является разработка методов, алгоритмов и специальных средств диагностики, позволяющих прогнозировать развитие дефектов, диагностировать процессы и распознавать нарушения нормальной эксплуатации на ранней стадии их развития [1, 2]. Несмотря на важность необходимости и значимости эффективного решения задач по диагностике РИУС, в настоящее время не существует единого подхода к решению подобных задач с учетом разнообразия возникающих нештатных ситуаций. Существующие систем громоздки и не способны порождать рациональные типовые решения ввиду их базирования на разнородных «тяжеловесных» математических средствах, подогнанных под разнообразные частные парадигмы [3].

Учитывая актуальность проблемы, большой интерес вызывают новые технологии диагностирования с выявлением и анализом рискованных ситуаций, путем построения набора моделей, заполняющих «когнитивную дистанцию» между автоматизируемой предметной областью и качеством диагностирования конкретной РИУС.

В связи этим в настоящей работе для диагностирования, выявления рискованных ситуаций и распознавания нарушения нормальной эксплуатации на ранней стадии их развития, предлагается использовать когнитивное и нечеткое когнитивное моделирование, позволяющее учитывать многофакторность процесса диагностирования РИУС в процессе эксплуатации [4].

Когнитивное и нечеткое когнитивное моделирование процесса диагностики распределенных информационно-управляющих систем. Учитывая важность, сложность и многоаспектность процесса диагностирования РИУС в условиях интервальной неопределенности и нечетких исходных данных, целесообразно применить когнитивное и нечеткое когнитивное моделирование.

В настоящей работе под *когнитивным моделированием* понимается инструмент для моделирования процесса диагностирования РИУС, включающий методы, методики, алгоритмы, предназначенных для решения взаимосвязанных системных задач (поиск циклов когнитивной модели, поиск собственных чисел, топологический анализ, задание управляющих воздействий, установление текущих значений показателей и начальных импульсов), что позволяет анализировать процесс анализа реализуемости проектов, а также уточнять четкие когнитивные модели (ЧКМ).

Под *нечетким когнитивным моделированием* понимается инструмент для моделирования процесса диагностирования РИУС, включающий методы, методики, алгоритмы, предназначенных для решения взаимосвязанных системных задач (топологический анализ, взаимовлияние факторов, обучение нечеткой когнитивной модели (НКМ), задание управляющих воздействий, установление текущих значений показателей и начальных импульсов), что позволяет анализировать процесс анализа реализуемости проектов, а также уточнять НКМ.

Обобщенная схема методологии когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования процесса диагностирования РИУС состоит из семи этапов [4].

Этап 1. Выявление факторов (целевых, управляющих), связей между ними, а также задание их значений.

На данном этапе происходит анализ проблемы, определение цели и задач исследования, а также когнитивная структуризация знаний руководителя и исполнителей проекта.

Этап 2. Задание значений факторов и связей между ними.

Этап 3. Обработка значений факторов и связей между ними (обработка неопределенных исходных данных).

Этап 4. Построение четкой и/или нечеткой когнитивной модели.

Под *четкой когнитивной моделью* понимается когнитивная карта (знаковый ориентированный граф), которая получается путем структуризации знаний руководителя, исполнителей проекта на основе теоретических представлений, исходных данных, применения различных экспертных методов [5, 6]:

$$G = \langle V, E \rangle,$$

где $V = \{v_i\}$ – множество вершин, $i = 1, \dots, h$, h – количество вершин;

E – бинарное отношение на V (дуги (связи) между вершинами v_i и v_j). Элементы e_{ij} , $e_{ij} \in E$ ($i, j = 1, \dots, h$) характеризуют направление и силу влияния между вершинами v_i и v_j , $e_{ij} = e(v_i, v_j)$.

Под *нечеткой когнитивной моделью* понимается нечеткая когнитивная карта, в которой вершины представляют факторы, а ребра – нечеткие причинно-следственные связи между факторами (2.2) [6, 7]

$$G_{\text{неч}} = \langle V, W \rangle,$$

где $V = \{v_i\}$ – множество вершин, $v_i \in V$, $i = 1, \dots, h$, h – количество вершин;

$X = \{x_{v_i}\}$ – множество параметров вершин, $i = 1, \dots, h$. При этом каждой вершине ставится один параметр;

W – нечеткие причинно-следственные связи между вершинами. Элементы w_{ij} , $w_{ij} \in W$ характеризуют направление, силу влияния между вершинами v_i и v_j и обладают свойствами, которые описаны в работе [8].

Заметим, что на данном этапе может быть построена не одна четкая и/или нечеткая когнитивная модель, а набор четких G и/или нечетких когнитивных моделей $G_{\text{неч}}$.

Отметим, что в общем случае, пока работа не ведется с ЧКМ и/или НКМ как с математической моделью, оперируем понятием «факторы». Как только началась работа с ЧКМ и/или НКМ, оперируем понятием «вершина».

Этап 5. Вычислительный эксперимент четкой и/или нечеткой когнитивной модели, включающий анализ структур моделей, импульсное моделирование и сценарный анализ.

В случае проведения импульсного моделирования на четкой и/или нечеткой когнитивной модели, сценарного анализа могут быть построены различные сценарии прогноза развития ситуаций, связанные с диагностированием РИУС, с целью ослабления негативных тенденций и/или усиления позитивных тенденций.

Для проведения импульсного моделирования на ЧКМ и/или НКМ необходимо исследовать зависимости изменения параметров вершин от времени $x_{v_i}(t)$, $t = 1, 2, 3, \dots$

Процесс распространения возмущения по графу G определяется выражением, описанным в работах [9, 10]. Сценарии, порождаемые возмущениями, дают ответ на вопрос: «А что будет в момент $t(n+1)$, если ...?».

Проведение вычислительного эксперимента путем импульсного моделирования требует предварительного его планирования. Под *планированием* понимается выбор вершин, в которые должны вноситься возмущающие воздействия.

Для решения задачи выбора лучшего сценария нужно получить достаточное количество реализаций каждого сценария, а затем провести несколько серий импульсного моделирования. Далее необходимо применить экспертные оценки либо математические методы сравнения [11-13].

Этап 6. Анализ результатов.

Руководителю проекта после проведения исполнителями анализа результатов предлагается сделать выбор, а именно принять решение о корректировке / не корректировке начальной ЧКМ G и/или НКМ $G_{\text{неч}}$ или о разработке новой ЧКМ $G_{\text{(нов)}}$ и/или НКМ $G_{\text{неч(нов)}}$.

В ходе работы руководитель проекта может осуществлять контроль за исполнением заданий исполнителями, а также отдавать поручения о добавлении или удалении факторов; об установлении новых связей между факторами; об изменении значений факторов.

Этап 7. Вывод о диагностике РИУС с учетом рискованных ситуаций и распознавания нарушения нормальной эксплуатации на ранней стадии их развития.

Построение и вычислительный эксперимент модели диагностики распределенных информационно-управляющих систем. В качестве примера для диагностики РИУС была разработана НКМ (рис. 1). Здесь v_1 – количество задач; v_2 – производительность исполнителей (скорость выполнения работ); v_3 – количество оценок для диагностики РИУС (оценки могут быть получены с применением различных подходов и методов); v_4 – завершение проекта по разработке РИУС (неудачное завершение проекта, т.е. отставание от графика работ либо провал проекта); v_5 – экономичность (выполнение работ с наименьшими затратами); v_6 – надежность РИУС (система находится в работоспособном состоянии в течение определенного отрезка времени), v_7 – безопасность и защита РИУС (свойство системы исправно функционировать без проявления различных негативных последствий для людей и внешней среды); v_8 – внешние факторы (сейсмика, климатика, землетрясение, наводнение); v_9 – количество ошибок исполнителей; v_{10} – время создания РИУС (время, затраченное на разработку); v_{11} – стоимость создания РИУС (финансовые ресурсы, затрачиваемые на разработку); v_{12} – количество исполнителей; v_{13} – квалификация исполнителей; v_{14} – нарушение нормальной эксплуатации; v_{15} – аварийная ситуация. Отметим, что под вершиной v_8 понимается внешняя среда (пожар, энергоснабжение).

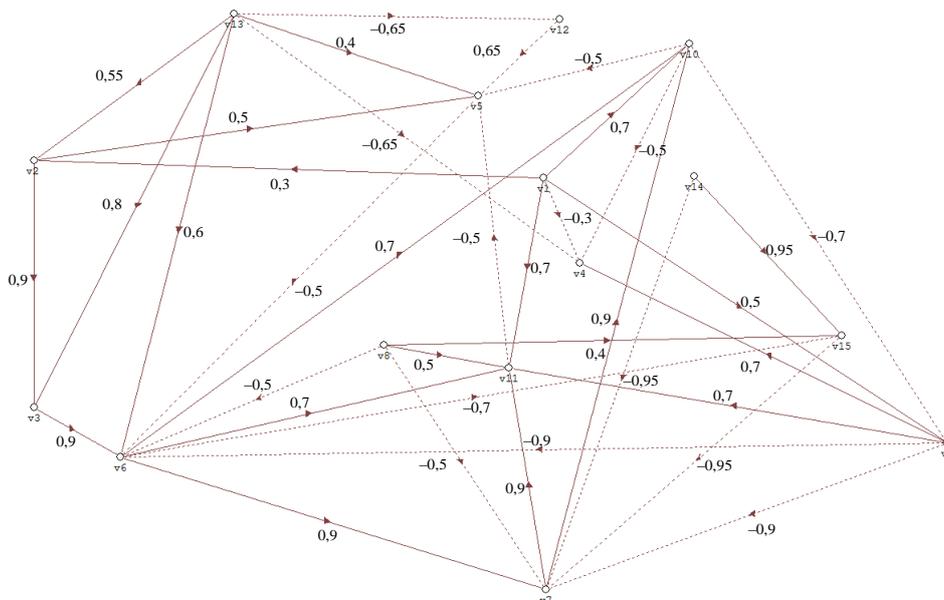


Рисунок 1 – Нечеткая когнитивная модель диагностики распределенных информационно-управляющих систем

Интерпретировать связи, представленные на рисунке 1, можно следующим образом: преобразования процентных изменений причин в процентные изменения следствий. Например, связь $v_6 \rightarrow v_7$ с весом 0,9 означает, что если значение параметра вершины v_6 возрастет (уменьшится) на 10 %, то значение параметра вершины v_7 возрастет (уменьшится) (знак «+») на 9% ($10\% * 0,9 = 9\%$). Например, связь $v_6 \rightarrow v_{15}$ с весом $-0,7$ означает, что если значение параметра вершины v_6 уменьшится на 10 %, то значение параметра вершины v_{15} возрастет (знак «-») на 7% ($10\% * 0,7 = 7\%$).

Отметим, что технические показатели скрыты в вершинах v_6 и v_7 , а также в НКМ рассматриваются наиболее общие (ключевые) факторы, характеризующие развитие дефектов, рискованных ситуаций, возникающие на ранней стадии их развития. На последующих этапах диагностики РИУС при построении НКМ могут использоваться факторы, характеризующие индивидуальность объектов.

Для выработки обоснованных управленческих решений по диагностике РИУС проводится анализ структурной устойчивости модели в виде НКМ. В данной работе под структурной устойчивостью предлагается понимать степень живучести нечеткого графа [14]. Проведенный анализ структурной устойчивости НКМ показал, что степень структурной устойчивости исследуемой модели находится на уровне 0,48, что классифицирует модель как среднеустойчивую.

Проведение вычислительного эксперимента путем импульсного моделирования требует предварительного его планирования. Ниже приведены фрагменты результатов импульсного моделирования сценариев развития НКМ и дан их анализ.

Сценарий № 1. Данный сценарий соответствует «пессимистическому» сценарию. Импульс поступает в три вершины. Зададимся вопросом: «Что будет, если увеличить количество задач на $q_1 = 10\%$, уменьшить количество оценок реализуемости проекта по разработке ПТС УС МП на $q_3 = -10\%$ и уменьшить время разработки ПТС УС МП на $q_{10} = -10\%$?» (рис. 2).

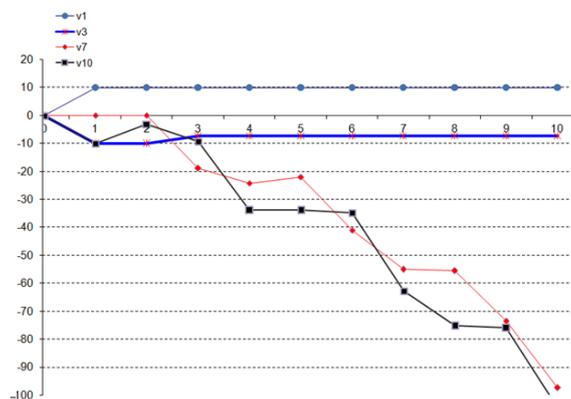


Рисунок 2 – Сценарий № 1

Рекомендации: увеличение количества задач на 10 %, уменьшение количества оценок реализуемости проекта по разработке ПТС УС МП на (-10 %) и уменьшение времени разработки ПТС УС МП на (-10 %) приводит к резкому уменьшению безопасности и защиты ПТС УС МП на (-19 %).

Сценарий № 2. Данный сценарий соответствует «оптимистическому» сценарию. Импульс поступает в две вершины. Зададимся вопросом: «Что будет, если увеличить количество оценок реализуемости проекта по разработке ПТС УС МП на $q_3 = 10\%$ и уменьшить стоимость разработки ПТС УС МП на $q_{11} = -10\%$?» (рис. 3)

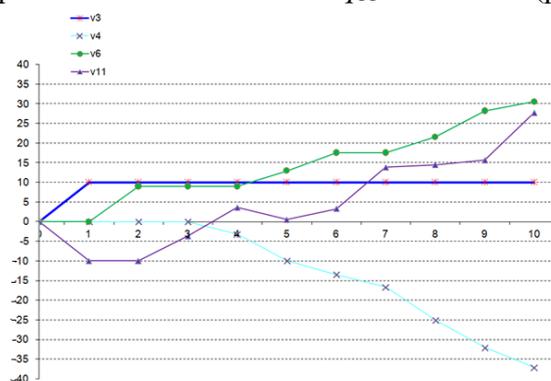


Рисунок 3 – Сценарий № 2

Рекомендации: увеличение количества оценок реализуемости проекта по разработке ПТС УС МП на 10 % и уменьшение стоимости разработки ПТС УС МП на (-10 %) приводит к увеличению надежности ПТС УС МП на 9 %. Однако с 5 шага наблюдается резкое увеличение надежности на 17,5 %, что приводит к резкому увеличению стоимости разработки ПТС УС МП сначала на 3 %, затем на 14 %. Это является результатом резкого уменьшения неудачного проекта сначала на (-10 %), затем на (-13,8 %).

На графиках по оси абсцисс отмечены такты моделирования n (могут быть поставлены конкретные временные интервалы), по оси ординат – изменение значений параметров вершин (можно понимать цифры, характеризующие скорость нарастания сигналов в вершинах когнитивной модели; либо изменение вершины в процентах, что позволяет не задумываться о единицах измерения и порядке величин вершин).

Отметим, что для лучшего восприятия изображения графики импульсных процессов содержат по четыре вершины. При этом отметим, что на графиках представлено такое количество тактов моделирования, которое отражает тенденции изменений. Дальнейший вычислительный эксперимент показал, что на последующих тактах тенденции нарастания или убывания не меняются.

Анализ структуры модели диагностики распределенных информационно-управляющих систем. Проведение анализа структуры НКМ состоит из трех этапов.

Первый этап – топологический анализ, позволяющий определять взаимовлияния концептов друг на друга, а также получать информации о неявных взаимных влияниях между концептами [15, 16].

Топологический анализ показал, что в качестве целевых факторов могут быть выбраны вершины v_5, v_6, v_{11} . При этом вершины v_1, v_2 и v_8 рекомендуется исключить из НКМ, поскольку они могут являться «преткновением» для эффективного взаимодействия вершин между собой.

Второй этап – оценка взаимовлияния вершин друг на друга (рассчитываются системные показатели НКМ) [17, 18].

Исследования показали, что наибольшее положительное влияние на целевую вершину v_7 оказывают вершины v_3 (0,81) и v_2 (0,73). Отрицательное влияние оказывают вершины v_{14} (-0,95) и v_{15} (-0,95), которые находятся на высоком уровне, это указывает на то, что данные вершины могут негативно влиять на значения целевой вершины v_7 .

Заметим, что наибольшее положительное влияние на НКМ оказывают вершины v_2 (0,19), v_3 (0,10), при этом они практически не испытывают обратного сильного влияния. Чуть меньшее положительное влияние на НКМ оказывают вершины v_3 (0,08), v_{13} (0,08). Влияя на вышеперечисленные вершины, можно «повернуть» всю систему в положительную сторону.

Наибольшему влиянию со стороны НКМ подвержены вершины v_{11} (0,2), v_3 (0,13), v_{10} (0,13), v_6 (0,08). Высока вероятность того, что влияние НКМ на эти вершины способно погасить любое отрицательное воздействие извне.

Третий этап – гарантированное нахождение значений факторов в интервалах, отражающих реализуемость создания РИУС при ограниченных ресурсах, имеющихся в наличии, с использованием процедуры обучения НКМ, описанной в работе [19, 20].

Исследования показали, что после четырех итераций возникло установившееся состояние, определяемое вектором переменных: $X^{\text{вых}} = (0,6572; 0,7945; 0,8945; 0,4548; 0,5728; 0,7488; 0,2113; 0,6588; 0,5719; 0,8851; 0,9448; 0,5196; 0,6597; 0,6589; 0,7549)$. Однако значения вершин v_7 (0,2113), v_{10} (0,8851) и v_{11} (0,9448) не попали в заданный интервал, поэтому далее использовали процедуру обучения НКМ.

Затем провели вычисления для тех же начальных значений параметров вершин $X(0) = (0,0003; 0,64; 0,08; 0,95; 1; 0,77; 0; 0,55; 0,55; 0,1; 0,99; 0,003; 0,93; 0,6; 0,4)$ с применением на каждой итерации обновления значений связей.

В результате после пяти итераций возникло установившееся состояние НКМ, определяемое вектором переменных: $X^{\text{вых}} = (0,9777; 0,9901; 0,9950; 0,9280; 0,9742; 0,9824; 0,6229; 0,9778; 0,9691; 0,9946; 0,9976; 0,9489; 0,9778; 0,9778; 0,9880)$ значения которого v_6 (0,9824), v_7 (0,6229), v_{10} (0,9946), v_{11} (0,9976) удовлетворяют начальным ограничениям.

Заключение. Главным достоинством предложенной модели процесса диагностики является возможность систематического качественного учета отдаленных последствий возможных нештатных ситуаций и выявления побочных эффектов, которые позволяют учитывать многофакторность процесса диагностирования РИУС в процессе эксплуатации и, тем самым, повысить безопасность функционирования. Задача выявления возможных рисков вообще, а на этапе эксплуатации оборудования в частности, должно являться важнейшей составной частью обеспечения безопасности любого оборудования на АЭС, а не только РИУС, приведенного в настоящей статье в качестве примера.

Проведенный анализ структурной устойчивости НКМ показал, что модель является среднеустойчивой, это подтверждается приведенными фрагментами анализа пессимистических и оптимистических сценариев возможного развития рискованных ситуаций при создании РИУС. Проведение вычислительного эксперимента путем импульсного моделирования позволяет спрогнозировать возникновение возможных рискованных ситуаций,

связанных с появлением каких-либо возмущений, а также смоделировать вероятность и последствия их развития, чтобы предпринять комплекс мер для экономически и технически успешного создания ИУС.

Анализ структуры НКМ позволил выявить факторы, оказывающие наибольшее влияние на всю систему и наоборот; факторы, которые подвержены наибольшему влиянию со стороны системы, а также наилучшие значения параметров факторов, отражающих реализуемость проекта по созданию РИУС с учетом имеющихся ресурсов, а также предоставил рекомендации обоснования выбора целевых и управляющих вершин НКМ в условиях неопределенных исходных данных и информацию для управленческих действий, направленных на совершенствование НКМ.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 19-08-00152.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юрков, Н.К. Системный подход к организации жизненного цикла сложных технических систем [Текст] / Н.К. Юрков // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 1. – С. 27-35.
2. Бушуева, М.Е. Диагностика сложных технических систем [Текст] / М.Е. Бушуева, В.В. Беляков // Труды первого рабочего совещания по проекту НАТО SFP-973799 Semiconductors «Разработка радиационно стойких полупроводниковых приборов для систем связи и прецизионных измерений с использованием шумового анализа», апрель 2001 г. – Нижний Новгород : ННГУ им. Н.И. Лобачевского, ТАЛАМ, 2002. – С. 63-99.
3. Семенов, С.С. Основные положения системного анализа при оценке технического уровня сложных систем с применением экспертного метода [Текст] / С.С. Семенов // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 4. – С. 45-53.
4. Krioni N.K., Kolodenkova A.E., Korobkin V.V., Gubanov N.G. Intelligent decision-making support system using cognitive modeling for project feasibility assessment on creating complex technical systems. International Journal of Applied Business and Economic Research. 2016. Vol. 14. No. 10. P. 7289-7300.
5. Робертс, Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам [Текст] / Ф.С. Робертс. – Москва : Наука, 1986. – 496 с.
6. J. Dickerson, V. Kosko Virtual worlds as fuzzy cognitive maps. Virtual reality annual international symposium, 1993. P. 471-477.
7. Kosko, V. Fuzzy Cognitive Maps. International Journal of Man-Machine Studies. 1986. Vol. 1. P. 65-75.
8. Силов, В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке [Текст] / В.Б. Силов. – Москва : ИНПРО-РЕС, 1995. – 228 с.
9. Кульба, В.В. Сценарный анализ динамики поведения социально-экономических систем [Текст] / В.В. Кульба, Д.А. Кононов, С.С. Ковалевский и др. – Москва : ИПУ РАН, 2002. – 122 с.
10. Касти, Дж. Большие системы: связность, сложность и катастрофы [Текст] / Дж. Касти. – Москва : Мир, 1982. – 216 с.
11. Новичихин, А.В. Методические особенности проектного программирования развития предприятий ресурсного региона (на примере угольной отрасли) [Электронный ресурс] / А.В. Новичихин, А.Н. Уланкин. – URL: http://www.giab-online.ru/files/Data/2011/3/Novichihin_3_2011.pdf.
12. Sadovnikova, N.P. Application of the cognitive modeling for analysis of the ecological and economical efficiency of the urban planning project [Электронный ресурс] / N.P. Sadovnikova // Internet-vestnik VolgGASU. Ser.: Civil Engineering Informatics. Issue, 2011. – 5 (14). – URL: www.vestnik.vgasu.ru.
13. Казанин, И.Ю. Исследование социально-экономической безопасности Ростовской области, когнитивное моделирование стратегии развития [Электронный ресурс] / И.Ю. Казанин. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-sotsialno-ekonomicheskoy-bezopasnosti-rostovskoy-oblasti-kognitivnoe-modelirovanie-strategii-razvitiya>.
14. Боженюк, А.В., Гинис Л. А. Применение нечетких моделей для анализа сложных систем [Текст] / А.В. Боженюк, Л. А. Гинис // Системы управления и информационные технологии. – 2013. – Т. 51. – № 1.1. – С. 122-126.
15. Atkin, R.H. Polyhedral dynamics and the geometry of systems, RR-77-6 / R.H. Atkin, J. Casti // International institute for applied systems analysis. Laxenburg (Austria). March, 1977.
16. Горелова, Г.В. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход [Текст] / Г.В. Горелова, Е.Н. Захарова, С.А. Радченко. – Ростов-на-Дону : РГУ, 2006. – 332 с.

17. Коростелев, Д.А. Применение нечетких когнитивных моделей для формирования множества альтернатив в задачах принятия решений [Текст] / Д.А. Коростелев, Д.Г. Лагерева, А.Г. Подвесовский // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2009. – № 4 (24). – С. 77–85.
18. Борисов, В.В. Нечеткие модели и сети [Текст] / В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федулов. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2007. – 284 с.
19. Колоденкова, А.Е. Оценка реализуемости проекта по созданию информационно-управляющих систем с применением процедуры обучения нечеткой когнитивной модели [Текст] / А.Е. Колоденкова // Вестник УГАТУ. – 2016. – Т. 20. – № 2 (72). – С. 123-133.
20. Papageorgiou, E.I. Unsupervised hebbian algorithm for fuzzy cognitive map training / E.I. Papageorgiou, C.D. Stylios, P.P. Groumpos // Proc. Of the 5-th International Workshop on Computer Science and Information Technologies. Ufa, 2003. Vol. 1. P. 209-216.

Improving Safety of Information Management Systems by Diagnosing them Based on Cognitive and Fuzzy Cognitive Modeling

V.V. Korobkin ^{*1}, A.E. Kolodenkova ^{2}**

** Research Institute of Multiprocessor Computing Systems, Southern Federal University, Taganrog
** Innovative Center for Technology Transfer (Samara State Technical University), Samara*

Abstract – In order to improve the security of the functioning of distributed information management systems in the conditions of interval uncertainty and fuzzy source data, it is proposed to apply diagnostics based on cognitive and fuzzy cognitive modeling allowing to reflect the problems of the system in a simplified form (in the model) to explore possible scenarios for the occurrence of risk situations at an early stage their development as well as finding ways to resolve them in a model situation. As an example, a fuzzy cognitive model of diagnostics of distributed information control systems is proposed. Pessimistic and optimistic scenarios of possible development of risk situations in case of disturbances, developed using pulse simulation, are given and a brief analysis is given. The system indicators of a fuzzy cognitive model are calculated allowing to identify which of the factors have the greatest impact on the entire system and vice versa; search for the best values of factors reflecting the normal operation of distributed information management systems.

Keywords: security, diagnostics, distributed information control systems, cognitive and fuzzy cognitive modeling.

УДК 621.039.516.2 : 621.039.54

Исследование способов повышения КВ в быстрых реакторах с МОХ-топливом при стремлении к минимальным значениям НПЭР

А.К. Арутюнян, С.Б. Выговский, А. Г. Хачатрян

Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ" г. Москва

В данной работе приведены результаты численных исследований возможности увеличения КВ максимально безопасным путем для реакторов БН с натриевым теплоносителем. Как показатель надежной и безопасной эксплуатации ЯЭУ, в рассмотренном случае является НПЭР (Натриевый Пустотный Эффект Реактивности). Получение высоких значений этой величины приводит к снижению безопасной эксплуатации ЯЭУ и заставляет искать не только пути повышения КВ, но и пути, которые приведут к получению минимальных значений НПЭР с максимальным КВ. В расчетах, направленных на уменьшение НПЭР минимальным значением КВ принято считать $K_B \geq 0,95$. В работе рассмотрены влияние нескольких важнейших факторов на эксплуатационные характеристики реактора и на экономические показатели. Этими факторами являются использование разных видов топлива и топливных сочетаний, геометрические размеры реактора, распределение обогащенного топлива в активной зоне, а также изменение удельного объема топлива в разрешенных пределах. Рассмотрев влияние геометрических размеров на НПЭР, был изменен размер активной зоны за счет изменения удельного тепловыделения и объемной доли топлива. В активную зону введено топливо, ядра которого можно сказать не имеют спектральную зависимость от количества натрия.

Ключевые слова: коэффициент воспроизводства, коэффициент неравномерности, топливный цикл, активная зона, натриевый пустотный эффект реактивности.

Поскольку в БН деление плутония зависит от энергии нейтрона, увеличивается η (число рожденных нейтронов). Спектр нейтронов при удалении натрия из активной зоны становится жестким и соответственно НПЭР существенно увеличивается [1].

Проведенные расчеты по теории возмущения для двух типов топлива U и Pu получили следующие результаты [2].

Таблица 1 – НПЭР по теории возмущения [SVRE perturbation theory]

H = 60 см R = 196,8 см	U	Pu
Δ Крад.уте.	$- 2,297 \cdot 10^{-3}$	$-1,7435 \cdot 10^{-3}$
Δ Как.уте.	$- 6,653 \cdot 10^{-3}$	$-6,785 \cdot 10^{-3}$
Δ Захват	$1,966 \cdot 10^{-3}$	$1,6996 \cdot 10^{-3}$
Δ Спектор	$6,729 \cdot 10^{-3}$	$2,0963 \cdot 10^{-2}$
$\Sigma\Delta$	$- 2,55 \cdot 10^{-4}$	$1,413 \cdot 10^{-2}$

Исходя из выше полученных результатов попробуем уменьшить НПЭР тори-урановой смеси который содержит 12,5% тория. Бороться с НПЭР можно лишь увеличением утечки из активной зоны. Этого можно достигать только уменьшением объема активной зоны, что со своей стороны приведет к падению КВ, увеличит температуру топлива, что в нашем случае находится в максимальном значении. Необходимо проводить дополнительный теплогидравлический расчет, чтобы определить возможности и увеличить начальное обогащение топлива, что нежелательно [3].

Рассмотрим уран-ториевую топливу, попробуем уменьшить НПЭР с помощью увеличения утечки нейтронов из активной зоны; высоту активной зоны берем 88 см, а не 105 см, как считали наверху. Это позволит уменьшить НПЭР за счет увеличиваемой аксиальной утечки, но таким образом минимальное значение КВ не должно быть меньше 0,95 [4]. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимости КВ и НПЭР-а от размеров АЗ [Dependence of KV and SVRE -a on the size of the reactor core]

H = 0,88 м HЭфф = 0,32 м	qv Вт/см ³	КВАЗ	КВБЭ	R см	НПЭР
	480	0,978	0,222	128	0,0188
	430	0,985	0,207	135,73	0,0192
	400	0,99	0,197	140,73	0,0194
	350	0,998	0,18	150,45	0,0198
300	1,008	0,163	162,5	0,0203	

Как видно из таблицы, при уменьшении объема активной зоны существенно падает НПЭР, также падает КВ и требуется увеличить обогащение, чтобы реактор держать в критическом состоянии. Однако здесь возникает необходимость нового теплогидравлического расчета. Поскольку все эти результаты получены для более массивного топлива, появляется необходимость проводить расчет заново, чтобы выявить возможность увеличить удельную тепловыделению из единичного объема. Когда энерганапряженность была 300 Вт/см³, мы увеличили объёмную долю топлива до $\epsilon = 0,4952$ и максимальную температуру в центре для максимально напряжённого ТВЭЛа; получили 2426 °С. Теперь посмотрим, насколько можно увеличить удельное энерговыделение и соответственно уменьшить объем активной зоны [5]. Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Зависимость КВ и НПЭР от доли топлива в 1 см³ [Dependence of KV and SVRE on the share of fuel in 1 sm³]

qv Вт/см ³	δ Ц.О. мм	T °C $\epsilon = 0,4952$	T = 2450 °C эдопуш.	КВАЗ	НПЭР
480	1,8	4108	0,4588	0,94	0,0188
430	1,5	3596	0,4726	0,96	0,0193
400	1,39	3306	0,477	0,97	0,0195
350	1,03	2850	0,4894	1,029	0,02
300	0,8	2426	0,4952	1,049	0,0203

Поскольку на НПЭР, в основном, главную роль играет спектральное составляющее [6], рассмотрим варианты, где в двузонном реакторе в зоне малого обогащения загружается ^{235}U вместе с ^{94}Pu (энергетический плутоний) по процентам, как делящийся материал, а как пассивный ^{238}U и ^{232}Th – 12,5%. Расчет зависимости НПЭР по радиусу двузонной активной зоны для одного ТВСа, когда в ЗМО добавляется ^{235}U по процентам с ^{94}Pu . Результаты показаны на графическом образе на рисунке 1.

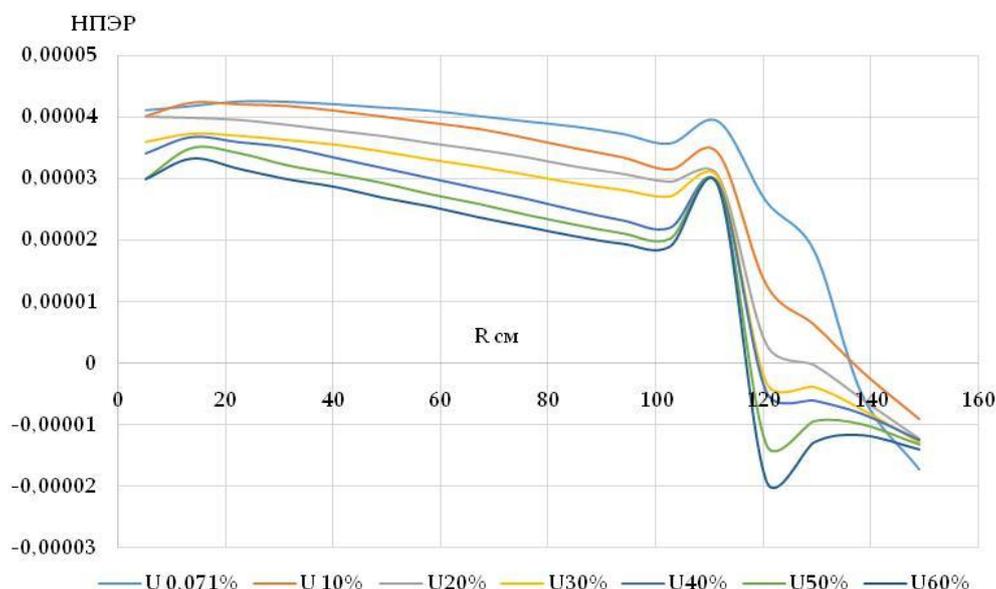


Рисунок 1 – Зависимость НПЭР по радиусу активной зоны для одного ТВС-а [The dependence of SVRE on the radius of the core for a fuel assembly]

Как уже было доказано, при появлении плутония НПЭР растет и превышает долю запаздывающих нейтронов в 5-7 раз, что приводит к мгновенному росту цепной реакции. Проведенные эксперименты для уменьшения НПЭР путем уменьшения объема активной зоны, а также с добавлением ^{235}U в энергетическом плутонии дали приблизительно одинаковые результаты: уменьшение НПЭР в 1,2 раза. В первом случае это было за счет увеличения удельного тепловыделения, которое выгодно по экономическим критериям (маленькая АЗ – маленькие капитальные и эксплуатационные затраты). Во втором случае, когда объемное энерговыделение сравнительно невелико можно, не меняя размеры, получить сравнительно малый НПЭР, который оправдан с точки зрения безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев, М.Н. Плутоний [Электронный ресурс] / М.Н. Николаев. – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского. – URL www.ippe.ru/libr/pdf/94pu.pdf (дата обращения: 27.04.2019).
2. Ашурко, Ю.М. Исследование влияния натриевого пустотного эффекта реактивности на безопасность быстрого натриевого реактора большой мощности [Текст] / Ю.М. Ашурко [и др.]// Известия вузов Ядерная энергетика. – 2014. – №3. – С. 5-14.
3. Kuzmin A.V., Yurkov M.M. Thermal conductivity coefficient UO₂ of theoretical density and regular stoichiometry : Thermophysical Basis of Energy Technologies. MATEC Web of Conferences. Томск, Jan. 2017.
4. Апсэ, В.А. Использование программы TIME26 в курсовом проектировании быстрых реакторов и электроядерных установок [Текст] / В.А. Апсэ, А.Н. Шмелев. – Москва : Изд-во МИФИ, 2008. – 63 с.
5. Поплавский, В.М. Исследование влияния пустотного эффекта реактивности на техникоэкономические характеристики и безопасность перспективного быстрого реактора [Текст] / В.М. Поплавский, В.И. Матвеев, В.А. Елисеев // Атомная энергия. – 2010. – Т. 108. – Вып. 4. – С. 230-235.
6. Кузнецов, И.А. Безопасность АЭС с реакторами на быстрых нейтронах [Текст] / И.А. Кузнецов, В.М. Поплавский. – Москва : ИздАт, 2012. – 632 с.

Study Ways to Increase KV in Fast Reactors with MOX-fuel Aiming for the Minimum SVRE

Harutyunyan A.K., Vygovskiy S.B., Khachatryan A.G.

National Research Nuclear University «MEPhI», Moscow
aramharutyunyan@bk.ru

Abstract – This work presents the results of numerical studies on the possibility of increasing the maximum safe pathway CV for sodium-cooled BN reactors. An indicator of reliable and safe operation of nuclear power plants in the case under consideration is SVRE (sodium void reactivity effect). Achieving high values of this value leads to a decrease in the secure operation of NPPs and forces us not only to find ways to increase the RF, but also ways that result in minimal values for SVRE with maximum RF. In the calculations aimed at the reduction of SVRE it is assumed that the minimum value of KV ($KV \geq 0.95$). The paper examines the effects of several important factors on reactor performance and economic performance. These factors include the use of different fuels and fuel combinations, the geometric dimensions of the reactor, the distribution of enriched fuel in the core, and the change in specific fuel volume within allowable limits. The influence of geometrical dimensions on the SVRE was considered, the size of the core was changed due to a change in the specific heat release and the volume fraction of the fuel. In the core fuel is introduced, whose nuclei have no spectral dependence on the amount of sodium.

Keywords: reproduction coefficient, irregularity coefficient, fuel cycle, active zone, sodium void reactivity effect.

УДК 621.039.5 : 658.58 : 004

Особенности ремонтных технологий на этапе проведения ремонтных компаний

В.Н. Никифоров*, Е.В. Арженовская*, Н.Н. Подрезов*, А.С. Галкин*,
А.Г. Крупский**

*НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ, Волгодонск, Ростовская обл.

**АО «Концерн Росэнергоатом», Москва

В работе рассмотрены вопросы обеспечения документацией систем технического обслуживания и ремонта (ТОиР) в условиях реализации направления «Цифровая АЭС» Программы цифровизации Электроэнергетического дивизиона ГК «Росатом». Для отраслевого уровня востребована разработка нормативно-технических документов, обучающих и конструкторско-технологических ремонтных комплектов, отвечающих коммуникационным возможностям и потенциалу внедряемых современных цифровых IT-технологий.

Ключевые слова: техническое обслуживание и ремонт (ТОиР), цифровая технология, нормативно-техническая документация (НТД), планово-предупредительный ремонт (ППР).

Нормативное обеспечение управляющих воздействий в процессе эксплуатации и ТОиР является важным элементом сохранности ресурса оборудования и систем при эксплуатации энергоблоков. Как известно, поддержание ресурсных характеристик (согласно ГОСТ 27.002-89) на допустимом уровне является основной идеей управления физическими активами (рис. 1) АЭС российских проектов [1].



Рисунок 1 – Схема управления физическими активами АЭС

Для поддержания работоспособности, обеспечения исправности оборудования, зданий и сооружений АЭС и готовности их к выполнению заданных функций применяется система технического обслуживания. Основой профилактического восстановления объектов ремонта в атомной энергетике продолжает оставаться система превентивных планово-предупредительных ремонтов (ППР). Обе эти системы начинают восприниматься как устаревшие, поскольку рациональная организации обслуживания оборудования в современных условиях невозможна без применения информационных технологий [2].

В СТО 1.1.1.01.0069-2017 «Правила эксплуатации, ТОиР систем и оборудования АС» указана необходимость использования при ТОиР «...современных информационных технологий, ...включая применение мобильных устройств и облачных технологий». Действительно, огромные возможности в плане анализа данных и принятия управляющих воздействий предоставляют современные стационарные АСУТП проекта, переносные диагностические комплексы, информационно-программные модули [3]. Таким образом, единая информационная среда, цифровые технологии, информатизационные процессы будут все в большей мере утверждаться в роли необходимых элементов обеспечения систем ТОиР.

По мнению авторов, основным сдерживающим фактором процесса цифровизации ТОиР является недостаток или полное отсутствие НТД отраслевого уровня для проектирования и реализации технической ремонтных и обслуживающих комплексов технологических процессов, регламентов в увязке с активно внедряемыми информационно-коммуникационными технологиями, ГОСТ 34.003-90. Фактически «белым пятном» является правовое и нормативное обеспечение требований к составу и содержанию подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов в области ТОиР с учетом инновационного развития отрасли, что не способствует снижению рисков, связанных с влиянием человеческого фактора на управляемость ресурсом физических активов АЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО 1.1.1.01.007.0281-2010. Управление ресурсными характеристиками элементов энергоблоков атомных станций.
2. Кац, Б.А. Из истории создания планово-предупредительных ремонтов [Текст] / Б.А. Кац // Главный механик. – 2013. – № 11. – С. 19-26.
3. Никифоров, В.Н. Разработка информационно-программных модулей для персонала АЭС [Текст] / В.Н. Никифоров, Н.Н. Подрезов О.Ю. Пугачева, А.Г. Крупский // Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики: тез. докл. XI Междунар. науч.-практ конф., Москва, 23-23 мая 2018 г. – Москва, 2018. – С. 258-259.

Features of Repair Technology at the Stage of the Repair Companies

V.N. Nikiforov*, E.V. Arzhenovskaya*, N.N. Podrezov*, A.S. Galkin*,
A.G. Krupsky**

*Research Institute AEM VITI NRNU «MEPhI», Volgodonsk, Rostov Region

Abstract – The paper addressed the issues of providing documentation of maintenance and repair systems (MRO) under the conditions of the implementation of the Digital NPP direction of the Digitalization Program of the Electric Power Division of the State Corporation Rosatom. For the industry level, the development of normative-technical documents, training and design-technological repair kits that meet the communication capabilities and potential of modern digital IT-technologies being implemented are in demand.

Keywords: maintenance and repair (MRO), digital technology, regulatory and technical documentation (NTD), Planned Preventive Maintenance (PPM).

УДК 621.039.53: 620.179.118 (075)

Разработка автоматизированных систем электрофизического неразрушающего контроля

З.С. Волкова, В.А. Гошкодеров, Е.А. Гошкодерова, В.И. Сурин

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва

Для проведения электрофизического неразрушающего контроля в условиях действующего заводского производства лабораторией *ElphysLAB* НИЯУ МИФИ разработана автоматизированная система для работы с широким ассортиментом электрофизических преобразователей. Системы контроля предназначены как для ручного контроля, так и для полностью автоматизированных измерений. В докладе представлены результаты контроля, полученные с помощью разработанных приборов и устройств, а также процесс обработки сигналов электрофизической диагностики. Приведено описание информационно-измерительных систем и использующихся программных пакетов.

Ключевые слова: сканирующая контактная потенциометрия, неразрушающий контроль, электрофизическая диагностика, методы интегральных преобразований.

ВВЕДЕНИЕ

Диагностика и неразрушающий контроль материалов и изделий связаны с решением ряда сложных задач по выявлению и идентификации дефектов структуры на разных стадиях испытаний и эксплуатации с целью определения прочностных свойств материала и предсказания его поведения. Одно из главных преимуществ электрофизического контроля заключается в том, что датчики, имеющие малые линейные размеры (порядка нескольких миллиметров), могут быть размещены, практически, в любом труднодоступном месте. Они также размещаются непосредственно на тех участках технологического оборудования где ожидается появление опасных дефектов (например, трещин) с высокой вероятностью. Электрофизический неразрушающий контроль дает возможность получить информацию о начальных стадиях зарождения и развития трещин в рабочих условиях. Работа по созданию средств и методов обработки сигналов электрофизической диагностики преследует цель достижения надежных результатов идентификации стадий накопления повреждений, приводящих к разрушению материалов для более ясного понимания происходящих процессов и возможности внешнего влияния на их развитие.

В основе электрофизической диагностики и контроля лежит метод сканирующей контактной потенциометрии (*СКП*) [1]. Высокая надежность работы измерительной системы позволяют вести непрерывный мониторинг за выделенным участком объекта контроля, в том числе на сварных швах стыковых соединений, на оборудовании, находящемся в рабочих помещениях с повышенным радиационным фоном и в других особых случаях.

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Разработан автоматизированный измерительный прибор *Elph-300WA* (рис. 1) для электрофизической диагностики изделий, имеющих цилиндрическую поверхность (патрубки, трубопроводы, обечайки и т.д.) с диаметрами от 300 мм. Устройство устанавливается на исследуемый образец и осуществляется перемещение преобразователя по диагностируемой поверхности. Управление прибором осуществляется с ПК, параметры перемещения заранее задаются оператором. Таким образом, достигается требуемая дискретизация измерений (до 1 мм) и высокая скорость исследования.

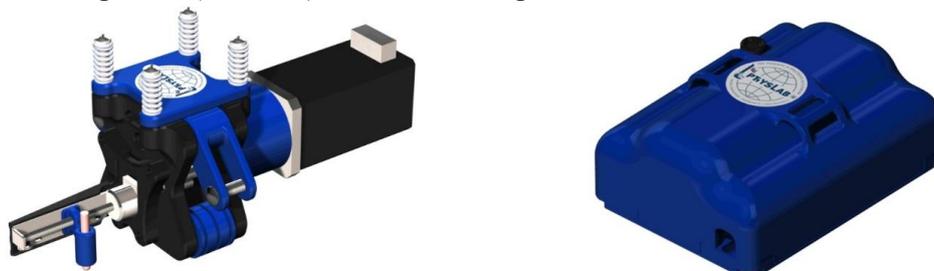


Рисунок 1 – Прибор автоматизированного электрофизического контроля цилиндрических поверхностей *Elph-300WA*

Для проведения экспресс диагностики локальной области на поверхности исследуемого изделия разработаны приборы *Elph-manual* (рис. 2, слева) и дефектоскоп ЭДСС–РД (рис. 2, справа). Малые габаритные размеры данных изделия позволяют производить диагностику объекта, обладающего практически любой конфигурацией.



Рисунок 2 – Устройства ручной электрофизической диагностики

Эффективное управление системами диагностики и неразрушающего контроля невозможно без использования средств автоматизации и информационно-коммуникационных технологий. В настоящей работе использован многолетний опыт разработок средств неразрушающего контроля материалов и изделий, в лаборатории *ElphysLAB* НИЯУ МИФИ на кафедре конструирования приборов и установок. Все разработанные информационно-измерительные системы удовлетворяют требованиям государственных и отраслевых стандартов ГОСТ 34.003-90, ГОСТ 34.601-90, ГОСТ 34.602-89, ГОСТ 34.603-92, РД 50-34.698-90.

Для диагностики и неразрушающего контроля в условиях действующего производства используется мобильная информационно-измерительная система (*ИИС*, рисунок 3) на базе ноутбука Asus X554L [2]. Программный комплекс, входящий в расчетно-программный модуль *ИИС* позволяет оперативно обрабатывать поступающую информацию, формировать базу данных и производить необходимые расчеты в среде *MathCAD*, а также содержит тестовые и диагностические программы, программы расчета и визуализации полученных результатов.

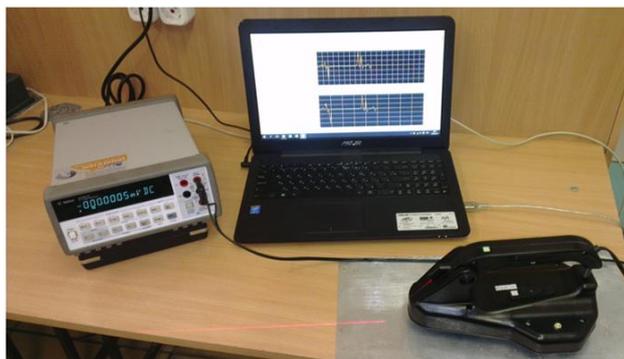


Рисунок 3 – Мобильная информационно-измерительная система

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

На основе математических моделей и известных интегральных вейвлет и Фурье представлений разработаны методики частотно-временного и гармонического анализа сигналов. Создан компьютерный программный комплекс для автоматизации исследований, отображения и анализа результатов [2-4].

Для обработки результатов диагностики и анализа строятся поверхностные потенциограммы, спектрограммы и другие зависимости, которые позволяют определить координаты и глубину залегания дефектов. Для исследования хребтов спектрограммы вычисляли мгновенные частоты по локальным максимумам функции спектра.

Преобразование Фурье с функциями Хемминга или Гаусса вычисляется с помощью симметричного окна в заданном временном интервале. На основе алгоритмов производится пространственная локализация дефектов, а также осуществляется их классификация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработаны средства ручного и автоматизированного электрофизического неразрушающего контроля (датчики локального контроля, ручные электрофизические дефектоскопы ЭДСС и ЭДСС-РД, приборы *Elph*, *Spectroelph*, *Laserelph*, *Elph-300WA*, *Elph-manual* и другие) с автоматической фиксацией результатов контроля, экспериментальные стенды (ДТУ и ДТУ-2М), а также установки для совместного использования с информационно-измерительными комплексами. Измерительные методики, включают одноточечный, двух- и многоточечный контроль, а также поверхностное и объемное сканирование на основе дифференциальной схемы измерений с разнесенными преобразователями. Относительная простота и надежность разработанных систем обеспечивают их конкурентоспособность среди других приборов и систем диагностики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сурин, В.И. Методы электрофизической диагностики и контроля реакторного оборудования [Текст] / В.И. Сурин, З.С. Волкова, Р.А. Денисов, В.Д. Мотовилин, Н.В. Рейн // Глобальная ядерная безопасность. – 2016. – № 4 (21). – С. 51-62.
2. Белова, В.С. Информационно-измерительная система для внутриреакторных исследований материалов [Текст] / В.С. Белова, Н.А. Евстюхин, А.А. Морозов, В.И. Сурин // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – № 1. – С. 39-47.
3. Сурин, В.И. Обнаружение усталостных повреждений при многоцикловых испытаниях материалов [Текст] / В.И. Сурин, С.Б. Оборин // Динамика систем, механизмов и машин: материалы VI Междунар. науч.-тех. конф. –Омск : ОмГТУ, 2007. – Кн. 1. – С. 345-348.
4. Сурин, В.И. Спектральный анализ диагностических сигналов на основе интегральных преобразований [Текст] / В.И. Сурин, Т.В. Губина, А.А. Абу Газал, А.Е. Вебер // Информационные технологии в проектировании и производстве. – Москва. – 2016. – № 2. С. 37-44.

Development of Automated Electrophysical Systems Nondestructive Testing

Z.S. Volkova, V.A. Goshkoderov, E.A. Goshkoderova, V.I. Surin

National Research Nuclear University (NRNU-MEPHI), Moscow, Russia

volkovazs@rambler.ru

vovagosh@mail.ru

liz.gomozova@yandex.ru

visconst@rambler.ru

Abstract – For conducting electrophysical non-destructive testing under the conditions of the existing factory production laboratories ElphysLAB is an automated system for working with a wide range of electrophysical transducers. Control systems are fully automated measurements. As a result, the control results obtained using the developed devices and devices, as well as the process of electrophysical diagnostics signal processing are presented. A description of the information-measuring systems and software packages used.

Keywords: scanning contact potentiometry, non-destructive testing, electrophysical diagnostics, methods of integral transformations.

УДК 004.65:53.083.91:67.05:621.039

Автоматизация обработки результатов диагностического обеспечения при вводе в эксплуатацию энергоблоков АЭС

З.О. Кавришвили, В.Л. Рачков

Ростовский филиал «Ростоватомтехэнерго» АО «Атомтехэнерго», г. Волгодонск

Современное техническое диагностирование позволяет обследовать оборудование многочисленными методами неразрушающего контроля, которые дополняют друг друга и повышают достоверность оценки технического состояния. Сочетание большого объема диагностических данных и многообразия методов диагностирования подводит к необходимости объединения потоков диагностической информации в единой информационной системе, обеспечивающей автоматизацию сбора и обработки диагностических параметров. Силами специалистов «Ростоватомтехэнерго» была спроектирована и реализована информационная система, обладающая необходимыми свойствами.

Ключевые слова: автоматизированная система, диагностические параметры, диагностика оборудования, оборудование энергоблоков АЭС/

Полноценный переход предприятий атомной промышленности на стратегию обслуживания оборудования «по техническому состоянию» возможен в том случае, если сбор данных о техническом состоянии (ТС) технологического оборудования будет выполняться на всех стадиях жизненного цикла АЭС начиная с периода строительно-монтажных работ (СМР) и ПНР (рис. 1).



Рисунок 1 – Этапы информационного наполнения АССОДП, результаты информационной обработки и потенциальные потребители продукта

Это связано со следующими обстоятельствами:

1) первичная диагностическая информация, полученная в ходе приемо-сдаточных испытаний и СМР, обеспечивает накопление значений диагностических параметров (ДП), которые определяют эталонное ТС;

2) мониторинг за ТС оборудования в процессе ПНР формирует массив ДП, анализ изменения которых, позволяет количественно оценивать ресурсные характеристики (РХ) оборудования и получать объективную картину о прогнозируемых сроках надежной и безопасной эксплуатации технологического оборудования к моменту завершения процесса ввода блока АЭС в эксплуатацию;

3) невыполнение первых двух подпунктов приводит к тому, что необходима длительная наработка оборудования в период эксплуатации, с периодическим диагностированием, для получения достаточной статистики диагностических и ресурсных параметров для выполнения процедуры прогнозирования.

Современное техническое диагностирование позволяет обследовать оборудование многочисленными методами неразрушающего контроля (вибродиагностический, акустический в области ультразвуковых частот, тепловой, ультрафиолетовый и т.д.), которые дополняют друг друга и повышают достоверность оценки фактического ТС (рис. 2).



Рисунок 2 – Концепция комплексной диагностики

Сочетание большого объема хранимых диагностических данных и многообразия методов диагностирования подводит к необходимости объединения потоков диагностической информации в едином хранилище – автоматизированной системе сбора и обработки диагностических параметров (АССОДП) (рис. 3).



Рисунок 3 – Функции и процедуры, реализованные в АССОДП

В результате силами специалистов «Ростоватомтехэнерго» была спроектирована и реализована информационная система АССОДП, которая стала:

–эффективным инструментом в достижении оптимального использования трудовых ресурсов диагностических пусконаладочных подразделений (за счет устранения потерь – лишние движения и брак);

–эргономичным средством передачи Заказчику результатов диагностического сопровождения ПНР;
продуктом, ориентированном на выполнение функции информационного обеспечения ИТПЭ для эффективной и безопасной реализации стратегии обслуживания оборудования «по техническому состоянию» с учетом текущего фактического остаточного ресурса.

Automation of Processing of Results of Diagnostic Support During the Commissioning of NPP Power Units

Kavrishvili Z.O., Rachkov V.L.

Rostov branch “Rostovatomtecheno” of JSC “Atomtecheno”, Volgogradsk, Rostov region

Abstract – Modern technical diagnostics allows inspecting an equipment by numerous methods of non-destructive control, which complement each other and increase the veracity of the technical condition grade. The combination of large quantity of diagnostic data and different of diagnostic methods go to the need to integrating of diagnostic information streams in a single information system which automates the collection and processing of diagnostic parameters. The specialists of “Rostovatomtekhenergo” have designed and implemented the information system with the necessary properties.

Keywords: automated system, diagnostic parameters, equipment diagnostics, equipment of power units of NPP.

УДК 621.039.5 : 621.039.544.8 : 621.039.534.63

Пути повышения коэффициента воспроизводства быстрых реакторов с оксидным топливом и натриевым теплоносителем

А.К. Арутюнян, С.Б. Выговский, А.Г. Хачатрян

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва

В настоящей работе приведены результаты численных исследования, пути повышения коэффициента воспроизводства быстрых реакторов с оксидным топливом и натриевым теплоносителем. Целью данной работы является исследование и обнаружение топлива или топливного сочетания с наилучшими технико-экономическими показателями для реакторной установки БН-800[4], которые позволят улучшить не только экономические показатели, но и эффективность всего предреакторного цикла. В работе рассмотрены влияния нескольких важнейших факторов на экономические показатели и эксплуатационные характеристики реактора. Этими факторами являются использование разных топлив и топливных сочетаний, геометрические размеры реактора, распределение обогащенного топлива в активной зоне, а также изменение удельного объема топлива в разрешенных пределах.

Ключевые слова: коэффициент воспроизводства, коэффициент неравномерности, топливный цикл, активная зона.

Сначала для расчета был выбран реактор с однородной активной зоной окружена боковым экраном толщиной 40 см. Потом были выбраны 8 видов топлива. Расчет приведен для свежего и средноизотопического состава топлива. Результаты расчетов показаны в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Расчет для свежего и средноизотопического состава топлива [Calculation for fresh and medium isotope composition of fuel]

Кэфф=1	U	Pu	U+Th	O+U	O+U(m)	Э+U	Э+U(m)	Э+Th
X %	15,09	11,98	12,7	12,52	12,22	14,99	14,17	17,92
KB _{АЭ}	0,644	0,913	0,867	0,952	0,918	1,046	1,023	0,997
KB _{ЭЭ}	0,133	0,165	0,107	0,162	0,166	0,18	0,177	0,138
KB _Р	0,777	1,078	0,974	1,114	1,084	1,226	1,2	1,135
KB _{АЭСР}	0,701	0,887	0,835	0,925	0,902	1,0022	0,984	0,963
KB _{ЭЭСР}	0,145	0,173	0,115	0,173	0,179	0,119	0,188	0,142
KB _{РЭСР}	0,846	1,063	0,95	1,098	1,081	1,192	1,172	1,105

Как видно из таблицы 1 энергетический плутоний с чистым ²³⁸U имеет самый высокий коэффициент воспроизводства в активной зоне и получается больше единицы. Но с экономической точки зрения отчистка или обеднение урана – затратный процесс, и для поддержания реактора в критичном состоянии необходимо немного увеличить обогащение топлива по сравнению с энергетическим плутонием с природным ураном. Для дальнейшего исследования из всех вышеперечисленных топливных видов выберем оружейный плутоний с природным ураном и энергетический плутоний с природным ураном. Рассмотрим влияние геометрических размеров на основные параметры реактора, в основном на KB (Коэффициент воспроизводства).

Из рассматриваемых вариантов оптимальным выбором активной зоны является $q_v = 300$ Вт/л. С увеличением диаметра активной зоны увеличивается KB и чем больше, тем лучше, но это приводит к уменьшению KB в боковом экране, что уменьшает его эффективность. Уменьшение утечки нейтронов из активной зоны приводит к уменьшению начального обогащения топлива, что с точки зрения экономики очень выгодно, но также приводит к увеличению НПЭР-а (Натриевый пустотный эффект реактивности).

Был проведен расчет для выравнивания радиального тепловыделения. Для этого мы выбрали, как делящийся материал энергетического плутония в первом случае с природным ураном, так и с торием во втором случае, и разделили активную зону на 3 зоны, пытаюсь приблизить значение K_г к единице, но меньше 1,1 не получилось. Выравнивание энерговыделения приводит к уменьшению KB.

Как знаем KB можно увеличить с помощью увеличения объемной доли топлива в 1 см³. Для увеличения объемной доли топлива необходимо сделать теплогидравлический расчет [2].

Но как показывал эксплуатационный опыт при работе реактора коэффициент теплопроводности (λ) падает из-за накопления продуктов деления и зависимость λ от глубины выгорания (Vu) облученного твердого (U + Pu)O₂ с плотностью 95% от теоретической можно оценить следующем выражением [5]:

$$\lambda_{\text{топ}} = [0,1148 + 0,0035 \cdot Vu + 2,475 \cdot 10^{-4} \cdot (1 - 0,00333 \cdot V) \cdot T]^{-1},$$

где T является локальной температурой топлива в °C и Vu - локальное выгорание топлива в 100 МВт·сут/кг [3].

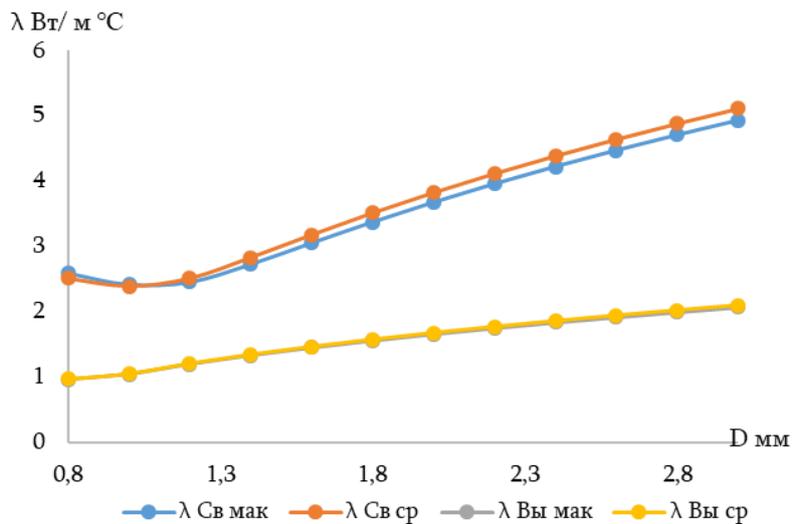


Рисунок 1 – Теплопроводность твердого (U-Pu)O₂, при выгораниях 0 ÷ 100 МВт·сут/кг [The thermal conductivity of solid (U-Pu) O₂, at a burnout of 0 ÷ 100 MW·day/kg.]

Исходя из результатов проведенного расчета, смогли уменьшить диаметр центрального отверстия от 1,8 мм до 0,8 мм, а максимальную температуру, которая получается в поверхности центральной отверстия топливного сердечника для максимально напряженного и выгорающего топлива не больше 2420 °С, что вполне находится в допущенном интервале. Необходимо отметить, что в среднем выгорание не превышает 80 МВт·сут/кг, а расчет был проведен для 100 МВт·сут/кг.

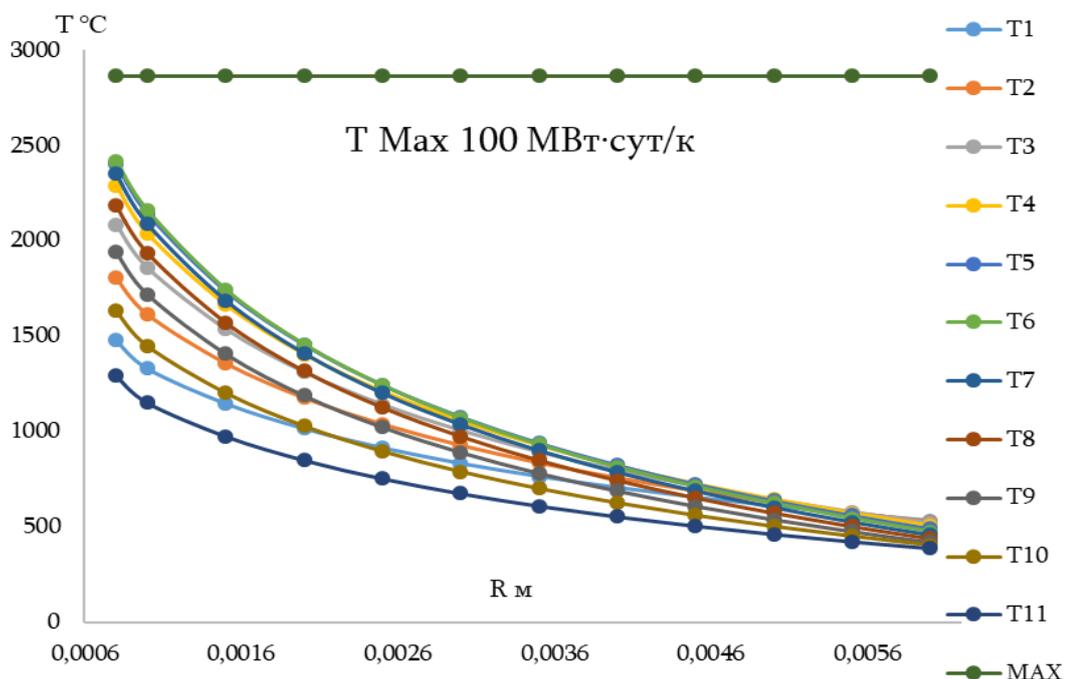


Рисунок 2 – Зависимость температуры твэла из глубины выгорания по радиусу [The dependence of the temperature of the fuel rod from the burnout depth along the radius]

Из теплогидравлического расчета получили, что можно увеличить объемную долю топлива с $\epsilon_T = 0,4588$ до $\epsilon_T = 0,4952$ за счет центрального отверстия без изменения внешнего диаметра таблетки и оболочки соответственно.

Рассмотрим еще один вариант, поскольку торий также обладает высокими

показателями, таких как сравнительно высокий КВ (табл. 2). Его можно добавлять в топливо вместо ^{238}U , как воспроизводящий материал с энергетическим плутонием.

Таблица 2 – Результаты проведенного расчета

Кэфф=1	Th = 0	Th = 12,5	Th = 0,25	Th = 0,5	Th = 0,75	Th = 1
X %	11,79/14,74	12,29/15,41	12,69/15,97	13,51/16,7	14,04/17,69	14,56/18,33
Kr	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
КВ _{Аз}	1,117	1,121	1,123	1,115	1,1	1,076
КВ _{Бз}	0,227	0,231	0,235	0,234	0,233	0,23
КВ _р	1,343	1,352	1,358	1,35	1,333	1,306
В	0,0035	0,0035	0,0034	0,0034	0,0034	0,0032
КВ _{Азср}	1,056	1,064	1,066	1,06	1,045	1,022
КВ _{Бзср}	0,213	0,201	0,199	0,195	0,191	0,188
КВ _{рср}	1,269	1,264	1,264	1,314	1,236	1,21

Из таблицы видно, что увеличение количества торий в топливе сначала приводит к увеличению КВ, а потом к падению. Но с увеличением количества торий увеличивается доля делящегося материалов необходимых для поддержания реактора в критическом состоянии.

Заключение

Расчеты показывали, что применение МОХ топлива в быстрых реакторах приводит к существенному увеличению КВ, примерно 1,4 раз. Так же геометрические размеры играют существенную роль, как на теплогидравлических параметрах, так и на нейтронно-физических характеристиках. Энерговывравнивание приводит к уменьшению КВ. В конце было доказано, что увеличение объемной доли топлива в 1 см³ объеме приводит к росту КВ и был получен КВ больше чем на обычных вариантах в 1,071 раза и применение смесь тория и урана как воспроизводящий материал также приводит к росту КВ приблизительно в 1,01 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апсэ, В.А. Использование программы TIME26 в курсовом проектировании быстрых реакторов и электроядерных установок [Текст] / В.А. Апсэ, А.Н. Шмелев // – Москва : Изд-во МИФИ 2008. – 63 С.
2. Дементьев, Б.А. Ядерные энергетические реакторы [Текст] / Б.А. Дементьев. – Москва : Энергоатомиздат, 1984. – 280 с.
3. Калинин, Б.А. Ядерные топливные материалы [Текст] / Б.А. Калинин, П.А. Платонов, И.И. Чернов, Я.И. Штромбах // – Москва : Изд-во МИФИ 2008. – Т. 6, ч. 2. – 672 с.
4. Лейпунский, А. И. Реакторы на быстрых нейтронах [Текст] / А. И. Лейпунский // Атомная энергия. – 1974. – Том 36, вып. 5 – С. 341-355.
5. Kannan. I. Power Reactors [Electronic resource]. NPTEL, Mechanical Engineering. – URL <https://nptel.ac.in/courses/112101007/1> (the date of circulation: 04/27/2019).

Ways to Improve the Coefficient Reproduction of Quick Reactors With oxide Fuel and Sodium Heat Carrier

Harutyunyan A.K., Vygovskiy S.B., Khachatryan A.G.

National Research Nuclear University «MEPhI», Moscow, Russia
aramharutyunyan@bk.ru

Abstract - This article presents the results of a numerical study of ways to increase the reproduction rate of fast reactors with oxide fuel and sodium coolant. The purpose of this work is to study and detect fuel or fuel combination with the best technical and economic indicators for the BN-800 reactor facility, which

will increase not only economic indicators but also the efficiency of the entire pre-reactor cycle. The paper examines the effects of several important factors on the performance of the reactor and on economic performance. These factors are the use of different fuels and fuel combinations, the geometrical dimensions of the reactor, the distribution of enriched fuel in the core, as well as the change in the specific volume of fuel within the permitted limits.

Keywords: reproduction rate, non-uniformity coefficient, fuel cycle, reactor core, thermal conductivity, melting temperature, burnout.

УДК 621.039.53: 620.179.118 (075)

Выявление дефектов в сварных соединениях методом сканирующей контактной потенциометрии

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

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

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

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

Метод сканирующей контактной потенциометрии (СКП) использовали для обнаружения дефектов в сварном соединении и определения их координат. Для этого был подготовлен специальный образец, сваренный ручной дуговой сваркой из двух половин аустенитной стали 12Х18Н10Т размером 200×110×13,5 мм с рабочей шириной шва 12 мм. После сварки шов был просвечен на рентгеновской установке и получен снимок радиографического контроля. По результатам измерений построены поверхностные потенциограммы и проведена идентификация изображений дефектов на потенциограммах с их изображениями на снимке радиографического контроля.

Ключевые слова: неразрушающий контроль; выявление дефектов; метод сканирующей контактной потенциометрии, сварное соединение.

ВВЕДЕНИЕ

Все электрические методы диагностики и неразрушающего контроля можно условно разделить на контактные методы и бесконтактные. В настоящей статье представлены результаты применения контактного электрофизического метода – метода СКП для контроля дефектов в сварном соединении [1].

При этом применен новый физический подход, заключающийся в том, что поверхность раздела преобразователь-образец рассматривается как чувствительный элемент преобразователя. Данное представление позволяет рассматривать возникновение диагностического сигнала на выходе преобразователя как результат влияния низкочастотных волн механических напряжений, излучаемых дефектами, находящимися в сварном соединении [2].

Обычно перенос заряда через поверхность контакта различных металлов связывают с образованием разности электрических потенциалов (потенциалов Вольта), которая возникает между контактирующими телами в условиях термодинамического равновесия и принимается равной разности работ выхода металлов, отнесённой к заряду электрона [3].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

На предприятии ООО «Техноскан» в городе Волгодонске (Россия) подготовлен специальный образец – контрольное сварное соединение (КСС) и проведен радиографический контроль образца. Образец КСС сварен ручной дуговой сваркой из двух половин аустенитной стали 12Х18Н10Т размером 200×110×13,5 мм (рис.1). В соответствии с программой электрофизических измерений в процессе сварки сварщиком были допущены

нарушения правил сваривания изделий и введены в КСС различные дефекты. Типоразмер КСС имеет ширину шва равную 12 мм и вогнутость валика – от 40 до 55 мм.



Рисунок 1 – Внешний вид образца КСС после сварки (слева). На фото справа показан образец после снятия усиления шва

При измерениях использовалась мобильная информационно-измерительная система, разработанная в лаборатории ElphysLAB НИЯУ МИФИ, размещенная на ноутбуке AsusX554L в паре с мультиметром Agilent 34401A. К контролируемой поверхности касались электрофизическим датчиком, подключенным к измерительной системе. Прижимное усилие преобразователя к поверхности не превышало значения ~ 1 Н.

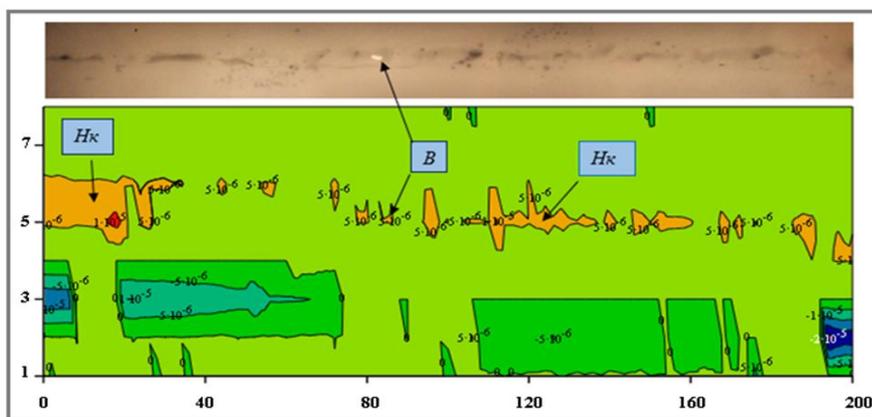
Испытание образца со сварными соединениями проводилось при комнатной температуре. Радиографическое исследование сварных соединений выполнено по методике контроля ПНАЭ Г-7-017-89 на оборудовании РАПАН М 200/100. Оценка качества изделий проведена с учетом указанного нормативного документа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для построения потенциограмм применяли ручное поточечное сканирование по восьми измерительным дорожкам. На рисунке 2 представлены изображения рентгенограммы (в верхней части рисунка) и потенциограммы (в нижней части рисунка) для образца из стали 12Х18Н10Т. По оси x обозначена координата вдоль измерительных дорожек. Максимальное значение x соответствует значению длины сварного соединения. По оси y показан номер измерительной дорожки.

На потенциограмме показано распределение дефектов внутри сварного соединения для высокого уровня сигнала $SUC=4,301$, на котором видны непровар шва, мелкие поры, и другие дефекты.

На потенциограмме появляются дефекты, связанные с непроваром корня (H_k). Прерывистый характер данного дефекта хорошо заметен вблизи центральной измерительной дорожки (номер 5). На данном рисунке можно также видеть изображение того места, где на снимке находится вольфрамовое включение (B) и некоторые другие дефекты. Изображения дефектов (H_k) и (B) имеют один и тот же цвет – желтый. Это означает, что в данном случае, они все располагаются, примерно, на одной глубине.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод сканирующей контактной потенциометрии (СКП) использовали для обнаружения дефектов в сварном соединении и определения их координат. По результатам измерений построены поверхностные потенциограммы и проведена идентификация изображений дефектов на потенциограммах с их изображениями на снимке радиографического контроля. Идентификация изображений на потенциограммах дает удовлетворительное соответствие с изображениями этих же дефектов на снимке радиографического контроля. Полученные результаты объясняются на основе ранее опубликованных расчетных и физических моделей.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы благодарят сварщика ООО «Техноскан» Колыхалова Ю.А. за подготовку контрольного образца сварного соединения для проведения электрофизических измерений.

Работа поддержана грантом РФФИ по договору №19-08-00266/19 от 10.01.2019.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сурин, В.И.* Методы электрофизической диагностики и контроля реакторного оборудования / В.И. Сурин [и др.] // Глобальная ядерная безопасность. – Москва : НИЯУ МИФИ. – 2016. – № 4 (21). – С. 51-62.
2. *Surin V.* New potential for potentiometry. Nuclear Engineering International. 2018. № 63 (765). P. 30-32.
3. *Kelvin L.* Contact electricity of metals. The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 1898. V. 46:278. P. 82-120.

Detection of defects in a welded joint by scanning contact potentiometry

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

**National Research Nuclear University NRNU «MEPhI»*

***Volgodonsk Institute of engineering and technology VITI «MEPhI»*

****"Tekhnoscan" guarding the quality of the metal Volgodonsk*

¹elphyslab@yandex.ru

²vgbeketov@mephi.ru

³iovoi@mail.ru

Abstract – Scanning contact potentiometry (SCP) has been used for defects detection and to determine locations of the defects localized in welded joints. Studied samples were welded by manual arc welding of two halves austenitic steel 12X18H10T (Chromium-Nickel-Titanium stainless Steel) dimension of each 200×110×13.5 mm. Thereafter welding, seam depth and width were 12 and 40 mm respectively. Subsequently welded sample was inspected using X-ray radiographic testing system. In order to compare techniques capabilities, plotted potentiograms and weld radiograph were compared. Experimental outcomes prove that defects can be detected by SCP technique. SCP results complied with mathematical signal analysis of defects, and may substitute some destructive or nondestructive methods.

Keywords: nondestructive testing; defects detection; method of scanning contact potentiometry, welded connection of steels.

Оптимизация системы компенсации избыточной реактивности на основе гадолиния в активной зоне реактора ВВЭР-1200

М. А. Абу Сондос, В.М. Демин, В.И. Савандер

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва

Рассматривается система компенсации избыточной реактивности в реакторе типа ВВЭР с использованием выгорающего поглотителя (Gd_2O_3), размещаемого в твэгах как в виде гомогенной смеси с топливом (ГВП), так и гетерогенно в виде кольцевой зоны с поглотителем вблизи центрального отверстия в таблетках (СВП – самоэкранирующий выгорающий поглотитель). Кроме того, рассматриваются гипотетические варианты размещения цилиндрических стержней из гадолиния в направляющих каналах и в центральном канале ТВС в течение первой кампании с последующим их извлечением для перемещения органов регулирования (ловушки тепловых нейтронов). Расчетным путем обосновывается оптимальная концентрация ВП Gd_2O_3 и его расположение в ТВС для снижения максимальной концентрации борной кислоты при жидкостном регулировании.

Ключевые слова: Гомогенный (ГВП) и гетерогенный (СВП) выгорающий поглотитель, ловушка тепловых нейтронов, Serpent, полячейка, максимальная концентрация борной кислоты, система жидкостного регулирования, бесконечный коэффициент размножения (K_{∞}).

В настоящей работе приведены расчетные данные по оптимальному размещению выгорающего поглотителя (Gd_2O_3) в ТВС реактора ВВЭР-1200, путем вариации количества загружаемого ВП в твэги, общего количества твэгов и способа размещения (ГВП и СВП) в ТВС. В качестве критерия оптимальности выступает минимальная концентрация бора в теплоносителе для жидкостной системы регулирования запаса реактивности, а ограничивающим параметром выступает сохранение выгорания выгружаемого топлива как и для чисто жидкостного регулирования.

При гомогенном размещении ВП в топливе (ГВП) поток тепловых нейтронов, действующий на выгорающий поглотитель и на ^{235}U , будет одинаковым $\Phi_{ВП} = \Phi_{\Sigma}$ и отношение скоростей выгорания ВП и ^{235}U зависит от изменения концентраций Вп и урана 235 во времени. В реальной ТВС, где ВП размещается только в нескольких из 312 твэлов, (твэги) распределение потока тепловых нейтронов в твэгах зависит от количества ВП в каждом из них, количества твэгов и обогащения топлива. Поскольку сечение поглощения тепловых нейтронов для Gd высокое [12], его наличие в твэгах сильно влияет на распределение потоков тепловых нейтронов по ТВС, что оказывает существенную роль на скорость выгорания различных изотопов в ТВС.

При гетерогенном размещении ВП в ТВС (СВП), поглотитель нейтронов сначала обгорает по поверхности (с объемом $2\pi r dr$), а затем поверхностные слои становятся прозрачными, и начинается уже объемное выгорание (в объеме πr^2) [10]. Поэтому, снижение избыточной реактивности за счет ВП в этом случае меньше, чем для гомогенного размещения.

В простейшем приближении влияние твэгов на K_{∞}^{TBC} можно оценить следующим образом:

$$K_{\infty}^{TBC} = \frac{N_{ВП} K_{\infty}^{ТВЭГ} + N_{ТПОЛИВО} K_{\infty}^{ТВЭЛ}}{N_{ВП} + N_{ТПОЛИВО}},$$

где $N_{ВП}$ число ТВЭГОВ и $N_{ТПОЛИВО}$ число ТВЭЛОВ.

Поэтому, повышение числа ТВЭГОВ приводит к уменьшению K_{∞}^{TBC} .

Использование ВП в виде цилиндрических стержней из природного гадолиния в направляющих каналах и в центральном канале ТВС осуществляется только в течение первой кампании, после чего извлекаются из них. Поскольку нечетные изотопы гадолиния имеют высокое сечение поглощения тепловых нейтронов, то тепловые нейтроны, рождающиеся в канале, заполненном водой, практически полностью поглощаются в них. В данной работе такое расположение гадолиния в направляющих каналах мы будем называть ловушками тепловых нейтронов.

Для простоты примем, что усредненный по полячейке коэффициент размножения нейтронов равен просто среднему арифметическому значению коэффициентов размножения каждой из ТВС, входящих в полячейку:

$$\bar{K}^{POLY}(t) = \frac{K_{\infty}^{TBC}(t) + K_{\infty}^{TBC}(t+T) + K_{\infty}^{TBC}(t+2T)}{3}$$

Для расчетного анализа поставленной задачи были выбраны несколько вариантов использования ВП в ТВС с разными концентрациями и разным расположением в них (варианты В₁-В₁₇). Для каждого из них был проведен расчет изменения коэффициента размножения ТВС в зависимости от глубины выгорания топлива. Исходные данные по загрузке ВП в ТВС и их геометрические характеристики для этих вариантов представлены в таблице 1 и на рисунках 1а, 1б и 2.

Таблица 1 – Распределение ВП в рассмотренных вариантах расчетов

Вариант	Масса Gd,г/ТВС	Количество и состав топлива твэлов и твэгов
1	2	3
В ₁		312-4,90% (²³⁵ U)
В ₂	878 (ГВП)	300-4,95% (²³⁵ U) и 12-3,65% (²³⁵ U) с 5,0%Gd ₂ O ₃
В ₃	878 (ГВП)	288-4,95% (²³⁵ U) и 24-4,30% (²³⁵ U) с 2,5%Gd ₂ O ₃
В ₄	890 (ГВП)	228-4,95% (²³⁵ U) и 84-4,80% (²³⁵ U) с 0,7%Gd ₂ O ₃
В ₅	1762 (ГВП)	282-5,00% (²³⁵ U) и 30-3,90% (²³⁵ U) с 4,0%Gd ₂ O ₃
В ₆	2644 (ГВП)	276-5,00% (²³⁵ U) и 36-4,13% (²³⁵ U) с 5,0%Gd ₂ O ₃
В ₇	3523 (ГВП)	270-5,00% (²³⁵ U) и 42-4,26% (²³⁵ U) с 5,7%Gd ₂ O ₃
В ₈	887 (СВП)	312-4,90% (²³⁵ U), 126-с толщиной Gd ₂ O ₃ 0,0131 см (в отверстие твэга)
В ₉	1775 (СВП)	312-4,90% (²³⁵ U), 180-с толщиной Gd ₂ O ₃ 0,0167 см (в отверстие твэга)
В ₁₀	2661 (СВП)	312-4,90% (²³⁵ U), 222-с толщиной Gd ₂ O ₃ 0,0131 см (в отверстие твэга)
В ₁₁	3549 (СВП)	312-4,90% (²³⁵ U), 240-с толщиной Gd ₂ O ₃ 0,0167 см (в отверстие твэга)
В ₁₂	2661 (СВП)	312-4,90% (²³⁵ U), ловушки тепловых нейтронов.
В ₁₃	3551 (СВП)	312-4,90% (²³⁵ U), ловушки тепловых нейтронов.
В ₁₄	4432 (СВП)	312-4,90% (²³⁵ U), ловушки тепловых нейтронов.
В ₁₅	1778 (СВП), 2661 (СВП)	312-4,90% (²³⁵ U), 216-с толщиной Gd ₂ O ₃ 0,0087 см (в отверстие твэга), ловушки тепловых нейтронов
В ₁₆	2653 (ГВП) и (СВП)	288-4,95% (²³⁵ U), 93-с толщиной Gd ₂ O ₃ 0,0161см (в отверстие твэга) и 24- 4,3% (²³⁵ U) с 3,75% Gd ₂ O ₃ .
В ₁₇	3536 (ГВП) и (СВП)	282-5,0% (²³⁵ U), 102-с толщиной Gd ₂ O ₃ 0,0202 см (в отверстие твэга) и 30- 4,0% (²³⁵ U) с 40% Gd ₂ O ₃ .

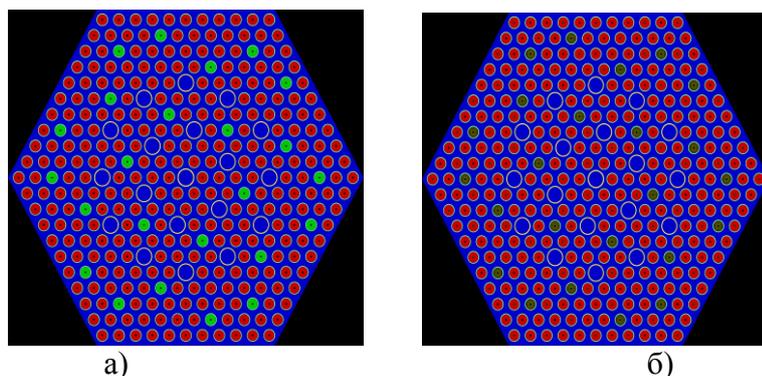


Рисунок 1 – Размещение ВП в ТВС
а – (В₃, В₅-В₇); б – (В₈-В₁₁)



Рисунок 2 – Геометрия твэлов (без ВП, ГВП и СВП)

Для расчета зависимости коэффициента размножения ТВС от глубины выгорания топлива использовался код SERPENT (2.1.30) [13] и библиотека ядерных данных ENDFb7 [14]. Расчет осуществлялся при средних стандартных значениях температур топлива и теплоносителя и средней плотности теплоносителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Burnable Absorbers – Burnable Poisons. URL: [tps://www.nuclear-power.net/nuclear-power-plant/nuclear-fuel/burnable-absorbers-burnable-poisons](https://www.nuclear-power.net/nuclear-power-plant/nuclear-fuel/burnable-absorbers-burnable-poisons).
2. Galperin A., Segev M., Radkowsky A. Substitution of the soluble boron reactivity control system of a pressurized water reactor by gadolinium burnable poisons. Nucl. Technol. № 75. 1986. P. 127-133.
3. Fiorini G. L., Gautier G. M., Bergamaschi Y. Feasibility studies of a soluble boron-free 900-MW (electric) PWR, safety systems: consequences of the partial or total elimination of soluble boron on plant safety and plant systems architecture Nucl. Technol. № 127. 1999. P. 239-258.
4. Jones R.C. “Boron Dilution Reactivity Transients: A Regulatory Perspective” Proceedings of the OECD/NEA/CSNI Specialist Meeting on Boron Dilution Reactivity Transients. State College (PA). Oct 18-20. 1995.
5. Стогов, Ю.В. Перспективные технологии использования оксидного уран-гадолиниевого топлива в легководных реакторах / Ю.В. Стогов [и др.] // материалы XIV семинара по проблемам физики реакторов. – Москва : МИФИ, 2006. – С.45-47.
6. Balestieri D. A Study of the UO₂/Gd₂O₃ Composite Fuel. IAEA-TECDOC-1036. Vienna (Austria). 1998. P. 63-72.
7. Ермолин, В.С. О размещении гадолиния в центральной отверствии ТВЭЛОВ водо-водяных реакторов. / В.С. Ермолин, В.С. Окунев. – Москва : МИФИ, Научная сессия МИФИ-2008. – Т. 1. – С. 101-102.
8. Бергельсон, Б.Р. Глубина выгорания ядерного топлива ВВЭР с разными поглотителями [Текст] / Б.Р. Бергельсон [и др.] //Атомная энергия. – Т. 109. – Вып. 4. – 2010. – С. 194-197.
9. Abdelghafar Galahom A. Study of the possibility of using Europium and Pyrex alloy as burnable absorber in PWR. Annals of Nuclear Energy. V. 110. 2017. P.1127-1133.
10. Андрушенко, С.А. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000: от физических основ эксплуатации до эволюции проекта [Текст] / С.А. Андрушенко [и др.]. – Москва : Логос, 2010. – 604 с. ISBN 978-5-98704-4.
11. Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций. URL: <https://www.seogan.ru/np-082-07-pravila-yadernoiy-bezopasnosti-reaktornix-ustanovok-atomnix-stanciiy.html> (дата обращения: 16.4.2019).
12. Varley F. Sears. Neutron scattering lengths and cross sections. Neutron News. V. 3. No. 3. 1992. P. 26-37.

13. Leppänen J. The Serpent Monte Carlo code: Status, development and applications in 2013. Ann. Nucl. Energy. № 82. 2015. P. 142-150.
14. Chadwick M.B. ENDF/B-VII.1 nuclear data for science and technology: cross sections, covariances, fission product yields and decay data. Nucl. Data Sheets. № 112. 2011. P. 2887-2996.

Optimization of the System for Compensation of Excess Reactivity on the Basis of Gadolinium in the Active Zone of Reactor VVER-1200

M.A. Abu Sondos¹, V.M. Demin², V.I. Savander³

Institute of Nuclear Physics and Technology (INP&T), National Research Nuclear University «MEPhI», Moscow

¹*MAbusondos@mephi.ru*

²*VMDeMin@mephi.ru*

³*visavander@mephi.ru*

Abstract – Рассматривается система компенсации избыточной реактивности в реакторе типа ВВЭР с использованием выгорающего поглотителя (Gd_2O_3), размещаемого в твэгах как в виде гомогенной смеси с топливом (ГВП), так и гетерогенно в виде кольцевой зоны с поглотителем вблизи центрального отверстия в таблетках (СВП - самоэкранирующий выгорающий поглотитель). Кроме того, рассматриваются гипотетические варианты размещения цилиндрических стержней из гадолиния в направляющих каналах и в центральном канале ТВС в течение первой кампании с последующим их извлечением для перемещения органов регулирования (ловушки тепловых нейтронов). Расчетным путем обосновывается оптимальная концентрация ВП Gd_2O_3 и его расположение в ТВС для снижения максимальной концентрации борной кислоты при жидкостном регулировании.

Key words: Homogenous (HBAs) and heterogeneous (HTBAs) burnable absorber, trap thermal neutrons, Serpent, poly-cells, maximum concentration of boric acid in liquid regulation and infinity multiplication factor (K_∞).

УДК 621.311.25.004.7:658.8

Применение логистических процедур при реализации демонтажных работ в процессе вывода из эксплуатации блока АЭС

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

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

Рассмотрены возможности использования логистики в демонтажных работах и связанного с ними последующего обращения с продукцией демонтажа при выводе из эксплуатации блоков АЭС.

Ключевые слова: вывод из эксплуатации, блок атомной электрической станции, логистическая процедура, организация демонтажных работ, радиационная безопасность.

Принимаемые организационно-управленческие, технические и технологические решения по демонтажным работам станут эффективными только в условиях системного подхода к процессу вывода из эксплуатации блока атомной электрической станции (АЭС). Такая систематизация может быть проведена в рамках логистического подхода, зарекомендовавшего себя в качестве современного инструмента управления экономикой, производством, бизнесом.

Логистика производства демонтажных работ при выводе из эксплуатации блоков АЭС будет несколько ограниченной по сравнению с традиционным применением, однако большинство ее функций и процедур останутся действенными и полезными в управлении данными работами.

С позиций логистики [1] управление производственным процессом демонтажных

работ в условиях вывода из эксплуатации блока АЭС заключается в эффективном (с точки зрения снижения затрат и обеспечения нормативных требований [2, 3] к продукции работ) управлении материальными потоками в технологических процессах подготовки и проведения демонтажных работ и в последующем обращении с демонтированными объектами.

Исходя из общей (интегральной) логистики управление данными материальными потоками осуществляется при взаимодействии логистических процедур в следующих областях:

- преддемонтажных подготовительных и вспомогательных работ (с привлечением в поток вспомогательных материалов и объектов);
- непосредственно демонтажных работ (с межоперационным материальным потоком);
- перемещений продукции демонтажных работ из рабочих зон демонтажа в рабочие зоны обращения с радиоактивными отходами (РАО), очень низкоактивных (ОНАО) и металлоломом из «чистых» отходов;
- промежуточного (временного) складирования продукции демонтажа перед операциями последующего обращения с ними;
- обращения с РАО, ОНАО и металлоломом из «чистых» отходов (также с межоперационным материальным потоком);
- распределения продукции демонтажа после операций обращения с ней по условным «потребителям», которые представляются временными хранилищами низко-, средне- и высокоактивных РАО на блоке, региональными могильниками высокоактивных РАО (в перспективе), организованными на территории блока площадками хранения, перевалки и сбыта в качестве металлолома условно «чистых» и ОНАО;
- информационных потоков, сопровождающих материальные потоки и реализующих обратные связи в управлении потоками в производственном процессе демонтажных работ.

Соответственно соображения по применению логистических процедур относятся к разработке структуры, оснащения, режимов и параметров технологических процессов, действующих в указанных областях, а в дальнейшем к их реализации.

Прохождение логистической процедуры должно обеспечить движение материального потока в технологическом процессе демонтажа объектов в рабочей зоне с применением выбранных основных и вспомогательных средств технологического оснащения (СТО): объекты демонтажа перемещаются в рабочей зоне с размещением в контейнере, поддоне (или в мягкой упаковке) или без их применения с передачей через дверной или монтажный проем в транспортный коридор блока.

При этом массогабаритные размеры объекта перемещения соответствуют техническим характеристикам применяемого штатного или специального грузоподъемного и транспортного оборудования, а также габаритным параметрам трассы при перемещении в рабочей зоне. Кроме того массогабаритные параметры продукции демонтажа должны проходить процедуру определения соответствия условиям и требованиям их перемещения по транспортным маршрутам блока и операциям последующего обращения с ними (переработка и кондиционирование РАО, ОНАО, подготовка металлолома и др.).

Обустройство дверных и монтажных проемов и, при необходимости, шлюзов на выходе из рабочих зон с высоким уровнем радиационного фона – обязательное условие функционирования транспортного потока демонтированных объектов. В логистическом плане данное обустройство должно формировать трассу транспортного потока на блоке, соответствующую архитектуре зданий блока, массогабаритным параметрам демонтированных объектов, применяемым техническим средствам перемещения, размещению на блоке рабочих зон последующего обращения с продукцией демонтажа.

Анализ принимаемого технологического решения по последовательности демонтажных работ [4, 5] с использованием логистических процедур необходим для управления транспортным потоком продукции демонтажных работ в рабочей зоне: трассирования маршрутов ее перемещения с выходом из рабочей зоны, применения

соответствующего условиям трасс технических средства перемещения. Последовательность демонтажных работ не должна создавать препятствия последующего использования штатных или специальных средств перемещения, коридоров, проемов блока на маршруте к рабочим зонам дальнейшего обращения с продукцией демонтажа. Таким образом, гармонизируется технология перемещения в рабочей зоне демонтажа и за ее пределами в здании блока.

Процедура согласования (гармонизации) выходных массогабаритных и радиационно-физических параметров демонтированных объектов с операциями их упаковки, контейнеризации, перемещения, промежуточного хранения, переработки и др. естественно вписывается в процесс принятия соответствующих технологических решений. Она отсекает те из них, которые приведут к усложнению управления транспортным потоком.

Следует заметить, что в производственном процессе демонтажных работ использование тары необходимо для повышения уровня технологичности материального потока и, главным образом, для обеспечения радиационной и экологической безопасности.

Повышению эффективности производственного процесса демонтажных работ при выводе из эксплуатации блока АЭС способствует применение логистических процедур управления образующимися материальными потоками. Логистические процедуры совершенствуют технологический процесс демонтажа оборудования, металлических и строительных конструкций в части согласования темпа и объема материального потока с основными операциями (демонтаж, перемещение, переработка отходов и др.), массогабаритных, радиационных и других характеристик объектов материального потока с применяемыми СТО демонтажа, перемещения, переработки отходов, габаритными параметрами проемов, коридоров и других составляющих трассы транспортного потока и т.д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гаджинский, А.М.* Логистика: учеб. [Текст] / А.М. Гаджинский. – Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2009. – 484 с.
2. СП 2.6.1.2205-07. Санитарные правила «Обеспечение радиационной безопасности при выводе из эксплуатации блока атомной станции». – Москва, 2007.
3. НП-012-16. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Правила обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации блока атомной станции». – Москва : Федеральная служба по экологическому, техническому и атомному надзору, 2016.
4. *Берела, А.И.* Разработка технологических процессов демонтажа оборудования при выводе из эксплуатации атомных станций [Электронный ресурс] / А.И. Берела, А.Г. Федотов, С.А. Томилин, Б.К. Былкин // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 2 (25). – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1734 (дата обращения: 24.04.2019).
5. *Берела, А.И.* Оптимизационные аспекты проектирования технологического процесса демонтажа оборудования при выводе из эксплуатации блока атомной станции [Текст] / А.И. Берела, Б.К. Былкин, В.А. Шапошников // Тяжелое машиностроение. – 2004. – № 6. – С. 9-14.

Use of Logistic Procedures of Dismantling Works in the Process of Decommissioning the NPP Unit

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

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

¹ *berelaleks@yandex.ru*

² *SATomilin@mephi.ru*

³ *AGFedotov@mephi.ru*

Abstract – The paper considers the possibilities of using logistics in dismantling works and the subsequent handling of dismantling products associated with them during decommissioning of NPP units.

Keywords: decommissioning, nuclear power plant unit, logistic procedure, organization of dismantling works, radiation safety.

Построение эталонов для виброакустического мониторинга перемещения ядерного топлива энергоблоков ВВЭР-1000

А.А. Лапкис, В.Н. Никифоров

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

В докладе рассмотрены проблемы построения банка данных эталонных характеристик, необходимых для функционирования системы виброакустического мониторинга технологических операций перегрузки топлива на энергоблоке ВВЭР-1000. Предложена структура эталона как массива допусков на количественные характеристики виброакустических сигналов и других характеристик элементарного движения МП.

Ключевые слова: перегрузка топлива, перегрузочная машина, информационный паспорт, виброакустический контроль, технологическая операция, эталон, элементарное движение.

Перегрузочная кампания энергоблока ВВЭР-1000 включает в себя ядерно опасные работы по перемещению машиной перегрузочной (МП) тепловыделяющих сборок (ТВС), поглощающих стержней (ПС СУЗ) и других специальных изделий. Снизить риск отказа элементов, непосредственно манипулирующих вышеуказанными грузами, возможно путём внедрения дополнительного независимого канала контроля технологических операций перегрузки. Возможность построения такого канала на основе виброакустического мониторинга показана в трудах НИИ АЭМ (с 2011 г. в составе ВИТИ НИЯУ МИФИ) [1-3].

Форма и характеристики виброакустических сигналов определяются:

- режимом работы основных узлов и механизмов МП (скорость, направление);
- их нагрузкой (вес секций рабочей штанги, вес перегружаемого изделия);
- техническим состоянием.

Разработанная ВНИИЭМ классификация циклов и движений МП [4] предназначена для создания системы управления МП и не вполне подходит для целей мониторинга. На основе анализа предметной области выявлено, что базовой единицей перегрузочной кампании является цикл – перемещение одного изделия между двумя ячейками бассейна перегрузки. Мельчайшей же фазой перегрузочной кампании является элементарное движение, которое характеризуется:

- рабочей зоной (реактор, кассетные отсеки, пеналы СОДС и т.д.);
- работающим захватом (захват ТВС, захват кластера);
- направлением (вверх, вниз, горизонтальные)
- скоростью механизма (набор скоростей определяется документацией на МП);
- видом перегружаемого изделия (ТВС, ПС СУЗ, чехол кластера и т.д.);
- сочетанием движущихся частей МП (две секции, одна секция и т.д.)

Анализ предметной области позволил реализовать систему классификации всех фаз перегрузочной кампании как реляционную базу данных «Информационный паспорт перегрузочной кампании» для дальнейшего построения эталонов.

Качество выполнения технологической операции определяется пошагово для каждого из движений, составляющих её, путём сопоставления информационного портрета движения с эталоном данного типа. Информационный портрет – это массив количественных характеристик элементарного движения, включающий в общем случае:

- весовую нагрузку на захватах;
- электрические параметры питающей сети электропривода (сила тока в фазах, частота тока, плавность хода, отклонение от синусоидальности, несимметричность фаз и т.д.);
- виброакустические параметры (среднеквадратическое и пиковое значения виброускорения, пик-фактор и т.д.).

Таким образом, эталон должен представлять собой массив, содержащий математические ожидания и стандартные отклонения для всех характеристик, составляющих информационный портрет элементарного движения.

Сравнение портрета движения с эталоном осуществляется двумя способами:

- попаданием значений характеристик портрета в соответствующие доверительные интервалы, построенные на базе эталонов;

$$X_H < X < X_B, \quad (1)$$

где X – характеристика из информационного портрета, а $X_B = f(P)$ и $X_H = f(P)$ – соответственно верхняя и нижняя границы интервала для неё, определяемые по правилам математической статистики в зависимости от заданной доверительной вероятности P ;

- вычислением расстояния между многомерными массивами портрета и эталона (евклидова мера или расстояние по Махаланобису [5]).

Если известно, что некое движение было выполнено без несоответствий, то его эталон должен быть пополнен параметрами вычисленного портрета. Описанный способ формирования и использования эталонов реализован в виде модулей специализированного программного обеспечения системы виброакустического контроля (рис. 1).

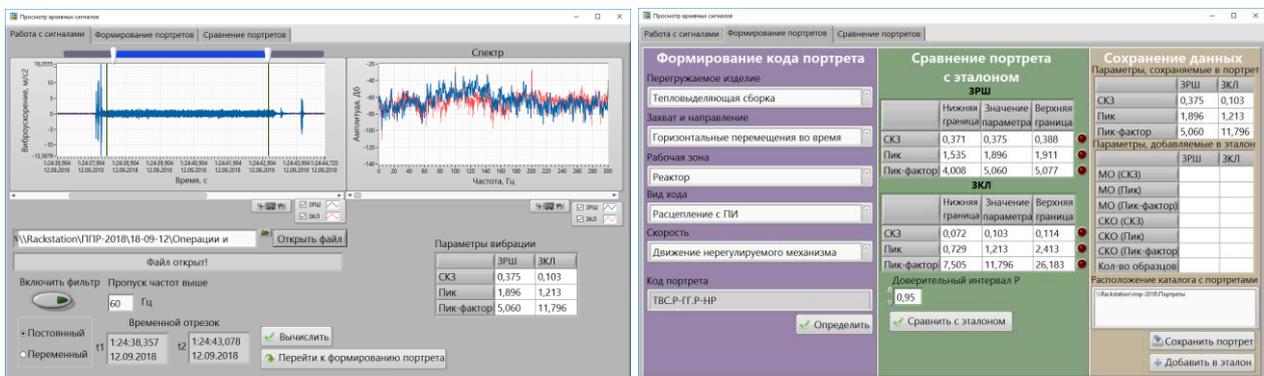
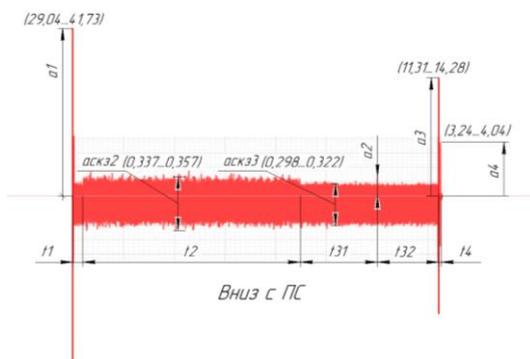


Рисунок 1 – Оценка расщепления с ТВС с помощью программного обеспечения СВК

Для типовых операций или движений, состоящих из большого количества соударений и изменений состояния, эталон может быть представлен в виде маски, содержащей, кроме значений виброускорения, ещё и характерные временные промежутки. Пример маски для установки ПС СУЗ в кассету в реакторе приведён на рисунке 2.



	a1, м/с²	a2, м/с²	аскз2, м/с²	аскз3, м/с²	a3(a4), м/с²	a4(a5), м/с²
Вниз без ПС	34,99 - 41,89	1,91 - 3,45	0,295 - 0,321	-	11,24 - 14,26	3,38 - 4,11
Вверх с ПС	36,15 - 42,32	-	0,298 - 0,346	0,354 - 0,380	10,6 - 14,7	2,89 - 4,49
Вниз с ПС	29,04 - 41,73	-	0,337 - 0,357	0,298 - 0,322	11,31 - 14,28	3,24 - 4,04
Вверх без ПС	35,85 - 41,87	-	0,299 - 0,316	-	10,74 - 13,11	3,24 - 4,04

Рисунок 2 – Эталонная маска установки ПС СУЗ в ТВС и таблица с доверительными интервалами её параметров

В связи с большим количеством характеристик информационного портрета перспективным представляется применение методов понижения размерности данных. В диагностике промышленного оборудования обретает распространение метод главных компонент [5], позволяющий перейти от многомерного массива к отображениям портретов в пространстве двух-трёх главных компонент. Так, для операции сцепления с кассетой

портреты, отображённые в пространстве главных компонент, демонстрируют значительное расхождение между исправными и неисправными состояниями фиксатора (рисунок 3).

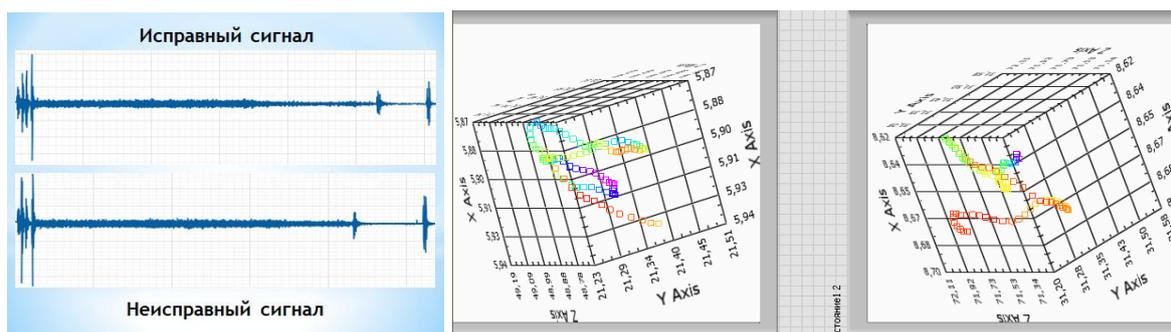


Рисунок 3 – Отображение сцепления с ТВС в пространстве главных компонент

Рост расхождения между фактически зарегистрированными портретами элементарных движений и операций с их эталонами говорит об изменении технического состояния элементов МП. Дальнейшее использование системы виброакустического мониторинга должно сопровождаться документированием и анализом несоответствий при перегрузке ядерного топлива с целью построения также и эталонов неисправных и частично исправных состояний по мере накопления опыта эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Никифоров, В.Н.* Контроль технического состояния рабочей штанги перегрузочной машины для ВВЭР-1000 [Текст] / *В.Н. Никифоров [и др.]* // Теплоэнергетика. – 2003 – № 5 – С. 33-34.
2. *Никифоров, В.Н.* Канал контроля технического состояния рабочей штанги машины перегрузочной типа МПС-В-1000-3У4.2 [Текст] / *В.Н. Никифоров, О.Ю. Пугачева, А.В. Чернов* // Тез. докл. II всерос. науч.-техн. конф. «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР». 19-23.11.2011. – Подольск : ОКБ «Гидропресс», 2011. – С. 116-117.
3. *Лапкис, А.А.* Паспортизация режимов работы перегрузочной машины МПС-В-1000 на основе виброакустических сигналов [Текст] / *А.А. Лапкис, В.Н. Никифоров, Л.А. Первущин* // Тез. докл. XIV Международной научно-практической конференции «Безопасность ядерной энергетики». 30 Мая - 01 Июня 2018. – Волгодонск : ВИТИ НИЯУ МИФИ.
4. *Портной, Ю.Т.* Системы управления перегрузочными машинами АЭС с реакторами ВВЭР-1000. Москва : Труды НПП ВНИИЭМ. – Т. 100. – 2001.
5. Al Bugharbee H., Trendafilova I. A methodology for fault detection in rolling element bearings using singular spectrum analysis. International Conference on Engineering Vibration 2017. September 4-7. 2017. Sofia, Bulgaria. URL : <https://strathprints.strath.ac.uk/62663>

Building etalons for vibroacoustic monitoring of the VVER-1000 power unit refueling machine

V.N. Nikiforov, A.A. Lapkis

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»
nii_energomash@mail.ru*

Abstract – In this issue problem of etalon database building for VVER-1000 refueling machine vibroacoustic monitoring is considered. Etalon structure as an array of the tolerance values for vibroacoustic and other characteristics of the refueling machine elementary moves is proposed.

Keywords: refueling, VVER-1000, refueling machine, data passport, vibroacoustic monitoring, technological operation, etalon, elementary move.

Логистика и обеспечение эффективности процесса вывода из эксплуатации блоков атомных станций

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

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

Рассмотрены возможности применения логистики в проектировании и реализации производственного процесса вывода из эксплуатации блоков атомных электрических станций с целью повышения эффективности и безопасности проектных и практических решений.

Ключевые слова: вывод из эксплуатации, блок атомной электрической станции, логистика, эффективность производственного процесса, радиационная безопасность.

Представляют интерес вопросы адаптации процесса вывода из эксплуатации блока АЭС в логистические структуры и возможности поддержания его эффективности за счет использования правил, процедур и операций логистики [1].

Рассматриваемый процесс попадает под понятие «производственный» по ряду признаков, к которым относятся, например, следующие [2-4]:

–задействованные в процессе вывода из эксплуатации объекты подвергаются технологическому переделу от начального состояния в виде подвергавшегося эксплуатации оборудования, металлоконструкций, строительных конструкций в конечное состояние в виде демонтированного оборудования и металлоконструкций, строительных элементов, крупных и мелких металлических и строительных фрагментов;

–в процессе вывода из эксплуатации генерируются вторичные отходы в виде радиоактивных отходов (РАО) от применения дезактивационных технологий;

–действуют материальные (транспортно-технологические) потоки в виде демонтированных объектов, направляемых из рабочих зон демонтажных работ в места временного складирования, на участки сортировки и переработки, на организованные площадки временного хранения, штатные и организованные хранилища длительного хранения, в региональные могильники (при наличии) для захоронения и на площадки складирования металлолома и строительных отходов;

–процесс сопровождается информационным потоком, направленным как по ходу материального потока, так и обратно ему.

При этом имеются существенные отличия производственного процесса вывода из эксплуатации блоков АЭС от производства изделий в его обычном понимании:

–не используется производственная функция снабжения, нет закупок исходных материалов для производства изделий, т.е. отсутствует входной материалопоток в производственную систему;

–наблюдается смена приоритетов в оценке эффективности производства – экономические факторы в виде производительности и себестоимости работ идут вслед факторам их радиационной безопасности и обеспечения нормативных требований к продукции;

–особое значение имеет учет транспортно-технологического материального потока радиоактивной продукции демонтажных работ, необходимо отслеживать объем этого потока, радиационное состояние объектов по ходу перемещения, их массогабаритные параметры;

–вспомогательное производство в виде участков переработки демонтированной радиоактивной продукции организационно и технологически сложное, сопоставимое или превосходящее по техническому уровню основное производство (демонтаж оборудования, металлоконструкций и строительных конструкций).

Основные функциональные области логистики [1] проявляются и в производственном

процессе вывода блока АЭС из эксплуатации.

1) Транспортная логистика, управляющая материальными потоками, в полной мере отвечает условиям применения в транспортно-технологических потоках демонтируемых объектов на блоке АЭС.

2) Производственная логистика, в общем случае связанная с промышленным изготовлением продукции материального потребления и чаще всего функционирующая в пределах одного предприятия в рамках действующей в нем системы управления, в производственном процессе вывода из эксплуатации блока АЭС охватывает технологическую составляющую потока демонтируемых объектов при операциях демонтажа, переработки, кондиционирования.

3) Информационная логистика, базирующаяся на информационных технологиях и микропроцессорной технике, поддержит необходимый уровень управления транспортно-технологическими потоками в производственном процессе вывода из эксплуатации блока АЭС и, кроме того, может быть использована для контроля движения радиоактивных демонтированных объектов.

4) Распределительная логистика, в общем случае решающая задачи реализации готовой продукции, в условиях производственного процесса вывода блока АЭС из эксплуатации будет функционировать в существенно отличающейся среде, особенности которой показаны выше.

В процессе вывода из эксплуатации информационная логистика должна участвовать в контроле меняющихся радиационных и массогабаритных параметров демонтированных радиоактивных объектов, их объема и количества, распределения по категориям активности..

Научные и научно-практические исследования проблематики вывода из эксплуатации блоков АЭС могут быть эффективно дополнены привлечением современного аппарата логистики – научной и практической деятельности, связанной с организацией и управлением движения материальных и сопутствующих им информационных потоков. Целесообразно использование информационной функции логистики в учете движения демонтированных радиационно-активных объектов – обязательного условия обеспечения требований радиационной безопасности работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гаджинский, А.М.* Логистика: учеб. [Текст] / А.М. Гаджинский. – Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2009. – 484 с.
2. *Томилин, С.А.* Особенности проектирования демонтажа оборудования блоков атомных станций с учетом нормативного регулирования их вывода из эксплуатации [Текст] / С.А. Томилин, А.И. Берела, Н.Н. Подрезов, А.Г. Федотов // Глобальная ядерная безопасность. – 2017. – № 1 (22). – С. 59-67.
3. *Берела, А.И.* Анализ и представление среды действия в системе проектирования технологии демонтажа оборудования при выводе из эксплуатации блока АЭС [Текст] / А.И. Берела, Б.К. Былкин, С.А. Томилин, А.Г. Федотов // Глобальная ядерная безопасность. – 2014. – № 1 (10). – С. 25-31.
4. *Берела, А.И.* Выбор значений параметров технологического процесса демонтажа оборудования блоков АЭС, выводимых из эксплуатации [Текст] / А.И. Берела, Б.К. Былкин, С.А. Томилин, А.Г. Федотов // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – № 3 (8). – С.60-64.

Logistics and Providing the Effectiveness of the Decommissioning Process of NPP units

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

Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University “MEPhI”,

Volgodonsk, Rostov region

¹berelaleks@yandex.ru

²SATomilin@mephi.ru

³AGFedotov@mephi.ru

Abstract – The paper considers the possibility of applying logistics in the design and implementation of the production process of decommissioning blocks of nuclear power plants in order to improve the efficiency and safety of design and practical solutions.

Keywords: decommissioning, nuclear power plant unit, logistics, production process efficiency, radiation safety.

УДК 681.5.072

Комплексный анализ диагностических параметров дизель-генераторных установок атомных электростанций

Е.А. Абидова, А.Е. Дембицкий, О.Ю. Пугачёва

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

Представлен подход к диагностированию дизель-генераторного оборудования путем построения эталонного базиса и проецирования диагностических параметров вибрации, ультразвука и теплотметрии диагностируемого объекта на эталонный базис, для получения комплексной оценки диагностических параметров дизель-генераторов.

Ключевые слова: резервная дизельная электростанция, тепловизионный контроль, вибрационный контроль, ультразвуковой контроль, эталонный базис, комплексная оценка.

Для обеспечения безотказной работы дизель-генераторам проводят периодическое опробование, диагностику и техническое обслуживание.

Используемые методы диагностики позволяют получать часть информации о техническом состоянии дизель-генераторной установки. Этого недостаточно для обеспечения необходимого уровня надежности.

Для повышения чувствительности диагностики и как следствие надежности работы оборудования необходимо выполнить комплексную диагностику различными методами и выполнить их комплексный анализ. Проведение комплексной диагностики требует анализа больших объемов данных различной физической природы, что может затруднить экспертную трактовку состояния оборудования. Данная проблема требует внедрения методов автоматической классификации и оценки результатов диагностирования.

Общее состояние оборудования характеризуется комплексом различных факторов, включая нелинейные и негармонические параметры, вклад которых возрастает при развитии неисправностей. Возникает задача многомерного анализа детерминированных и стохастических характеристик. Данную задачу возможно решить с использованием метода главных компонент [1].

Классический вариант метода главных компонент описанный в работах [2] не подходит, так как использует для построения базиса весь массив данных (исправных и неисправных состояний). Предлагается использование способа, предполагающего изначальное построение эталонного базиса (заведомо исправного состояния оборудования) и последующее проецирование на него собранных анализируемых данных (текущего состояния оборудования).

Одновременная регистрация трех видов параметров технического состояния, соответствующих типовым группам оборудования, позволяет проводить комплексную оценку путем представления данных в n -мерной области, вычисления центров кластеров данных и расстояния между центрами. Величина расстояния между выборками данных, зарегистрированных в разное время, является комплексным показателем изменения состояния оборудования.

Силами НИИ АЭМ был создан программно-технический комплекс, предназначенный для диагностирования дизель-генераторного оборудования безразборным способом в

помещении дизель-генераторной установки АЭС. Данный комплекс реализует многомерный анализ диагностических данных [3].

На данный момент времени производится сбор базы эталонных параметров на основе реальных диагностических параметров вибрации, ультразвука, теплотметрии дизель-генераторного оборудования российских атомных электростанций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абидова, Е.А.* Диагностирование дизель-генераторного оборудования АЭС с использованием детерминированных и стохастических методов [Текст] / Е.А. Абидова, Л.С. Хегай, А.В. Чернов, В.И. Соловьёв, О.Ю. Пугачёва // Глобальная ядерная безопасность. – 2016. – № 3 (20). – С. 74-79.
2. *Померанцев, А.* Метод главных компонент (PCA) [Текст] / А. Померанцев // Российское хемометрическое общество. [Электронный ресурс]. – URL: <http://rcs.chemometrics.ru/Tutorials/pca.htm> (дата обращения: 21.05.2019).
3. *Абидова Е.А., Дембицкий А.Е., Соловьёв В.И., Пугачёва О.Ю.* Переносной программно-технический комплекс диагностирования дизель-генераторов [Текст] / Абидова Е.А., Дембицкий А.Е., Соловьёв В.И., Пугачёва О.Ю. // Глобальная ядерная безопасность. 2018.

Comprehensive Analysis of Diagnostic Parameters of the NPP Diesel Generator Sets

Е.А. Abidova, А.Е. Dembitsky, О. Yu. Pugacheva

SRI AEM, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI", Volgodonsk, Rostov region

Abstract – An approach to diagnosing diesel generator equipment is presented by building a reference basis and projecting the diagnostic parameters of vibration, ultrasound and thermal metrics of the object being diagnosed on a reference basis to obtain a comprehensive assessment of the diagnostic parameters of diesel generators.

Ключевые слова: backup diesel power station, thermal imaging control, vibration control, ultrasonic control, reference basis, comprehensive assessment.

УДК 621.039

Диагностирование состояния оборудования АЭС при помощи энтропийных методов обработки видеозображений

О.Е. Драка¹, А.В. Чернов², Е.А. Абидова³, В.Т. Саункин⁴

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

В работе исследована возможность применения энтропийных методов обработки данных для диагностики состояния оборудования АЭС. Были рассчитаны значения энтропии Реньи 0-го, 1-го и 2-го порядков и их динамика во времени.

Ключевые слова: тепловизионный контроль, энтропия Реньи, атомная электрическая станция (АЭС).

Целью исследования является изучение возможности применения энтропии Реньи для контроля состояния оборудования АЭС и возможности выявления неисправностей этого оборудования.

Обобщенная энтропия Реньи порядка q определяется по формуле (1): [1]:

$$R_q(\alpha) = \frac{1}{1-q} \ln \left(\sum_{i=1}^{N(\alpha)} p_i^q \right), \quad (1)$$

где q -порядок энтропии, $q \in (-\infty, \infty)$;

a -множество точек;

$N(a)$ -общее число точек покрывающих объект;

p -вероятность;

i -тый-гиперкуб данного покрытия

Энтропия Реньи нулевого порядка определяется по формуле (2) [1]:

$$R_0(a) = \ln N(a). \quad (2)$$

Принцип расчета энтропии Реньи 0-порядка состоит в разбиении изображения на ячейки, подсчете ячеек, заполненных изображением (если хоть один пиксель изображения попал в ячейку, она считается заполненной) и умножения числа заполненных ячеек на их площадь.

Энтропия Реньи первого порядка ($q=1$) определяется по формуле (3):

$$R_1 = \lim_{q \rightarrow 1} \frac{\sum_{i=1}^{N(a)} p_i^q \ln p_i}{-\sum_{i=1}^{N(a)} p_i^q} = -\sum_{i=1}^{N(a)} p_i \ln p_i. \quad (3)$$

Энтропия Реньи второго порядка по формуле (4):

$$R_2(a) = \ln(\sum_{i=1}^s p_i^2). \quad (4)$$

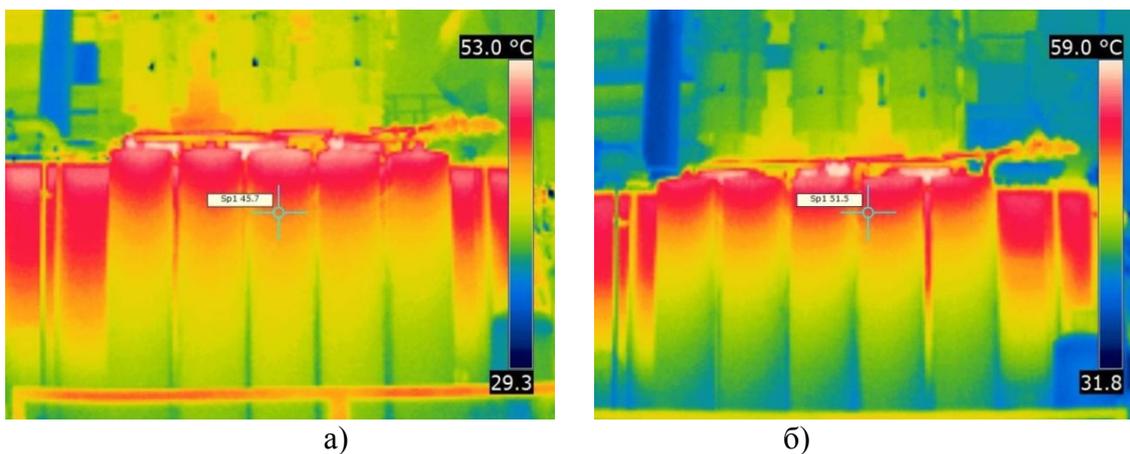
Энтропию второго порядка называют корреляционной, так как она дает меру для оценки пространственной корреляции элементов структуры исследуемого объекта. Уменьшение этой энтропии говорит о росте корреляций, а ее увеличение соответствует уменьшению коррелированности элементов и росту хаотичности в системе.

В настоящей работе была произведена обработка видеоизображений, полученных с помощью системы тепловизионного контроля на РоАЭС. Для этого была разработана программа для расчета энтропии Реньи 0-го, 1-го и 2-го порядков для видеоизображений, а так же был произведен анализ временных изменений энтропии Реньи 0-порядка, 1-порядка, 2-порядка для выявления неисправностей оборудования АЭС.

Полученные данные с РоАЭС взяты с временным промежутком в 2 минуты.

На рисунке 1 представлены данные снятые с помощью системы тепловизионного контроля на РоАЭС. Камера FLIRT250 Westem. Объектив FOL18. Параметры объекта: коэффициент излучения 0,83; отраженная температура 20 С, температура воздуха 30 С, относительная влажность 50%, расстояние 5,3 м. Минимальная температура 24,4 С, максимальная температура 53,2 С.

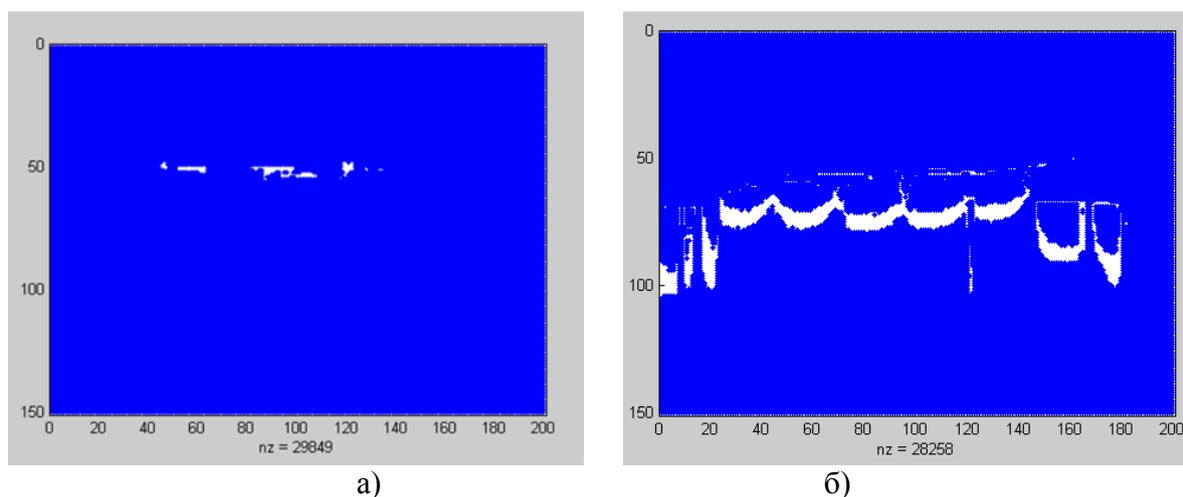
На рисунке 2 представлены данные снятые через две минуты. Время 12.43. Минимальная температура 32,6 С, максимальная температура 58,8 С.



а) б)
 Рисунок 1 – Данные тепловизионного контроля:
 а) от 02.08.2016 12:41,
 б) от 02.08.2016 12:43.

Данные с рисунков 1 и 2 были переведены в Excel файл, в котором были представлены температуры в каждой точке.

Для изображений, представленных на рисунках 1 и 2 были получены графики, на которых видны участки с диапазонами температур от 51 С до 53 С (рис. 2).



а) б)
 Рисунок 2 – Области с диапазоном температур от 51 С до 53 С:
 а) время 12:41,
 б) время 12:43.

Как видно из рисунка 2, через 2 минуты произошло существенное увеличение площадей, имеющих температуру, близкую к максимальной. Была написана программа, которая производила определение границ областей температур (рис. 2) и по формулам (2) – (4) рассчитывала энтропию Реньи 0-го, 1-го и 2-го порядка (рис. 3). Для определения границ температурных областей (рис. 2) была написана программа, алгоритм которой представлен на рисунке 4.

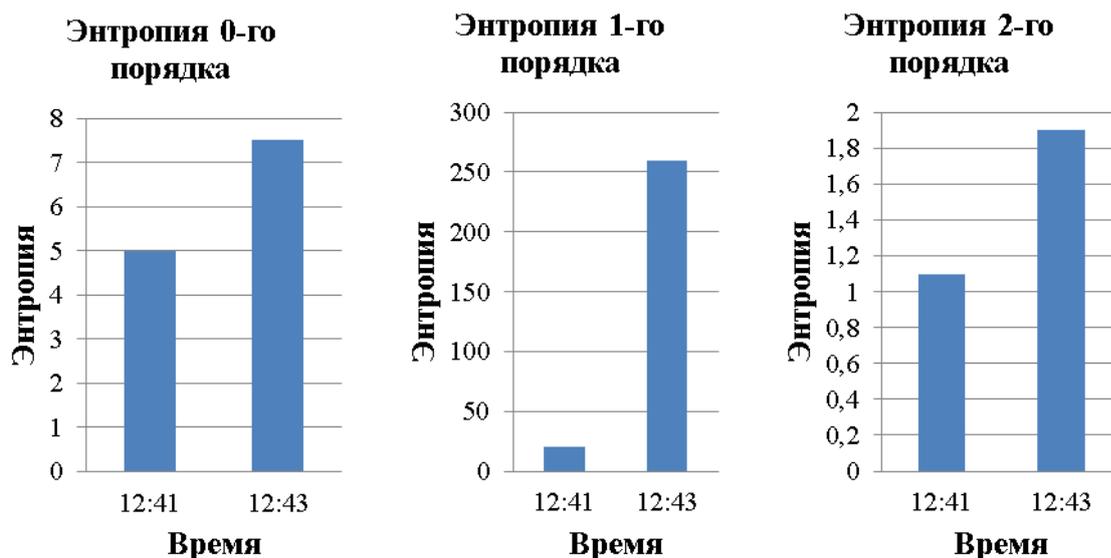


Рисунок 3 – Временные вариации энтропии Реньи порядка $q=0$, $q=1$ и $q=2$

В результате сравнительного анализа, мы можем подвести итог, что энтропия Реньи 0-го, 1-го и 2-го порядка возросла после промежутка времени равного 2 минутам (рис. 3).

Повышение энтропии 0-го порядка говорит о том, что возрастают площади с температурами, близкими к максимальной температуре исследуемого объекта (рис. 2). Определение энтропии Реньи 0-го порядка играет важную роль в решении задач технической диагностики, где необходима точность определения площадей отдельных областей, имеющих сложную форму.

Повышение энтропии 1-го порядка дает увеличение количественной меры степени хаотичности распределения «массы» рассматриваемого объекта (рис. 2, 3).

Увеличение энтропии 2-го порядка соответствует уменьшению коррелированности элементов и росту хаотичности в системе (рис. 2, 3).

Расчет энтропийных показателей позволяет получить важную качественную и количественную информацию о структуре сложных физических систем, особенностях их динамической эволюции и о физических процессах, происходящих в таких системах [2,3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чумак, О.В. Энтропия и фракталы в анализе данных [Текст] / О.В. Чумак. – Москва-Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011. – 164 с.
2. Абидова, Е.А. Диагностирование дизель-генераторного оборудования АЭС с использованием детерминированных и стохастических методов [Текст] / Е.А. Абидова [и др.] // Глобальная ядерная безопасность. – 2016. – № 3 (20). – С. 74-79.
3. Абидова, Е.А. Диагностирование электроприводной арматуры с использованием энтропийных показателей [Текст] / Е.А. Абидова, Л.С. Хегай, А.В. Чернов, О.Ю. Пугачева // Глобальная ядерная безопасность. – 2016. – № 4 (21). – С. 69-77.

Diagnosing the Status of NPP Equipment Using Entropy Video Processing Methods

O.E. Draka¹, A.V. Chernov, E.A. Abidova², V.T. Saunkin

Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University “MEPhI”,
Volgodonsk, Rostov region

¹oed17@mail.ru
²e-abidova@mail.ru

Abstract – The paper simulates the attenuation of gamma quanta by a protective reinforced concrete container, and the attenuation coefficients of the equivalent dose are calculated, which can be used to substantiate the protective properties of the container.

Keywords: reinforced concrete container, equivalent dose reduction factor, storage of radioactive waste.

УДК 51-7

Прогнозирование статистических характеристик контролируемого параметра на основе анализа временного ряда

Цуверкалова О.Ф., Шпицер В.Я., Сысоев Ю.С.

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

В работе рассмотрен метод повышения надежности оценок статистических характеристик контролируемых параметров технологических процессов. Предложен метод построения векторов-соседей на основе анализа временного ряда, описывающего дрейф прогнозируемого параметра. Проведен сравнительный анализ статистического распределения изменений координат стартового вектора и векторов-соседей. Показано, что предлагаемый метод позволяет увеличивать объем выборки, используемой для прогнозирования.

Ключевые слова: временные ряды, методы прогнозирования, дрейф параметров, векторы-соседи.

При изучении объектов различной природы на практике зачастую невозможно построить аналитическую модель изучаемого объекта. В таких случаях широко используется подход, связанный с фиксацией значений параметров изучаемого объекта через определенные промежутки времени и дальнейшим анализом полученного временного ряда [1, 2]. При этом для анализа отбирается стартовый вектор, составленный из последних последовательных значений изучаемого параметра. Данный вектор характеризует состояние изучаемого объекта в определенный промежуток времени. Считая распределение значений параметра случайной величиной, можно построить ее ряд распределения и использовать полученные результаты для прогнозирования [3, 4].

Построение функции распределения требует большого объема статистических данных, при этом, чем больше объем выборки, тем точнее определяемые статистические характеристики случайной величины. Поэтому для увеличения объема данных используется не только стартовый вектор, но и другие вектора, близкие к нему [5]. Однако данный подход имеет ряд минусов. Во-первых, количество полученных векторов-соседей может оказаться недостаточным. Во-вторых, возможны ситуации, когда полученное семейство векторов-соседей состоит из векторов, расположенных в окрестности некоторого одного вектора x_0 . В этом случае влияние вектора x_0 на прогноз может доминировать над влиянием стартового вектора.

Для устранения этих недостатков было предложено модифицировать алгоритм поиска векторов-соседей следующим образом [6].

Поскольку при прогнозировании важны не столько значения временного ряда, сколько величины смещений состояния объекта при переходе во временном ряде от значения x_s значению x_{s+1} , предлагается выбор векторов-соседей производить не из векторов исходного временного ряда, а из векторов, сдвинутых таким образом, чтобы расстояние от них до стартового вектора было наименьшим.

Поиск векторов-соседей целесообразно проводить, определив коэффициент корреляции между каждым из векторов и стартовым вектором. При этом близкие вектора будут иметь коэффициент корреляции, близкий к единице. Поэтому вектора-соседи целесообразно искать среди тех векторов, для которых функция коэффициента корреляции со стартовым вектором будет иметь локальные максимумы.

Определив количество локальных максимумов функции коэффициента корреляции, больших некоторого заранее заданного порога (например, 0,9), можно определить количество векторов-соседей, которое будет использоваться для дальнейшего анализа.

Для проверки возможности использования векторов-соседей для прогнозирования состояния объекта был проведен сравнительный анализ статистического распределения изменений координат стартового вектора и векторов-соседей. В качестве нулевой гипотезы было выдвинуто предположение о том, что эти распределения одинаковы. Проверка проводилась с помощью критерия χ^2 на уровне значимости 0,05. Описанным выше методом для стартового вектора было отобрано 10 векторов-соседей, для каждого из которых было построено соответствующее статистическое распределение. Дополнительно рассматривался вектор, полученный объединением векторов-соседей. Все распределения сравнивались с распределением стартового вектора. Результаты проверки гипотезы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Проверка гипотезы о распределении координат стартового вектора и векторов соседей

№ вектора-соседа	60	353	612	625	911	1245	1519	1850	2087	2143	Сводный вектор
Фактическое значение χ^2	1,93	3,46	4,45	4,29	4,09	5,66	1,88	3,76	3,00	0,58	1,81

Поскольку табличное значение χ^2 -критерия составляет 5,99, нет оснований отвергать нулевую гипотезу об одинаковом распределении стартового вектора и векторов-соседей. Следовательно, использование векторов-соседей, отобранных по предлагаемой методике, вполне правомерно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бокс, Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление [Текст] / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. – Москва : Мир, 1974.
2. Лоскутов, А.Ю. Основы теории сложных систем [Текст] / А.Ю. Лоскутов, А.С. Михайлов. – Москва-Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2007. – 620 с.
3. Сысоев, Ю.С., Симакова Н. А. Оценка длительности межповоротных интервалов измерительных устройств методами теории массового обслуживания // Измерительная техника. – 2014. – № 12. – С. 10-15.
4. Сысоев, Ю. С. [Текст] / Ю.С. Сысоев, А.А. Сальников, А.В. Чернов, В.Г. Бекетов Упреждающие методы диагностики технических объектов АЭС//Глобальная ядерная безопасность. – 2017. – № 3. – С. 91-101.
5. Сысоев, Ю.С. Использование временных рядов для формирования промежутков однотипного поведения параметров объекта при различных способах прогнозирования [Текст] / Ю.С. Сысоев // Измерительная техника. – 2018. – № 2. – С. 8-12.
6. Сысоев, Ю.С. Использование временных рядов для повышения надёжности статистических характеристик контролируемого параметра при прогнозировании [Текст] / Ю.С. Сысоев, О.Ф. Цуверкалова //Измерительная техника. – 2018. – № 10. – С. 14-18.

The Time Series Using for the Improving the Controlled Parameter Statistic Characteristics Estimates Reliability for Forecasting

O. F. Tsuverkalova, V.Ya. Shpitsler, Yu. S. Sysoev

Volgodonsk Engineering and Technical Institute – Branch of the Scientific Research Nuclear University "MEPhI",
Volgodonsk, Rostov region

Abstract – The paper considers a method of improving the reliability of statistical characteristics of the technological processes controlled parameters. A method for constructing neighbor vectors based on the analysis of the time series describing the predicted parameter drift is proposed. A comparative analysis of the coordinates changes statistical distribution is carried out for the starting vector and neighbour vectors coordinates. It is shown that the proposed method allows to increase the sample size used for forecasting.

Keywords: time series, forecasting methods, parameter drift, neighbour vectors.

Интерактивный альбом нейтронно-физических характеристик топливной загрузки реакторов ВВЭР

Игнаткин В.А., Коломиец М.А., Лапкис А.А.

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

В докладе описаны метод и разработанное авторами программное средство для автоматизации оперативных расчётов изменения реактивности реактора ВВЭР-1000. Приведены основные расчётные зависимости, экранные формы и результаты тестирования. Оценено снижение погрешности расчётов. Предложен путь развития разработанного программного средства как элемента цифрового двойника ядерного реактора ВВЭР-1000.

Ключевые слова: ВВЭР-1000, реактивность, топливная загрузка, эффекты реактивности, коэффициенты реактивности, ПС СУЗ, ОР СУЗ, нейтронно-физические характеристики.

Изменения состояния реакторной установки, связанные с введением реактивности, представляют особую опасность ввиду существования возможности разгона на мгновенных нейтронах при введении реактивности, величина которой превышает эффективную долю запаздывающих нейтронов.

Методики оперативного расчёта изменения реактивности на Ростовской АЭС предписаны эксплуатационной документацией на реактор – альбом нейтронно-физических характеристик (НФХ). Однако отсутствие в указанном типе документов [1] пошаговых методик расчёта в обоснование воздействий на реактивность с учётом ксеноновых процессов ограничивает полноту представления о переходном процессе.

Выполнение расчётов вручную занимает некоторое время – около 5-10 минут в условиях отсутствия отвлекающих факторов, редко достижимых при работе смены блочного щита управления (БЩУ) – и отвлекает внимание оперативного персонала БЩУ от текущего технологического процесса. Кроме того, результаты ручного счёта, как правило, обнаруживают существенную погрешность (рис. 1).

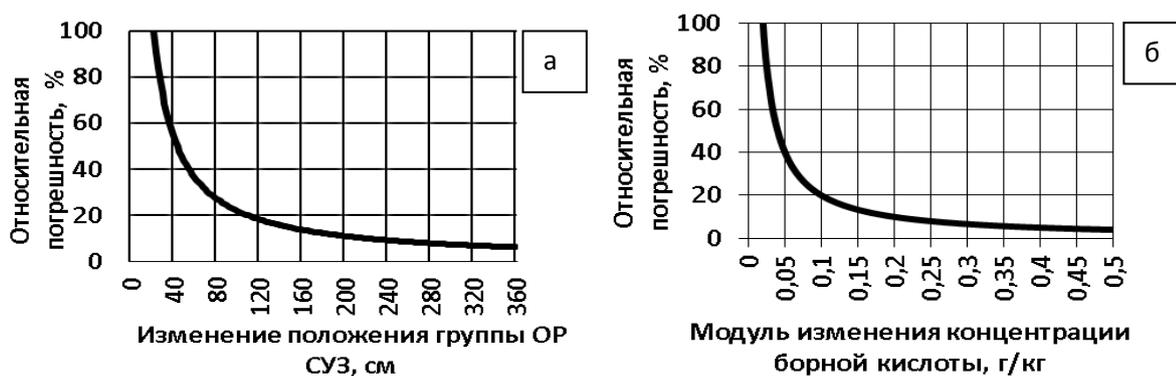


Рисунок 1 – Относительные погрешности расчётов переходных процессов вручную (а – зависимость относительной погрешности при изменении положения группы ОР СУЗ от величины изменения; б – зависимость относительной погрешности при подпитке дистиллятом от изменения концентрации борной кислоты)

Данные, приведённые в альбоме НФХ, позволяют проводить оценочные расчёты переходных процессов реактора ВВЭР-1000. Расчётные изменения реактивности в результате ксеноновых переходных процессов на произвольные эффективные сутки для произвольного изменения мощности должны быть запрошены в ОЯБиН.

Ручной расчёт изменений реактивности по процедуре, описанной в альбоме НФХ, имеет присущую ему погрешность, которая преимущественно определяется:

- определением справочных данных по графикам альбома НФХ;

– погрешностью в определении исходного и конечного состояния РУ.

Так, например, для расчёта объёма борного концентрата при изменении мощности РУ используется формула (1):

$$V = \frac{V_{1K}}{1,04} \cdot \ln \left(\frac{C_{\text{подп}} - C_0}{C_{\text{подп}} - C_{\text{кон}}} \right) \cdot 60, \quad (1)$$

где $V_{1K} = 320 \text{ м}^3$ – эффективный объем 1 контура;

$C_{\text{подп}}$, C_0 , $C_{\text{кон}}$ (г/кг) – подпиточная, начальная и конечная концентрация борной кислоты.

Погрешность определения объёма водообмена можно найти по формуле (2):

$$\varepsilon_V = \frac{\left(\left| \frac{C_0 - C_{\text{кон}}}{(C_{\text{подп}} - C_0)(C_{\text{подп}} - C_{\text{кон}})} \right| \cdot \Delta C_{\text{подп}} + \left| \frac{-1}{C_{\text{подп}} - C_0} \right| \cdot \Delta C_0 + \left| \frac{1}{C_{\text{подп}} - C_{\text{кон}}} \right| \cdot \Delta C_{\text{кон}} \right) \cdot \frac{V_{1K}}{1,04} \cdot 60}{\frac{V_{1K}}{1,04} \cdot \ln \left(\frac{C_{\text{подп}} - C_0}{C_{\text{подп}} - C_{\text{кон}}} \right) \cdot 60}, \quad (2)$$

где $\Delta C_{\text{подп}} = \Delta C_0 = \Delta C_{\text{кон}} = \Delta C = 0,01 \frac{\text{г}}{\text{кг}}$ – погрешности измерения концентраций борной кислоты.

После преобразований с применением разложения в ряд Маклорена получаем относительную погрешность по формуле (3):

$$\varepsilon_V \approx \frac{2 \cdot \Delta C}{\delta C}, \quad (3)$$

где δC – модуль изменения концентрации борной кислоты в 1 контуре.

Двойная линейная интерполяция позволяет повысить точность расчетов до второго порядка [2]. Программное средство, реализующее расчёт изменения реактивности с применением двойной линейной интерполяции, может снизить погрешность определения конечного состояния РУ в 8–12 раз.

Наиболее перспективным представляется реализация методики проведения расчётов в виде программного средства (ПС), исполняющего роль интерактивного дубликата эксплуатационной документации реактора – альбома НФХ

В рамках данной работы разработано программное средство ANFC-I, основанное на процедурах и справочных данных, регламентированных альбомом НФХ топливной загрузки. ANFC-I представляет возможность осуществления расчётов изменения реактивности в диапазоне мощностей, определяемом допустимой тепловой мощностью реактора [3].

Разработанное программное средство реализует следующие видов расчётов:

- изменения положения групп ОР СУЗ при изменении мощности реактора;
- изменения концентрации борной кислоты при изменении мощности реактора;
- изменения критической концентрации борной кислоты при изменении положения групп ОР СУЗ на неизменной мощности реактора;
- объёма водообмена и изменения уровня в баках при подпитке первого контура чистым дистиллятом или раствором борной кислоты;
- поиска критической конфигурации реактора (под конфигурацией понимается сочетание мощности, положения групп ОР СУЗ и концентрации борной кислоты) после изменения состояния РУ с учетом изменения концентрации ксенона-135;
- пусковой концентрации борной кислоты после перевода РУ в состояние «горячий останов».

На рисунке 2 представлена экранная форма АВFC-I, предназначенная для расчёта борной перекompенсации при возврате групп ОР СУЗ в регламентное положение.

Для дальнейшего использования ANFC-I в промышленной эксплуатации энергоблоков АЭС необходимо:

- оценить реальную точность, с которой определяется конечное состояние РУ, испытаниями в условиях полномасштабного тренажёра и энергоблока;
- установить автоматизированное получение справочных нейтронно-физических данных от программного комплекса КАСКАД.

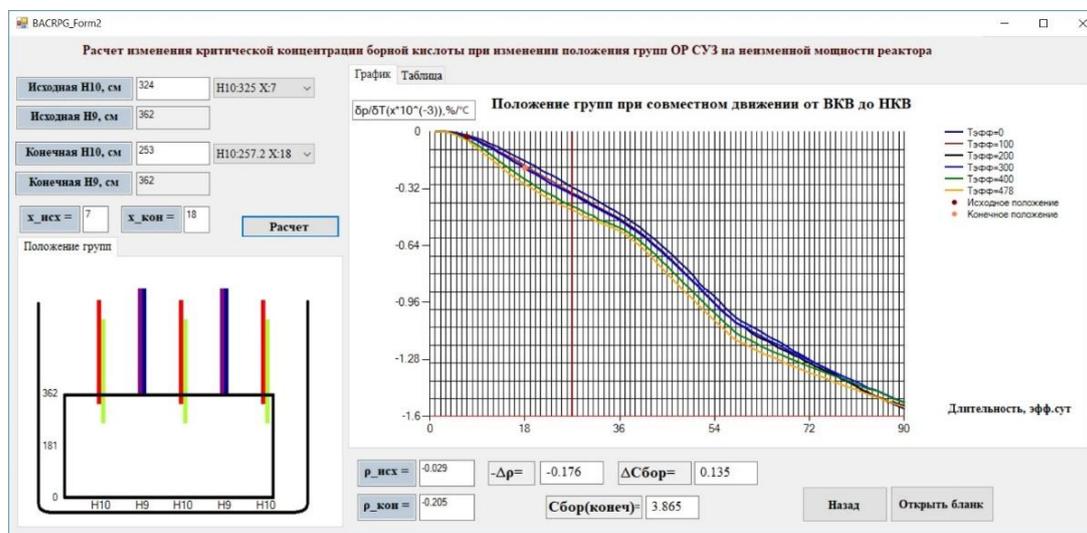


Рисунок 2 – Расчет изменения критической концентрации борной кислоты при изменении положения групп ОР СУЗ на неизменной мощности реактора

Таким образом, проведённая работа показала возможность повышения точности и скорости оперативных расчётов изменения реактивности путём дополнения расчётно-аналитического сопровождения ВВЭР-1000 программным средством – интерактивным дубликатом альбома НФХ. Разработанное программное средство в настоящее время проходит испытания в учебно-тренировочном подразделении Ростовской АЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД ЭО 1.1.2.25.0445-2016 «Требования к содержанию альбома нейтронно-физических характеристик топливных загрузок реакторов ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200».
2. Амосов, А.А. Вычислительные методы для инженеров: Учеб. Пособие [Текст] / А.А. Амосов, Ю.А. Дубинский, Н.В. Копченова. – Москва : Высш. шк., 1994. – 544 с.
3. РГ.2.01 Рабочий технологический регламент безопасной эксплуатации энергоблока №2 Ростовской атомной станции. – 2009.

Use of the Vibroacoustic Signals to Identify Working Regime of the WWER-1000 Power Unit Refueling Machine

V.A.Ignatkin, M.A.Kolomietz, A.A.Lapkis

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI",
Volgodonsk, Rostov region
AALapkis@mephi.ru*

Abstract – The paper describes the method and software developed by the authors for automating operational calculations of reactivity changes of the WWER-1000 reactor. The main calculation dependencies, screen forms and test results are given. Raising of the calculation accuracy is shown. The development path of the developed software as an element of the digital twin of the WWER 1000 nuclear reactor is proposed.

Keywords: WWER-1000, reactivity, fuel loading, reactivity effects, reactivity coefficients, control rod, rod bank, neutron-physical characteristics.

Чувствительные элементы пассивных беспроводных датчиков на поверхностных акустических волнах для измерения тока в трехфазных цепях

В.О. Кислицын*, В.А. Калинин*, Г.Я. Карапетьян, В.Ф. Катаев***, Д.В. Степаненко*****

**ООО НТЦ «РУСЬ», Ростов-на-Дону*

***Южный Федеральный Университет, Ростов-на-Дону*

****Волгодонский инженерно-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ, Волгодонск, Ростовская обл.*

В данной статье приведены исследования по чувствительным элементам датчиков тока для трехфазных цепей на основе линий задержки на поверхностных акустических волнах, в которой величина импеданса, подсоединенного к отражательному ВШП зависит от тока в токопроводящей шине.

Импеданс представляет собой последовательно соединенные катушку индуктивности, намотанную на ферритовый сердечник, и емкость. При этом индуктивность меняется под действием магнитного поля создаваемого током, а емкость – под действием напряжения индуцируемого в обмотке, намотанной на магнитопроводе, расположенных вокруг токопроводящих шин.

В работе показано, что в качестве пассивных беспроводных датчиков для измерения токов в трехфазных цепях хорошо подходят датчики на основе линий задержки (ЛЗ) на поверхностных акустических волнах (ПАВ).

Такая ЛЗ содержит узкополосные приемо-передающий и отражательные ВШП. Причем отражательный ВШП нагружается на импеданс, величина которого зависит от тока в токопроводящей шине, ток в которой необходимо измерять.

В этой же работе было показано, что все предлагаемые пассивные чувствительные к току элементы основаны на изменении проводимости этих элементов под действием магнитного поля тока, который необходимо измерить. Однако в настоящее время все такие материалы находятся сейчас на исследовательской стадии.

В предлагаемой работе импеданс состоит из последовательно соединенных катушки индуктивности и емкости, величины которых могут зависеть от тока в шине. При этом используются хорошо известные ферромагнитные материалы, если катушка индуктивности, намотанная на ферромагнитное кольцо помещено в зазор магнитопровода, расположенного вокруг токопроводящей шины, или варикапы, емкость которых будет изменяться под действием напряжения, в обмотке, намотанной на магнитопровод.

Таким образом, пассивные беспроводные датчики на ПАВ можно с успехом применять для измерения тока в трехфазных линиях электропередачи и распределительных шкафах.

При этом в качестве чувствительных элементов можно использовать катушки индуктивности, намотанные на ферромагнитный сердечник, которые помещаются в зазор магнитопровода, расположенного вокруг токопроводящего провода или шины.

Для измерения переменного тока лучше использовать замкнутые магнитопроводы без постоянного магнита, но с намотанной на него обмоткой, напряжение с которой подается через диоды на варикапы либо на дополнительную обмотку, расположенную на ферромагнитном сердечнике магниточувствительной индуктивности. В этом случае положительная и отрицательная полуволны переменного тока измеряются независимо, что позволяет судить о нелинейных искажениях в электросети и более точно оценивать расход электроэнергии

Sensitive Elements of Passive Wireless Sensors on Surface Acoustic Waves for Measuring Current in Three-Phase Circuits

V.O. Kislitsyn *, V.A. Kalinin *, G.Ya. Karapetyan **, V.F. Kataev *, D.V. Stepanenko *****

** "RUS" LLC STC, Rostov-on-Don*

*** Southern Federal University, Rostov-on-Don*

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

Abstract – This paper presents studies on the sensitive elements of current sensors for three-phase circuits based on delay lines on surface acoustic waves where the magnitude of the impedance connected to reflective IDT depends on the current in the busbar.

УДК [308+330.3]:621.039 (669)

Экологические и социально-экономические аспекты возможного развития атомной энергетики в Федеративной Республике Нигерия

Орумо Кеннолл, А.П. Елохин, А.И. Ксенофонт

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва

В работе проводится анализ экономических, экологических и социальных проблем, оказывающих определённое влияние на развитие атомной энергетики в Федеративной Республике Нигерия. При анализе рассматривалось политическое устройство страны, демографические и религиозные особенности населения регионов, экология, общее состояние экономики, сельского хозяйства и промышленности Нигерии. Особое внимание уделялось нефтяной промышленности Нигерии, поскольку в настоящее время это самая развитая отрасль промышленности государства, которая обеспечивает стране членство в ОПЕК. Показано, что для устойчивого развития экономики стране не хватает энергетических мощностей. Поэтому для решения этой проблемы кроме проектирующихся ГЭС на реке Нигер, а также ТЭС, работающих на газе, который добывается в дельте реки Нигер, планируется строительство АЭС. В настоящее время численность населения Нигерии составляет 201 млн. человек и продолжает быстро расти. Поэтому для дальнейшего развития промышленности и сельского хозяйства правительство принимает решение ввести в строй две атомные электростанции. Однако как строительству АЭС, так и их эксплуатации мешают военные конфликты, которые очень часто возникают в Нигерии на различной основе: политической, межконфессиональной, межэтнической и экономической. В таких условиях довольно трудно проводить как строительство радиационно-опасных объектов, так и их эксплуатацию. В связи с чем возникает необходимость принимать повышенные меры безопасности по физической защите как специалистов, принимающих участие в строительстве радиационно-опасных объектов, так и непосредственно самих объектов.

Ключевые слова: Федеративная Республика Нигерия, политическое устройство, социально – экономическое положение населения, сельское хозяйство, промышленность, экология, преступность, условия строительства АЭС.

Интенсивное развитие энергетики в мире в настоящее время тесно связано с экономическим ростом любого государства. Нигерия как одна из развивающихся стран при всём позитиве значительного экономического роста, тоже испытывает не малые трудности, связанные с отсутствием надёжного и эффективного энергообеспечения, поскольку последнее является необходимым условием экономического развития страны. Решение этой проблемы ведёт к решению важных политических, экономических и социальных проблем [1].

Для решения энергетических проблем были привлечены иностранные инвестиции в том числе и с русским капиталом компании Рус Гидро, которая стала победителем тендера на управление электростанциями в Нигерии. На работу гидроэлектростанций (КПД ГЭС является наиболее высоким и составляет 92-95 %) приходится около 1850 МВт, остальной баланс обеспечивается газовыми электростанциями (КПД современной электростанции, работающей на газе, составляет 55-60 %). Таким образом большинство новых энергетических проектов – это газовые электростанции, которые обеспечат дополнительную мощность в ближайшие годы.

Угольные электростанции в настоящее время не разрабатываются по причине низкого КПД (34 %) и загрязнения окружающей среды [2]. В рамках энергообеспечения Нигерии рассматриваются и возобновляемые источники энергии солнца и ветра, но они не смогут внести существенный вклад в электроснабжение энергосистемы

Атомные электростанции (АЭС) требуют повышенного внимания к проблеме безопасности, как на стадии проектирования, при строительстве, так и во время эксплуатации [3,4]. Атомная энергия рассматривается как единственный источник энергии,

который может заменить значительную часть ископаемых видов топлива (уголь, нефть и газ), которые сильно загрязняют атмосферу и способствуют парниковому эффекту. Однако, кроме непосредственной опасности в случае радиационной аварии, использование АЭС сопровождается проблемами безопасности, связанными с утилизацией, захоронением или переработкой отработанного ядерного топлива, что требует крайне сложных технологий, которые могут себе позволить лишь некоторые страны (Россия, США), на территории которых расположены АЭС.

Для решения этих задач Нигерия подписала соглашение с ГК «Росатом» о строительстве атомной электростанции. В настоящее время Росатом работает с Нигерией над двумя запланированными проектами: Центром ядерных исследований и технологий и проектом АЭС, для которого были заключены соглашения, подписанные в октябре 2017 года.

В Нигерии периодически вспыхивают внутренние вооруженные конфликты на политической и религиозной почве. В некоторых районах страны, как отмечалось выше, действуют террористические группировки, так что правительству в первую очередь следует заниматься безопасностью своих граждан.

Таким образом, социально-экономического положения населения Нигерии показывает, что государство действительно нуждается в дополнительных источниках энергии, строительство которых позволило бы решить ряд энергетических проблем, связанных как с развитием промышленности, сельского хозяйства, так и с экономическими, а также и с социальными проблемами страны в целом. Однако, строительство АЭС в этой стране может сопровождаться насилием и похищением специалистов с целью их выкупа. С другой стороны, строительство столь важного и радиационно-опасного объекта как АЭС всегда будет привлекать указанный контингент для различных противоправных действий.

Эта может возникать и в период строительства АЭС, и в период её эксплуатации, поскольку в таких социальных условиях всегда можно сколотить группу боевиков, желающих заработать на терактах, или подготовить несколько смертников.

Наибольшая опасность строительства и эксплуатации АЭС в Нигерии определяется низким социально-экономическим и соответственно образовательным уровнем населения, которое могут использовать для совершения негативных действий, например, терактов, которые вызовут отрицательную реакцию не только к стране, в которой построили АЭС, но и к той, которая её построила.

По-видимому, в ближайшее будущее решение проблемы энергообеспеченности Нигерии следует искать в строительстве ТЭС, работающих на газе, который также добывают в Нигерии в дельте реки Нигер. В результате такого решения будет полностью исключена проблема радиоактивного загрязнения окружающей среды. Что же касается Центра ядерных исследований и технологий, то строительство такого объекта в Нигерии просто необходимо, поскольку он со временем будет представлять кузницу национальных кадров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Следзевский, И.В.* История Нигерии в новое и новейшее время [Текст] / И.В. Следзевский [и др.] // Ред. Ю.Н.Зотова, И. В. Следзевский; Институт Африки АН СССР. – Москва : Наука. Главная редакция восточной литературы, 1981. – 358 с.2.
2. *Елохин, А.П.* Основы экологии и радиационно-экологического контроля окружающей среды [Текст] / А.П. Елохин, А.И. Ксенофонтов, И.В. Пырков. – Под редакцией А.П. Елохина. Москва : НИЯУ МИФИ, 2016. – 680 с.3.
3. *Гбадебо, Олусегун Одулару* Способствует ли потребление энергии экономическим показателям? Эмпирические доказательства из Нигерии 2009 г.
4. МАГАТЭ, Атомные энергетические реакторы в мире. – Вена. – 2018. – IAEA-RDS-2/38 ISBN 978–92–0–101418–4 ISSN 1011–2642/

Ecological and Socio-economic Aspects of the Possible Development of Nuclear Energy in the Federal Republic of Nigeria

Orumo Kenoll¹, A.P. Elokhin², A.I. Ksenofontov³

National Research Nuclear University «MEPhI»

¹*orumokenoll@yahoo.com*

²*elokhin@yandex.ru*

³*AIKsenofontov@mephi.ru*

Abstract – The paper analyzes economic, environmental and social problems that have a certain impact on the development of nuclear energy in the Federal Republic of Nigeria. The analysis examined the political structure of the country, the demographic and religious characteristics of the population of the regions, the ecology, the general state of the economy, agriculture and industry in Nigeria. Special attention was paid to the oil industry in Nigeria, since at present it is the most developed industry in the state, which provides OPEC membership for the country.

The paper shows that for the sustainable development of the economy, the country lacks energy capacities. To solve this problem, hydropower plants are being designed on the Niger River, as well as thermal power plants running on gas, which is produced in the Niger Delta and are also planning to build a nuclear power plant. At present, the country's population is 201 million people and its number continues to grow rapidly. Therefore, for the further development of industry and agriculture, the government decides to commission two nuclear power plants. However, both the construction of nuclear power plants and their operation are hampered by military conflicts, which very often arise in Nigeria on various grounds: political, interfaith, inter-ethnic and economic. In such conditions it is quite difficult to carry out both the construction of radiation-hazardous facilities and their operation. In this connection, there is a need to take increased safety measures for the physical protection of both specialists involved in the construction of radiation-hazardous facilities and the facilities themselves.

Keywords: Federal Republic of Nigeria, political structure, social and economic situation of the population, agriculture, industry, ecology, crime, conditions for the construction of nuclear power plants.

УДК:504.4.054:577.152:669.018.674

Изменения показателей фосфатазной и эстеразной активности сестона при воздействии ртути в природных и модельных экосистемах

О.И. Бейсуг

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» Волгодонский инженерно-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ, Волгодонск, Ростовская обл.

В работе рассмотрено влияние различных концентраций ртути на показатели в природных и модельных экосистемах фосфатазной и эстеразной активности сестона.

Ключевые слова: ртуть, активность щелочной фосфатазы, активность эстераз сестона, ферменты, интенсивность метаболизма, гидробиоценоз.

Вследствие того, что тяжёлые металлы являются приоритетными загрязнителями поверхностных вод суши, а ртуть используется в качестве компонентов в ювелирной промышленности, мелкие предприятия которой, как правило, не имеют собственных очистных сооружений, и, следовательно, сбрасывают свои сточные воды в общегородские канализационные системы, были проведены натурные и модельные эксперименты по влиянию меди и ртути на активность щелочной фосфатазы и внеклеточных эстераз. Тяжелые металлы, в том числе и ртуть, воздействуют на активность некоторых ферментов, выступая в зависимости от концентрации в роли ингибиторов или активаторов. В метаболизме водных биоценозов важную роль играют внеклеточные ферменты щелочная фосфатаза (КФ 3.1.3.1) и

эстеразы (КФ 3.1.1.1 и КФ 3.1.1.2), гидролизующие фосфоэфирные и сложноэфирные связи органических веществ, участвуя, таким образом, в круговороте важнейших биогенных элементов – фосфора и углерода. В этой связи изменение активности названных ферментов может привести к нарушению сбалансированности биогеохимических процессов в водных экосистемах.

В нижнем течении р. Дон в комплексных исследованиях в 2002 и 2003 гг, 2009-2011 обнаружены высокие концентрации растворенной ртути - от 0,05 до 3,20 мкг/л, валовое содержание ртути составило от 0,12 до 3,70 мкг/л. В результате анализа полученных данных выявлены достаточно высокие коэффициенты корреляции между валовым содержанием ртути и активностью щелочной фосфатазы (АЩФ) и эстераз (АЭ) (таблица 1), что позволяет высказать предположение о приоритетности воздействия ртутного загрязнения на ферментативные процессы в Нижнем Дону. С другими загрязняющими веществами показатели активности щелочной фосфатазы и эстераз не коррелировали.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции между валовым содержанием ртути и АЩФ и АЭ в природных и модельных экосистемах

Показатели активности ферментов	Природные экосистемы				Модельные экосистемы			
	Период наблюдений				Время воздействия ртути			
	июль	август	сентябрь	июль	1 ч	3 ч	24 ч	72 ч
АЩФ	- 0,45 p>0,05	- 0,61 p<0,05	0,74 p<0,01	0,10 p>0,05	нет воздей- ствия	- 0,69 p<0,05	- 0,86 p<0,01	0,98 p<0,001
АЭ	- 0,60 p<0,05	- 0,57 p<0,05	0,05 p>0,05	0,50 p<0,05	- 0,99* p<0,001	- 0,98* p<0,001	- 0,86* p<0,01	0,97 p<0,001

Примечание: знак (*) означает, что коэффициенты корреляции рассчитаны для HgCl₂

Однако, в отдельные периоды наблюдений коэффициенты корреляции между активностью ферментов и содержанием ртути были отрицательными, указывая на ингибирующий эффект соединений ртути, а в другие - положительными, что свидетельствует о возможности активации щелочной фосфатазы и эстераз. В то же время статистически значимые коэффициенты корреляции выявлялись не всегда. Для объяснения столь противоречивых данных были проведены влияние на модельные эксперименты на природной воде, которую приливали в стеклянные аквариумы вместимостью 10 л. Изучали влияние нитрата и хлорида ртути (II) на активность щелочной фосфатазы и эстераз сестона в диапазоне концентраций от 0,25 до 25,00 мкг/л в расчете на элемент Hg. АЩФ и АЭ определяли с использованием в качестве субстратов соответственно α-нафтилфосфата и α-нафтилацетата [1].

Результаты исследований показали, что эффекты ртути на АЩФ и АЭ имели фазный характер, отличающийся чередованием эффектов ингибирования и активации ферментов в зависимости от времени воздействия и концентрации металла. Более чувствительным ферментом к ртути оказалась щелочная фосфатаза. Даже самая низкая концентрация ртути, 0,25 мкг/л, через 24 ч воздействия приводила к уменьшению активности щелочной фосфатазы на 46 %. Обе соли ртути оказывали сходное воздействие на АЩФ. Через 1 ч после внесения солей ртути АЩФ ни в одном из вариантов эксперимента практически не отличалась от контроля. Воздействие ртути в течение 3 ч приводило к снижению АЩФ на 25-38 % в диапазоне концентраций от 1,0 до 25,0 мкг/л. Через 1 сутки концентрации ртути от 0,25 до 20,0 мкг/л приводили к значительному снижению активности фермента по сравнению с контролем – на 23-57 %. Лишь в аквариуме с самой большой добавкой ртути, 25,0 мкг/л, отмечалось значительное, до 224 %, превышение АЩФ по сравнению с контролем. При 2-х и 3-х суточной экспозиции активация АЩФ наблюдалось, начиная с добавки 15,0 мкг/л. При более низких концентрациях ртути АЩФ либо не отличалась от контроля, либо была несколько ниже, чем в контрольном аквариуме.

Эстеразы оказались в целом менее чувствительны к ртути и в отличие от щелочной фосфатазы разные соли ртути оказывали на них разное по характеру и силе воздействие. Добавки ртути в виде HgCl_2 приводили к более сильному воздействию на эстеразную активность. Концентрации ртути 5,0 мкг/л в форме сулемы уже через 1 ч вызывали снижение АЭ на 17 %. С повышением концентрации HgCl_2 эффект ингибирования возрастал, а с увеличением времени воздействия уменьшалась эффективная концентрация ртути. Чувствительность эстераз к $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ оказалась значительно ниже. Эффект ингибирования отмечен лишь для концентрации ртути 25 мкг/л при кратковременном воздействии. Длительное воздействие высоких концентраций ртути приводило к повышению АЭ.

Для обоих ферментов выявлена четкая зависимость увеличения эффекта воздействия с повышением внесенной концентрации ртути. Для периодов воздействия ртути, равных 1, 3 и 24 ч, с повышением внесенной концентрации ртути активность ферментов снижалась, а через 72 ч – увеличивалась.

Несмотря на столь резкие изменения фосфатазной активности под влиянием ртути, содержание реактивного неорганического фосфора, регулирующего активность фермента, в опытных аквариумах не отличалось от контрольного. Численность и биомасса фитопланктона и бактериопланктона на 3-и сутки воздействия ртути в опытных аквариумах либо не отличались от контрольного, либо несколько уменьшались, несмотря на повышение активности обоих ферментов. При расчете удельной активности ферментов характер ее изменений сохранялся. Это свидетельствует в пользу предположения о том, что изменение АЩФ и АЭ вызваны изменением интенсивности метаболизма в клетках планктонтов. Уменьшение ферментативной активности при кратковременном воздействии ртути, по-видимому, обусловлено ингибированием ферментов, а повышение при более длительном воздействии металла связано с увеличением скорости синтеза и секреции молекул обоих ферментов в водную среду.

Результаты исследований, проведенных на микроэкосистемах, согласуются с данными, полученными ранее на мезокосмах, установленных на р. Мертвый Донец. При валовом содержании ртути 8,7 мкг/л после внесения в воду мезокосма сулемы динамика изменений АЩФ соответствовала таковой в микроэкосистеме с концентрацией ртути 10 мкг/л - в первые часы активность фермента не отличалась от контроля, через 1 сутки наблюдалось уменьшение активности щелочной фосфатазы на 67 %, через трое суток АЩФ вновь соответствовала контролю. Более значительное снижение активности фермента через 1 сутки после внесения металла может быть связано с большей токсичностью сулемы по сравнению с нитратом ртути, который в воде образует основные соли HgOHNO_3 . Пробы воды из мезокосмов отбирали с периодичностью 1, 3, 8, 20 и 25 суток. Стимуляция АЩФ была отмечена на 8 сутки, причем очень значительная - на 156 %. В дальнейшем АЩФ постепенно уменьшалась. К концу эксперимента АЩФ снизилась на 66 % по сравнению с контролем, несмотря на уменьшение концентрации ртути до фоновых значений.

Динамика значений АЭ отличалась от таковой для АЩФ. Небольшое (на 26 %) ингибирование эстераз отмечалось лишь в первые часы после внесения ртути в мезокосм. Через сутки активность фермента восстанавливалась до фоновых значений, а на 3-и и 8-е сутки после внесения сулемы отмечалась стимуляция АЭ на 69 и 41 % соответственно. В конце эксперимента, как и в случае с щелочной фосфатазой, наблюдалось снижение активности эстераз по сравнению с контрольным мезокосмом на 49-62 %. Снижение АЩФ и АЭ в конце эксперимента сопровождалось уменьшением по сравнению как с контрольным мезокосмом, так и с началом эксперимента, численности и биомассы фитопланктона, одного из основных продуцентов ферментов в водную среду.

Таким образом, результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о том, что в водных экосистемах соединения ртути могут оказывать как ингибирующее, так и активирующее воздействие на фосфатазную и эстеразную активность сестона, в зависимости

от концентрации металла, а также времени его нахождения в воде, что необходимо учитывать при моделировании влияния ртутного загрязнения на скорость фосфатазного и эстеразного гидролиза органического вещества.

Работа выполнялась в Государственное учреждение “Гидрохимический институт”, г. Ростов-на-Дону при финансовой поддержке РФФИ, грант № 03 – 05– 65187 и Минпромнауки РФ, грант № НШ – 1967.2003.5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Предеина, Л.М. Методы определения активности внеклеточных эстераз и щелочной фосфатазы сестона и возможности их использования для оценки уровня евтрофирования и загрязнения пресноводных экосистем : автореф. дис. канд. хим. наук. [Текст] / Л.М. Предеина. – Ростов-на-Дону, 1992. – 24 с.

Changes in the Indicators of Phosphatase and Esterase Activity of Seston under the Influence of Mercury in Natural and Model Ecosystems

O.I. Beysug

*"National research nuclear University "MEPhI" Volgodonsk Institute of engineering and technology – branch of MEPhI, Volgodonsk, Rostov region
beisug@rambler.ru*

Abstract – The paper considers the influence of different concentrations of mercury on the indicators in natural and model ecosystems of phosphatase and esterase activity of seston.

Keywords: mercury, activity of alkaline phosphatase, activity of seston esterases, enzymes, intensity of metabolism, hydrobiocenosis.

УДК 539.1.074

Определение эффективности регистрации полупроводникового спектрометра гамма-излучения в геометрии Маринелли

Мунёс Роча Кармен Лилиана

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва

Детектирование гамма-излучения

Радиоактивные излучения нуклидов несут информацию об их присутствии в исследуемых объектах о процессах, влияющих на их содержание. Распределение по энергии излучений, испускаемых радионуклидами, называют истинным спектром. Распределение зарегистрированных сигналов по амплитудам называют аппаратным или измеренным спектром.

Гамма-кванты не имеют электрического заряда и могут детектироваться только с помощью вторичных заряженных частиц (электронов, позитронов, ионов), которые они производят, взаимодействуя с веществом. [3]

Спектр гамма-излучения может быть измерен с помощью сцинтилляционных или полупроводниковых детекторов. Спектрометр можно представить в виде устройства, на детектор которого поступают кванты, а на выходе появляются сигналы.

Эффективность регистрации квантов (ε) в ППД

Эффективность регистрации детектором гамма-квантов определенной энергии E_γ можно рассчитать по формуле (1):

$$\varepsilon = \frac{S_{\text{ист}} * K_{\text{эл}} * K_{\text{сум}} * \delta_{\text{эл}}}{\Delta t * A_T * \eta} \quad (1)$$

$S_{\text{ппп}}$ – число импульсов, зарегистрированных в пике полного поглощения (ППП). $K_{\text{сум}}$ – поправка на каскадное суммирование. $K_{\text{сл}}$ – поправка на случайное суммирование. Δt – время измерения аппаратурного спектра. η – квантовый выход данного гамма-излучения. $A_{\text{т}}$ – активность образцового источника заданной геометрии на момент измерения (Бк), $\delta_{\text{сп}}$ – относительный коэффициент самопоглощения в объемном источнике.

Строго говоря, нужно знать эффективность каждого детектора для любой энергии и в любой геометрии. Одна из широко используемых геометрий источника это сосуд Маринелли. В данной работе использовались сосуда Маринелли объемом 1,0. Для этих сосудов и рассчитывались значения эффективности.

Расчет эффективности

Значения дискретной эффективности регистрации для различных энергий были получены после расчета значения площади ППП с помощью программы МОБАС, определения квантовых выходы фотонов, времени измерения спектра, активности образцового источника на момент измерения, коэффициента самопоглощения в образце с помощью программы СОБИС. Значения коэффициентов случайных совпадений и каскадного суммирования принимались равными единице. Эти значения приведены в таблице 1.

Чтобы иметь возможность получить значения эффективности для любых значений энергии строится функция по формуле (2):

$$\text{Ln}\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}\right) = f\left(\text{Ln}\left(\frac{E}{E_0}\right)\right) \quad (2)$$

где ε_0 и E_0 значения эффективности для какой-либо опорной энергии.

Следующая таблица 1 предназначена для расчета эффективности одного литра для сосуда Маринелли емкостью 1,0 л.

Таблица 1 – Исходные данные значения дискретной эффективности и отклонение

Нуклид	E , кэВ	$S_{\text{ппп}}$	Δt , с	$\delta_{\text{сп}}$	$A_{\text{т}}$, Бк	ε	Отклонение, %
Cs-137	661,657	8,54E+05	10800	0,999	12052	7,70E-03	0,53
K-40	1460,82	4,20E+05	58400	0,99	17100	3,91E-03	2,3
Ra-266	295,2	4,10E+05	18000	1,095	8595	1,51E-02	-1,27
Ra-266	351,9	7,00E+05	18000	1,089	8595	1,33E-02	-0,71
Ra-266	1120	1,01E+05	18000	1,055	8595	4,58E-03	-3,71
Ra-266	1765	7,71E+04	18000	1,044	8595	3,27E-03	-0,94
Th-232	238,6	1,76E+06	18000	0,995	11300	1,80E-02	2
Th-232	338,4	3,28E+05	18000	0,995	11300	1,34E-02	-3,13
Th-232	911,1	3,39E+05	18000	0,996	11300	5,72E-03	0,3
Th-232	967	2,59E+05	18000	0,996	11300	5,50E-03	1,84
Th-232	2614,511	1,76E+05	18000	0,996	11300	2,41E-03	0,06
Ba-133	53,16	4,31E+03	64800	2,305	2877	2,42E-03	-0,07
Ba-133	81	6,42E+05	64800	1,253	2877	1,31E-02	0,33
Ba-133	160,31	2,56E+04	64800	0,973	2877	2,07E-02	-1,84
Ba-133	223,24	1,65E+04	64800	0,955	2877	1,87E-02	1,46
Ba-133	276,4	2,27E+05	64800	0,952	2877	1,62E-02	0,76
Ba-133	302,85	5,43E+05	64800	0,951	2877	1,51E-02	0,51
Ba-133	356,01	1,62E+06	64800	0,952	2877	1,33E-02	0,48
Ba-133	383,85	2,20E+05	64800	0,952	2877	1,26E-02	0,85

Чтобы определить эффективность любой энергии, необходимо определить функцию (у) нелинейной полиномиальной регрессии 6-той (уравнение 3.6) степени из данных таблицы и рисунка 1:

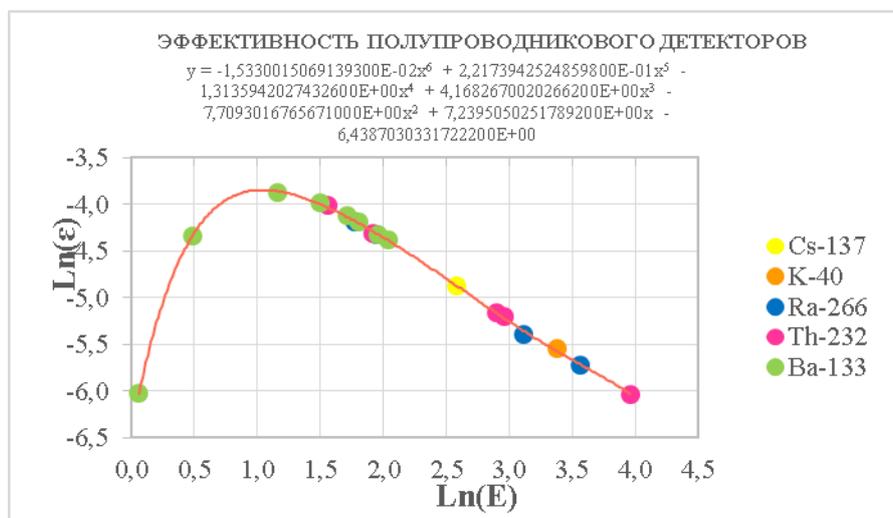


Рисунок 1 – Зависимость логарифма эффективности от логарифма энергии и аппроксимирующая функция (Маринелли 1,0 л)

Для проверки величины отклонения значений дискретной и расчетной эффективностей построена таблица 1.

Из таблицы 1 видно, что отклонение не превышает 3,2%. Учитывая, что погрешность аттестации активностей образцовых источников около 3% можно считать, что полученная расчетная зависимость достаточно точно описывает реальную зависимость эффективности от энергии.

Предполагается, что к моменту выполнения ВКР провести аналогичный расчет сосудов Маринелли объемом 0,5 литра, а также провести расчет для реальных образцов.

Выводы

1. Были проведены измерения и расчет дискретных эффективности регистрации.
2. Была получена функциональная зависимость чувствительности от энергии для сосудов Маринелли 1 литр.
3. Предполагается провести расчет такой зависимости состояния сосудов Маринелли.
4. Провести расчет реального образца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бушуев, А.В. Практическая спектрометрия ядерных излучений [Текст] / А.В. Бушуев, А.Ф. Кожин, Т.Б. Аллева, Е.В. Петрона, В.Н. Зубарев. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2016. – 260 с.

Determination of Registration Efficiency of the Semiconductor Spectrometer of Gamma Radiation in the Geometry of Marinelli

Munoz Rocha Carmen Liliana

National Research Nuclear University «MEPhI»
mrliliana95@gmail.com

Модель бережливого производства как основа системы экологической и социальной безопасности современной организации (на примере Госкорпорации «Росатом»)

И.Е. Лыскова

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

В работе актуализируются основные задачи менеджмента качества, обосновывается значимость эффективного управления человеческими ресурсами в аспекте стратегического развития организации, подчёркивается необходимость модели бережливого производства как основы системы экологической и социальной безопасности современной организации на примере Госкорпорации «Росатом».

Ключевые слова: организация, менеджмент качества, управление человеческими ресурсами, качество человеческих ресурсов, бережливое производство, Госкорпорация «Росатом».

Концепция бережливого производства (Lean Management / Lean Production), изначально закрепившаяся в теории и практике японского бизнеса, вскоре получила широкое признание и новые интерпретации в американском менеджменте. Осознание значимости ключевых концептуальных положений и практики бережливого производства постепенно приходит и в российскую деловую культуру [1, 2, 3, 4].

Система бережливого производства представляет собой достаточно стройную и обоснованную философию организации и ведения бизнеса. Она включает в себя широкую совокупность аспектов жизнедеятельности организации, в том числе определяющих её устойчивое развитие, экономическую и социальную эффективность, специфику экологической и социальной безопасности, сущность социальной ответственности.

Модель бережливого производства характеризуется особенностями национальной трудовой культуры, экономикой и философией труда, спецификой экономического поведения человека, экономической природой личности, то есть в целом качеством человеческих ресурсов. Качество человеческих ресурсов оказывает непосредственное влияние на качество бизнес-процессов, на потребителей, общество.

Одним из известных инструментов, направленных на повышение эффективности бизнес-процессов, считается модель совершенства Европейского фонда управления качеством (European Foundation for Quality Management, EFQM). Эта модель ориентирована на формирование эффективной организационной структуры и мощной системы менеджмента качества. Фундаментальными показателями качества согласно этой модели признаны:

- лидерство и целеустремлённость в достижении целей;
- менеджмент на основе процессов и фактов;
- профессиональное развитие сотрудников и их вовлечённость;
- постоянное обучение, инновации и совершенствование;
- развитие партнёрств;
- корпоративная социальная ответственность [5, 6].

Модель бережливого производства стоит создавать на основе модели управления качеством. В целом система управления качеством обеспечивает совершенствование организационных структур и бизнес-процессов. Ключевыми факторами модели качества (совершенства) признаны пять организационных структур: лидерство, политика и стратегия, персонал, партнёрства и ресурсы, процессы. Результатами внедрения модели качества считаются следующие функциональные зоны: результаты для потребителей, результаты для персонала, результаты для организации, результаты для общества. Выделенные структура и показатели качества непосредственным образом могут быть связаны с моделью бережливого производства.

Важно отметить, что базовые положения концепции бережливого производства воплотились в системе Национальных стандартов Российской Федерации, основанных на международных стандартах бережливого производства (Национальный стандарт РФ Бережливое производство. Основные положения и словарь. ГОСТ Р 56020-2014; Национальный стандарт Бережливое производство. Основные методы и инструменты. ГОСТ Р 56407-2015; Национальный стандарт РФ Бережливое производство. Требования к системам менеджмента. ГОСТ Р 56404-2015; Национальный стандарт РФ Бережливое производство. Стандартизация работы. ГОСТ Р 56908-2016 и др.). Согласно стандартам бережливого производства формируется новая стратегия и философия современного бизнеса. Перспективы организации выстраиваются на представлении бизнеса как потока создания ценности для потребителя, гибкости, выявлении и сокращении потерь, постоянном улучшении всех видов деятельности на всех уровнях организации, вовлечении и развитии персонала с целью повышения удовлетворённости потребителей и других заинтересованных сторон. Основными ценностями бережливого производства являются безопасность; ценность для потребителя, в том числе качество продукции, процессов, систем; клиентоориентированность; сокращение потерь; время; уважение к человеку и обществу.

В качестве примера внедрения модели бережливого производства как основы системы экологической и социальной безопасности современной организации стоит признать производственную систему Госкорпорации «Росатом». Атомная отрасль России представляет собой мощный комплекс из более чем 400 предприятий и организаций, в которых занято свыше 250 тыс. человек. Динамичное, устойчивое развитие атомной отрасли следует считать одним из основных условий обеспечения национальной безопасности, энергетической независимости государства и стабильного роста экономики страны [7, 8].

Основные тенденции развития организации определяются миссией, стратегическими целями и системой ценностей организации. Гуманистическая сущность миссии Госкорпорации «Росатом», в том числе с позиций экологической и социальной безопасности, очевидна: «Обеспечить мир чистой, безопасной, доступной энергией и инновациями на основе атомных технологий».

Неотъемлемой частью корпоративной культуры, определяющей качество бизнес-процессов, в том числе и систему менеджмента качества человеческих ресурсов, следует признать комплексную систему ценностей организации, закрепляющих задачи непрерывного, долгосрочного, инновационного развития и решения энергетических проблем человечества; признания ответственности за результат, эффективность производственных процессов; безопасность для людей и окружающей среды, как наивысший приоритет и др. Производственная система «Росатома» характеризуется как «культура бережливого производства и система непрерывного совершенствования процессов для обеспечения конкурентного преимущества на мировом уровне». В основе производственной системы лежат принципы, которые призывают сотрудников быть внимательными к требованиям заказчика; решать проблемы на месте их возникновения; встраивать качество в процесс, не производить брак; выявлять и устранять любые потери (излишние складские запасы, межоперационные заделы, время простоя, лишние перемещения и т.д.); быть примером для коллег.

Госкорпорация «Росатом» является социально ответственной компанией, деятельность которой оказывает существенное экономическое влияние на комплексные задачи социально-экономического развития Российской Федерации. За счет получаемых от Госкорпорации «Росатом» средств финансируется значительный объем социально-экономических инициатив в регионах Российской Федерации в разных сферах жизнедеятельности: экологии, здравоохранении, спорте, культуре, образовании, социальной защите.

Таким образом, стратегические планы организации, в том числе и Госкорпорации «Росатом» обосновывают значимость внедрения новых подходов к теории и практике управления. В теоретическом и практическом отношении концепция бережливого производства приобретает исключительную значимость в условиях ограниченности ресурсов или необходимости их оптимизации. Кроме того, внедрение базовых положений бережливого производства требует глубокого качественного обновления человеческих ресурсов организации, закрепления новых ценностных приоритетов индивидуального и коллективного труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Имаи, М. Кайдзен* Ключ к успеху японских компаний [Текст] / М. Имаи. Пер. с англ. 8-е изд. – Москва : Альпина Паблицер, 2015. – 274 с.
2. *Кокинз, Г.* Управление результативностью: Как преодолеть разрыв между объявленной стратегией и реальными процессами [Текст] / Г. Кокинз. Пер. с англ. – М.: Альпина Паблицер, 2016. – 316 с.
3. Lyskova, I. Quality of working life in the aspect of human resources management. *Advances in Economics, Business, Management Research*. V. 71. The 4th International Conference on Economics, Management, Law and Education (EMLE 2018) Atlantis Press. 2018. P. 226-230 URL : <https://www.atlantispress.com/proceedings/-emle-18>
4. Lyskova, I. The Japanese model of strategic management of human resources quality in a modern organization. *Advances in Economics, Business, Management Research*. Vol. 71. The 4th International Conference on Economics, Management, Law and Education (EMLE 2018) Atlantis Press. 2018. P. 231- 234 URL : <https://www.atlantispress.com/proceedings/-emle-18> (in English).
5. *Lyskova I.* Conceptual basis of the formation of organizational behavior quality in the condition of knowledge economy. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. Vol. 310. The 3rd International Conference on Culture, Education and Economic Development of Modern Society (ICCESE 2019) Atlantis Press, 2019, pp. 1873-1878 // <https://www.atlantispress.com/proceedings/-iccese-19> (in English).
6. *Lyskova, I.* Socio-Cultural Aspect of Thriftiness. *Advances in Economics, Business and Management Research*. V. 20. 2nd International Conference on Economy, Management, Law and Education (EMLE 2016). Atlantis Press. 2016. P. 152-154. <https://www.atlantispress.com/php/pub.php?publication=emle-16> (in English).
7. *Лыскова, И.Е.* Основные задачи формирования эффективных поведенческих моделей сотрудников в аспекте менеджмента качества человеческих ресурсов (на примере Госкорпорации «Росатом») (Текст) / И.Е. Лыскова // *Глобальная ядерная безопасность*. – 2018. – № 4 (29). – С. 109-117.
8. Официальный сайт Госкорпорации «Росатом» [Электронный ресурс] / URL : www.rosatom.ru – (дата обращения: 17.05.2019).

The model of Lean Production as a Basis of Ecological and Social Safety in a Modern Organization (by the example of «Rosatom» State Corporation)

I.E. Lyskova

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

Abstract – The article studies the main tasks of quality management. It settles the importance of effective human resources management in the aspect of strategic development of an organization. It emphasizes the necessity of lean production model as a basis of ecological and social safety in a modern organization by the example State Corporation «Rosatom».

Keywords: organization, quality management, human resources management, human resources quality, lean production, State Corporation «Rosatom».

Анализ динамики радиационных факторов

А.И. Ефименко, И.А. Бубликова

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Волгодонск, Ростовская обл.

В работе проанализирована динамика радиологических факторов среды в крупных городах и населенных пунктах, расположенных на территориях размещения радиационно-опасных объектов.

Ключевые слова: мощность эквивалентной дозы излучения, $\Sigma\beta$ активность атмосферных выпадений, объемные значения $\Sigma\beta$ активности в приземном слое воздуха

Государственный контроль радиационной обстановки осуществляется на всей территории РФ в целях систематического предоставления соответствующей оперативной информации органам государственной власти для принятия необходимых мер по обеспечению радиационной безопасности. Необходимость данного контроля связана с повышением уровня техногенной нагрузки на окружающую среду, в том числе радиационной.

Целью радиационного контроля является получение информации об индивидуальных и коллективных дозах облучения персонала, пациентов и населения, а также показателей, характеризующих радиационную обстановку.

Особое внимание уделяется радиационному контролю районов расположения РОО (ЯОО) на этапах их строительства, эксплуатации и при выводе их из эксплуатации. Радиационная обстановка на РО определяется совокупностью радиационных параметров, характеризующих уровень опасности их воздействия на персонал и население в контролируемых условиях обращения с Источниками Ионизирующего Излучения и при радиационной аварии.

Целью данного исследования является анализ динамики радиационных факторов среды по территориям европейской части Российской Федерации.

Были сформулированы следующие задачи:

- 1) Выбор параметров, характеризующих радиационные факторы среды,
- 2) Выбор населенных пунктов, для которых будет выполнен анализ,
- 3) Анализ динамики параметров радиационных факторов в населенных пунктах,
- 4) Сравнение параметров радиационных факторов населенных пунктов, находящихся в непосредственной близости от РОО и за пределами их влияния.

В качестве анализируемых параметров были выбраны мощность эквивалентной дозы излучения (МЭД), $\Sigma\beta$ активность атмосферных выпадений, объемные значения $\Sigma\beta$ активности в приземном слое воздуха.

При этом были использованы открытые данные мониторинга радиационной обстановки, осуществляемые подразделением Росгидромета (НПО «Тайфун»), представленные на официальном сайте: <https://www.rpatyphoon.ru/products/pollution-media.php> Период анализа динамики: с января 2008 года по декабрь 2018 года. Анализ значений МЭД был проведен для крупных городов (Москва, Ростов-на-Дону, Самара, Санкт-Петербург).

При анализе динамики МЭД по каждому из выбранных городов, тенденций роста значений выявлено не было, кроме города Самара, для которого более чем на 30 % вероятно повышение и максимальных и средних значений во времени. Это позволило принять значения параметра как случайные величины, для которых были построены гистограммы многолетнего максимального и среднего значений МЭД. Ростов-на-Дону выделяется из общего количества городов наибольшим значением МЭД на обоих графиках. Возможно,

несколько повышенное значение МЭД в Ростове-на-Дону связано с постоянной работой Новочеркасской ГРЭС, работающей на угле, и, как следствие, с выбросами в атмосферу примесей радионуклидов.

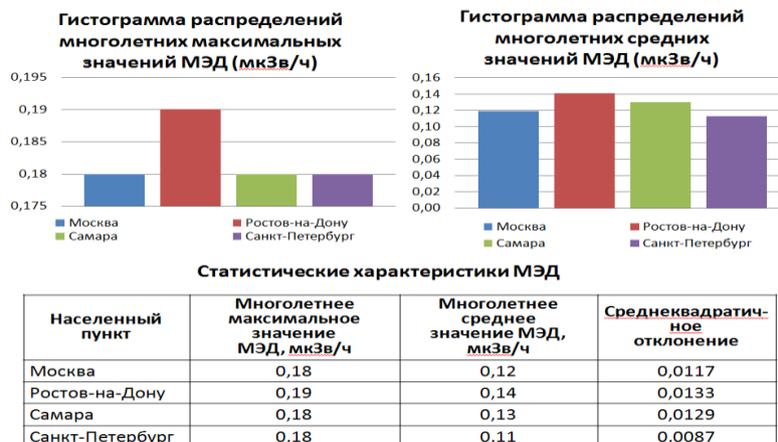


Рисунок 1 – Многолетние максимальные и средние значения МЭД

Для анализа атмосферных выпадений и объемной активности приземного слоя воздуха выбирались населенные пункты, находящиеся вблизи радиационно-опасных объектов (Обнинск, Курчатов, Нововоронеж, Цимлянск). При этом значения для Ростова-на-Дону были взяты для сравнения.

Так как разброс данных по выпадениям и объемной активности в данных городах не позволил выявить выраженной зависимости от времени, следовательно, тенденция динамики данных в большинстве случаев отсутствует. Только для максимальных значений объемной активности Нововоронежа и Ростова-на-Дону убывающая динамика данных почти на 35% зависит от времени. Для динамики средней объемной активности приземного слоя воздуха это выявлено только для Нововоронежа.

Так же, как и в случае с МЭД, были построены гистограммы распределения значений анализируемых параметров. Из выбранных городов по максимальному многолетнему значению атмосферных выпадений выделяются Цимлянск и Ростов-на-Дону. При анализе многолетнего среднего значения к данным населенным пунктам добавляется Обнинск.



Рисунок 2 – Многолетние максимальные и средние значения атмосферных выпадений

На гистограммах многолетнего максимального и среднего значений объемной активности приземного слоя атмосферы можно увидеть, что наибольшее значение было зарегистрировано в Обнинске. При этом максимальное значение объемной активности составляет 0,013 % (тысячных процента) от допустимой объемной активности (ДОА), которая составляет 27 Бк/м³ (НРБ-99-2009).



Статистические характеристики объемной активности

Населенный пункт	Многолетнее максимальное значение объемной активности, 10^{-5} Бк/м ³		Многолетнее среднее значение объемной активности, 10^{-5} Бк/м ³		Среднеквадратичное отклонение
	10^{-5} Бк/м ³	В % от ДОА (27 Бк/м ³)	10^{-5} Бк/м ³	В % от ДОА (27 Бк/м ³)	
Обнинск	361	0,013	25,663	0,0010	9,596
Курчатов	280	0,010	24,043	0,0009	11,381
Новovoronezh	171	0,006	21,475	0,0008	14,814
Симлянск	104	0,004	8,046	0,0003	5,853
Ростов-на-Дону	327	0,012	11,567	0,0004	5,732

Рисунок 3 – Многолетние максимальные и средние значения объемной активности

Выводы.

1. В результате проведенного анализа тенденции роста значений выявлено не было.
2. Значимость полученных различий многолетних средних значений МЭД по рассмотренным городам целесообразно проверить с помощью критерия Фишера.
3. Максимальные значения объемной активности приземного слоя воздуха составили сотые доли процента от ДОА.

Analysis of Radiation Factor Dynamics

A.I. Efimenko¹, I.A. Bublikova²,

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

¹A2919@yandex.ru

²iabublikova@mephi.ru

Abstract – The paper analyzes the dynamics of radiological environmental factors in large cities and settlements located in the territories where radiation hazardous objects are located.

Keywords: equivalent dose rate, $\Sigma\beta$ activity of atmospheric deposition, volumetric values of $\Sigma\beta$ activity in the surface air layer

УДК 621.039.58

Метод оценки протечки радиоактивного азота $^{16}\text{N}_7$ в парогенераторах, используемых на ядерных реакторах типа КЛТ-40

А.П. Елохин*, С.Н. Федорченко**

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва

** Акционерное общество "Специализированный научно-исследовательский институт приборостроения", Москва

В работе рассматривается протечка радионуклида азота $^{16}\text{N}_7$ ($T_{1/2}=7,11$ с, $E_{\gamma,\max}=6,134$ МэВ, $\nu_{\gamma,\max}=69\%$), возникающего в 1-ом контуре реактора КЛТ-40, используемого на ледоколах и плавучих энергоблоках (ПЭБ-ах), через парогенератор во второй контур, в который поступает вода под давлением $P_{\text{в}}$, с температурой $T_{\text{в}}$, нагревается с образованием радиоактивного пара, выход которого осуществляется через спиральный паропровод парогенератора под высоким давлением $P_{\text{п}}$. Содержание указанного радионуклида в паре можно обнаружить и оценить путём применения методов спектрометрии γ -излучения, измерения объёмной γ -активности пара, измерения мощности дозы γ -излучения пара и применением расчётной модели, использующей несложный математический аппарат, позволяющий определить область протечки. В работе указываются основные области в конструкции парогенератора, на которых могут быть осуществлены измерения радиационных характеристик и методы их оценки.

Ключевые слова: энергетический реактор, радионуклид, парогенератор, давление, температура, мощность дозы, радиационная безопасность.

При эксплуатации реакторов серии КЛТ-40* и ряда других водо-водяных ядерных реакторов в соответствии с регламентом по радиационной безопасности ядерных корабельных установок было обнаружено, что струя пара парогенератора, поступающего на турбину, содержит радионуклид $^{16}\text{N}_7$ ($T_{1/2} = 7,11$ с, с энергией γ -излучения $E_{\gamma, \text{max}} = 6,134$ МэВ и квантовым выходом $\nu_{\gamma, \text{max}} = 69\%$) (рис.1), содержание которого в паре свидетельствует о признаке нарушения герметичности водопаропровода второго контура парогенератора, что можно обнаружить путём использования метода спектрометрии γ -излучения, измерения объёмной γ -активности пара в совокупности с методом измерения мощности дозы γ -излучения пара.

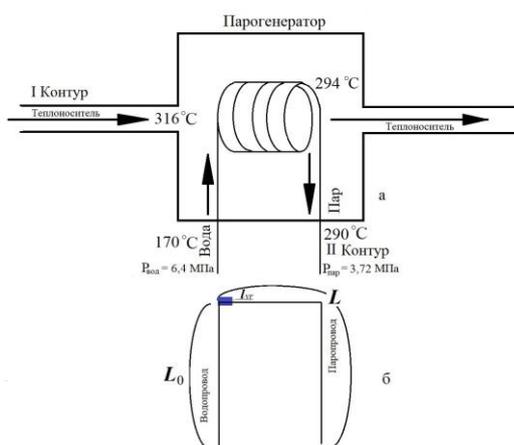


Рисунок 1 – Иллюстрация к вопросу о протечке радионуклида ^{16}N из первого контура в паропровод второго – (а). К расчёту плотности пара $\rho\text{п}(x)$ и объёмной активности $Q\text{N}(x, t)$ ^{16}N в паропроводе парогенератора – (б); $lvг$ – ширина области протечки. Энергетические характеристики пара и воды приводятся из работ [1, 2]

Общий вид ядерно-энергетической установки (ЯЭУ) и парогенератора, располагающегося вертикально, приводится на рисунке 2.

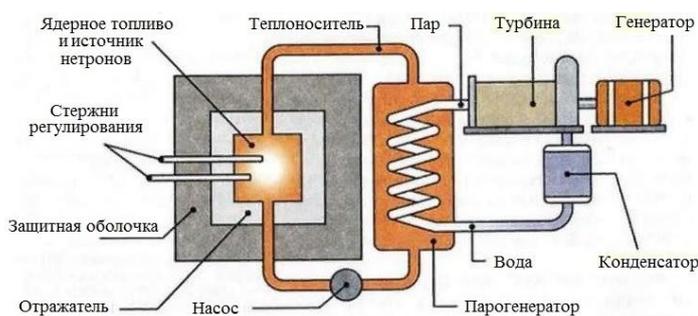


Рисунок 2 – Основные элементы ядерно-энергетической установки. Общая схема и принцип работы парогенератора

Во второй контур парогенератора по водопроводу поступает вода под давлением $P_{\text{в}}$ (левая область рис. 1 а), с температурой $T_{\text{в}}$, нагревается с образованием пара, выход которого через N спиральных паропроводов того же внутреннего диаметра осуществляется с

*КЛТ-40 – водо-водяной ядерный реактор, разработанный в ОКБМ имени И. И. Африкантова. Изготавливался на Нижегородском машиностроительном заводе. Указанный тип реакторов широко используется на ледоколах и плавучих энергоблоках (ПЭБ).

температурой T_n под высоким давлением** P_n [1, 2]. В процессе прохождения воды по водопроводу в парогенераторе вода нагревается до температуры насыщения пара при соответствующем давлении, испаряется на внутренней поверхности трубок парогенератора, создавая эффективную пограничную область вода-пар и, наконец, в виде перегретого пара поступает на турбину. Таким образом, на вход турбины подается пар высокого давления, перегретый относительно температуры насыщения.

Используя свойство воды как несжимаемой жидкости, и учитывая, что процесс регулирования паро-водного баланса в водо-паропроводе автоматизирован, путём использования обратной связи, приходим к выводу, что избыток давления пара приведет к некоторому смещению воды относительно равновесного положения в пограничной области вода-пар, в которой температура будет изменяться в соответствии с температурой соответствующей среды. Автоматическое регулирование процесса, которое осуществляется с помощью поступления воды из уравнивательной цистерны [1], приведёт к повышению давления воды в водопроводе и обратному смещению воды в первоначальное положение. Этот флуктуационный процесс около некоторого равновесного положения в указанной пограничной области пар-вода будет происходить с некоторой частотой.

В конечном итоге в пограничной области на водо-паропроводе будет постоянно изменяться температурный режим. Последнее автоматически приведёт к аналогичному изменению частоты механических напряжений водо-паропровода в этой области, последующей усталости металла и к вероятному появлению микротрещин, через которые из первого контура во второй может проникать радионуклид ^{16}N , создавая, так называемую, протечку. Поскольку плотность пара существенно меньше плотности воды радиоактивный азот будет распространяться в область паровой фазы, включая и выход пара на турбину, как отмечалось выше.

Таким образом, для оценки рассматриваемых величин, в условиях стационарного процесса, необходимо знание плотности распределения воды $\rho_v(T)$, поступающей в водопровод парогенератора, как функции температуры при её переносе вдоль оси x по водопроводу, плотности пара $\rho_n(T)$ как функции температуры или расстояния x при его переносе вдоль оси x по паропроводу (см. рис.1 б) при спрямлении его спиральной части длиной L с внутренним радиусом $R_0=1,5-2,0$ см ($0 \leq r \leq R_0$). При этом длина водопровода (вертикальная область в левой части (рис. 1 б)) будет составлять L_0 ($L_0 < L$).

Для оценки распределений указанных величин решалась система уравнений с соответствующими граничными условиями, решение которых позволило найти указанные параметры, при этом скорость переноса воды массой m по водопроводу получали из условия равенства кинетической и потенциальной энергий давления воды на входе второго контура парогенератора $P_{тр} V_v / N = m v_v^2 / 2$, где N – число водопроводов в пакете.

$$v_v = \sqrt{2P_{тр} / N \cdot \rho_{тр}} \approx 170 \text{ м/с}. \quad (1)$$

Уточняя физический смысл этого равенства, отметим, что потенциальная энергия может быть затрачена: на совершение работы против сил трения воды о стенки трубы водопровода, на кинетическую энергию при перемещении частиц жидкости (воды) по водопроводу со скоростью v_v и изменение внутренней энергии среды (опять же воды), например, в результате изменения её температуры за счёт трения, т.е.: $P_{тр} V_v = A_{тр} + E_{кин} + U_{вн}$. Но поскольку температура теплоносителя первого контура значительно больше температуры воды на входе, второго контура (см. рис.1а), постольку вода в трубках второго контура испаряется в области стенок, а её основная масса находится в тонкой паровой оболочке и

** Такой тип парогенератора характерен для реакторов КЛТ-40 и других водо-водяных ядерных реакторов [1]

переносится без трения, поэтому первым слагаемым можно пренебречь. По этой же причине пренебрегают и третьим слагаемым, учитывая, что изменение внутренней энергии воды осуществляется, в основном, за счёт передачи тепла теплоносителем первого контура второму (см. рис.1а. и рис.2). Отсюда и возникает указанное равенство.

Расчётная оценка скорости испарения пара $u_n(T)$ при изменении температуры от T_0 до T (К) может быть определена по формуле Клапейрона-Клазиуса (2):

$$u_n(T) = u_n(T_0) \exp\left[-\frac{\Lambda m_n}{R} \left(\frac{T_0 - T}{TT_0}\right)\right], \quad (2)$$

где Λ – удельная теплота парообразования, которая также зависит от температуры; m_n – масса пара; T_0 – начальная температура, например, $T_0 = 170$ °С. В конечном итоге зависимость плотности воды в водопроводе второго контура определялась по формуле (3):

$$\rho_n(T) = \left[\frac{1}{2\sqrt{2P_{\text{тр}}/N}} \left(\frac{G}{V_n} x - \int_0^x u_n(T) dx' \right) + C \right]^2, \quad (3)$$

где постоянная C определяется через граничное условие при $T = 170$ °С, $x = 0$ ($C = \sqrt{\rho_n(T=170)}$), а температурная зависимость скорости испарения пара $u_n(T)$ от координаты x – зависимостью вида $T(x) = 170 + 120x/(L_0+L)$ °С в соответствии с данными рисунка 1.

Зависимость плотности изменения пара в паропроводе от координаты x определяется выражением (4):

$$\rho_n(x) = L \frac{u_n}{v_n r_0} \left[-\exp(-x/L) + \rho_n(0) \exp(-x/L) \right], \quad (4)$$

в котором r_0 – внутренний радиус трубы паропровода; $u_n(T)$ определено формулой (2), а скорость переноса пара по паропроводу $v_n(T)$ – формулой Сен-Венана (5), определяющей истечение газа из резервуара в атмосферу как функции его температуры и давления [3, 4].

$$v_n = \sqrt{\left[\frac{k}{k-1} RT_n \right] - P_{\text{ат}} / P_n^{\frac{k-1}{k}}}, \quad (5)$$

где k – постоянная адиабаты водяного пара; R – газовая постоянная (Дж/моль·К); T_n – температура пара на выходе из паропровода (К); $P_{\text{ат}}$ – атмосферное давление; P_n – давление пара на выходе из паропровода.

Поскольку период полураспада ^{16}N весьма мал, то при формулировке уравнения переноса радиоактивного азота $^{16}\text{N}_7$ по паропроводу необходимо рассматривать во времени, учитывая локальную генерацию в пограничной области вода-пар, уменьшение в результате радиоактивного распада и, кроме того, наличие радиоактивного азота в объёме пара, распространившегося в последнем в предыдущие моменты времени. При этом величина плотности пара определится решением (4). Объёмная активность радиоактивного азота ^{16}N , содержащегося в паровой фазе, и выходящего на турбину $Q_N(L)$ может быть определена путём её измерения на выходе за определённый промежуток времени τ_N , за который определяют и выход массы пара m_n (воды). Тогда отношение $Q_N / m_n = \alpha$, определит размерный коэффициент α (Ки/кг), в области выхода пара на турбину, т.е. при $x = L$.

Генерация радиоактивного азота, аналогично выбросам из вентрубов радионуклидов ИРГ в атмосферу [5], может быть представлена мощностью вброса $^{16}\text{N}_7$ в паровую фазу, которая определяется следующим выражением (6):

$$P_b = G \cdot Q_{0\text{пр}}, \quad (6)$$

где G – секундный расход [$\text{м}^3/\text{с}$] или [$\text{л}/\text{час}$]; $Q_{0\text{пр}}$ – объёмная активность радиоактивного азота [$\text{Ки}/\text{м}^3$] или [$\text{Бк}/\text{л}$]. Секундный расход G вброса радиоактивного азота ^{16}N в паровую фазу в пограничной области вода-пар представляет собой произведение площади пограничной области паропровода $S_{\text{пр}} = 2\pi R_0 l_{\text{вр}}$, где $l_{\text{вр}}$ – ширина пограничной области вода-пар (water-vapour region), на скорость выхода радиоактивного азота из трещин $U_{\text{г}}$, представляющей собой искомую величину (7):

$$G = 2\pi R_0 l_{\text{вр}} \cdot U_{\text{г}}. \quad (7)$$

Величина $l_{\text{вр}}$ может быть найдена по показанию расходомера, т.е. по величине продвижения «хода» воды в трубе водопровода на его начальном участке при флуктуации в нём давления воды, которое также может быть измерено по показанию манометра.

При условии того, что и перенос радиоактивного азота ^{16}N из паропровода происходит со скоростью переноса пара, решение уравнения, описывающего перенос объёмной активности азота ^{16}N в паропроводе для $L_0 \leq x \leq L$ определится выражением (8):

$$Q_N(x, t) = \frac{\left\{ P_b \exp(-\lambda L_0) - \rho_n \exp(-\lambda l_{\text{вр}}) \right\} v_n V_{\text{тр}} \alpha \left[\frac{\rho_n \exp(-\lambda x)}{L} - \frac{u_n S_{\text{пр}}}{v_n V_{\text{тр}}} \right] \exp(-x/L)}{\lambda} \left[-\exp(-\lambda t) + Q_N(x_0) \exp(-\lambda t) \right], \quad (8)$$

в котором размерный параметр α [$\text{Ки}/\text{кг}$] определяется формулой (9):

$$\alpha = Q_N(x_0) \exp(-\lambda \tau_n) / \left\{ \left(L \frac{u_n S_{\text{пр}}}{v_n} - 1 + V_{\text{пр}} \rho_n \right) - v_n V_{\text{тр}} \left[\frac{\rho_n \exp(-\lambda \tau_n)}{L} - \frac{u_n S_{\text{пр}}}{v_n V_{\text{тр}}} \right] \frac{1 - \exp(-\lambda \tau_n)}{\lambda} \right\}, \quad (9)$$

С другой стороны, если $\rho_n(x)$ – плотность распределения радиоактивного пара в паропроводе, а $Q_N(x, t)$ – функция распределения объёмной активности в паропроводе (Ки), то величина мощности дозы, создаваемой пакетом паропроводов с радиоактивным азотом ^{16}N в некоторой заданной точке $P(x_0, y_0, z_0)$ с учётом поправок на плотность пара в коэффициентах передачи энергии и линейного ослабления, определится функционалом, заданным на поле

решений относительно распределения радиоактивной примеси, и будет содержать мощность вброса ^{16}N , т.е. (протечку) P_b (Ки/с). Если оценку мощности дозы проводить в точке выхода пара из паропровода при $x = L$, $y = 0$; $z = 0$, то для $L_0 \leq x \leq L$; $t = \tau_n = L/v_n$ получим следующее выражение (10):

$$D'_N(x=L/v_n) = N K E_N v_N \rho_n \mu_a \cdot \left(\frac{\rho_{\text{пар}}}{\rho_{\text{возд}}} \right) \int_{L_0}^{L-L} Q_N(x, t) \frac{\exp\left\{ -\mu \cdot \left(\frac{\rho_{\text{пар}}}{\rho_{\text{возд}}} \right) (L-x) \right\}}{\exp(-L)} dx, \quad (10)$$

в котором $Q_N(x, t)$ определена формулой (8), а множитель $\frac{\rho_{\text{пар}}}{\rho_{\text{возд}}}$ при коэффициентах линейного μ ослабления и передачи энергии μ_a учитывает особенности переноса γ -излучения в паре, в момент времени $t = L/v_n$; N – число паропроводов, составляющих общий источник пара; K – размерный коэффициент ($K = 1,456 \cdot 10^3$ мЗв/час); E_N – энергия γ – излучения (МэВ); v_N – квантовый выход γ – излучения азота ^{16}N . Сравнивая измеренную величину мощности дозы, создаваемой γ – излучением азота ^{16}N в некоторой точке $P(x_0, y_0, z_0)$ на выходе пара на турбину, и её численное значение по формуле (10), определим искомую величину протечки P_b . При этом непосредственно сам параметр P_b , определяемый формулами (6) и (7) ($P_b = Q_N(L_0) \cdot 2\pi R_0 l_{vr} \cdot U_r$), может быть получен из выражения (11):

$$\lambda \left\{ \frac{D'_N \left(L, \frac{L}{v_n} \right)}{NKE_N v_N \mu_N \mu_a \cdot \frac{\rho_{\text{пар}}}{\rho_{\text{возд}}}} - \left(v_n \frac{V_{\text{тр}} \alpha}{\lambda e} \left[1 - \exp \left(-\lambda \frac{L}{v_n} \right) \right] \left(\frac{\rho_n \mu_0}{L} - \frac{u_n S_n}{v_n V_{\text{тр}}} \right) \times A_2 + Q_N \mu_0 \exp \left(-\lambda \frac{L}{v_n} \right) \times A_3 \right\} = \quad (11)$$

$$\left[1 - \exp \left(-\lambda \frac{L}{v_n} \right) \right]$$

$$= P_b \cdot A_1 = Q_N \mu_0 \cdot 2\pi R_0 U_r \cdot l_{vr} \times \left\{ \frac{\exp \left[a \mu_0 - L \right] \mu_0 - L}{\mu_0 - L} + 1 \cdot l_{vr} \right\},$$

где $A_1 = \left\{ \frac{\exp \left[a \mu_0 - L \right] \mu_0 - L}{\mu_0 - L} + 1 \cdot l_{vr} \right\}$;

$$A_2 = \left\{ \left(\frac{\exp \left[(a+b) \mu_0 - L \right] \mu_0 - L}{\mu_0 - L} + (a+b) \right) Ei \left[(a+b) \mu_0 - L \right] - \left(\frac{\exp \left[(a+b) L_0 - L \right] \mu_0 - L}{L_0} + (a+b) \right) Ei \left[(a+b) L_0 - L \right] \right\};$$

$$A_3 = \left\{ \left(\frac{\exp \left[a \mu_0 - L \right] \mu_0 - L}{\mu_0 - L} + a \right) Ei \left[a \mu_0 - L \right] - \left(\frac{\exp \left[a L_0 - L \right] \mu_0 - L}{L_0} + a \right) Ei \left[a L_0 - L \right] \right\}.$$

Определяя величину P_b , и, используя формулу (9), при заданном параметре α , находим начальную объёмную активность азота ^{16}N $Q_N(L_0) = Q_{0\text{пр}}$. Далее воспользовавшись формулами (6) и (7), находим секундный расход $G = 2\pi R_0 l_{vr} \cdot U_r$ или, при найденной l_{vr} , величину скорости генерации азота ^{16}N U_r .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деев, В.И. Основы расчета судовых ЯЭУ: Учебное пособие (Текст) / В.И. Деев, Н.В. Шукин, А.Л. Черезов // Под общей редакцией проф. В.И. Деева. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. – 256 с.
2. Никитин, А. Плавающие атомные станции (Текст) / А. Никитин, Л. Андреев. – Доклад объединения Bellona. – 2011. – 48с.
3. Сарданашвили, С.А. Расчётные методы и алгоритмы (трубопроводный транспорт газа) (Текст) / С.А. Сарданашвили. – Москва : Нефть и газ, 2005. – 577 с.
4. Кириллин, В.А. Техническая термодинамика. Учебник для вузов. (Текст) / В.А. Кириллин, В.В.Сычев, А.Е. Шейндлин. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. – 496 с.
5. Елохин, А.П. Методы и средства систем радиационного контроля окружающей среды. Монография. (Текст) / А.П. Елохин. – Издательство Москва : НИЯУ МИФИ, 2014. – 520 с.

The Method of Assessment of Radioactive Nitrogen ^{16}N Leaks in Steam Generators Used at Nuclear Reactors of KLT-40 Type

A.P. Elokhin^{*1}, S.N. Fedorchenko^{*2}

^{*}National Research Nuclear University Moscow Engineering Physics Institute (NRNU MEPhI), Moscow

^{**}The joint - stock company «Specialized Scientific and Research Institute of Instrumentation»
(JSC «SNIIP»)

¹elokhin@yandex.ru

²info@sniip.ru

Abstract – The paper studies a primary-to-secondary leak of nitrogen radionuclide $^{16}\text{N}_7$ ($T_{1/2}=7.11$ s, $E_{\gamma,\text{max}}=6.134$ MeV, $\nu_{\gamma,\text{max}}=69\%$) through a steam generator in a KLT-40 type reactor (used in ice breakers and floating power units, FPUs) with an ingress of water of P_v pressure and T_v temperature heated by a follow-up radioactive steam generation which is released under high pressure P_p through a spiral steam duct of the steam generator. A content of said radionuclide in the steam may be determined and assessed with the help of techniques of spectrometry of γ -radiation, measurement of γ -activity concentration of steam, measurement of steam γ -radiation dose rate and through the use of a computational model applying a simple mathematical apparatus which allows to identify the leak area. The paper specifies main areas in the structure of steam generators where radiation characteristics may be measured, and their assessment techniques may be applied.

Keywords: power reactor, radionuclide, steam generator, pressure, temperature, dose rate, radiation safety.

УДК 504:621.039:664

Анализ динамики содержания радионуклидов в продуктах питания, выращенных в зоне наблюдения Ростовской АЭС

Аксенова К.С., Бубликова И.А.

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

В продуктах питания местного производства региона размещения Ростовской АЭС был выполнен анализ динамики суммарной β -активности. В тех же продуктах был выполнен сравнительный анализ среднегодового содержания основных долгоживущих техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr по данным Роспотребнадзора, и производственного контроля Ростовской АЭС.

Ключевые слова: Ростовская АЭС, регион размещения, радионуклид, суммарная β -активность, продукты питания.

Потенциальной угрозой безопасности населения территории размещения атомной станции может выступать накопление радионуклидов, поступающих в окружающую среду в процессе ее эксплуатации. Это может привести к росту содержания радионуклидов в продуктах питания местного производства и повлиять на здоровье населения. В тридцатикилометровой зоне Ростовской АЭС (РоАЭС) проживает более 215 тысяч человек. Поэтому актуальным является анализ динамики содержания радионуклидов в продуктах, выращенных в зоне наблюдения Ростовской АЭС.

В ходе данной работы использовались результаты производственного контроля зоны наблюдения РоАЭС и данные Роспотребнадзора, представленные в радиационно-гигиенических паспортах территорий Ростовской и Волгоградской областей. Был использован регрессионный и статистический анализ данных в MS Excel.

Выполнен анализ динамики данных по суммарной β -активности десяти продуктов питания местного производства в зоне наблюдения за 2002-2017 гг. [1], то есть с начала

эксплуатации РоАЭС, в сравнении с аналогичными значениями «нулевого фона» [2], полученными до ее пуска. Примеры динамики параметра представлены на рисунке 1.

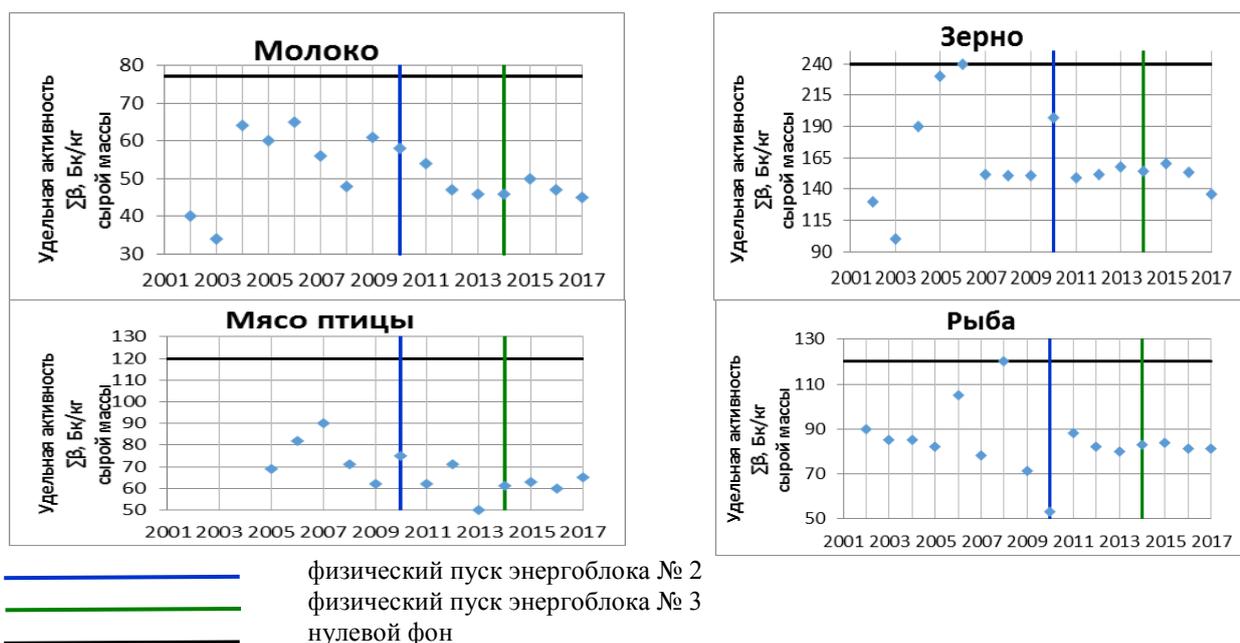


Рисунок 1 – Сравнительный анализ суммарной β -активности в продуктах питания, Бк/кг

Регрессионный анализ не позволил получить информационно значимых уравнений трендов, что свидетельствует об отсутствии какой-либо тенденции динамики данных. Поэтому были определены математические ожидания и среднеквадратичные отклонения рассматриваемых параметров для каждого продукта в сравнении с «нулевым фоном».

Динамика удельной активности изотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr в продуктах местного производства рассматривалась по зоне наблюдения РоАЭС [1], Ростовской [3] и Волгоградской [4] областей за период 2010-2017 годы. Примеры динамики показателей ^{137}Cs и ^{90}Sr представлены на рисунках 2 и 3 соответственно.

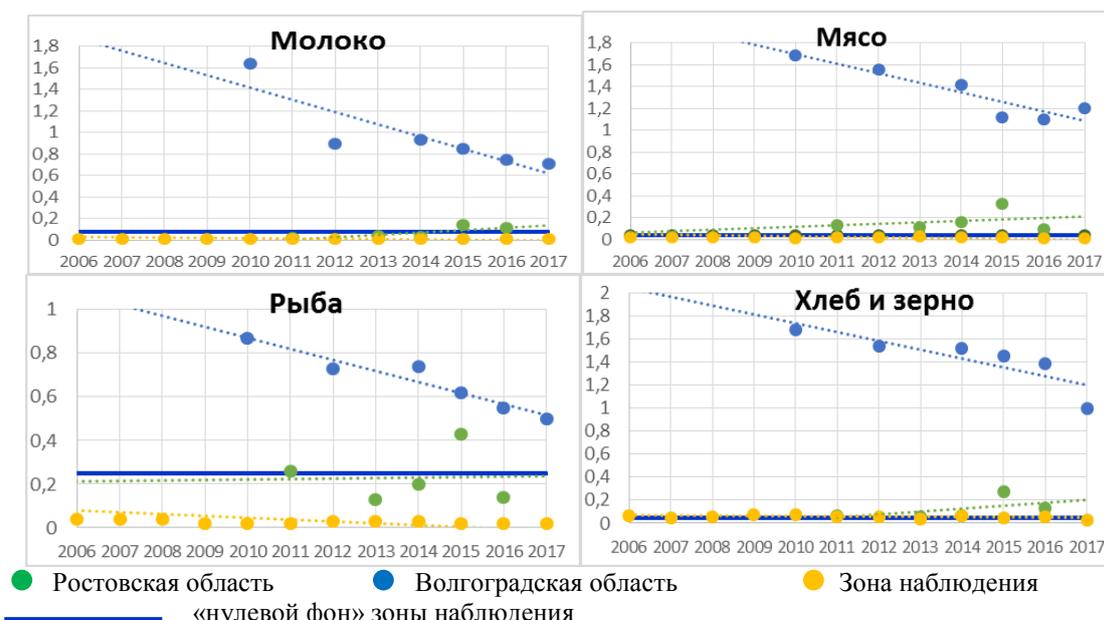
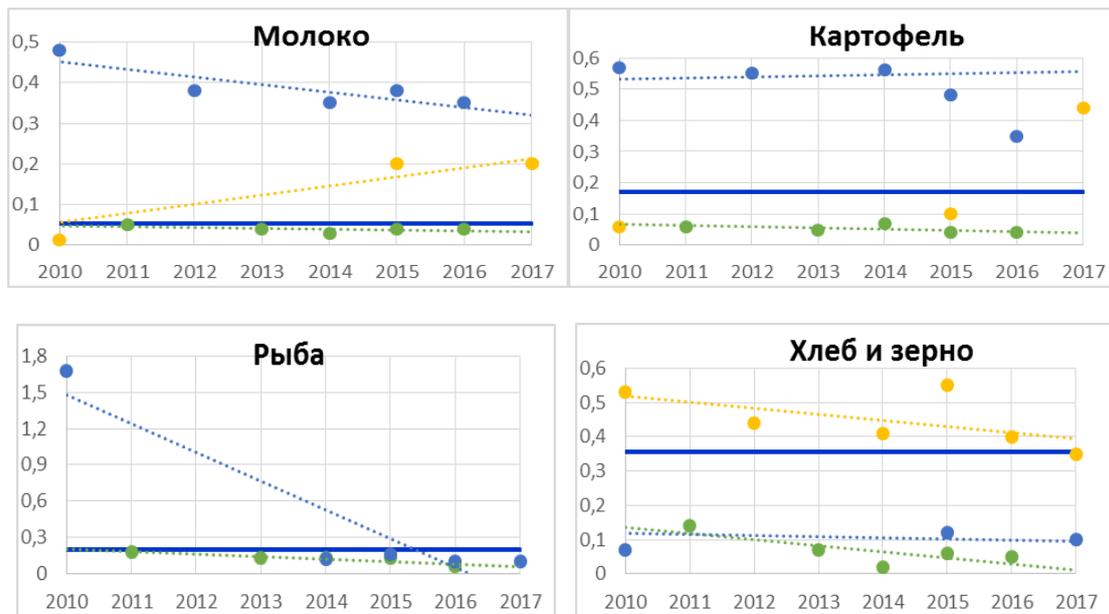


Рисунок 2 – Сравнительный анализ содержания ^{137}Cs в продуктах питания, Бк/кг



● Ростовская область ● Волгоградская область ● Зона наблюдения

— «нулевой фон» зоны наблюдения

Рисунок 3 – Сравнительный анализ содержания ^{90}Sr в продуктах питания, Бк/кг

Выводы: по рассматриваемым параметрам зона наблюдения Ростовской АЭС, а также Ростовская область в целом, не отличается повышенным содержанием основных долгоживущих техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в продуктах местного производства по сравнению с Волгоградской областью. Значения суммарной β -активности продуктов питания, выращенных на территории размещения атомной станции, находятся ниже показателей «нулевого фона».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Виноградов, А.Ю.* Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) эксплуатации энергоблока № 3 в 18-месячном топливном цикле на мощности реакторной установки 104% от номинальной с вентиляторными градирнями [Текст] / А.Ю. Виноградов. – 2018. – С. 385-393.
2. Отчет «Радиационная обстановка в окружающей среде региона Ростовской АЭС в предпусковой период («нулевой фон»)»; руководитель В.Ф. Погорельский. – 2000. – С. 117-121.
3. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ростовской области [Электронный ресурс] / URL: <http://www.61.rospotrebnadzor.ru> (дата обращения: 30.03.2019).
4. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Волгоградской области [Электронный ресурс] / URL: <http://34.rospotrebnadzor.ru> (дата обращения: 30.03.2019).

Analysis of Radioactive Factor Dynamics in the Observation Zone of the Rostov NPP on the example of Local Food Products

K.S. Aksenova¹, I.A. Bublikova

VITI MEPhI, Volgodonsk
¹*kseniya26.08.2014@gmail.com*

Abstract – The analysis of the dynamics of the total β -activity was performed in local food products of the Rostov NPP location region. In the same products, a comparative analysis was made of the average annual content of the main long-lived man-made radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr according to Rospotrebnadzor, and production control of Rostov NPP.

Keywords: Rostov NPP, location region, radionuclide, total β -activity, food.

Влияние газоаэрозольных выбросов радионуклидов Ростовской атомной станции на территорию размещения

Р.А. Гнутов, И.А. Бубликова

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

В работе выполнен анализ динамики количества газоаэрозольных выбросов Ростовской АЭС радионуклидов в атмосферу в сравнении с некоторыми другими территориями размещения АЭС в России, а также объемной активности в приземной слое атмосферы.

Ключевые слова: газоаэрозольные выбросы, динамика, радионуклиды, приземной слой атмосферы.

Потенциальное влияние газоаэрозольных выбросов (далее ГАВ) РоАЭС на формирование дозы облучения населения имеет следующие составляющие:

1. Внешнее гамма-облучение от радиоактивного облака выбросов
2. Внешнее гамма-облучение от выпадений радиоактивных аэрозолей на почву
3. Внутреннее облучение от ингаляции радиоактивных веществ
4. Внутреннее облучение от выпадений, включенных в пищевые цепи [1].

Таким образом, ГАВ АЭС оказывают значительное влияние на уровень радиационной безопасности населения.

Актуальность работы связана с почти 20 летней эксплуатацией Ростовской АЭС, в зоне наблюдения которой проживает более 215 тыс. человек. Поэтому была сформулирована цель – убедиться в безопасности РоАЭС по выбросам радионуклидов.

Для реализации цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Проанализировать информацию о количестве и опасности ГАВ радионуклидов РоАЭС.
2. Проследить изменение количества выбросов по мере ввода новых реакторов в эксплуатацию.
3. Сделать выводы по безопасности при сравнении с нормативными документами.

В работе были использованы результаты контроля радиационных факторов, полученные отделом радиационной безопасности РоАЭС за период с 2002 по 2017 гг. [2].

Анализ вклада компонентов ГАВ показал, что основные выбрасываемые в атмосферу радионуклиды Ростовской АЭС: I-131, Co-60, Cs-134, Cs-137, при этом за анализируемый период доля, приходящаяся на инертные радиационные газы, составила 69% [2].

При анализе динамики годовых выбросов основных компонентов ГАВ был построен график годовых выбросов в процентах от допустимого количества по СПАС-03 [3], что позволило отразить данные на одном графике (рис. 1).

На данной диаграмме видно, что по мере ввода в промышленную эксплуатацию новых реакторов Ростовской АЭС каких-либо значительных изменений количества газоаэрозольных выбросов не произошло. При этом максимальный годовой выброс радионуклидов и ИРГ находится на уровне менее 15 % от допустимого количества в 2015 г. Следует отметить, что, начиная 2015 года на Ростовской АЭС применяется консервативный подход к учету выбросов, заключающийся в предположении присутствия радиоактивных веществ в выбросах, даже если они не обнаруживаются существующими приборами и методами, на уровне 0,5 от нижнего уровня регистрации (чувствительности) прибора.

Влияние РоАЭС на территорию размещения оценивалось по величине объемной активности приземного слоя атмосферы в % от допустимой объемной активности (ДОА). Присутствие основных компонентов ГАВ в воздухе весь анализируемый период характеризуется порядком 10^{-7} от допустимых значений [4].

Динамика значений показателя по территориям размещения Калининской и Балаковской АЭС показывает, что указанные АЭС с большим запасом обеспечивают радиационную безопасность приземного слоя.

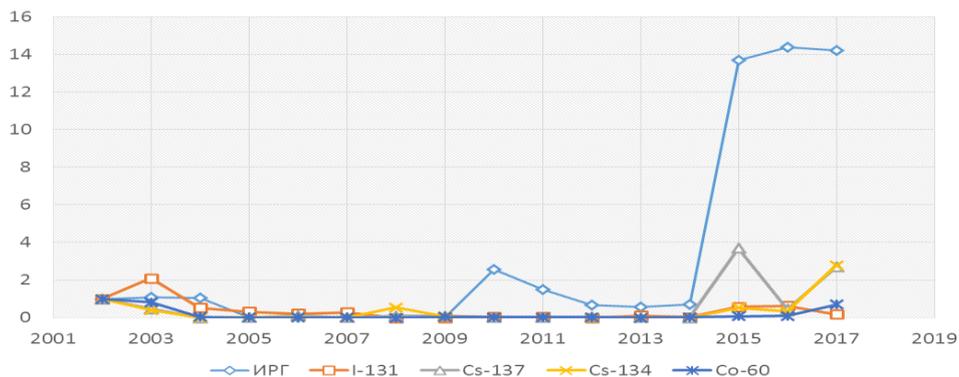


Рисунок 1 – Динамика годовых выбросов РоАЭС

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зиновьев, Г. Г.* Общая экология: Учебное методическое пособие [Электронный ресурс] / Г.Г. Зиновьев, Г. В. Смирнов. – Томск : ТУСУР, 2012. – 250 с. – URL : <https://edu.tusur.ru/publications/1794> (дата обращения: 15.03.2019).
2. Отчеты по экологической безопасности за 2008-2017 гг. [Электронный ресурс] / Росэнергоатом Ростовская АЭС. Режим доступа: <http://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/35f/35f7e17b9abf95e1ffeb140d7826f1d6.pdf> (дата обращения: 15.03.2019).
3. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03) [Электронный ресурс] / Главный государственный санитарный врач Российской Федерации, первый заместитель министра здравоохранения Российской Федерации Г.Г. Онищенко. – Москва : Минюст РФ, 2003. – URL : http://www.tehlit.ru/1lib_norma_doc/42/42050/ (дата обращения: 15.03.2019).
4. *Виноградов, А.Ю.* Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) эксплуатации энергоблока №3 в 18-месячном топливном цикле на мощности реакторной установки 104% от номинальной с вентиляторными градирнями. Книга 1,2. [Текст] / А.Ю. Виноградов. – Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное объединение «Гидротехпроект», 2018. – 366 с.

Gas-Aerosol Emission Influence of Radionuclides of Rostov Nuclear Power Plant on the Territory of the Host

R.A. Gnutov¹ I.A. Bublicova²

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

¹*rodion.gnutov.2000@mail.ru*

²*IABublikova@mephi.ru*

Abstract – The paper analyzes the dynamics of the amount of gas-aerosol emissions of Rostov nuclear power plant radionuclides into the atmosphere in comparison with some other areas of nuclear power

Keywords: газоаэрозольные выбросы, динамика, радионуклиды, приземной слой атмосферы.

К вопросу об уголовной ответственности за нарушение правил обращения экологически опасных веществ и отходов.

Н.С. Александрова

Димитровградский инженерно-технологический институт - филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Димитровград, Ульяновская обл.

Для обеспечения экологической безопасности и защиты особо опасных объектов от потенциальных угроз в уголовном кодексе Российской Федерации предусмотрена ответственность за нарушение правил обращения экологически опасных веществ и отходов. В тезисах приведен анализ данного преступления с учетом изменений, внесенных в действующее уголовное законодательство. Автором рассмотрены проблемы, связанные с применением анализируемого преступления и высказаны предложения по их законодательному решению.

Ключевые слова: радиоактивные вещества, радиоактивные отходы, правила, ответственность, предмет преступления, последствие, вина, окружающая среда, вред здоровью.

В действующем уголовном кодексе Российской Федерации в статье 247 предусмотрена ответственность за нарушение правил обращения экологически опасных веществ и отходов [1, с. 217]. В качестве предмета преступления выступают: радиоактивные, бактериологические, химические вещества и отходы. В Уголовном кодексе республики Беларусь наряду с перечисленными отходами и веществами выступают в качестве предмета генно-инженерные организмы (статья 278) [2].

В части определения предмета преступления данная норма в уголовном кодексе Российской Федерации является бланкетной. Понятия терминов, указанных в данной статье, даны в нормативно-правовых актах, регулирующих порядок производства и обращения с веществами и отходами. Так, определения радиоактивных веществ и отходов раскрыты в Федеральном законе от 21 ноября 1995 года «Об использовании атомной энергии». В статье 3 указанного закона определено «радиоактивные вещества это не относящиеся к ядерным материалам вещества, испускающие ионизирующее излучение; радиоактивные отходы - не подлежащие дальнейшему использованию материалы и вещества, а также оборудование, изделия (в том числе отработавшие источники ионизирующего излучения), содержание радионуклидов в которых превышает уровни, установленные в соответствии с критериями, установленными Правительством Российской Федерации» [3,19].

Перечень радиоактивных веществ приведен в Письме ГТК РФ от 27.01.1997 №2-12/1441 «О временном размещении Госатомнадзора России при ввозе (вывозе) ядерных материалов и радиоактивных веществ» [4]. В этот перечень входят такие радиоактивные металлы, как полоний, цезий, висмут. К радиоактивным веществам относится радий, кобальт-60, стронций. Объективная сторона состава преступления выражена в нарушении правил, то есть в производстве, использовании и ином обращении с указанным в диспозиции статьи предметом преступления. Уголовная ответственность наступает только при наличии последствий в виде причинения существенного вреда здоровью человека или окружающей среде. Ответственность усиливается, если деяние повлекло загрязнение, отравление или заражение окружающей среды, причинения вреда здоровью человека либо массовую гибель животных, либо совершено в зоне экологического бедствия, либо в зоне чрезвычайной экологической ситуации, либо повлекшее по неосторожности смерть человека, либо массовое заболевание людей [1, с. 217]. Действующее экологическое законодательство закрепляет достаточно широкий круг правил обращения с экологически опасными веществами и отходами, однако отсутствует законодательное определение терминов «зона экологического бедствия», «зона чрезвычайной экологической ситуации». Представляется, что статью 1 Федерального Закона от 10 января 2002 года № 7-ФЗ (ред. 29.07.2018г.) «Об охране окружающей среды» необходимо дополнить этими понятиями. Субъективная

сторона состава преступления выражена в форме умысла. Мотив и цель совершения преступления роли на квалификацию не играют. В законодательстве зарубежных стран за аналогичное преступление ответственность дифференцируется в зависимости от формы вины. Так, в параграфе 326 УК ФРГ «Неразрешенное обращение с опасными предметами» закреплено, что за умышленные действия может быть назначено наказание до 5 лет лишения свободы, а за деяния, совершенные в форме небрежности до трех лет лишения свободы [5]. В статье 183 УК Польши указано: «Кто вопреки правилам складировает, удаляет, перерабатывает, обезвреживает либо перевозит отходы или вещества в таких условиях или таким способом, что это может угрожать жизни или здоровью многих людей или повлечь уничтожение растительного или животного мира в значительных размерах, подлежит наказанию лишением свободы на срок от 3 месяцев до 5 лет. Если виновный действует неумышленно, то подлежит наказанию до двух лет лишения свободы [6]. В статье 47 Федерального Закона «Об использовании атомной энергии» установлено: «При хранении и переработке ядерных материалов радиоактивных веществ и радиоактивных отходов должна обеспечиваться надежная защита работников объектов использования атомной энергии, населения и окружающей среды от недопустимого в соответствии с нормами и правилами в области использования атомной энергии радиационного воздействия и радиоактивного загрязнения [3,19].

Чтобы избежать уголовной ответственности юридические и физические лица обязаны соблюдать правила производства, хранения, транспортировки, применения, захоронения радиоактивных веществ и радиоактивных отходов. В случае нарушения правил немедленно информировать органы исполнительной власти в области обеспечения радиационной безопасности о повышенных уровнях радиации, опасных для окружающей среды и здоровья человека, принимать меры по ликвидации очагов радиационного загрязнения.

В Российской Федерации по статье 247 УК РФ в 2016 г. было осуждено 11 человек, в 2017 г. 10 человек и в 2018 году - 17 человек [7].

Таким образом, уголовная ответственность в Российской Федерации за нарушение правил обращения с радиоактивными веществами и отходами дифференцируется в зависимости от наступивших последствий. Данная норма нуждается в совершенстве, особенно с учетом того, что она редко применяется на практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уголовный кодекс Российской Федерации (ред. на 29.07.2018). Москва : Проспект, 2018. – С. 186.
2. Уголовный кодекс республики Беларусь [Электронный ресурс] / URL : <http://pravo.kulichki.com/vip/uk/00000024.htm> (дата обращения 08.10.2018).
3. Федеральный закон от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» (ред. от 3 августа 2018 г.). «Российская газета» от 28 ноября 1995г. №230.
4. Письмо ГТК РФ от 27.01 1997г. №2-12/1441 «О временном размещении Госатомнадзора России при ввозе (вывозе) ядерных материалов и радиоактивных веществ» (официально не был опубликован) [Электронный ресурс] / URL : <http://base.garant.ru/738046/> (дата обращения 08.10.2018).
5. Уголовный кодекс ФРГ [Электронный ресурс] / URL: <http://constitutions.ru/7385> (дата обращения 08.10.2018).
6. Уголовный кодекс Польши [Электронный ресурс] / URL: <http://constitutions.ru/73046>
7. Агентство правовой информации. Статистика [Электронный ресурс] / URL: <http://stat.xns.7sbqk8achja.x.ru> (дата обращения 08.10.2018).

Criminal Liability for Violation of the Rules of Handling Environmentally Hazardous Substances and Waste

Aleksandrova N.S.

*Dimitrovgrad engineering and technological Institute - branch of the National Research Nuclear University (Moscow Engineering Physics Institute), Dimitrovgrad, Russia
nadezhdaleksandrova@yandex.ru*

Abstract – In order to ensure environmental safety and protect particularly hazardous facilities from potential threats, the criminal code of the Russian Federation provides for liability for violation of the rules for handling environmentally hazardous substances and waste. In the theses the analysis of this crime with the changes made in the existing criminal law. The author considers the problems associated with the use of the analyzed crime and makes proposals for their legislative solution.

Keywords: radioactive substances, radioactive waste, rules, liability, subject of crime, consequence, guilt, environment, harm to health.

УДК: 621.039.073

О методе установки сжигания ТРО И ЖГРО для комплекса переработки твердых радиоактивных отходов (КП ТРО) Курской АЭС

О.И. Бейсуг

*«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» Волгодонский инженерно-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ,
г. Волгодонск, Ростовская обл.*

В работе рассмотрен метод установки сжигания, входящий в состав установки сжигания ТРО и ЖГРО для комплекса переработки твердых радиоактивных отходов (КП ТРО) Курской АЭС

Ключевые слова: низкорadioактивные отходы, твёрдые радиоактивные отходы, жидкие и газообразные отходы, сжигание, зола, уменьшение объёма низкорadioактивных отходов.

В настоящее время на атомных электростанциях РФ в процессе эксплуатации и производства ремонтных работ накопилось значительное количество твердых и жидких очень низкорadioактивных отходов (ТРО), в состав которых входит спецодежда, ветошь, бумага, древесина, материалы, строительные отходы, отходы теплоизоляционных волокнистых материалов и др. Таким образом, в настоящее время является актуальным вопрос уменьшения объёмов твердых и жидких низкорadioактивных отходов.

Для уменьшения объёмов твердых и жидких очень низкорadioактивных отходов разработана метод установки сжигания ТРО и ЖГРО для КП ТРО Курской АЭС ведущими волгодонскими предприятиями атомного кластера, которые за основу взяли расчёты NUKEM Technologies GmbH и доработали до российских стандартов, используемых в Росатоме.

Установка сжигания предназначена для:

- сокращения объёма предназначенных для захоронения РАО путем сжигания горючих твердых и жидких очень низкоактивных отходов, находящихся на временном хранении на площадке Курской АЭС и отходов, образующихся во время эксплуатации, а также при выводе из эксплуатации энергоблоков Курской АЭС и станционных сооружений, содержащих радионуклиды;

- перевода горючих отходов в неорганический негорючий продукт (золу);

- расфасовки образующейся при сжигании золы в 200-л бочки для дальнейшего кондиционирования на установке прессования;

- очистки образующихся в процессе горения дымовых газов при помощи системы газоочистки для обеспечения соответствия требованиям по предельно допустимым выбросам вредных химических и радиоактивных веществ в атмосферу.

Производительность установки сжигания составляет:

- по твердым отходам, не более 100 кг/ч (2400 кг/сут)

- по жидким отходам, не более 40 кг/ч (960 кг/сут)

Масса золы, образующейся от сжигания отходов -2,59-3,54 кг/ч (70-85 кг/сут)

Удельная активность золы- 1,81кЮ⁶ Бк/кг

Объем отработавшего раствора, сливаемого из емкости нейтрализации составляет не более -60 кг/ч (1100кг/сут)

Система сжигания предназначена для уменьшения объема ТРО и ЖГРО за счет термического разложения с получением радиоактивного зольного остатка отправляемого на переработку.

Газоочистка дымовых газов предназначена для охлаждения дымовых газов, очистки от твердых частиц и снижения концентрации кислых газов до допустимых пределов в составе дымовых газов.

Система тонкой фильтрации предназначена для подогрева и очистки дымовых газов от твердых частиц.

Система поддержание разрежения предназначена для создания направленного потока дымовых газов из оборудования установки сжигания в дымовую трубу за счет создания разрежения.

Система выгрузки золы предназначена для накопления золы, образующейся в процессе сжигания ТРО и ЖГРО, ее охлаждения (выдержки) и выгрузки в 200-л бочку.

Система приема горючих ЖРО предназначена для приема ЖГРО из 200-л бочек в емкость, подогрева и непрерывной подачи ЖГРО в горелку системы сжигания .

На всех стадиях переработки ТРО и ЖГРО имеется:

- подачи исходных отходов к установке в контейнерах;
- загрузки отходов в печь через загрузочный бокс;
- сжигания отходов в печи сжигания;
- полного дожигания сажи и продуктов пиролиза в камере дожигания;
- очистки дымовых газов в системах;

- выгрузки зольного остатка в закрытом боксе выгрузки золы, обеспечивается радиационная безопасность, исключается выход радиоактивных продуктов в помещение и окружающую среду при нормальной эксплуатации и сводится к минимуму возможность аварийных ситуаций.

Вторичным продуктом сжигания отходов являются бочки с радиоактивной золой и отработавшие растворы с солями после нейтрализации.

Оборудование, которое используется, является достаточно надежным. Это система подачи топлива, запальники, форсунки, печь сжигания, камера дожигания, эжекторный скруббер, скруббер Вентури, фильтр тонкой очистки, диоксиновый фильтр проверены в производственных условиях на радиохимических предприятиях и АЭС при сжигании радиоактивных отходов аналогичного состава. Примененные поворотные механизмы, механизмы закрытия и поджатия, транспортные системы являются широко распространенными в машиностроении.

Использование фильтров тонкой очистки и диоксинового фильтра, на финальной стадии очистки дымовых газов позволяет достичь концентрации по всем загрязняющим компонентам ниже предельно-допустимой (ПДК) для рабочей зоны.

После прохождения через фильтры тонкой очистки отходящий газ очищается от содержащихся в нем диоксинов на диоксиновом фильтре КРС53 АТ001. Диоксиновый фильтр заполнен активированным углем. Конструктивно он выполнен из двух двухходовых фильтров, поэтому отходящий газ поочередно проходит через четыре фильтрующих слоя. При загрязнении активированного угля вредными веществами производится замена активированного угля. Активированный уголь в количестве 1000 кг подлежит замене после примерно 3600 ч эксплуатации (точное время определяется в процессе эксплуатации).

Отработавший активированный уголь фасуется в бумажные мешки и сжигается в печи сжигания. Новый активированный уголь подается в транспортных упаковках и загружается в

диоксиновый фильтр при помощи пневматического подающего механизма.

Температура сжигания составляет 850-1100 °С. В камере дожигания при температуре газов 1200 °С, избытке кислорода и времени пребывания не менее 2 с сводится до допустимого минимума выход вредных хлорорганических соединений.

В данном методе используются полые орошаемые скрубберы с применением 20 % раствора щелочи NaOH, которые:

- охлаждают дымовые газы (в рабочем и аварийном режимах);
- улавливают основные массы твердой фазы;
- производят абсорбцию и нейтрализацию кислых компонентов;
- концентрируют загрязняющие примеси в небольшом объеме жидкости.

Использование фильтров тонкой очистки и диоксинового фильтра, на финальной стадии очистки дымовых газов позволяет достичь концентрации по всем загрязняющим компонентам ниже предельно-допустимой (ПДК) для рабочей зоны.

Расчеты «Process Calculation Report», подтверждающие работоспособность выбранного оборудования и схемы установки сжигания были выполнены в проекте «Detail design» на установку сжигания ТРО и ЖГРО для КОО Игналинской АЭС разработки компании «Nukem Technologies».

Сжигание ЖГРО может проводиться параллельно со сжиганием ТРО. В процессе одновременного сжигания двух видов отходов нормальный расход загружаемых ТРО сокращается в зависимости от теплотворной способности и расхода ЖГРО.

Во время сжигания ТРО и ЖГРО ведут контроль концентраций (солесодержания) твердых веществ/активности орошающего раствора. Контроль осуществляется посредством отбора проб на пробоотборном устройстве. По результатам химического анализа, если солесодержание достигло предельного значения, производится слив части орошающего раствора в ёмкость нейтрализации.

Зола, накапливаемая в печи сжигания и камере дожигания, сбрасывается под действием своего веса в бокс выгрузки из печи сжигания или в бокс выгрузки из камеры дожигания. Зола из печи сжигания выгружается один раз в сутки и охлаждается в боксе выгрузки из печи сжигания до начала следующего процесса выгрузки золы из печи сжигания. Зола из камеры дожигания выгружается один раз в неделю и охлаждается в боксе выгрузки из камеры дожигания.

Основной эффект от реализации процесса сжигания ТРО и ЖГРО для КП ТРО Курской АЭС – экологический.

Method of Installation of Burning of SRW and LGRW for the Complex of Processing of Solid Radioactive Waste (CP SRW) of the Kursk NPP

O. I. Beysug

*National research nuclear University «MEPhI» Volgodonsk Institute of engineering and technology – branch of MEPhI, Volgodonsk, Rostov region
beisug@rambler.ru*

Abstract – The method of combustion installation is considered incineration plant SRW and LGRW, which is part of the incineration plant for solid radioactive waste processing complex of Kursk NPP.

Key words: low radioactive waste, solid radioactive waste, liquid and gaseous waste, combustion, ash, reduction of low radioactive waste.

Discriminating the Characteristics of Spent MOX Fuel and LEU Fuel for Safeguards Purposes, Security and Non-Proliferation of Weapons

V.M. Demin¹, M.A. Abu Sodos², H.H. Nimer³

National Research Nuclear University MEPHI, Moscow

Nuclear energy is currently one of the world's main sources of electricity. Closely connected to the use of nuclear energy are important issues such as the nonproliferation of fissile material that may potentially use in nuclear weapons (safeguards), and the management of the highly radioactive nuclear waste. Safeguards are a set of technical measures applied by the IAEA on nuclear material and activities, through which the Agency seeks to independently verify that nuclear facilities are not misused and nuclear material not diverted from peaceful uses. States accept these measures through the conclusion of safeguards agreements, for the safeguards issue, it is important to experimentally verify the presence and identity of nuclear fuel assemblies and also that the fuel has experienced normal, civilian reactor operation.

Plutonium-rich mixed oxide fuel (MOX) is increasingly used in thermal reactors. However, spent MOX fuel could be a potential source of nuclear weapons material and a safeguards issue is therefore to determine whether a spent nuclear fuel assembly is of MOX type or of LEU (Low Enriched Uranium) type. A technique has been demonstrated, utilizing the ratio of $^{134}\text{Cs}/^{154}\text{Eu}$, with which it is possible to determine whether a fuel assembly is of MOX or LEU type. This is of interest for safeguards as well as for the safe operation of a final storage facility. The suggested technique is based on using the ratio of $^{134}\text{Cs}/^{154}\text{Eu}$ because ^{154}Eu is produced more extensively in the case of MOX fuel irradiation while the production of ^{134}Cs is essentially the same or even less as compared with a LEU fuel. The aim of this work is to Study the influence of enrichments of fuel (LEU) and the powers of reactor on the accumulation of ^{134}Cs and ^{154}Eu , which are used to determine the type of initial fuel in safeguard field. A number of simulations have been performed in This work using Serpent computer code “A continuous -energy Monte Carlo reactor physics burnup calculation code” to measure the amount of ^{134}Cs and ^{154}Eu generated and accumulated during the “VVER-1200” reactor operation.

In this work, depending on burnup and cooling time, the masses ^{134}Cs , ^{154}Eu and the ratio of their masses ($^{134}\text{Cs}/^{154}\text{Eu}$) were calculated for MOX fuel with 3% enrichment and LEU fuel in many variants of enrichments and powers of reactor, which presented in table 1.

Table 1 – Description of tasks in this work

Task 1 with a constant power	Fuel Enrichment					
	2% LEU	3% LEU	4% LEU	5% LEU	3% MOX	
Task 2 with a constant enrichment of 3% LEU	The power of Fuel Assembly					
	3% enriched LEU					3% MOX
	1.96E+7	6.63E+6	5.63E+6	6.13E+6	6.03E+6	1.96E+7

REFERENCES

1. Willman, C., Håkansson, A., Osifo, O., Bäcklin, A., & Svärd, S. J. (2006). A nondestructive method for discriminating MOX fuel from LEU fuel for safeguards purposes. *Annals of Nuclear Energy*, 33(9), 766-773. doi:10.1016/j.anucene.2006.04.006
2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safeguards and Verification, www.world-nuclear.org/.

Различия в характеристиках отработавшего МОХ-топлива и LEU-топлива для обеспечения безопасности и гарантии нераспространения ядерного оружия

В.М. Демин¹, М.А. Абу Сондос², Х.Х. Нимер³

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва

¹VMDemini@mephi.ru

²MAbusondos@mephi.ru

³jheba20@gmail.com

Аннотация – В работе изучали влияние обогащения топлива (LEU) и мощности ТВС в реакторах ВВЭР-1200 на накопление изотопов ^{134}Cs и ^{154}Eu , и сравнивать результаты топлива LEU с топливом (МОХ). Расчеты концентрации этих изотопов играют важную роль в гарантиях использования ядерных реакторов в мирных целях, по определению типа топлива используется в АЭС. с помощью этой расчетов, можно обнаружить некорректные декларации свойств топлива, предоставляемых операторами ядерных реакторов для определения вида топлива, используемого на установке.

Ключевые слова: Гарантия МАГАТЭ, Безопасность, Serpent (монтажные методы), Нераспространение Ядерного Оружия.

УДК 378.4 : 331.546 : 621.039

РОЛЬ ОТРАСЛЕВЫХ ВУЗОВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ВЫСОКОГО УРОВНЯ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЗАРУБЕЖНЫХ ОБЪЕКТАХ ГК «РОСАТОМ»

У.А. Плотникова, В.В. Карелина, Н.П. Василенко, Ю.А. Евдошкина

*Филиал АО «Концерн Росэнергоатом «Ростовская АЭС», Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск**

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

Работа посвящена обоснованию ведущей роли опорных вузов Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» (далее ГК «Росатом») и их региональных филиалов на территориях расположения объектов атомной энергетики в формировании у будущих работников атомных станций в России и за рубежом высокого уровня культуры безопасности во всех ее проявлениях – техническом, социокультурном, экономическом. Анализ данных социологических опросов, исторических справок, материалов, предоставленных организациями, предыдущих исследований коллектива авторов, позволил выявить эффективный подход к формированию культуры безопасности у иностранных студентов. В его основе – многостороннее сотрудничество образовательной организации с промышленными предприятиями дивизионов ГК «Росатом», машиностроительного кластера, а также ее специализация в рамках распределенного кампуса опорного вуза госкорпорации.

Ключевые слова: культура безопасности, ГК «Росатом», АО «Концерн Росэнергоатом», ресурсный центр, подготовка кадров.

Проводимая ГК «Росатом» активная экспансия на международные рынки требует соответствующей кадровой поддержки. Это становится одним из основных вопросов планирования экспортоориентированной стратегии ГК «Росатом». Сегодня госкорпорация может предоставить полный жизненный цикл национальной атомной программы, так называемый «страновой план», который подготовлен и разработан с партнерами из Иордании, Бангладеш и из других стран [1]. Помимо технико-технологической инфраструктуры учитывается и «мягкая инфраструктура», включающая нормативно-правовую базу, планы по ликвидации аварий, на случай чрезвычайных ситуаций, а также неотъемлемый элемент – развитие человеческого капитала. Так, кроме уникальных технологий во всем ядерном цикле - от добычи до бэк-энда, для строящихся АЭС следует обеспечить формирование ответственности и принципиальной позиции в сфере безопасности и эффективности функционирования всех объектов атомной отрасли не только в стране их присутствия, но и за пределами. Например, "экспорт" корпоративных ценностей ГК «Росатом» будет способствовать не только обеспечению физической безопасности и сохранности объектов атомной энергетик, но и экономической эффективности их функционирования [2-3]. Безопасность – это наднациональная категория. Многочисленные исследования, посвященные глобальным проблемам, связанным с авариями на Чернобыльской АЭС, Три-Майл-Айленд, Фукусима, это подтвердили [4-13]. Согласно позиции

А.А. Богданова, безопасность системы определяется ее равновесностью в условиях организационного триединства «вещей, людей и идей» [14]. Интеграция этих элементов происходит в рамках системы управления, где они занимают определенное место в ее структуре и в качестве субъекта, и объекта управления, а также опосредующей их взаимодействие информации, перемещающейся по каналам прямой и обратной связи. Именно поэтому для атомной отрасли крайне важно выступать не только экспортером технико-технологических материальных объектов, но и обеспечивать поставку

специфического «товара», коим являются критически важные знания, а также те, кто их будет использовать – человек.

Еще в 2017 году в качестве перспективного направления в учебном процессе проректор по международной деятельности АНО ДПО «Техническая академия Росатома» В. Артисюк обозначил исследования в сфере культуры безопасности, работу на обеспечение восприятия и следования единым нормам и правилам, принятым на уровне международного сообщества, в различных национальных культурах. Несмотря на то, что сформирована нормативно-правовая и организационно-методическая основа обеспечения безопасности, есть ряд специфических особенностей, которые необходимо учитывать при обучении иностранных студентов и специалистов. Речь идет о различиях в национальных культурах, традициях, стереотипах поведения.

Подготовка кадров для ядерной индустрии в эпоху глобализации требует новых решений, основанных на лучших российских практиках. Максимальное повышение надежности и безопасности атомной энергетики во всем мире обеспечивается за счет оценки, сравнения с лучшими достижениями, посредством взаимной поддержки, обмена информацией и использования положительного опыта. По мнению генерального директора Института управления ядерными знаниями МАГАТЭ Я. Янева, трансфер знаний является важнейшим фактором эффективности пуска АЭС в любой стране. В подтверждение своих слов он приводит в пример работу советских специалистов на пуске энергоблока болгарской АЭС «Козлодуй» [15].

Для решения вопросов кадрового обеспечения внешнеэкономической стратегии ГК «Росатом» в указанных направлениях, предполагается эффективная внутрикорпоративная ротация кадров:

- отток высококвалифицированных специалистов для работы по внешнеэкономическим проектам из сформированного кадрового резерва;
- замещение командированных за счет притока молодых специалистов-выпускников отраслевых вузов;
- переподготовка и повышение квалификации специалистов для решения новых задач и включения в новые направления развития ГК Росатом.

С целью подготовки кадров и организации эффективных форм передачи положительного опыта созданы две ассоциации – Ассоциация «Консорциум опорных вузов Госкорпорации «Росатом» и Национальный ядерный инновационный консорциум. Сегодня именно в опорных вузах ГК «Росатом» формируется специализированная ресурсная матрица, в которой содержатся технические, законодательно-правовые, организационные компетенции, знания по культуре поведения и проч.

В рамках указанных трендов развития ГК «Росатом» должны выстраиваться стратегии университетов и их структурных подразделений, являющихся основными поставщиками HR-потенциала предприятий ее контура. Как отмечает руководитель проекта отдела оценки и развития персонала Департамента подготовки персонала И. Шаповалова, АО «Концерн «Розэнергоатом» работает с опорными вузами атомной отрасли, выделяя в качестве ключевых партнеров НИЯУ МИФИ и его региональные филиалы в г. Волгодонске и г. Обнинске [16]. Поэтому одной из основных задач НИЯУ МИФИ является повышение эффективности подготовки высококвалифицированных кадров для предприятий атомной отрасли по профильным специальностям в интересах усиления позиций университета и ГК «Росатом» на мировом рынке ядерных технологий в странах присутствия. Одним из инструментов решения этой задачи становится развитие ресурсных центров и организация практик студентов. Это стратегическое консолидированное мероприятие ГК «Росатом» и опорных вузов, позволяющее решить проблемы повышения качества профессионального обучения студентов и специалистов атомной отрасли путем:

- обеспечения проведения практик российских и иностранных студентов;

- обеспечения проведения повышения квалификации и профессиональной переподготовки работников предприятий ГК «Росатом»;
- разработки и включения в образовательный процесс учебно-методических материалов для практико-ориентированного обучения студентов и повышения квалификации работников отрасли.

Региональный филиал НИЯУ МИФИ в г. Волгодонске – ВИТИ НИЯУ МИФИ, – обладает уникальными возможностями для решения вышеуказанных задач в рамках стратегических целей ГК «Росатом» и НИЯУ МИФИ. На территории города расположены предприятия трех дивизионов ГК «Росатом» – электроэнергетический, машиностроительный, инжиниринговый дивизионы (рис. 1).



Рисунок 1 – Пример эффективных форм взаимодействия отраслевых вузов с промышленными партнерами [An example of effective forms of industry universities and industrial partners interaction]

Результатом длительного эффективного сотрудничества ВИТИ НИЯУ МИФИ с предприятиями указанных дивизионов ГК «Росатом» (Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск, филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция», «Волгодонскатомэнергоремонт» – филиал АО «Атомэнергоремонт», Волгодонский филиал «Ростоватомтехэнерго» АО «Атомтехэнерго», предприятия Волгодонского промышленного кластера атомного машиностроения и др.) стало формирование и укрепление специфических «брендов» вуза, качественно отличающих его от других вузов региона и структурных подразделений головного вуза. Эти бренды с успехом могут быть использованы (а ряд из них уже реализуется в рамках совместных проектов) для целей атомной отрасли. Приведем пример использования брендов для кадровой поддержки экспортоориентированной стратегии, координируемой в АО «Концерн Росэнергоатом» департаментом международного бизнеса и развития и АО «Русатом Сервис» (табл. 1).

Таблица 1 – Бренды ВИТИ НИЯУ МИФИ для реализации экспортоориентированной стратегии АО «Концерн «Росэнергоатом» [VETI MERPhI brands for Rosenergoatom Concern export-oriented strategy implementation]

Основные продуктовые предложения «Сервис АЭС за рубежом»	Функции и задачи АО «Концерн «Росэнергоатом»»	Бренд ВИТИ НИЯУ МИФИ для формирования HR- потенциала экспортоориентированной стратегии предприятий ГК "Росатом"
Ядерная инфраструктура	Организация и проведение семинаров и экспертных миссий по передаче российского опыта в создании и использовании ЯИ	<ul style="list-style-type: none"> - Ежегодная международная научно-практическая конференция «Безопасность ядерной энергетики»; - Научно-практический журнал «Глобальная ядерная безопасность» (входит в Перечень ВАК РФ) с глубиной архива 8 лет.
Подготовка персонала	<p>Организация и проведение обучения технического персонала, специалистов и руководителей ядерной отрасли и организаций:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Эксплуатирующий персонал - Персонал ПНР и ремонтный <p>Обучение ядерной инфраструктуре для ключевых стейкхолдеров заказчика Дополнительное профессиональное образование</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Подготовка студентов по профильным для предприятий направлениям и специальностям; - Практико-ориентированная подготовка иностранных студентов в Ресурсном центре ГК «Росатом» - НИЯУ МИФИ (далее – Ресурсный центр); - Центр профессиональных компетенций; - Становление научной школы «Культура безопасности на предприятиях атомной энергетики» (подготовка кандидатских диссертаций, публикации в ведущих научных изданиях по указанной тематике).
Ввод в эксплуатацию	<p>Разработка, согласование и передача заказчику организационной, пусконаладочной и эксплуатационной документации Предэксплуатационный контроль состояния оборудования</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Научно-исследовательский институт «Атомного энергетического машиностроения» ВИТИ НИЯУ МИФИ (далее – НИИ АЭМ), выполняет НИР и НИОКР по темам: <ol style="list-style-type: none"> 1) диагностический мониторинг электроприводного оборудования; 2) поставка диагностических комплексов для АЭС и заводов-изготовителей; 3) разработка комплектной документации для ТОиР; 4) разработка методического обеспечения диагностирования; 5) разработка и поставка программного обеспечения; 6) обследование оборудования АЭС и оценка его остаточного ресурса.
Эксплуатация	<p>Работы по корректировке эксплуатационной документации энергоблоков Продление сроков эксплуатации Подготовка и проведение ремонтов</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Направления подготовки специалистов для АО «Концерн «Росэнергоатом»» - НИИ АЭМ - Взаимодействие с Волгодонским промышленным кластером атомного машиностроения
Тренажеры	Подготовка документации и проекта для создания и функционирования аварийного, информационного, учебно-тренировочного и др. центров	<ul style="list-style-type: none"> - Ресурсный центр - Центр профессиональных компетенций - База учебно-методических материалов по подготовке специалистов в Учебно-тренировочном подразделении филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция»
Сервис	<p>Техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) Продление срока эксплуатации</p>	<ul style="list-style-type: none"> - НИИ АЭМ

Далее рассмотрим подробно указанные бренды. В 2015 г. по инициативе ГК «Росатом» на базе ВИТИ НИЯУ МИФИ и предприятий ГК «Росатом», расположенных в г. Волгодонске был создан Ресурсный центр ГК «Росатом» – НИЯУ МИФИ (далее – Ресурсный

центр). В Ресурсном центре осуществляется практико-ориентированное обучение иностранных студентов на действующих установках и полномасштабном оборудовании, расположенном на производственных площадках предприятий ГК «Росатом» (Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск, Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция» и др.) и предприятий Волгодонского промышленного кластера атомного машиностроения (табл. 2).

Таблица 2 – Производственные и лабораторные площадки Ресурсного центра и содержание практик [Resource Center production and laboratory sites and content of practices]

Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск	Учебно-тренировочном подразделении Ростовской АЭС	Волгодонский промышленный кластер атомного машиностроения	ВИТИ НИЯУ МИФИ
– изучение конструкции реактор ВВЭР-1000	– изучение процесса перегрузки топлива на реакторе ВВЭР-1000 (на тренажере СУМП-В-1000)	– изучение конструкций вспомогательного оборудования АЭС	– изучение методов и приборов диагностики и исследования оборудования АЭС
– изучение конструкции парогенератора ПГВ 1000М	– управление с полномасштабного тренажера оборудованием реакторного и турбинного отделений	– осуществление металлографических исследований и физико-механических испытаний изделий энергетического машиностроения	– выполнение сварных соединений в лаборатории сварочных технологий
– изучение конструкции компенсатора давления	– моделирование аварийной ситуации на ПМТ	– поведение испытаний и исследований на стойкость к межкристаллитной коррозии и стилокопирование элементов оборудования АЭС	– неразрушающий контроль образцов сварных соединений
– изучение конструкции гидроемкости САОЗ	– управление энергоблоком с полномасштабного тренажера	– Проведение исследований результатов спектрального анализа (определение химического состава металла)	
– ультразвуковой контроль шпилек реактора		– радиографический контроль элементов оборудования для АЭС и исследование его результатов	
– капиллярный контроль уплотнительных поверхностей			
– капиллярный контроль вокруг гнезд шпилек корпуса реактора			

Помимо обучения на производственных площадках указанных предприятий, работа Ресурсного центра ведется в формате тренингов, направленных на командообразование, на формирование принципов культуры безопасности и лояльности корпоративным ценностям. В этом случае, опыт ценностноориентированного подхода к управлению человеческим капиталом, накопленный ГК «Росатом», ложится в основу всех элементов «мягкой» инфраструктуры, поставляемой в рамках зарубежных проектов госкорпорации.

В первый год своей работы Ресурсный центр принял 5 отечественных студентов как пилотную группу, в 2016 г. прошли практику 80 иностранных студентов из трех стран – Монголия, Вьетнам, Иордания. В 2017 г. – 124 иностранных студента более, чем из 10 стран, в 2018 г. – 186 иностранных студентов более, чем из 15 стран. В дальнейшем численность будет увеличиваться (рис. 2).

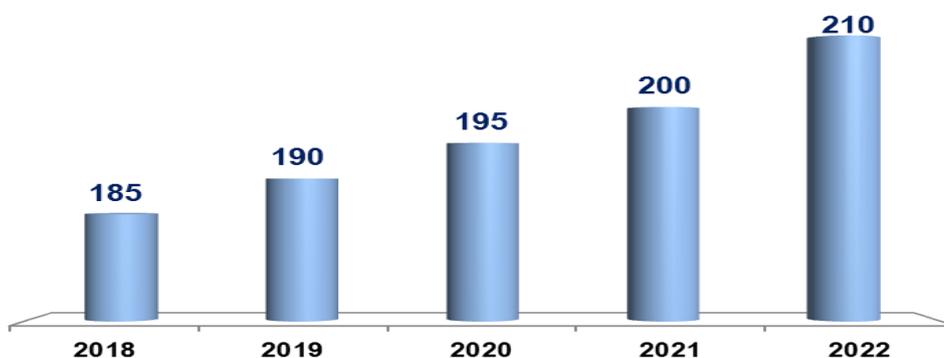


Рисунок 2 – Прогнозируемая динамика численности иностранных студентов в Ресурсном центре ГК «Росатом» – НИЯУ МИФИ в г. Волгодонске в период 2018-2022гг., чел. [The projected dynamics of the number of foreign students in the Resource Center of the State Corporation “Rosatom” - NRNU MEPhI in Volgodonsk in the period of 2018-2022]

Положительная динамика связана не только с высокой эффективностью практик и профессионализмом преподавателей Ресурсного центра, но и в целом с ростом привлекательности российского образования для иностранцев по различным причинам. Так, согласно социологическим опросам, основным мотивом, по мнению 51,6% респондентов, стало отсутствие в той или иной стране образовательных программ по интересующему профилю (направлению, специальности). Выбор НИЯУ МИФИ для 63,7% опрошенных был обусловлен высокими качеством образования в вузе, а также направлениями иностранных министерств образования (14,8%) и направления на обучение от организации, компании (14,4%). Выбор ядерной специализации преобладает среди иностранных студентов следующих стран: страны Европы – 100%, арабские страны (89,8%), страны Азии (79,1%), страны Африки (77,8%), Латинской Америки (77,8%). Определяющая причина – высокий уровень ее конкурентоспособности на рынке труда в силу таких факторов, как:

- высокий престиж специальности – 47,9%;
- соответствие способностям – 31,0%;
- легкость трудоустройства – 29,6%;
- высоко оплачивается – 22,0%;
- направили учиться по этой специальности – 22,0% [17].

Указанные факторы во многом являются следствием реализации экспортоориентированной стратегии ГК «Росатом» в ряде перечисленных групп стран. Развитие атомной отрасли, строительство объектов атомной энергетики, создание инфраструктуры – все это способствует повышению конкурентоспособности и престижа отдельных направлений подготовки специалистов, более внимательного отношения к процессу обучения у студентов, формированию высокого уровня ответственности за объем и качество получаемых знаний. Практики в Ресурсном центре организованы таким образом, что иностранные и отечественные студенты знакомятся с производством и процессами на всех предприятиях дивизионов, что дает возможность сформировать комплексное видение всей системы – от строительства АЭС и изготовления оборудования для станции – до пуска ее в эксплуатацию. Особое внимание уделяется анализу и оценке культуры безопасности на каждом объекте. Высокий уровень безопасности не может быть обеспечен только на действующей АЭС при ее эксплуатации. Это закладывается еще при обучении будущих специалистов в вузах, а также на всех этапах – от производства до эксплуатации. На каждом объекте она специфична в проявлении, но одинакова в содержании – высочайший уровень персональной ответственности за тот участок работы, который выполняет сотрудник. В данном направлении ведутся исследования и уже накоплен положительный опыт реализации компетентностного подхода в воспитании культуры безопасности отечественных студентов

вуза, что с соответствующей адаптацией передается иностранным студентам – будущим работникам АЭС за рубежом [18-19].

Для перспектив дальнейшего развития Ресурсного центра как площадки подготовки кадров для зарубежных АЭС на основе ценностного подхода и ценностных ориентиров, реализуемых на всех объектах и во всех сферах присутствия предприятий ГК «Росатом», можно использовать такие бренды ВИТИ НИЯУ МИФИ, как НИИ АЭМ и международная научно-практическая конференция «Безопасность ядерной энергетики».

Научно-исследовательский институт «Атомного энергетического машиностроения», входящий в структуру ВИТИ НИЯУ МИФИ, обладает серьезным опытом в организации НИР и НИОКР по обеспечению эксплуатационной надёжности и безопасности оборудования и систем АЭС и других энергетических объектов по следующим темам:

- диагностический мониторинг электроприводного оборудования;
- поставка диагностических комплексов для АЭС и заводов-изготовителей;
- разработка комплектной документации для ТОиР;
- разработка методического обеспечения диагностирования;
- разработка и поставка программного обеспечения;
- обследование оборудования АЭС и оценка его остаточного ресурса.

Эти направления отражают технико-технологические аспекты культуры безопасности и являются крайне актуальными для строящихся атомных станций за рубежом, особенно российского дизайна. Дальнейшее развитие научно-исследовательской деятельности ведется в соответствии с ключевым трендом цифровизации экономики по темам, предполагающим использование VR/AR-технологий, в том числе, для программ кадровой подготовки и переподготовки. Эти технологии могут стать отдельным продуктом, который ГК «Росатом» предложит и российскому, и зарубежному рынку, что будет способствовать сохранению его лидирующего положения на мировом рынке.

Иностранные студенты, проходящие практику в Ресурсном центре, принимают участие в научных мероприятиях, проводимых на площадке ВИТИ НИЯУ МИФИ с участием представителей предприятий-партнеров, а магистранты имеют возможность представить результаты своих исследований и наблюдений, которые они осуществляют, в том числе, во время практики на производственных площадках, на научно-практической конференции «Безопасность ядерной энергетики». Научное мероприятие посвящено актуальным проблемам и перспективам развития атомной отрасли в России и за рубежом, в ней участвуют ведущие российские и зарубежные ученые. Архив конференции составляет четырнадцать лет и является серьезным конкурентным фактором для научного мероприятия со специфической тематикой. Это позволяет исследователям обмениваться уникальным опытом по выполнению научно-исследовательских работ по заказам предприятий ГК «Росатом» в области обеспечения эксплуатационной надёжности и безопасности оборудования и систем АЭС и других энергетических объектов, в сфере обучения персонала АЭС, способствуя тем самым «экспорту» не только достижений прикладных исследований на строящиеся зарубежные объекты, но и всей системы ценностных ориентиров ГК «Росатом» как условия эффективного развития и безопасности всех создаваемых объектов [20].

Таким образом, развитие в странах-партнерах ГК «Росатом» «мягкой инфраструктуры» наряду с технико-технологической, позволяет обеспечивать на вновь строящихся объектах высокий уровень культуры безопасности на основе достижения трех значимых качеств: качество технологических процессов, включая их безопасность и четкость технического оформления, документационного сопровождения; качество оборудования, определяемое его инновационным уровнем, эксплуатационной надежностью и безопасностью; качество персонала на основе воспитания и образования, профессионализма,

идеологии и приверженности миссии организации, что в совокупности формирует высокий уровень корпоративной культуры и безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кадры. Пройти не поскользнуться [Текст] // Росэнергоатом. – 2017. – № 7. – С. 27.
2. Головкин, М.В. Корпоративные ценности в системе устойчивого развития и безопасности экономики промышленных предприятий (на примере ГК «Росатом») [Текст] / М.В. Головкин, В.А. Руденко // Глобальная ядерная безопасность. – 2015. – № 4 (17). – С. 103-114.
3. Головкин, М.В. Развитие культуры экономической безопасности как инструмент борьбы с рентоориентированной теневой экономикой [Текст] / М.В. Головкин // Современность: хозяйственные алгоритмы и практики: монография под ред. Ю.М. Осипова, В.Ю. Стримова, Е.С. Зотовой. – Москва ; Тамбов : Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2016. – С. 407-411.
4. The annual report for 1986 (IAEA). International Atomic Energy Agency: официальный сайт. – 1987. – URL : http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC31/GC31Documents/English/gc31-800_en.pdf – 11.03.2017 (дата обращения: 21.11.2012).
5. Развитие культуры безопасности в ядерной деятельности: Практические советы по достижению прогресса. Серия «Отчеты по безопасности», МАГАТЭ [Текст]. – Вена, 1998.
6. Three Mile Island Accident. World Nuclear Association, March 2001.
7. Walker, J. Samuel Three Mile Island: A Nuclear Crisis in Historical Perspective Berkeley: University of California Press, 2004, 231 p.
8. Абрамова В.Н. Психологические методы в работе с кадрами на АЭС [Текст] / В.Н. Абрамова [и др.] – Москва : Энергоатомиздат, 1988. – 192 с.
9. Бадяев, В.В. Охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС [Текст] / В.В. Бадяев, Ю.А. Егоров, С.В. Казаков. – Москва : Энергоатомиздат, 1990. – 224 с.
10. Лозановская, И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении [Текст] / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова. – Москва, 1998.
11. Львов, Л.В. Надежность и экологическая безопасность гидроэнергетических установок [Текст] / Л.В. Львов, М.П. Федоров, С.Г. Шульман. – Санкт-Петербург, 1999. – 440 с.
12. Ключевые вопросы практики повышения культуры безопасности: INSAG-15 [Текст] / Доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности. – Вена : Международное агентство по атомной энергии, 2002. – 24 с.
13. Жук, А.В. Отечественная и зарубежная историография проблем культуры безопасности в атомной энергетике/ А.В. Жук, М.В. Головкин, Ю.А. Евдощкина // Глобальная ядерная безопасность. – 2017. – № 1 (22). – С. 113-121.
14. Богданов, А.А. Тектология: всеобщая организационная наука [Текст] / А.А. Богданов. – Москва : Экономика, 1989. – С. 106.
15. Янев, Я. Вызовы и возможности [Текст] / Я. Янев // Росэнергоатом. – 2017. – № 9. – С. 39.
16. Шаповалова, И. Карьера начинается в школе [Текст] / И. Шаповалова // Росэнергоатом. – 2018. – № 10. – С. 41.
17. Дмитриев, Н.М. Подготовка специалистов для атомной промышленности зарубежных стран в НИЯУ МИФИ [Текст] / Н.М. Дмитриев, П.А. Арефьев. – Москва : ЦСПиМ, 2018. – 264 с.
18. Руденко, В.А. Компетентностный подход в воспитании культуры безопасности в вузе [Текст] / В.А. Руденко, Н.П. Василенко // Глобальная ядерная безопасность. – 2012. – № 2-3(4). – С. 136-141.
19. Руденко, В.А. Практические методы формирования приверженности культуре безопасности на индивидуальном уровне у студентов вуза [Текст] / В.А. Руденко, Н.П. Василенко // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – № 1 (6). – С. 100-103.
20. Руденко, В.А. Ценностная составляющая культуры безопасности [Текст] / В.А. Руденко, Н.П. Василенко // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – № 4 (9). – С. 82-86.

Место образовательных организаций в стратегии обеспечения экономической безопасности государства и бизнеса

О.Ф. Цуверкалова, А.В. Анцибор, Ж.С. Рогачева

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

В работе определена роль и значение современного вузовского образования в стратегии обеспечения экономической безопасности государства и бизнеса. Обозначены задачи вуза в рамках двух основных направлений развития – практико-ориентированной подготовки и технологический прорыв. Междисциплинарность определена как фактор экономической эффективности технологических стартапов. Приведен кейс реализации стратегии развития ВИТИ НИЯУ МИФИ.

Ключевые слова: экономическая безопасность, компетенции, soft-skills, взаимодействие, предприятия, экономическая эффективность, образовательная организация

Роль и значение современного вузовского образования в стратегии обеспечения экономической безопасности государства и бизнеса сложно переоценить. Формирование системы компетенций у будущего специалиста, отвечающей потребностям развития бизнеса в условиях жесткой конкуренции – задача сложная и требующая осуществления серьезных организационных изменений в образовательных организациях.

В рамках основного вектора социально-экономического развития государства высшее образование должно развиваться по двум важнейшим стратегическим направлениям: концентрация на практико-ориентированной подготовке и обеспечение технологического прорыва.

Первое направление – это практико-ориентированная подготовка кадров под конкретные требования предприятий-работодателей. В связи с этим недостаточно просто согласовывать компетентностные модели, рабочие учебные планы и т.п. Тесное взаимодействие с предприятиями-партнерами должно лечь в основу выработки такой стратегии обучения, которая позволит через 4-5 лет обучения сформировать у молодого специалиста навыки для обеспечения инновационного развития предприятия (навыки soft-skills, «надпрофессиональные» компетенции), а также даст возможность максимально быстро адаптироваться в профессиональной среде, сводя тем самым риски предприятия к минимуму. Эффективными инструментами здесь могут стать: корректировка дисциплин по выбору, практика на предприятиях, привлечение сотрудников предприятий к чтению курсов, ранняя профессиональная ориентация при обязательном участии предприятий, – в тех форматах, которые воспринимаются «поколением Z», наиболее адаптированным к современной технологической среде.

Второе направление развития образовательных организаций – это то, что было отмечено Президентом РФ на Российском Совете Ректоров – «растущий вклад высшей школы в науку, в создание новых технологий, в реализацию и обеспечение квалифицированными кадрами проектов самого разного уровня: от общенациональных до региональных и муниципальных» [1].

Сегодня перед вузами нового поколения (3.0) стоят задачи взаимодействия с новыми трендами: университетским (экономика знаний), технологическим (научный фронт), экономическим (коммерциализация инноваций) и социокультурным (интегратор в обществе). Одной из важнейших задач вуза является инициация новых научно-исследовательских проектов. Инструментами может служить создание научных групп, коллективов, в том числе на основе сетевого межвузовского взаимодействия, того же

сотрудничества с предприятиями для выполнения заказов на научно-исследовательские работы, подготовки дипломных проектов в формате бизнес-планов реальных и востребованных проектов, например, при со-руководстве выпускными квалификационными работами сотрудниками предприятий.

Экономической эффективности инновационных стартапов как потенциальных успешных высокотехнологичных компания будет способствовать их «выращивание» в вузах. Это позволит и корпоративному, и образовательному секторам наиболее полно отвечать на вызовы реальной экономики, оставаться конкурентоспособными в долгосрочной перспективе и создавать основу технологического прорыва российской экономики.

Одним их эффективных внутривузовских инструментов может стать развитие междисциплинарных и мультидисциплинарных форматов обучения и научно-исследовательской деятельности (рис. 1), поскольку они:

- больше связаны с проблемами реального мира, которые по своей сути также междисциплинарны и их решение не может укладываться в рамки одной учебной дисциплины;
- дают больше научных открытий, чем монодисциплинарные;
- позволяют сгладить некоторые проблемы «образовательной трубы»;
- развивают сетевое взаимодействие и академическую мобильность, позволяя преодолевать «туземность» науки.



Рисунок 1 – Области междисциплинарных и мультидисциплинарных исследований

Междисциплинарность лежит в основе проектного подхода. Действительно, любая идея требует обоснования не только с технической, но и с экономической точек зрения. Только тогда она заинтересует потенциального инвестора и может быть реализована. И только в совместной работе над проектом коллектив может достичь того необходимого согласия, о котором говорил Иван Бортник, советник генерального директора Фонда содействия инновациям: «Россияне знают все механизмы инновационного развития экономики, даже запустили их в действие, но необходимого темпа инновационного развития экономики нет и, похоже, не будет, так как между ними нет согласия»[2].

По словам экс-главы Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», С. Кириенко, отрасли требуется экономика технических решений. Поэтому одна из задач организации проектного подхода - дать инженерам понимание экономической составляющей их деятельности. Каждое рационализаторское предложение, конструкторская идея должны находить экономическое обоснование, приносить экономию или прибыль предприятию.

В качестве примера обеспечения реализации выбранного курса на инновационное развитие и эффективную практико-ориентированную подготовку приведем опыт Волгодонского инженерно-технического института – филиала Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (далее – ВИТИ НИЯУ МИФИ). Основным вектором развития ВИТИ НИЯУ МИФИ является выстраивание эффективных форм взаимодействия с другими структурными подразделениями НИЯУ МИФИ, со стратегическими академическими единицами как центрами фундаментальных и прикладных исследований. Перспективные направления развития вуза, призванные реагировать на внешние факторы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Перспективы развития ВИТИ НИЯУ МИФИ в рамках мультикампусного университета

Факторы	Планируемые мероприятия
Регионально-дивизиональная структура ГК «Росатом»	– Гибкая адаптация образовательных программ в соответствии с потребностями стейкхолдеров
Стратегия горизонтальной диверсификации формирования территориально-распределенной сети обучения ГК «Росатом»	– Участие мультикампусного университета в решении задач практико-ориентированной подготовки на профильных предприятиях зарубежных студентов и преподавателей вузов стран-партнеров ГК «Росатом»
Цифровизация образования и экономики	– Увеличение числа MOOC-курсов, размещаемых в единой распределенной базе данных – Создание «динамических блоков MOOC-курсов» (в соответствии с изменениями запросов конкретных предприятий) – Формирование кастомизированных образовательных модулей за счет кроссфункционального и кроссдисциплинарного взаимодействия субъектов мультикампусного университета
Развитие движения WorldSkills/AtomSkills	– Внедрение и развитие гибких образовательных технологий с использованием методик WorldSkills для сокращения адаптационного периода выпускников на предприятиях ГК «Росатом» – Формирование пула экспертов из числа преподавателей мультикампусного университета с целью распространения передовых образовательных технологий – Привлечение экспертов-работодателей к проведению общественно-профессиональной аккредитации основных образовательных программ
Усиление роли и повышения статуса вуза в социально-экономическом развитии территории	– Формирование комфортной образовательной среды для инновационной и креативной деятельности студентов с целью подготовки специалистов нового типа для атомной энергетики – Интеграция филиала в стратегию ГК «Росатом» по развитию «атомных городов» – Профорientационная работа с целью поэтапного формирования профессионального самоопределения – Участие в стратегическом развитии территории через взаимодействие с предприятиями-работодателями

Разработанные направления развития взаимодействия вуза с предприятиями станут основой эффективной подготовки специалистов, отвечающих требованиям экономической безопасности бизнеса и государства в современной нестабильной внешней среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стенографический отчет о пленарном заседании съезда Российского союза ректоров (выступление Путина В.). – [Электронный ресурс]. – URL : www.profcom.istu.ru/prof/files/30.04.2018_putin_na_sezde_rektorov.doc (дата обращения 24.05.2019)
2. Магомедбеков, Г.У. Разработка и применение инновационной прогнозной модели экономического развития региона [Электронный ресурс] / Г.У. Магомедбеков, М.М. Амирова, З.К. Пайзуллаева // Фундаментальные исследования. – 2016. – №1. – URL : <https://fundamental-research.ru/pdf/2016/11-5/41298.pdf> (дата обращения 24.0.2019).

Place of Educational Organizations in the Economic Security Field of the State and Business

O.F. Tsuverkalova¹, A.V. Antsibor², Z.S. Rogacheva³

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

Volgodonsk, Rostov region

¹*OFTsverkalova@mephi.ru*

²*AVAntsibor@mephi.ru*

³*ZSRogacheva@mephi.ru*

Abstract – The work defines the role and importance of modern university education in the strategy of providing the economic security of the state and business. The objectives of the university are designated within two main areas of development - practice-oriented training and technological breakthrough. Interdisciplinarity is defined as a factor in the economic efficiency of technological startups. A case study of the implementation of the VETI NRNU MEPhI development strategy is given.

Keywords: economic security, competences, soft-skills, interaction, enterprises, economic efficiency, educational organization.

УДК 621.039.58 : 008

Влияние культурных и национальных факторов на ядерную безопасность

Н.П. Дронишинец, Г.С. Зиновьев

Новоуральский технологический институт НИЯУ МИФИ, Новоуральск, Свердловская обл.

В работе анализируется влияние культурных и национальных факторов на ядерную безопасность на примере аварии на АЭС Фукусима и АЭС Онагава (Япония). Авторы пришли к выводу, что интерес к проблеме влияния культурных и национальных факторов на ядерную безопасность возрос после публикации доклада комиссии японского парламента по расследованию аварии на Фукусиме.

Ключевые слова: авария на АЭС, Фукусима, Онагава, культура ядерной безопасности

С развитием капитализма целый ряд ученых, политиков, практиков хозяйственной деятельности пытались осмыслить нравственные ценности, нормы, знания, национальную культуру, влияющие на ведение бизнеса. Первоначально развитие и функционирование ядерной промышленности не связывалось с этическими принципами ведения бизнеса. Авария на АЭС в Чернобыле, позднее на АЭС в Японии привлекли внимание к осмыслению влияния культурных и национальных факторов на ядерную безопасность. Практически девяносто процентов авторов, справедливо замечает В.А. Руденко, относят создание концепции культуры безопасности к 1986 г. (INSAG-1), хотя в первом номере журнала, издаваемого Международной консультативной группой по ядерной безопасности, впервые приводится только словосочетание культуры безопасности [1].

Авария на японской АЭС «Фукусима-дайити» побудила международное сообщество, занимающееся вопросами ядерной безопасности, вновь переосмыслить содержание и структуру культуры ядерной безопасности, оценить работу по воспитанию культуры ядерной безопасности, активно начавшуюся после аварии на Чернобыльской АЭС, что является одним из важнейших направлений деятельности по предотвращению и смягчению последствий ядерных аварий. Основную роль играет здесь МАГАТЭ. После аварии на АЭС «Фукусима-дайити» МАГАТЭ постоянно делилось уроками, извлеченными из инцидента, с ядерным сообществом. Проводила целый ряд совещаний международных экспертов по

безопасности реакторов и отработавшего топлива, по вопросам повышения прозрачности и эффективности обмена информацией в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации и защите от экстремальных землетрясений и цунами и другим вопросам, способствующим повышению культуры ядерной безопасности. МАГАТЭ опубликовала серии статей по физической ядерной безопасности, в которых рассматривается также влияние культурных и национальных факторов на ядерную безопасность [2].

Анализируя аварию на АЭС Фукусима, ряд исследователей отмечают, что некоторые уникальные национальные факторы повлияли, как положительно, так и отрицательно на культуру безопасности, которая доминирует в ядерной промышленности Японии [3]. Интерес к проблеме влияния культурных и национальных факторов на ядерную безопасность возрос после публикации доклада комиссии японского парламента по расследованию аварии на Фукусиме, которая пришла к выводу, что инцидент на АЭС явился результатом человеческой халатности, а не стихийного бедствия. Комиссия пришла к выводу, что ядерную аварию могли предотвратить. Если предыдущие расследования в качестве причин аварии на Фукусиме называли стихийное бедствие, то комиссия парламента впервые называет среди трех виновников аварии на АЭС и японскую культуру: японское рефлексивное послушание; японское нежелание подвергать сомнению власть, беспрекословное следование инструкциям; японский группизм и изолированность. Комиссия считает, что корни этой аварии не могут быть ликвидированы, доверие общества не будет восстановлено пока эта «техногенная катастрофа» рассматривается как результат ошибки отдельного человека. Фундаментальный вопрос – это вопрос о социальных структурах, которые «узурпировали власть», организационные, институциональные и правовые рамки, позволяющие людям оправдывать свои действия, скрывать их, когда неудобно, и не оставлять записи с целью избежать ответственности. Комиссия обнаружила невежество и высокомерие, непростительное как для отдельного человека, так и для организации, которая имеет дело с ядерной энергией. В ТЕРКО комиссия выявила игнорирование мировых тенденций и наплевательское отношение к общественной безопасности. Комиссия отметила приверженность работать на основе соблюдения обычных процедур и сложившейся практики, избегающей риска в организации. ТЕРКО управлялась на основе собственных приоритетов компании, а не общества. В рекомендациях комиссии отмечается, что ТЕРКО должна осуществить фундаментальные корпоративные изменения, в том числе укрепить систему управления, работать в направлении формирования организационной культуры, в которой важное место отводится безопасности, изменить свою позицию в отношении раскрытия информации и создать систему, где важное место отводится сайту компании [4].

Следовательно, в результате трагедии японскую АЭС Фукусима сейчас знает, вероятно, каждый человек на планете, но мало кому известна другая японская АЭС – Онагава. Не случайно в оглавлении некоторых научных публикаций, пытающиеся объяснить причины аварии с учетом национальных и культурных факторов, заключен вопрос: «Почему вы еще не слышали об АЭС Онагава после землетрясения и цунами 11 марта 2011 г.?» [5]. АЭС Онагава располагалась значительно ближе к эпицентру землетрясения, чем АЭС Фукусима. И нет ничего фантастического в том, что она фактически не пострадала. Тут как раз и сыграл роль человеческий фактор, который способствовал предвидению и предотвращению катастрофы, вопреки японской традиционной культуре. Это случилось, во-первых, благодаря настойчивости одного человека – Яносукэ Хираи. Он отвечал за защиту ядерного реактора от цунами. В 1970-е гг., когда шло строительство, Я. Хираи убедил руководство, поднять защитную дамбу на высоту 14,8 метра. Его коллеги настаивали на том, что 12-метровой дамбы вполне достаточно, и это соответствует японским нормативам, а увеличение дамбы слишком сильно удорожит проект. Настаивая, как тогда казалось, на чрезмерных мерах безопасности, Я. Хираи ставил под сомнение авторитет других специалистов, вопреки традициям японской культуры. Я. Хираи поднял исторические

документы и доказал, что в 869 году огромное цунами ударило в том месте, где предполагалось строительство АЭС Онагава. Кроме того, Я. Хирай настоял на строительстве уникальной системы охлаждения ядерной электростанции, которая обеспечивается водой даже тогда, когда после цунами вода далеко отойдет от АЭС. На Фукусиме, которая была построена в строгом соответствии нормативам, реакторы начали плавиться, в том числе и потому, что у них не было воды для охлаждения.

Вторым фактором, способствовавшим тому, что на АЭС Онагава не произошло трагедии, подобной Фукусиме, является высокая культура управления на АЭС Онагава. Т. Ватанабе, генеральный директор АЭС Онагава, отмечает, что сразу после начала события персонал немедленно собрался в аварийном центре на совещание. Хотя в некоторых частях здания АЭС произошел пожар и затопление, персонал достойно преодолел трудности. Благодаря регулярным тренировкам и обучению, отмечает Т. Ватанабе, мы справились с ситуацией должным образом и в короткие сроки [6].

Специалисты мирового сообщества, работающие в ядерной промышленности, внимательно анализируют динамику трансформаций культуры безопасности на АЭС Японии после мощного землетрясения и цунами, вызвавшего ядерный кризис в «Фукусима-дайити». Наблюдается медленный сдвиг в изменении культуры безопасности в ядерной промышленности Японии, говорит Д. Кляйн, бывший глава Комиссии по ядерному регулированию в 2006-2009 гг., а ныне возглавляющий комитет международных ядерных экспертов, помогающий переосмыслить культуру ядерной безопасности в компании ТЕРКО. Рядовые работники начинают осознавать, что их мнение представляют интерес для вышестоящих руководителей. «Можно наблюдать элементы становления культуры безопасности», но подчеркивает Д. Кляйн: «Хотелось бы видеть стремительный рост культуры ядерной безопасности, но она формируется по капельке. Её становление будет происходить на протяжении долгого, долгого времени» [7].

Таким образом, АЭС Онагава осталась не поврежденной, хотя подверглась такому же бедствию, как и Фукусима только благодаря различной корпоративной культуре ядерной безопасности на этих АЭС и отступлению от традиционных японских ценностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руденко, В.А. К истории понятия «культура безопасности» [Текст] / В.А. Руденко // Глобальная ядерная безопасность. – 2014. – № 3 (12). – С. 100–104.
2. International Atomic Energy Agency, Security during the Lifetime of a Nuclear Facility, IAEA Nuclear Security Series № 35-G. IAEA. Vienna. 2019.
3. Deetz S. Cultural and National Factors in Nuclear Safety. COMPENDIUM. Training Workshop on Leadership and Safety Culture for Senior Managers. URL: https://gnssn.iaea.org/NSNI/SC/WS_GSC/Literature%20Review%20on%20Cultural%20and%20National%20Factors%20in%20Nuclear%20Safety_Prof%20Stanley%20Deetz.pdf
4. Дронишинец, Н.П. Роль и влияние культурных и национальных факторов на ядерную безопасность [Текст] / Н.П. Дронишинец, Г.С. Зиновьев, Н.А. Носырев // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине: сб. тезисов докладов VII Международной научно-практической конференции. – Томск, 2015. – С. 267.
5. The National Diet of Japan. The official report of Executive summary. The Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission. P. 20-22. URL: http://www.nirs.org/fukushima/naiic_report.pdf.
6. Why You Haven't Heard About Onagawa Nuclear Power Station after the Earthquake and Tsunami of March 11. 2011. Nuclear Safety Culture in TEPCO and Tohoku Electric Power Company. URL: <http://www-bcf.usc.edu/~meshkati/Onagawa%20NPS-%20Final%2003-10-13.pdf>
7. Ватанабе, Т. Преодоление трудностей на АЭС Онагава: практический опыт организации – члена ВАО АЭС [Текст] / Т. Ватанабе. // Безопасность объектов ТЭК. – 2013. – № 1.
8. Fukushima anniversary: Safety culture 'trickling' into Japan 3 years after disaster. Greenwire: Tuesday, March 11. 2014. URL: http://www.eenews.net/special_reports/nuclear_crisis (дата обращения: 15.05.2019).

The Impact of Cultural and National Factors on Nuclear Safety

N.P. Dronishinets¹, G.S. Zinovyev²

*Novouralsk Technological Institute of the National Research Nuclear University MEPhI,
Novouralsk, Sverdlovsk region*

¹*dronishinets1@yandex.ru*

²*zgs_novour@mail.ru*

Abstract – The paper analyzes the impact of cultural and national factors on nuclear safety on the example of the Fukushima accident and Onagawa nuclear power plant (Japan). The authors came to the conclusion that the interest in the problem of the influence of cultural and national factors in nuclear safety has increased after the publication of the report of the Commission of the Japanese Parliament to investigate the accident at Fukushima.

Keywords: nuclear accident, Fukushima, Onagawa, nuclear safety culture.

УДК 78.4: 331.546: 621.039

Кластерный подход в обеспечении экономической безопасности территорий размещения атомных электростанций

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

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

Рассмотрены преимущества создания кластеров для развития территорий и обеспечения экономической безопасности субъектов, на ней расположенных. Определены основные критерии эффективности на примере Волгодонского промышленного кластера атомного машиностроения. Обозначена роль и значение образовательных организаций для развития кластера и намечены пути дальнейшего развития.

Ключевые слова: кластер, промышленные предприятия, экономическая безопасность, ГК «Росатом», стратегия развития, подготовка кадров.

Современная институциональная среда промышленных предприятий атомного энергетического машиностроения характеризуется сложностью и нестабильностью, т.к. формирует множество факторов, как способствующих их развитию, так и формирующих угрозы безопасности. Это обуславливает необходимость своевременной реакции на изменения, происходящие во внешней среде, и приспособления к ним. В то же время, промышленные предприятия сами оказывают воздействие на внешнюю среду, производя инновационные товары, применяя новые виды сырья и технологии, реализуя стратегии интеграции и диверсификации. Безусловно, это вызывает затруднения в разработке управленческих решений, не позволяет выработать единственно правильный и стабильный подход или алгоритм, требует постоянной динамики и гибкости во всем, включая долгосрочные стратегические планы.

Экономическую безопасность предприятия можно определить как состояние и тенденции его развития, определяемые сбалансированностью внутренних и внешних ресурсов и условий существования, позволяющей реализовывать потребности текущего и стратегического развития.

На современном этапе одним из эффективных механизмов экономического развития рыночных субъектов и обеспечения их безопасности является формирование кластеров. Несмотря на то, что понятие кластера и обоснование его значения появились в научной литературе достаточно давно (еще в конце XIX века в работах А. Маршалла), его практическое применение в российской практике активно началось только в несколько лет назад. Кластер – это сконцентрированная по географическому признаку группа взаимосвязанных компаний, специализированных поставщиков, поставщиков услуг, финансовых организаций, фирм в соответствующих отраслях, а также связанных с их деятельностью организаций [1].

Кластеризация сегодня становится одной из действенных форм регионального развития, ориентированного на устойчивость, конкурентоспособность за счет инновационности и, как следствие, безопасность развития всех экономических субъектов территории. В кластер могут быть включены малые и средние предприятия, научно-исследовательские структуры, крупные корпорации, образовательные организации, центры коммерциализации технологий, органы власти различного уровня, финансовые и консалтинговые компании и проч. Целью создания кластера является объединение всех видов ресурсов и формирования прозрачных социально-экономических отношений, основанных на высоком уровне доверия, для достижения большей экономической эффективности, доступа к новым рынкам и новым технологиям – синергетического эффекта.

Взаимодействие конкурирующих предприятий внутри кластера позволяет в сотрудничестве решать общие задачи – развитие инфраструктуры, получение льготного финансирования, подготовка высококвалифицированных кадров и прочее. Развитие территориальных кластеров должно быть ориентировано на решение конкретных проблем и территорий, и предприятий, на ней расположенных. Как отмечает Данилова О.В., «если в кластере сильны образование и наука, но есть определенные проблемы взаимоотношений с производством с точки зрения практического применения научных идей, ... должно предусматриваться создание и развитие инжиниринговых центров. Если сильно развито машиностроение, то главное – привязать к этим производственным мощностям активы, создающие научно-технические заделы, готовящие высококвалифицированные кадры» [2].

Достаточно интересным примером здесь может стать формирование промышленного кластера атомного машиностроения на территории г.Волгодонска. Территория города является уникальной – на ней расположены восемь предприятий четырех дивизионов Государственно корпорации по атомной энергии «Росатом» (далее – госкорпорация), а также предприятия малого и среднего бизнеса, производящие оборудования для энергетического машиностроения, для атомной и нефтегазохимической отраслей, не входящих в контур госкорпорации, но объединившихся в кластер (рис. 1).



Рисунок 1 – Предприятия дивизионов ГК «Росатом» и промышленного кластера, расположенные на территории г. Волгодонск

С целью консолидации на принципах государственно-частного партнерства производственного, научно-образовательного, инновационного, организационного

потенциала предприятий и организаций сферы атомного энергомашиностроения, в 2016 г. был создан Волгодонский промышленный кластер атомного машиностроения. Число участников кластера составляет 17 промышленных предприятий, в т.ч. две образовательные организации высшего образования и одна образовательная организация среднего профессионального образования. Приоритетные направления и проекты кластера до 2020 г. ориентированы на производство инновационного оборудования для атомной отрасли, на реализацию стратегии импортозамещения в сегменте производства осесимметричной арматуры газораспределительных трубопроводных систем, на создание и развитие инжинирингового центра, лаборатории разрушающего контроля и т.п.

Участие предприятий в кластере предполагает создание внутренней структуры взаимодействия для реализации целей, определения долей участия. Основными показателями участия в кластере являются:

– А – доля добавленной стоимости, создаваемой предприятием в общем объеме отгруженных предприятием товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами, %;

– Б – доля отгруженных предприятием товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами, используемых другими предприятиями-участниками кластера, в общем объеме отгруженных предприятием товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами, %;

– В – доля расходов предприятия на импортное сырье, материалы, покупные изделия, в общем объеме расходов на приобретение сырья, материалов, покупных полуфабрикатов и комплектующих изделий для производства и продажи продукции (товаров, работ, услуг), %;

– Г – объем добавленной стоимости, создаваемой предприятием, млн. руб.;

– Д – объем отгруженных предприятием товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами, млн. руб.;

– Е – сумма расходов предприятия на импортное сырье, материалы, покупные изделия, млн. руб.[3].

Основные критерии оценки эффективности функционирования кластера рассматриваются в динамике:

– коэффициент загрузки производственных мощностей;

– производительность труда тыс. руб./чел.;

– объем инвестиций, тыс. руб.;

– выручка от реализации, тыс. руб.;

– доля экспорта в общем объеме выпуска, % [4,5].

Коэффициент кооперирования участников Волгодонского промышленного кластера, рассчитываемый как отношение объема приобретенных предприятием товаров, работ и услуг, произведенных или выполненных силами других предприятий-участников промышленного кластера к объему отгруженных предприятием товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами, составляет 21,85.

В рамках политики рассматриваемого кластера предполагается соединение интересов всех экономических субъектов всех уровней за счет участия в региональных и федеральных программах развития. В соответствии с целями развития кластера синхронизируется деятельность образовательных и научных организаций-участников кластера. В соответствии с кадровыми потребностями предприятий осуществляется модернизация образовательных программ, включая программы переподготовки и повышения квалификации, оптимизируется численность набора, формируются требования к среднему баллу и к содержанию и структуре компетенций.

Современными формами взаимодействия ВИТИ НИЯУ МИФИ и промышленных предприятий территории г. Волгодонска, являющимися базой для создания и развития инжинирингового центра для атомной отрасли, являются:

- развитие совместной учебной инфраструктуры: базовая кафедра «Атомного энергетического машиностроения», базовая кафедра «Атомные электрические станции», Ресурсный центр ГК «Росатом»-НИЯУ МИФИ;

- организация стажировок профессорско-преподавательского состава ВИТИ НИЯУ МИФИ на промышленных предприятиях;

- осуществление подготовки сотрудников предприятий по специально разработанным программам повышения квалификации;

- целевая подготовка выпускников по востребованным специальностям и направлениям.

- проведение занятий на базе предприятий кластера и предприятий, входящих в контур госкорпорации;

- развитие дуальной системы обучения специалистов путем организации непрерывных практик на предприятии и трудоустройства на старших курсах

- отраслевой центр профессиональных компетенций по компетенции «Сварочные технологии», подготовка студентов для участия в чемпионатах WSR и в демонстрационном экзамене по данной компетенции

- создание сертифицированной лаборатории по компетенции «Электромонтаж» и подготовка студентов для участия в чемпионатах WSR и в демонстрационном экзамене по данной компетенции

- совместная разработка профессиональных стандартов, разработка и реализация содержания образовательных программ с учетом требований предприятия.

В силу известности многих предприятий кластера на национальном уровне, их высокого экспортного потенциала, статуса ВИТИ НИЯУ МИФИ как ведущего вуза области в сфере подготовки кадров для предприятий атомной отрасли, включая атомное энергомашиностроение, позволяет заключить, что взаимовыгодное сотрудничество всех участников кластера ляжет в основу обеспечения не только корпоративной экономической безопасности, но и станет эффективным инструментом преодоления угроз экономической безопасности государства:

- недостаточного объема инвестиций в реальный сектор экономики, обусловленного неблагоприятным инвестиционным климатом и проч.;

- слабости инновационной активности и отставания в области перспективных технологий;

- ограниченности масштабов российского несырьевого сектора;

- снижения качества и доступности образования, недостаточности трудовых ресурсов и роста конкуренции за высококвалифицированные кадры [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Портер, М.* Международная конкуренция. – Москва : Международные отношения, 1993. – С.560.
2. *Данилова, О.В.* Кластерная модель взаимодействия власти и бизнеса: специфика и возможности реализации в России / Глобальная экономика в XXI веке: диалектика конфронтации и солидарности. Сборник научных трудов / Под ред. д-ра экон.наук, проф. Сорокина Д.Е., д-ра экон.наук, доцента Альпидовской М.Л. – Краснодар, 2017. – С. 289.
3. Волгодонский промышленный кластер атомного машиностроения. Официальный сайт [Электронный ресурс] / URL : <http://www.vpkam.ru/files> (дата обращения 23.05.2019).
4. *Golovko M.V.* Influence of institutional transformations on the choice of mechanisms for ensuring economic development and security of nuclear power engineering enterprises. *Espacios*. 2018. Т. 39. № 31.

5. *Абашкин, В.Л.* Методические материалы по созданию промышленных кластеров / В.Л. Абашкин [и др.] // Минпромторг России, Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – Москва : НИУ ВШЭ, 2017. – С. 24-25.
6. Указ Президент Российской Федерации от 13.05.2017 № 208 «О стратегии экономической безопасности Российской Федерации». – [Электронный ресурс] / URL : http://www.gks.ru/free_doc/new_site/besopasn/ukaz-208.pdf (дата обращения 20.05.2019).

Cluster Approach in Ensuring the Economic Security of Nuclear Power Plant Territories

V.A.Rudenko¹, I.A. Ukhulina, N.A. Efimenko², S.P. Agapova³

Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University “MEPhI”,

Volgodonsk, Rostov region

¹*VARudenko@mephi.ru*

²*NAEfimenko@mephi.ru*

³*svetlana-1164@mail.ru*

Abstract – The paper discusses the advantages of creating clusters for the territory development and ensuring the economic security of the subjects located on it. The basic efficiency criteria are determined on the example of the Volgodonsk industrial cluster of nuclear engineering. The role and importance of educational organizations for the cluster development and ways for further development are outlined.

Keywords: cluster, industrial enterprises, economic security, Rosatom State Corporation., development strategy, training.

УДК 004.94

Формирование профессиональных компетенций на основе применения интерактивных учебных систем

Симакова Н.А.

Волгодонский инженерно-технический институт Филиал Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ", Волгодонск, Ростовская обл.

sinnataalex@gmail.com

В работе представлены разработанные интерактивные учебные системы, предназначенные для обучения студентов технических направлений и специальностей по дисциплинам, связанных с измерениями. Каждая система оснащена инсталляционным дистрибутивом для его установки на любом современном компьютере и методическими указаниями для выполнения работ в ней.

Ключевые слова: интерактивная учебная система, лабораторная работа.

В настоящее время информационные технологии обучения позволяют повысить эффективность практических и лабораторных занятий не менее, чем на 30%, а объективность контроля знаний студентов – на 20-25% [1].

Формы применения информационных технологий в обучении зависят от специфики конкретной дисциплины, а также от уровня технической и программной поддержки курса. В процессе изучения таких дисциплин, как «Метрология, стандартизация и сертификация», «Технические измерения и приборы», «Теория автоматического управления» и др. для студентов технических направлений хорошо зарекомендовали себя интерактивные учебные системы. Под интерактивными учебными системами мы понимаем комплекс программ, а также набор документации по их использованию, позволяющие проводить эксперименты на разработанной математической модели.

Лабораторные работы в данных системах могут выполняться студентами как в учебной лаборатории в рамках традиционного учебного процесса, так и на собственном компьютере во время самостоятельной работы дома. Перед использованием систему необходимо установить на компьютер пользователя. Для запуска необходим дистрибутив, с помощью которого можно запускать скомпилированные исполняемые приложения LabView [2].

Сочетание виртуальной и реальной действительности заставляет студентов широко применять справочную и научную литературу, приучает самостоятельно мыслить и принимать решения, стимулирует к самообразованию и позволяет раскрыть их творческие возможности.

Таким образом, использование созданных интерактивных учебных систем при изучении профессиональных дисциплин обеспечивает повышение качества и эффективности формирования профессиональных компетенций у студентов, позволяет в полной мере реализовать требования образовательных стандартов 3 поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сохатюк, Ю.В.* Использование виртуальных лабораторий – фактор повышения качества и эффективности формирования профессиональных компетенций у студентов [Текст] / Ю.В. Сохатюк // Педагогика: традиции и инновации: материалы междунар. науч. конф. (г. Челябинск, октябрь 2011 г.). Т. 2. – Челябинск : Два комсомольца, 2011. – С. 146-150.
2. *Батоврин, В.К.* LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий [Текст] / В.К. Батоврин, А.С. Бессонов, В.В. Мошкин, В.Ф. Папуловский. Под ред. В. К. Батоврина. – Москва : ДМК Пресс, 2009. – 224 с.

Formation of Professional Competencies Based on the Use of Interactive Training Systems **Simakova N.A.**

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI",
Volgodonsk, Rostov region
simnataalex@gmail.com*

Abstract – The paper presents the developed interactive learning systems designed to train technical students and specialties in the disciplines related to measurement. Each system is equipped with an installation distribution kit for installing it on any modern computer and methodological guidelines for performing work in it.

Keywords: interactive learning system, laboratory work.

УДК 621.039 : 351.862.6

Культура экономической безопасности как основной принцип разработки корпоративной политики противодействия теневым транзакциям (на примере предприятий ГК «Росатом»)

М.В. Головки*, В.А. Плотников**

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

***Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург*

В работе рассмотрена культура экономической безопасности как одно из условий обеспечения экономической безопасности в целом. Высокий уровень культуры и корпоративных ценностей является основой для преодоления теневых транзакций на корпоративном уровне. Предложены

инструменты контроля экономической безопасности на предприятии. Определена роль образовательных организаций в формировании человеческого потенциала предприятий и подготовки специалистов, отвечающих требованиям высокого уровня экономической культуры.

Ключевые слова: культура экономической безопасности, теневые трансакции, экономическая безопасность, комплаенс-контроль, компетенции, ГК «Росатом»

Проблемы преодоления роста масштабов теневого сектора российской экономики не теряют своей актуальности. Исследования феномена теневой экономики [1, 2, 3, 4], детерминантов ее возникновения и развития в разные периоды развития [5] и при разных типах экономической системы, способов оценки масштабов [6], сформировали достаточно объемную теоретико-методологическую основу. Однако по-прежнему остро стоит вопрос о выборе эффективных инструментов противодействия теневым трансакциям, их дифференциации в зависимости от формы теневых отношений и детерминантов их возникновения.

Согласно классификации, предложенной в [7], теневая экономика может проявляться в двух формах – рентоориентированной и компенсационной. В рамках данной статьи рассмотрим первую, представляющую собой деятельность экономических субъектов, ориентированную на максимизацию выгоды с использованием инструментов нарушения законодательства, включая коррупционный сговор, а также «рентоискательство» инсайдеров, стремящихся использовать должностные полномочия для установления контроля над корпоративными ресурсами в целях получения личной выгоды.

Можно сформулировать ряд базовых условий, необходимых для обеспечения экономической безопасности:

- развитие и распространение инновационных технологий как фактора обеспечения конкурентоспособности экономики, способствующей стабильности и отсутствию критической зависимости внутреннего рынка от импорта;
- создание институциональной среды с параметрами, позволяющими повысить эффективность и минимизировать риски экономического развития;
- разработка и постоянное совершенствование способов и инструментов управления повышением экономической эффективности деятельности хозяйствующих субъектов на основе транспарентности;
- формирование механизмов минимизации рисков, связанных с недобросовестным поведением хозяйствующих субъектов – участников транзакций.

Последние два условия базируются на принципе культуры экономической безопасности, предполагающего высокий уровень развития корпоративных ценностей, недопускающих нарушений внутреннего порядка, достижения единства частных и корпоративных целей, максимальной транспарентности внутренних процессов, взаимной поддержки и самоконтроля. Ценности, нормы, представления, характеризующие культуру экономической безопасности, отражают усвоенные персоналом методы и практики выполнения своих профессиональных задач и обязанностей с учетом вопросов экономической эффективности и ресурсосбережения.

Культура экономической безопасности определяется:

- каким образом и насколько эффективно выявляются факторы, способствующие возникновению угроз и рисков;
- насколько эффективно реализуются задачи надзора, аудита, мониторинга и оценки хозяйственных процессов в целях обеспечения как внутрикорпоративной экономической безопасности, так и безопасности контрагентов, включая государство
- насколько своевременно принимаются меры по недопущению или минимизации риска, коррекции выявленных недочетов и отклонений и т.п.

Поскольку носителем культурных ценностей является человек, то формирование и развитие корпоративного человеческого капитала становится залогом эффективности и безопасности развития экономических субъектов. Особую ценность приобретают высококвалифицированные специалисты, креативно настроенные, готовые к научным изысканиям, способные применять полученные знания на практике, транслировать опыт молодым специалистам, фиксировать результаты своих исследований в различных формах научных публикаций, получать патенты и т.п. Постоянное развитие персонала, обучение и мотивация будут способствовать повышению комплаенс-дисциплины, т.к. низкий уровень образования, согласно результатам социологических опросов, является наиболее значимым фактором детерминации угроз экономической безопасности в российском обществе (табл.1).

Таблица 1 – Какие факторы детерминируют угрозы безопасности в российском обществе? (проранжированы от 1 до 12, где 1 – самый важный), выборка по областям составлена по [8]

Субъект РФ	Ранг фактора «низкое качество образования»
Ростовская область	1
Тамбовская область	1
Челябинская область	1
Республика Коми	2
Дагестан	2
Ярославская область	3
Краснодарский край	4
Красноярский край	4
Приморский край	4
Москва	4
Республика Крым	5
Астраханская область	7
Башкортостан	7
Чеченская республика	8
Курганская область	9
Саратовская область	9
Белгородская область	10

Как видно из таблицы 1, проблема низкого уровня образования достаточно серьезно влияет на безопасность, т.к. более половины респондентов отметили ее как важную. В новой редакции стратегии экономической безопасности Российской Федерации, принятой Указом Президента РФ № 208 от 13 мая 2017 г. предусмотрено развитие человеческого потенциала, как одного из направлений обеспечения экономической безопасности, основными задачами которого являются:

- совершенствование системы общего и профессионального образования на основе современных научных и технологических достижений;
- развитие системы непрерывного образования, в том числе с использованием механизмов государственно-частного партнерства;
- развитие национальной системы квалификаций, совершенствование квалификационных требований к работникам, информирование граждан о востребованных и новых профессиях;
- профессиональная ориентация граждан;
- снижение уровня бедности и имущественного неравенства населения;
- содействие эффективной занятости населения и мобильности трудовых ресурсов;
- совершенствование механизмов обеспечения экологической безопасности и сохранения благоприятной окружающей среды.

Решение указанных задач должно начинаться в образовательных организациях, готовящих специалистов по заданным работодателями компетенциям. В структуру

компетентностной модели должны быть органично вплетены ценности, формирующие высокий уровень этики и культуры профессиональной деятельности, частным проявлением которой является культура экономической безопасности.

Положительным примером может стать опыт ГК «Росатом» и опорных вузов, обеспечивающих подготовку кадров для отрасли. Высокие темпы модернизации и инновационного развития отечественной атомной энергетики определяют рост объемов финансирования, в том числе, бюджетного, и, следовательно, усложнения процессов мониторинга и контроля их целевого использования. Проблемы обеспечения экономической безопасности хозяйствующих субъектов, функционирующих в сфере атомной энергетики, заслуживают повышенного внимания, поскольку результаты их деятельности не только существенным образом влияют на темпы экономического развития государства, но и ставят в зависимость общественную безопасность. В этих условиях нарушение установленных правил становится крайне опасным и требует повышенного внимания и контроля и со стороны государства (внешний контроль), и со стороны самого предприятия, его менеджмента и наемных работников (самоконтроль, самоограничение, внутренний контроль). За обеспечение безопасности надо платить, а за ее отсутствие – расплачиваться.

К этапам развития культуры экономической безопасности в госкорпорации можно отнести:

- 1) запуск в 2008 г. отраслевого проекта «Производственная система «Росатом» (ПСР);
- 2) создание Системы внутреннего контроля и аудита (СВКиА) и Совета по повышению прозрачности деятельности Госкорпорации «Росатом»;
- 3) разработка в 2013 году плана мероприятий по развитию комплаенс-функции в атомной отрасли;
- 4) разработка и утверждение в 2014 г. системы единых корпоративных ценностей[9].

Указанные мероприятия в рамках каждого из этапов ориентированы на сотрудников организации и их эффективность во многом будет зависеть от того, с каким уровнем культуры они приходят трудоустроиваться после окончания вуза. В рамках вузов можно выделить следующие инструменты формирования высокого уровня культуры экономической безопасности:

- включение в качестве специальной дисциплины в учебные планы при подготовке и переподготовке специалистов;
- мероприятия, направленные на повышение экономико-правовой грамотности студентов;
- акцент на отраслевую специфику при оценке экономической эффективности, определения ее пределов в условиях повышенной опасности;
- проведение тренингов по формированию благоприятной психологической атмосферы в коллективах (на приверженность миссии, восприятие корпоративных ценностей, стрессоустойчивость), а также профессиональной направленности (на выявление конфликта интересов на различных участках работы, на знание алгоритма подачи жалоб на должностных лиц государственных и муниципальных органов власти, моделирование типовых ситуаций и т.п.);
- проведение научных и научно-практических мероприятий для обсуждения остроактуальных вопросов обеспечения безопасности во всех ее проявлениях, с широким освещением в прессе и привлечением представителей общественности, власти и бизнеса.

В результате проводимых мероприятий у выпускников будут сформированы компетенции, которые лягут в основу обеспечения безопасности объектов атомной энергетики не только в России, но и за рубежом, при поставках «мягкой инфраструктуры» на строящиеся атомные станции в рамках экспортоориентированной стратегии госкорпорации. «Экспорт» корпоративных ценностей ГК «Росатом» будет способствовать не только

обеспечению физической безопасности и сохранности объектов атомной энергетик, но и экономической эффективности их функционирования [7,10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Клямкин, И.М.* Теневой образ жизни. Социологический портрет постсоветского общества [Текст] / И.М. Клямкин, Л.М. Тимофеев // Полис. – 2000. – № 5. – С. 126.
2. *Латов, Ю.В.* Теневая экономика в контексте экономической безопасности [Текст] / Ю.В. Латов // Экономический вестник РГУ. – 2007. – Т. 5. – №1. – С. 16-28.
3. *Исправников, О.* Теневая экономика в России: иной путь и третья сила [Текст] / О. Исправников, В. Куликов // Российский экономический журнал. Фонд за экономическую грамотность, 1997. – С. 16-20.
4. *Радаев, В.* Неформальная экономика и внеконтрактные отношения в российском бизнесе. Подходы к исследованию неформальной экономики [Текст] / В. Радаев // Неформальная экономика. Россия и мир. Под ред. Т. Шанина. – Москва : Логос, 1999. – 560 с.
5. *Э. де Сото.* Иной путь. Невидима революция в третьем мире. [Текст] / Э. де Сото. – Москва : Catallaxy, 1995. – С. 12.
6. *Бокун, Н.* Проблемы статистической оценки теневой экономики [Текст] / Н. Бокун, И. Кулибаба // Вопросы статистики. – 1997. – № 7. – С. 11-19.
7. *Буров, В.* Определение масштабов теневой экономики [Электронный ресурс] / В. Буров // Вестник-Экономист ЗабГУ. – 2012. – № 4. – URL: <http://vseup.ru/journal/year/2012/number/4> (дата обращения 11.06.2015).
8. *Головко, М.В.* Развитие культуры экономической безопасности как инструмент борьбы с рентоориентированной теневой экономикой [Текст] / М.В. Головко // Современность: хозяйственные алгоритмы и практики: монография под ред. Ю.М.Осипова, В.Ю. Стримова, Е.С. Зотовой. – Москва, Тамбов : Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2016. – С. 407-411.
9. Проблемы национальной безопасности: региональный уровень. Информационно-аналитические материалы Круглого стола с международным участием в рамках научно-практической конференции "Великая отечественная война в исторической памяти поколений". Ростов-на-Дону, 23-24 октября 2015 г. – Ростов-на-Дону: ЮРИУ РАНХиГС, 2015. – 272 с.
10. Составлено по материалам публичных отчетов ГК "Росатом" за 2008-2014гг. [Электронный ресурс] / URL : www.rosatom.ru/resources/0940a3004a03de62b0dff9e03862a3e4/anrep_rosatom_2014_public.pdf (дата обращения: 10.05.2019).
11. *Головко, М.В.* Корпоративные ценности в системе устойчивого развития и безопасности экономики промышленных предприятий (на примере ГК «Росатом») [Текст] / М.В. Головко, В.А Руденко // Глобальная ядерная безопасность. – 2015. – № 4 (17). – С. 103-114.

Economic Security Culture as the Basic Principle of Developing a Corporate Policy for Countering Shadow Transactions (on the Example of Rosatom Enterprises)

M.V. Golovko *, V.A. Plotnikov **

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

*** St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg
MVGolovko@mephi.ru*

Abstract – The paper considers the culture of economic security as one of the conditions for ensuring economic security in general. A high level of culture and corporate values is the basis for overcoming shadow transactions at the corporate level. The tools for monitoring economic security in the enterprise are proposed. The role of educational organizations in the formation of the human potential of enterprises and the training of specialists who meet the requirements of a high level of economic culture is defined.

Keywords: economic security culture, shadow transactions, economic security, compliance control, competence, Rosatom State Corporation.

Разработка кастомизированных учебных курсов для магистрантов как условие формирования конкурентоспособных кадров для атомной отрасли

И.В. Судиловская^{*}, М.В. Головки^{*}

^{}Группа компаний «Промойл», Пермь*

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

В работе определены основные тенденции развития экономики и связанные с ними изменения требований промышленных предприятий к компетенциям будущих специалистов. Рассмотрены возможности формирования метакомпетенций, soft-skills у магистрантов, как потенциальных генераторов новых идей на предприятиях. В основе инновационного компонента курса лежит кастомизация курса и курирование контента. Использование информационных технологий не только сделает учебный материал более доступным для слушателей, но и позволит работодателям принимать активное участие в его формировании и своевременной модернизации.

Ключевые слова: soft-skills, кастомизированный курс, магистратура, Фонд В.Потанина, компетенции, атомная отрасль

Мейнстримом экономики будущего является ускорение и изменение. В современном турбулентном мире постоянно сокращается число фиксированных профессий и все большее значение приобретают ситуативные роли, которые человек станет занимать в процессе реализации коллективных и индивидуальных целей.

Современные предприятия, входящие в контур Госкорпорации по атомной энергии «Росатом», ориентированы на технологическое лидерство и рост конкурентоспособности за счет новых продуктов и услуг. В связи с этим они испытывают острую потребность в молодых специалистах, подготовленных к работе в условиях быстро меняющегося технологического уклада. В образовательном сообществе набирает популярность новый список грамотностей, называемый «4К»: коммуникация, креативность, критическое мышление и командная работа. При этом особое значение приобретают soft-skills – навыки междисциплинарного, системного характера.

Сохраняется разобщенность траекторий развития реального сектора экономики и образовательных организаций. Это приводит, во-первых, к несоответствию спроса и предложения на рынке труда. Во-вторых, к неактуальности НИР вуза для бизнеса, что увеличивает инновационный лаг и затрудняет коммерциализацию. Эффективным инструментом устранения указанных противоречий может стать разработка корпоративных магистерских программ. Это позволит приблизить вузовскую науку к экономике и получить актуальные исследовательские ориентиры, а также работать «на опережение» в сфере подготовки специалистов «soft-skills», адаптированных к работе в условиях быстро меняющегося технологического уклада. Корпоративные магистерские программы - это новый интерфейс работы технологического бизнеса с университетами.

Развитие и укрепление традиционных форматов взаимодействия университетов с технологическим бизнесом должно идти в направлении выстраивания согласованных и взаимосвязанных стратегий, ориентированных на постоянную адаптацию к меняющимся условиям и в сфере экономики, и в сфере образования. Интерес для бенчмаркинга могут представлять практики ВИТИ НИЯУ МИФИ: программа развития и образовательные программы вуза согласованы и проходят обязательную экспертизу основными предприятиями-работодателями, функционирует ресурсный центр «ГК «Росатом» – НИЯУ МИФИ», центр профессиональных компетенций при крупном промышленном партнере - Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г.Волгодонск, научно-исследовательский

институт проблем атомного энергомашиностроения, МНПК «Безопасность ядерной энергетики» (глубина архива – 15 лет), журнал «Глобальная ядерная безопасность», индексируемый в международных репозиториях. Ежегодно студенты принимают участие в конкурсах инновационных проектов, инициируемых, в т.ч. промышленными предприятиями (ТеМП, «Зеленый квадрат», У.М.Н.И.К. и пр.) [1,2,3].

Указанные преимущества позволили команде профессионалов из ВИТИ НИЯУ МИФИ войти в число победителей конкурса на получение гранта для преподавателей магистратуры, организованного Благотворительным фондом В.Потанина, на разработку учебного курса с инновационным компонентом [4]. Как известно, эффективность инноваций - в хороших традициях. Предлагаемый новый учебный курс для магистратуры основан на корпоративном практико-ориентированном подходе к разработке и реализации, а также на использовании омниканального формата для адаптивности взаимодействия студентов и преподавателя в условиях информационной экономики. Основой успеха реализации учебного курса является тесное взаимодействие с промышленными предприятиями с целью выявления изменений в требованиях к компетенциям молодых специалистов и их своевременного отражения в образовательных программах, с целью интеграции актуальных производственных задач в программы практических занятий. Это позволит предприятиям получить специалиста, более адаптированного к производственной специфике и требующего меньше времени на коучинг, совершающего меньше ошибок (что влияет на экономическую эффективность, в том числе).

Предлагаемый проект ориентирован на создание нового кастомизированного курса «Экономика и управление высокотехнологичными инновационными проектами» для магистрантов, интегрирующего содержательную часть трех дисциплин «Управление инновациями», «Управление проектами» и «Маркетинг и менеджмент машиностроительного предприятия». Цель – формирование у магистрантов метакомпетенций, позволяющих стать востребованными специалистами, способными эффективно решать задачи развития реального сектора экономики на основе наукоемких технологий. Отраслевая специфика курса достигается активным участием предприятий ГК Росатом (машиностроительный и электроэнергетический дивизионы), а также машиностроительного кластера.

Студент приобретает компетенции формата «softskills», позволяющие ему разрабатывать стартапы в сфере высоких технологий, оценивать не только техническую новизну предлагаемых проектов, но и экономическую эффективность и востребованность на рынке; использовать информационные технологии при разработке стартапов; презентовать идею различным группам стейкхолдеров.

Особенностью курса являются новые методики преподавания и способы взаимодействия преподавателя со студентом, благодаря которым обеспечивается высокой уровень его самоорганизации и саморазвития. Сегодня преподаватель становится «маркетологом» дисциплины, «коучером» – убеждает студента в том, что ее изучение необходимо (обозначить формируемые soft-skills и где они применимы) и предоставляет возможность удобного формата взаимодействия с ним, как с тренером. Результаты практических занятий носят прикладной характер, поскольку предполагают анализ реальных ситуаций, а принятые управленческие решения оцениваются работодателями. Предлагаемый омниканальный формат обучения соответствует ритму современной жизни и задействует способы и средства коммуникации, наиболее адаптивные в молодежной среде.

В основе предлагаемого курса лежит курирование контента – комплексный подход к управлению образовательным решением.

Для каждого набора студентов проводится кастомизация курса – его адаптация к актуальным потребностям и особенностям магистрантов.

Используются методики:

– омниканального обучения (вебинары, видео-конференции, эл.почта, мессенджеры);

- перевернутого класса;
- кастомизированные бизнес-симуляции, деловые игры и кейсы в рамках интересов наиболее востребованных для трудоустройства предприятий атомной отрасли.

Результаты, достигнутые разработчиками на данный момент, следующие:

- разработан курс лекций;
- по материалам, предоставленным предприятиями-партнерами, модернизируются сценарии практических занятий;

- ведется размещение материалов на портале дистанционного образования НИЯУ МИФИ (portal.mephi.ru/viti), позволяющего размещать учебные материалы и вести работу со студентами в режиме удаленного доступа;

- создана страница курса в социальной сети Facebook, на которой будет организован форум для обсуждения вопросов курса.

Разрабатываемый курс ориентирован на формирование у магистрантов следующих компетенций:

- способность применять адаптивные подходы к управлению на всех этапах жизненного цикла инновационного проекта с использованием методов математического и системного анализа;

- способность к практическому использованию инструментария поддержки принятия решений на этапах жизненного цикла искусственных систем;

- способность выбирать методы исследования и анализа проблемных ситуаций, разрабатывать алгоритмы решения задач по разработке, внедрению и управлению сложными системами в различных отраслях;

- способность обеспечивать эффективное управление программами освоения новой продукции, проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий;

- способность разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности на предприятии, оценивать затраты и технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, инновационные и технологические риски при внедрении новых технологий, координировать работу персонала при комплексном решении инновационных проблем на предприятиях.

В результате формирования указанных компетенций будет подготовлен новый класс специалистов, способных эффективно решать проблемы менеджмента в высокотехнологичных и наукоемких отраслях техники и технологий, в том числе на предприятиях атомной отрасли, обладающих значительным инновационным потенциалом и ориентированных на экспорт технологий, знаний и образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт ВИТИ НИЯУ МИФИ [Электронный ресурс] / URL : <http://www.viti-mephi.ru> (дата обращения: 10.03.19).
2. Официальный сайт научно-практического журнала «Глобальная ядерная безопасность» [Электронный ресурс] / URL : <http://gns.mephi.ru/ru> (дата обращения: 23.02.19).
3. Официальный сайт ежегодной международной научно-практической конференции «Безопасность ядерной энергетики» [Электронный ресурс] / URL : <http://nps.viti-mephi.ru> (дата обращения: 17.01.19).
4. Благотворительный фонда В.Потанина. Студенческие стипендии и преподавательские гранты 2017/2018 [Электронный ресурс] / URL : <http://www.fondpotanin.ru/novosti/2018-03-16/38630163> (дата обращения: 12.03.19).

Development of Customized Training Courses for Undergraduates as a Condition of Competitive Personnel Formation for the Nuclear Industry

I.V. Sudilovskay, M.V. Golovko

*"Promoil" group of companies, Perm
Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI",
Volgodonsk, Rostov region
MVGolovko@mephi.ru*

Abstract – The paper identifies the main trends in the development of the economy and the associated changes in the requirements of industrial enterprises to the competencies of future specialists. The possibilities of forming metacompetencies, soft-skills of undergraduates as potential generators of new ideas in enterprises are considered. The basis of the innovative component of the course is its customization and content curation. The use of information technologies will not only make educational material more accessible to students, but also allow employers to take an active part in its formation and timely modernization.

Keywords: soft-skills, customized course, magistracy, V.Potinin Foundation, competencies, nuclear industry.

УДК 378.4 : 373.5.014 : 621.039

Роль обеспечивающих кафедр в формировании ценностей ГК «Росатом» в ходе ранней профессиональной ориентации школьников

Н.В. Ермолаева, Н.И. Лобковская

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

В работе утверждается важная роль обеспечивающих кафедр технического вуза в формировании ценностей ГК «Росатом» в процессе ранней профессиональной ориентации школьников.

Ключевые слова: обеспечивающие кафедры, ценности ГК «Росатом», ранняя профессиональная ориентация школьников.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» входит в число опорных вузов ГК «Росатом» и осуществляет всестороннюю подготовку высококвалифицированных кадров для атомной отрасли. На уровне филиалов такая работа начинается задолго до университетских занятий [1], например, в Волгодонском инженерно-техническом институте – филиале Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (далее – ВИТИ НИЯУ МИФИ) – с ранней профориентации, направленной на формирование у школьников устойчивого интереса к инженерной деятельности, повышение уровня профильной подготовки, формирование ценностей научно ориентированного социально ответственного субъекта. Фундаментом этого направления стали единые корпоративные ценности, утвержденные протоколом Стратегического совета №1-СС/3-Пр от 03.07.2014 (рис. 1) [2]. По этим ценностям с 2015 г. все сотрудники Росатома проходят ежегодную оценку «РЕКОРД» (соответствие корпоративным ценностям учитывается при приеме на и принятии кадровых решений. Базовые ценности, сформулированные ГК «Росатом» в 2014 г., направлены на развитие профессионального целеполагания [3] и транслируются студентам как в рамках специальных дисциплин, так и преподавателями обеспечивающих кафедр (рис. 2) при организационном содействии Центра карьеры ВИТИ НИЯУ МИФИ.

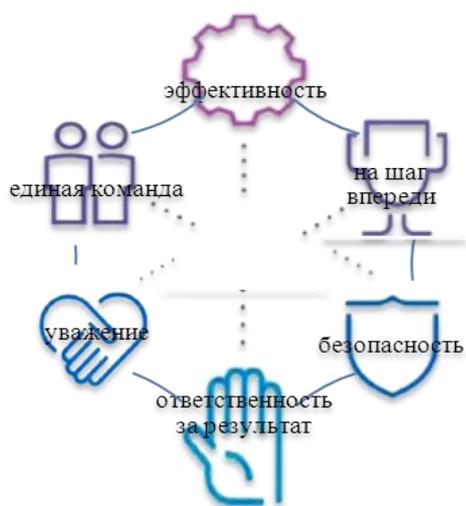


Рисунок 1 – Ценности Росатома



Рисунок 2 – Обеспечивающие кафедры ВИТИ НИЯУ МИФИ

На обеспечивающих кафедрах ВИТИ НИЯУ МИФИ созданы необходимые условия не только для качественной подготовки специалистов в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов, но и для прогрессивной профориентационной работы с целью формирования ценностей ГК «Росатом» у старшеклассников и младших школьников (табл. 1). Уровень обеспечения техническими и программными средствами позволяет им разрабатывать опережающие профориентационные проекты, а глубокая вовлеченность в работу со школьниками предполагает реализацию этих проектов на практике с дальнейшей оптимизацией по результатам раннего профориентационного процесса.

Таблица 1 – Направления работы обеспечивающих кафедр ВИТИ НИЯУ МИФИ в ранней профессиональной ориентации школьников в соответствии с Ценностями Росатома

Физика	Математика	Экономика и социально-гуманитарные дисциплины	Иностранные языки	Физическая культура
ЭФФЕКТИВНОСТЬ <i>Мы всегда находим наилучшие варианты решения задач. Мы эффективны во всем, что делаем – при выполнении поставленных целей максимально рационально используем имеющиеся ресурсы и постоянно совершенствуем рабочие процессы. Нет препятствий для нахождения самых эффективных решений [4]</i>				
Физический марафон для школьников города и региона, а также команд из городов атомщиков; кружок «Робототехника» для студентов и школьников	Основы математического моделирования для школьников	Адаптированные деловые игровые тренинги – «Построй АЭС» и «Атомный менеджмент» для развития эффективного управления временем, ресурсами и финансовыми потоками	Коммуникативно-ориентированный квест (профессионально направленное изучение школьниками языка)	Физкультурный марафон с привлечением школьников города: пропаганда здорового образа жизни, формирование физической культуры школьника как неотъемлемого компонента всесторонне развитой личности
НА ШАГ ВПЕРЕДИ <i>Мы стремимся быть лидером. Мы всегда на шаг вперед в технологиях, знаниях и качествах наших сотрудников. Мы предвидим, что будет завтра, и готовы к этому сегодня. Мы постоянно развиваемся и учимся. Каждый день мы стараемся работать лучше, чем вчера [4]</i>				
Формирование траектории движения	Формирование траектории движения	Формирование траектории движения	Формирование траектории	Формирование траектории

школьников к повышению уровня физических знаний по маршруту: «Школа – Физико – техническая школа – Институт – Производство»	школьников к повышению уровня математических знаний по маршруту: «Популярная математика – Математическое моделирование поддержки принятия решений в условиях неполной/нечеткой информации – Прикладные математические процессы в атомном машиностроении»	школьников к повышению уровня экономической грамотности и общекультурных знаний на маршруте: «Совместные школьные уроки по обществознанию – Деловые экономические игры и кросскультурные тренинги»	движения школьников к повышению языкового уровня по маршруту: «Игровое языковое моделирование – Эффективная профессиональная языковая коммуникация»	движения школьников к повышению уровня знаний по физической культуре на маршруте: «В здоровом теле – Здоровый дух!»
БЕЗОПАСНОСТЬ				
<i>Безопасность людей и окружающей среды – наивысший приоритет. В безопасности нет мелочей – мы знаем правила безопасности и выполняем их, пресекая нарушения [4]</i>				
Формирование культуры безопасности школьников города и региона в рамках проведения мероприятий по физике	Формирование культуры безопасности в процессе знакомства школьников города и региона с математическим моделированием в атомной отрасли	Формирование культуры безопасности школьников города и региона в рамках активного просветительского сотрудничества с ведущими «атомными» предприятиями г. Волгодонска	Формирование культуры безопасности в процессе освоения школьниками навыков языковой коммуникации	Формирование культуры безопасности школьников в ходе спортивных мероприятий и командных игр по правилам
ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА РЕЗУЛЬТАТ				
<i>Каждый из нас несет личную ответственность за результат своей работы и качество своего труда перед обществом. В работе мы предъявляем к себе самые высокие требования. Оцениваются не затраченные усилия, а достигнутый результат. Успешный результат – основа для наших новых достижений [4]</i>				
Летняя научно-техническая школа «Юные атомщики»: – выявление и поддержка технически одаренных школьников; – повышение интереса к изобретательской и исследовательской деятельности на основе формирования элементарных исследовательских и научно-технических навыков	Летняя научно-техническая школа «Юные атомщики»: – развитие логического мышления; – проведение интеллектуальных конкурсов и математических соревнований; –	Летняя научно-техническая школа «Юные атомщики»: – деловая игра по межкультурной коммуникации «Вокруг света»; – тренинг по созданию интеллект-карты «Моя инженерная рыба-профессия»; – выявление и поддержка социально активных школьников; – продвижение позитивного образа инженерных профессий среди школьников	Летняя научно-техническая школа «Юные атомщики»: – продвижение позитивного образа инженерных профессий в процессе языковой коммуникации; – живой диалог сознательно-практической языковой коммуникации	Летняя научно-техническая школа «Юные атомщики»: – укрепление здоровья и обеспечение высокой работоспособности школьников; – освоение организаторских умений и навыков по проведению самостоятельных занятий физической культурой
Модернизация методического материала для оптимизации профориентационных проектов ВИТИ НИЯУ МИФИ	Анализ результативности работы профориентационного направления ВИТИ НИЯУ МИФИ	Разработка критериев эффективности работы и социологическое сопровождение профориентационного направления ВИТИ НИЯУ МИФИ	Создание матриц по направлениям профориентационной работы ВИТИ НИЯУ МИФИ	Реализация проекта по физической культуре в рамках профориентационной работы
УВАЖЕНИЕ				
<i>Мы с уважением относимся к самим себе и каждому человеку. Мы всегда внимательно слушаем и слышим друг друга вне зависимости от различий. Мы уважаем историю и традиции. Достижения прошлого вдохновляют нас на новые победы [4]</i>				
Фестиваль «Детство, наука, кино»:	Фестиваль «Детство, наука, кино»:	Фестиваль «Детство, наука, кино»:	Фестиваль «Детство, наука, кино»:	Фестиваль «Детство, наука, кино»:

формирование научного мировоззрения, создании видеороликов по теме «Законы физики – законы Природы!»	формирование научного мировоззрения, создании видеороликов по теме «Математика – просто о сложном!»	ценностно-рациональный подход к профессии проблемное профориентирование	кино»: креативное языковое обучение школьников	физическое и духовное здоровье молодежи
ЕДИНАЯ КОМАНДА <i>Мы все – Росатом. У нас общие цели. Работа в команде единомышленников позволяет достигать уникальных результатов. Вместе мы сильнее и можем добиваться самых высоких целей. Успехи каждого – успехи Росатома [4]</i>				
Дни карьеры Росатома: стационарные и выездные выставки по робототехнике; популяризация физики и робототехники среди учащихся и молодежи	Дни карьеры Росатома: популяризация математического моделирования среди молодежи	Дни карьеры Росатома: формирование экономической грамотности и кросскультурной компетенции учащихся и молодежи	Дни карьеры Росатома: актуализация языковой грамотности среди учащихся и молодежи	Дни карьеры Росатома: популяризация здорового образа жизни среди учащихся и молодежи

Таким образом, преподаватели и сотрудники обеспечивающих кафедр постоянно проводят многоплановую работу по профессиональной ориентации школьников, направленную на раннее формирование профессиональных компетенций и воспитание ценностей ГК «Росатом», что позволяет раньше выявлять талантливых, увлеченных и мотивированных детей для их профориентационного сопровождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаповалова И. Карьера начинается в школе [Текст] / И. Шаповалова // Росэнергоатом. – 2018. – № 10. – С. 41.
2. Ценности Росатома [Электронный ресурс] / URL: <https://www.rosatom.ru/about/mission/> (дата обращения: 10.05.2019).
3. Лобковская, Н.И. Профессиональное целеполагание как составляющая культуры безопасности будущего специалиста-атомщика [Электронный ресурс] / Н.И. Лобковская, Ю.А. Евдошкина // Современное образование. – 2017. – № 1. – С. 32-38. – URL: http://e-notabene.ru/pp/article_22498.html (дата обращения 01.06.2018).
4. Русатом Оверсиз [Электронный ресурс] / URL: <http://www.rusatom-overseas.com/ru/about-rusatom-overseas/our-values/> (дата обращения: 17.05.2019).

Role of VETI NRNU MEPHI Supporting Departments in Shaping the Values of Rosatom during the Early Vocational Orientation of Schoolchildren

N.V. Ermolaeva¹, N.I. Lobkovskaya²

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

¹*NVErmolaeva@mephi.ru*

²*NILobkovskaya@mephi.ru*

Abstract – The paper confirms the important role of the supporting departments of a technical university in shaping the values of Rosatom State Corporation in the process of early vocational guidance of schoolchildren.

Keywords: supporting departments, values of Rosatom State Corporation, early professional orientation of schoolchildren.

Криминологические особенности преступлений, совершаемых на объектах атомной энергетики

А.Н. Сетраков, Е.А. Довгань, М.В. Петров

Волгодонский филиал Федерального государственного казенного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации», г. Волгодонск, Ростовская обл.

В статье рассматриваются криминологические аспекты преступлений совершаемых на объектах атомной отрасли, Авторы данной работы проводят анализ уровня преступлений, совершенных на Ростовской АЭС, связанных с использованием заведомо подложных документов, предлагают меры, направленные на выявление и пресечение такого рода преступлений.

Ключевые слова: использование заведомо подложного документа, безопасность, тарифно-квалификационный разряд, атомная электростанция.

Россия является мировой ядерной державой, обладающей технологиями атомной энергетики: начиная от добычи урановой руды и заканчивая выработкой электроэнергии. Россия является мировым лидером по обогащению урана и количеству проектируемых реакторов для АЭС, а также занимает второе место по мощности атомной генерации Европы [1]. Россия имеет крупные комплексные контракты в области атомной энергетики с Китаем, Турцией, Индией, Ираном, Бангладеш и др. странами мира.

Первая в мире атомная электростанция была построена и введена в эксплуатацию в СССР – Обнинская АЭС. Строительство атомных станций предъявило к советским строителям особые требования. Связано это было прежде всего с безопасностью работы будущих АЭС. Строительство Ростовской атомной электростанции (далее - РоАЭС) также началось еще в Советском Союзе, и было остановлено под давлением общественности после Чернобыльской аварии. Длительный перерыв и прорывные современные технологии позволили существенно доработать проект, сделав акцент на безопасности объекта атомной энергетики. Активной фазой строительства является 2000-2017 г.г., т.е. с момента получения разрешения на строительство первого энергоблока до введения в эксплуатацию четвертого энергоблока. В 2017 году станция будет полностью сдана в эксплуатацию и станет лучшей среди российских АЭС по культуре безопасности [2].

Уровень безопасности атомной станции формируется еще на стадии ее строительства [3]. Высокие требования предъявляются не только к материалам, используемым для строительства АЭС, но и к персоналу строительных организаций. Так, генеральным подрядчиком строительства РоАЭС - акционерным обществом «Инжиниринговая компания «АСЭ» (бывшее - АО «НИАЭП») были предъявлены требования подрядным организациям о допуске к работам на РоАЭС только квалифицированных работников, имеющих тарифно-квалификационный разряд не ниже третьего. Тарифно-квалификационный разряд – это показатель, характеризующий сложность выполняемой работы и степень квалификации рабочего. Отметим, что размер оплаты труда, находится в прямой зависимости от разряда, присвоенного работнику. Как показал анализ криминологической обстановки на территории РоАЭС, именно вышеуказанные требования, обусловленные требованиями безопасности, «спровоцировали» рост преступности на данной территории. В период времени с 2013 г. по 2018 г. выявлено 210 преступлений предусмотренных ч. 3 ст. 327 УК РФ (2013 г. - 16, 2014 г. – 110, 2015 г. – 88, 2016 г. – 60, 2017 г. – 50, 2018 г. – 21) (рис. 1).

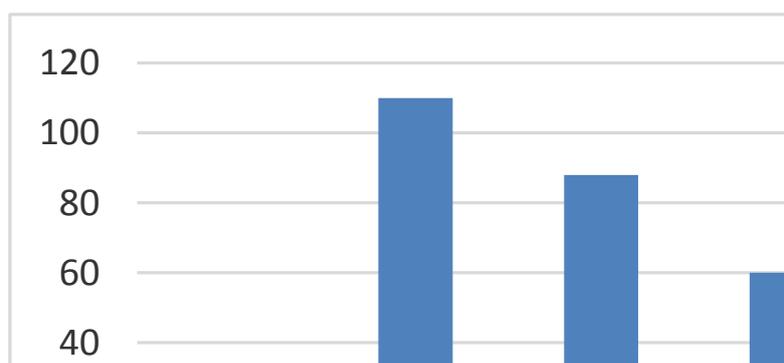


Рисунок 1 – Статистика выявленных преступлений

Как видно из графика, в период наиболее активной фазы строительства энергоблоков №№ 3-4 Ростовской АЭС наблюдается резкий скачок уровня преступности, пик которого приходится на 2014 год. В ходе исследования такого негативного процесса как рост преступности, выявлен ряд причин, которые по своей природе можно отнести к группе общественных (экзогенных). Так, выполняя условия генерального подрядчика, подрядные организации вынуждены расторгнуть трудовые договоры с работниками, не имеющими соответствующей квалификации. Учитывая то, что Ростовская АЭС расположена вблизи небольшого города Волгодонск, где объекты атомной промышленности фактически являются градообразующими, то потеря работы практически лишает шансов человека на новое трудоустройство. Пройти обучение в центре профессиональной подготовки, по итогам которого был бы присвоен тарифно-квалификационный разряд, так же довольно проблематично без отрыва от производства, т.к. срок обучения составляет от четырех до шести месяцев, а форма обучения, как правило, очная. Данная социальная обусловленность вынудила работников, не имеющих третьего тарифно-квалификационного разряда совершить преступление предусмотренной ч. 3 ст. 327 УК РФ. Суть вышеуказанного общественно опасного деяние выражается в следующем: лицо, желающее трудоустроится в подрядную организацию, участвующую в строительстве АЭС, зная о том, что необходимым условием трудоустройства является наличие соответствующего тарифно-квалификационного разряда, приобретает по средствам сети Интернет поддельное свидетельство, в соответствии с которым он прошел обучение в учебном заведении и ему присвоен соответствующий тарифно-квалификационный разряд. Заведомо зная, что приобретенное свидетельство является поддельным, т.к. реально обучение не проводилось, кандидат на трудоустройство предъявляет данное свидетельство в отдел кадров подрядной организации. В обязанности отдела кадров не входит проверка подлинности представленных кандидатом документов, поэтому после формальной процедуры, такое лицо принимается на работу. С оформлением приказа о приеме на работу, состав преступления, предусмотренный ч. 3 ст. 327 УК РФ – использование заведомо подложного документа [1], является окончанным.

Учитывая масштаб выявленных преступлений и то, что даже один неквалифицированный работник способен остановить налаженный рабочий процесс строительства АЭС, негативные последствия несут необратимый характер. Умножая вышесказанное, и принимая в расчет, то, что АЭС является источником повышенной опасности, можно только догадываться к каким катастрофическим последствиям может привести ошибка недостаточно квалифицированного рабочего.

С целью пресечения такого рода преступлений, совершаемых на объектах атомной энергетики, нами предлагается вменить в обязанность отдела кадров или службы безопасности организации, проверку документа об образовании и присвоении тарифно-квалификационного разряда, путем направления запроса в образовательное учреждение

выдавшее документ. Только после подтверждения подлинности документа должно приниматься решение о допуске работника к работам на объектах атомной отрасли.

Формирование, поддержание и развитие культуры безопасности – это фундаментальная основа обеспечения безопасности АЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Уголовный кодекс Российской Федерации» от 13.06.1996 N 63-ФЗ (ред. от 23.04.2019) [Электронный ресурс] / URL : <http://www.consultant.ru> (дата обращения 16.05.2019).
2. Ростовская АЭС стала в 2017 году лучшей среди атомных станций России по культуре безопасности [Электронный ресурс] / URL: <http://www.rosenergoatom.ru> (дата обращения 16.05.2019).
3. *Галда, М.В.* Незаконное предпринимательство в области ядерной энергетики, как угрозы безопасности эксплуатации атомных электростанций [Текст] / М.В. Галда, И.В. Бушуев, М.В. Петров // Глобальная ядерная безопасность. – 2018. – № 3 (28). – С.98-103.

Criminological Features of Crimes Committed at Nuclear Power Facilities **A.N. Setrakov, E.A. Dovgan¹, M.V. Petrov²**

*Volgodonsk branch of the Federal State Treasury of Higher Education "Rostov Law Institute of Internal Affairs
Ministry of the Russian Federation", Volgodonsk, Rostov region*

¹*dovghan_72@mail.ru*

²*petrovmaxim1980@yandex.ru*

Abstract – The article discusses the criminological aspects of crimes committed at nuclear facilities, the authors of this work analyze the level of crimes committed at the Rostov NPP associated with the use of knowingly false documents, suggest measures to identify and preventing such crimes.

Keywords: use of a knowingly fake document, security, tariff and qualifying category, nuclear power plant.

УДК 316.65 : 378.035

О духовной безопасности как проекте формирования культуры безопасности будущего специалиста атомной отрасли

Е.Л. Локонова^{*}, А.В. Железнякова^{*}, С.В. Дмитров^{}**

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

^{**}*РПЦ, Волгодонская епархия*

В статье анализируются сущность и роль духовной безопасности в личностном и профессиональном становлении молодого поколения. Вопросы, связанные с проблемой духовной безопасности в современном обществе являются актуальными, так как именно духовно-нравственные установки направляют практическую деятельность каждого человека в русло самореализации личности. На основе анализа результатов социологического опроса студентов Волгодонского инженерно-технического института – филиала Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» определяются особенности и тенденции формирования духовной безопасности, которые в дальнейшем учитываются в реализации модели оптимизации процесса личностного развития и профессионального самоопределения студентов, актуализируются принципы всестороннего развития личности. Основным выводом авторов является обоснование необходимости проектирования воспитательного процесса с учетом особенностей индивидуального пространства студентов, в котором они заявляют и осуществляют свои социальные и духовные потребности.

Ключевые слова: национальная безопасность, духовная безопасность, духовно-нравственное становление, социальный портрет, профессиональная социализация, личностное развитие, социокультурная особенность, стратегия поведения, социальное самочувствие, образовательное пространство.

Современная Россия, пережившая трансформационный кризис 1990-х гг. XX века всё увереннее заявляет о своих позициях на международной арене, осуществляя грандиозные экономические проекты, модернизируя полицию, армию, систему здравоохранения, науки и образования. Однако, процесс мировой глобализации, несущий системный экономический и духовный кризис, выдвигает на передний план вопросы о рисках и угрозах для национального единства и сплоченности российского общества. В Концепции национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года одним из приоритетных направлений является деятельность по защите культурного духовно-нравственного наследия, исторических традиций и норм общественной жизни, по сохранению культурного достояния всех народов России, по формированию государственной политики в области духовного и нравственного воспитания подрастающего поколения. [1].

Неотъемлемой составляющей национальной безопасности, наряду с экономической, информационной, военной, экологической является духовная безопасность [2]. Следовательно, одним из основных объектов обеспечения национальной безопасности является духовная сфера, где первостепенной задачей считается формирование системы защиты от деструктивно-психологического влияния на общественное сознание граждан России.

В настоящее время современное общество определяет реальные угрозы духовной безопасности, которые выражаются в фактах духовной разобщенности, социокультурного раскола, кризиса социальных ценностей и духовной культуры. Различные аспекты духовной безопасности российского общества получили свое научное освещение в ряде работ [5-7]. Следовательно, вопрос об обеспечении духовной безопасности является актуальным, вопросом жизненно-важным, так как основой общества как системы могут быть только духовно-нравственные ценности. Именно они могут выступать индикатором жизнеспособности социума, его духовного и социального потенциала в целом.

Выдвинутая нами проблема особенно актуальна в сфере духовного и нравственного состояния молодежи. Именно духовно-нравственное становление молодого поколения, их подготовка к самостоятельной жизни есть важнейшая составляющая развития общества и государства.

В Волгодонском инженерно-техническом институте – филиале Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (далее ВИТИ НИЯУ МИФИ) методом анкетного опроса было проведено социологическое исследование, позволившее выявить в структуре потребностей наших студентов особенности и тенденции формирования духовной безопасности, которые в дальнейшем учитываются в реализации модели оптимизации процесса личностного развития и профессионального самоопределения студентов.

Социокультурные особенности, динамика стратегий поведения и духовная безопасность как аспект становления личности студентов института

По результатам опроса только 47,8% студентов оценили свое социальное самочувствие как оптимистическое, 38,2% как «спокойное, но без особых надежд и иллюзий», при этом увеличился процент студентов с негативным социальным самочувствием (11,1% «с тревогой и неуверенностью», и 2,5 % «со страхом и отчаянием»). Несомненно, что такое социальное самочувствие студентов будет являться проблемной ситуацией для формирования адекватной духовной безопасности.

Далее, отвечая на вопросы анкеты, студенты отметили, что в большей степени «не знают, что такое духовная безопасность» (67%) . Поэтому для нас важно выяснить, как

определяют сами для себя студенты духовную безопасность. По мнению большей части респондентов (31,8%) духовная безопасность заключена в религии. Не удивительно, что этот процент является самым высоким из всех предложенных вариантов, поскольку одной из главных составляющих духовной безопасности – религиозная. Следует отметить, что церковь играет огромную роль в обществе, ее авторитет помогает погасить амбиции сильных сторон, заставляет помнить о слабых, поддерживает морально-этические законы, способствует объединению людей в общем деле. Так сложилось исторически, церковь как социальный институт, может примирять разделенные и враждебно настроенные друг к другу слои общества, даже на пути привычной борьбы за деньги и власть [10].

Для 27,3% опрошенных студентов понятие духовной безопасности является интегральным, так как они его представляют как совокупность патриотизма, политики и религии.

С патриотизмом духовную безопасность связывает лишь 5% опрошенных, что является показателем идеологической основы данных респондентов, под которой понимается, прежде всего, патриотическое воспитание. Вопрос о патриотизме является сегодня особо актуальным, т.к. считается, что без патриотизма не может быть духовного становления личности в условиях трансформации современного общества.

Интересен для нас ответ 18,2% респондентов, которые предложили свой вариант определения духовной безопасности, а именно - семья, нравственность и мораль.

Исходя из сути понятия «духовная безопасность» для исследования актуальными являются вопросы о защите и защищенности. На вопрос «Считаете ли вы себя духовно защищенным?» 59% респонденты ответили отрицательно. Далее, на просьбу выделить, «что же в большей степени угрожает вашей духовной безопасности» одним из популярных ответов стал «Интернет». Большинство опрошенных, а именно 55% считают, что их духовной безопасности угрожает интернет. Другая часть респондентов (20%) считают угрозой духовной безопасности - общество. Данные ответы коррелируются с оценкой социального самочувствия студентов.

Также среди факторов, угрожающих духовной безопасности студентами были выбраны следующие причины: 15% респондентов убеждены, что угроза духовной безопасности исходит от государства, что говорит о недоверии властям. Такое мнение характерно для оппозиционно настроенных людей, которых, возможно не устраивает действующая власть. И 10% определили семью и близких людей как угрозу их духовной безопасности. Скорее всего данный ответ указывает на присутствии насилия в семье, постоянно повторяющихся унижениях, оскорблениях, издевательствах или терроризировании (угрозы, подтверждение опасности) членов семьи.

Таким образом, по результатам проведенного исследования проблем духовной безопасности студентов можно утверждать, что организация социально-образовательного пространства ВИТИ НИЯУ МИФИ выстроена рационально и конструктивно, однако некоторые проблемы проектирования воспитательного блока, как части процесса духовно-нравственного становления будущих специалистов атомной отрасли остается в зоне повышенного внимания со стороны студентов. Следовательно, необходимо расширение роли и места воспитательного процесса в образовательной организации высшего образования, а также следует активнее использовать потенциал социально-гуманитарных дисциплин и вузовской корпоративной культуры для усиления духовно-нравственного воспитания студентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбаков, С.Ю. Проблемы обеспечения духовной безопасности в системе образования России [Текст] / С.Ю. Рыбаков. // монография. – Ряз. гос.ун-т им.С.А. Есенина. –Рязань, 2011. – 304 с.

2. Чернова, И.Б. О сущности духовной безопасности [Электронный ресурс] / И.Б. Чернова // Власть. 2013. №9. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/o-suschnosti-duhovnoy-bezopasnosti> (дата обращения: 20.06.2017).
3. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года // <http://www.scrf.gov.ru/documents/99.html>
4. Безопасность Евразии. 2002. Энциклопедический словарь-ежегодник [Текст]. – Москва : Книга и бизнес, 2003. – С.128.
5. Беспаленко, П.Н. Духовная безопасность современной России и поиски общенациональной идеологии [Текст] / П.Н. Беспаленко // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. – 2009. – № 7 (62). – С. 215-224.
6. Запесоцкий, А.С. Гуманитарное образование и проблемы духовной безопасности / А.С. Запесоцкий // Педагогика. – 2002. – №2. – С. 3-8.
7. Самыгин, С.И. Духовная безопасность России как основа российской государственности [Текст] / С.И. Самыгин, А.В. Верещагина // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки 29.03.2011. – Вып. № 1. – 2011.
8. Томилин, С.А. Корпоративные ценности как основа формирования профессионального самоопределения студентов при подготовке специалистов для атомной отрасли [Электронный ресурс] / С.А. Томилин, Н.П. Василенко, А.В. Железнякова, И.С. Василенко // Педагогика и просвещение. 2017. – № 1. – С. 31-41. – URL: http://nbpublish.com/library_read_article.php?id=220761
9. Локонова, Е.Л. Психолого-педагогические аспекты воспитания современного специалиста атомной отрасли в вузе: от абитуриента до выпускника [Текст] / Е.Л. Локонова, Е.И. Конорева // Гуманитарные и социальные науки. – 2014. – № 2. – С. 751-754.
10. Зеркалов, Д.В. Духовная безопасность. [Текст] / Д.В. Зеркалов. – Монография. – Киев : Основа, 2012. – 1118 с.

УДК 378.147:334..7:62

К вопросу об актуальности формирования компетенции «технологическое предпринимательство» у студентов технических специальностей и направлений подготовки

С.А. Агапова, И.А. Ухалина

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

Одной из задач высшей школы является формирование у студентов компетенций, которые позволят будущим специалистам быть востребованными на современном рынке труда. Компетенция «Технологическое предпринимательство» нацелена на развитие умений у студентов технических специальностей и направлений подготовки сочетать инженерный расчет с экономической эффективностью предлагаемых инновационных решений для коммерческого успеха инновационного продукта.

Ключевые слова: технологическое предпринимательство, компетенции, проектная деятельность, предпринимательская деятельность.

Решение проблемы роста конкурентоспособности российской экономики, осуществления прогрессивных изменений во всех сферах общества, внедрения наукоемких производств и технологий зачастую ограничено дефицитом квалифицированных кадров, способных генерировать новые технологические решения и реализовывать инновационные проекты.

По мнению большинства исследователей предпринимательское, инновационное мышление – это способность личности обладать системным творчеством, которое обеспечивает развитие нового, возможность генерации инноваций, изменяющих существующую среду [2].

Особые требования сейчас предъявляются работодателями к умению сотрудников мыслить творчески, неординарно, системно, целенаправленно, преодолевая инерцию и консерватизм в технологических решениях. Очевидно, данные требования могут быть реализованы через компетенции, связанные с проектными, инновационными видами деятельности, стимулирующими стремление к самосовершенствованию, самореализации и свободе выбора.

В рамках государственной программы «Экономическое развитие и инновационная экономика», принятой в России в 2014 г. довольно успешно реализуется подготовка молодых людей до 30 лет к созданию малого и среднего бизнеса и навыков его эффективного ведения. Считаем, что развитие предпринимательского мышления и навыков должно формироваться в образовательной среде вузов (а возможно, и гораздо раньше), ведь в широком смысле предпринимательство – это философия поиска новых возможностей, средств и путей развития в условиях ограниченных ресурсов.

В рамках чемпионатов WorldSkills проводятся соревнования по компетенции предпринимательство. Анализ состава участников позволил сделать вывод об ориентации данной компетенции на студентов экономических направлений подготовки. Опыт участия в чемпионате выявил серьезные проблемы в инженерно-техническом обосновании start-up проектов, в то время как студенты технических направлений не имеют достаточного уровня подготовки и мотивации для участия в соревнованиях в данной компетенции. Преодоление проблемы, на наш взгляд, лежит в создании среды, стимулирующей научно-исследовательскую и проектную деятельность в области предпринимательства студентов всех направлений подготовки.

В 2019 г. внутривузовский чемпионат НИЯУ МИФИ запустил пилотный проект соревнований по новой компетенции «Технологическое предпринимательство» с целью более тесной увязки профиля технического научно-исследовательского университета с интересами студентов, запросами работодателей и общества в целом.

Отличие технологического предпринимательства от других видов предпринимательской деятельности определяется тем фактом, что его основная цель состоит не в получении прибыли как таковой, а в создании инновационного продукта.

Если такой продукт обладает эффективностью, то он будет принят рынком, и в этом случае, можно будет говорить о его коммерческом успехе. Технологическое предпринимательство в отличие от регулярного бизнеса является инновационным и итерационным процессом, Существующий на рынке запрос на создание некой ценности может быть реализован через модель: ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ → ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО → КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ (бизнес-применение).

Современный рынок труда предъявляет высокие требования не только к освоению профессиональных компетенций, но и к умению сочетать инженерные расчеты и обоснованием экономической целесообразности с позиций философии «бережливого производства».

Попытка привлечения студентов ВИТИ НИЯУ МИФИ к участию в чемпионатном движении WS через проведение вузовского конкурса стартапов среди студентов технических направлений и специальностей показала их неспособность представлять свои

технические решения в виде бизнес-идей и бизнес-моделей, обосновывать экономический, социальный, экологический и др. эффекты от их реализации.

Считаем, что решить данную проблему возможно путем:

– актуализации образовательных программ неэкономических направлений подготовки и специальностей: для бакалавров технических направлений и специальностей ввести факультативный курс, для специалистов, магистров – элективный курс «Технологическое предпринимательство», направленный на приобретение знаний, умений и навыков не столько в создании собственного бизнеса, извлечения прибыли, сколько в разработке и обосновании предложений по развитию и обеспечению дополнительной ценности, полезности, экономии в рамках действующих промышленных предприятий, коммерциализации результатов научных исследований и разработок. Ведущие вузы страны, например СПбГУ ИТМО уже реализуют программу «Технологическое предпринимательство и инновационная экономика», направленную на подготовку управленческих кадров для работы в высокотехнологичных отраслях промышленности и наукоемком среднем и малом бизнесе.

– внесения в компетентностную модель неэкономических направлений подготовки и специальностей новой компетенции «Технологическое предпринимательство», что должно реализовываться в ходе совместной работы вуза с работодателями по определению содержания компетенции и перечня дисциплин, которые могут сформировать такую компетенцию.

Несомненно, реализация данной задачи будет связана с серьезной проблемой – компетентность преподавателя. В НИЯУ МИФИ разработана и реализуется программа повышения квалификации преподавателей по курсу «Технологическое предпринимательство», что дало возможность ввести факультативные занятия в ряде филиалов вуза. Также следует активно привлекать экспертов, бизнес-консультантов и успешных предпринимателей в процесс формирования новой компетенции.

Действенная мотивация интереса студентов к изучению основ технологического предпринимательства и практической реализации ими инновационных решений способна повысить их конкурентоспособность и успешность в профессиональной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Горев, П.М.* Научное творчество: практическое руководство по развитию креативного мышления [Текст] / П.М. Горев, В.В. Утемов. – Москва : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013 – 112 с.
2. *Делия, В.П.* Инновационное мышление в XXI веке [Текст] / В.П. Делия. – Балашиха : Изд-во «ДС-ПО». – 2011.
3. *Чепуренко, А.Ю.* Роль обучения в активизации предпринимательского потенциала российского общества [Текст] / А.Ю. Чепуренко // Международная конференция «Формирование профессиональных предпринимательских компетенций молодежи в процессе обучения предпринимательству» : сб. тезисов докладов. – Москва : Московский финансово-промышленный университет «Синергия», 2014. – 282 с.

Relevance of "Technological Entrepreneurship" Competence Formation among Students of Technical Specialties

С.А. Агапова, И.А. Ухалина

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI",
Volgodonsk, Rostov region
svetlana-1164@mail.ru*

Abstract – One of the tasks of higher education is the formation of students' competencies that will allow future specialists to be in demand in the modern labor market. The competence “Technological entrepreneurship” is aimed at developing the skills of technical students and areas of training to combine engineering calculation with the economic efficiency of the proposed innovative solutions for the commercial success of an innovative product.

Keywords: technological entrepreneurship, competencies, project activities, entrepreneurial activities.

УДК 351.761.3 : 621.039

Пресечение незаконного оборота наркотических средств на режимных объектах атомной отрасли

М.В. Галда, И.В. Бушуев, М.В. Петров

Волгодонский филиал Федерального государственного казенного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации», Волгодонск, Ростовская обл.

В статье рассматриваются проблемные вопросы, связанные с осуществлением незаконного оборота наркотических средств на режимных объектах, в частности на объектах атомной энергетики. Авторы данной работы проводят анализ уровня преступлений, связанных с незаконным оборотом наркотиков, рассматривают меры, направленные на выявление и пресечение такого рода преступлений.

Ключевые слова: незаконный оборот наркотических средств, безопасность, режимный объект, атомная электростанция.

Каждый из нас хотя бы раз проходил мимо неприметного здания, огражденного высоким забором с обрамлением в виде колючей проволоки, даже не догадываясь, что происходит за его стенами и о значимости вышеуказанного объекта. Конечно, объекты атомной энергетики сложно назвать «неприметными зданиями», атомные электростанции (далее – АЭС) видно за десятки километров. Такие объекты имеют статус «режимных», на них невозможно попасть без специального разрешения, т.к. они тщательно охраняются, имеют несколько степеней защиты от несанкционированного проникновения.

Определение режимного объекта раскрывается в Указе Президента России № 61 от 24 января 1998 года «О перечне сведений, отнесенных к государственной тайне» [1], который включает в себя: особые военные и специальные структуры; определенные воинские части; заводы, предприятия и учреждения, для работы которых устанавливаются особые условия, обеспечивающие повышенную безопасность. На указанных в перечне объектах осуществляются разработки, сведения о которых представляют собой государственную тайну.

Особые требования предъявляются и к персоналу режимных объектов. В соответствии с правилами и нормами ФЗ № 170-ФЗ от 21 ноября 1995 г. «Об использовании атомной энергии», режимный объект должен быть укомплектован персоналом, имеющим определенную квалификацию и допущенным в установленном порядке к самостоятельной работе. Исходя из действующих правил, правительством страны утвержден перечень должностей, на которых сотрудники должны получать разрешения на право ведения работ в области использования атомной энергии. Также законодательно прописаны квалификационные требования, предъявляемые к вышеназванным специалистам. «Одним из обязательных условий получения указанных разрешений является отсутствие медицинских, в том числе психофизиологических, противопоказаний»[2].

Кроме того, сотрудники АЭС ежегодно проходят медицинскую комиссию, в том числе направленную на выявление употребления наркотических средств и психотропных веществ.

«Наркомания существовала всегда, однако сегодня она вышла за пределы границ конкретного государства, став глобальной проблемой человечества. По оценкам Управления ООН по наркотикам и преступности, около 230 млн. человек ... хотя бы один раз в жизни употребляли наркотики». [3]. Потреблением наркотического дурмана в мировом масштабе охвачено около 7 % взрослого населения планеты и эта цифра имеет тенденцию к постоянному росту.

К сожалению, как показывает практика, преступность не обошла и такую опасную отрасль как, атомная энергетика. «Преступления, совершаемые на объектах атомной энергетике, вызывают большой общественный резонанс, т.к. негативно влияют на безопасность данных объектов, а это, безусловно, заботит каждого человека» [4].

В данной статье мы обращаем внимание на необходимость выявления и пресечения преступлений, связанных с незаконным оборотом наркотических средств на режимных объектах атомной отрасли.

Главной опасностью употребления наркотических средств является кардинальное изменение личности. При регулярном приеме запрещенных веществ отмечаются такие следующие нарушения: ухудшение памяти и интеллектуальных способностей; потеря контроля над поведением; резкие перепады настроения и эмоционального состояния; проявление резкости, грубости, агрессии; в состоянии наркотического опьянения человек способен на преступления. В состоянии наркотического опьянения, человек способен устраивать драки и даже убить ни в чем неповинных людей, не осознавая общественную опасность своих деяний. Учитывая специфику деятельности режимных объектов, в том числе АЭС, оборот наркотических средств в стенах вышеуказанных предприятий категорически недопустим, как и их употребление работниками АЭС.

В соответствии с Пленумом Верховного Суда РФ от 15 июня 2016 года № 14 «О судебной практике по делам о преступлениях, связанных с наркотическими средствами, психотропными, сильнодействующими и ядовитыми веществами», незаконным приобретением, сбытом наркотических средств, надлежит считать получение или передача их любым способом: покупка, дар, взаиморасчет, уплата долга, обмен, сбор растений, включенных в перечень наркотических средств [5].

В 2017 году Ростовская атомная электростанция (далее - РоАЭС), признана лучшей среди атомных станций России по культуре безопасности [6]. Вклад в достижение подобного результата внесли и правоохранительные органы, осуществляющие выявление и пресечение преступлений, в том числе и связанных с незаконным оборотом наркотических средств. По данным Информационного центра ГУ МВД России по Ростовской области на территории РоАЭС, в 2013 году выявлено семь преступлений, связанных с незаконным оборотом наркотических средств, из них четыре преступления, связанные со сбытом наркотических средств. В аналогичный период 2015 года выявлено два преступления, связанных с незаконным оборотом наркотических средств. В 2014, 2016, 2017, 2018 г.г. преступлений указанной категории не выявлялись (рис. 1). Кроме того, в вышеуказанный период выявлено пять работников, совершивших административные правонарушения, связанные с употреблением и хранение наркотических средств.

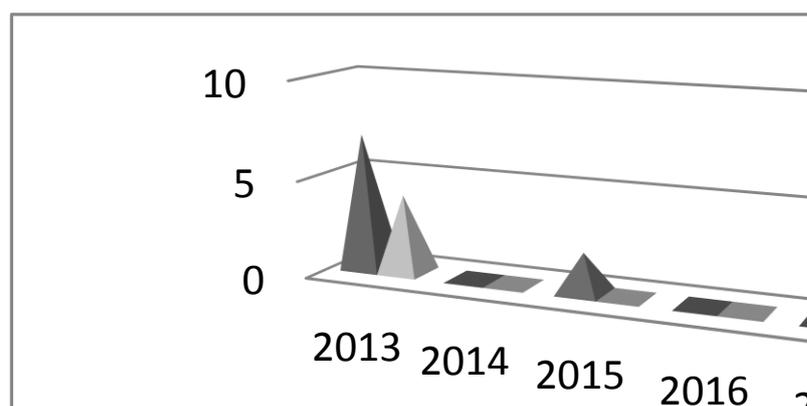


Рисунок 1 – Количество выявленных преступлений, связанных с незаконным оборотом наркотиков на территории РоАЭС

Благодаря своевременным действиям правоохранительных структур и службы безопасности РоАЭС, удалось избежать негативных последствий, которые могли наступить в результате незаконного оборота наркотиков и действий лиц их употребляющих.

Учитывая вышеизложенное, необходимо провести усиление мер направленных на проверку кандидатов при приеме на работу, а также действующих работников, а именно воспользоваться моментом внезапности, который будет реализовываться в проведении внезапной медицинской проверки, проводимой на объекте несколько раз в год, а возможно несколько раз в квартал. Также с целью предотвращения совершения преступлений указанной категории, а также их выявления необходимо усилить пропускной режим, ввести дополнительный досмотр сотрудников указанных режимных объектов при входе на территорию и выходе за ее пределы. Кроме того, необходимо наладить более тесное взаимодействие службы безопасности атомной электростанции и правоохранительных органов по подбору персонала и выявлению работников, употребляющих наркотические средства.

Таким образом, для реализации задач по обеспечению безопасности потенциально опасных, ядерных объектов, необходимы действенные меры, которые безусловно повлекут за собой ужесточение требований к кандидатам на должность и к действующим сотрудникам, как следствие строгий контроль за их поведением на рабочем месте. Цена ошибки на АЭС – это жизни многих людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента РФ «О перечне сведений, отнесенных к государственной тайне» от 24 января 1998 г. № 61 [Электронный ресурс] / URL: <http://base.garant.ru/12108620/> (дата обращения 16.05.2019).
2. Федеральный закон «Об использовании атомной энергии» от 21 ноября 1995 г. № 170 [Электронный ресурс] / URL: <http://base.garant.ru/10105506/> (дата обращения 16.05.2019).
3. Бушуев, И.В. Проблемные вопросы квалификации сбыта наркотических средств [Текст] / И.В. Бушуев // Юристъ-Правоведъ. – 2018. – № 1 (84) – С. 85-89.
4. Галда, М.В. Незаконное предпринимательство в области ядерной энергетики, как угрозы безопасности эксплуатации атомных электростанций [Текст] / М.В. Галда, И.В. Бушуев, М.В. Петров // Глобальная ядерная безопасность. – 2018. – № 3 (28) – С.98-103.
5. Пленум Верховного Суда РФ «О судебной практике по делам о преступлениях, связанных с наркотическими средствами, психотропными, сильнодействующими и ядовитыми веществами» от 15 июня 2016 года № 14 [Электронный ресурс] / URL: <http://base.garant.ru/1356161> (дата обращения 16.05.2019).
6. Ростовская АЭС стала в 2017 году лучшей среди атомных станций России по культуре безопасности [Электронный ресурс] / URL: <http://www.rosenergoatom.ru> (дата обращения 16.05.2019).

Suppression of Illicit Drug Trafficking on Secure Nuclear Facilities

M.V. Galda¹, I.V. Bushuev², M.V. Petrov³

Volgodonsk branch of the Federal state educational institution of higher education «Rostov law Institute of the Ministry of internal Affairs of the Russian Federation», Volgodonsk, Russia.

¹*mikhail.galda@mail.ru*

²*bushuev.igor.2017@mail.ru*

³*petrovmaxim1980@yandex.ru*

Abstract – The article deals with problematic issues related to the implementation of illicit drug trafficking at sensitive sites, at a nuclear power plant. The authors of this work analyze a certain period of time in which the crimes of this category are revealed, consider measures aimed at identifying and suppressing crimes.

Keywords: illegal turning of drugs, safety, mode object, nuclear power plant.

УДК 624.04.45.001.3

К вопросу о контроле защитных оболочек АЭС в период приемо-сдаточных испытаний

**В.Н. Медведев*¹, Александр С. Киселев*, Алексей С. Киселев*, А.Н. Ульянов*,
В.Ф. Стрижов*, М.И. Скорикова*², Ю.И. Пимшин**³**

**Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Москва*

***Волгодонский инженерно-технический институт – филиал, Национального исследовательского ядерного университета (МИФИ)*

В работе приводятся результаты исследования изменения НДС и геометрических параметров защитной оболочки вблизи узла сопряжения цилиндрической части с куполом и в зоне расположения подкрановых путей полярного крана на этапе приемо-сдаточных испытаний.

Ключевые слова: защитная оболочка, перемещения, деформации, напряжения, усилия

Применение геодезического контроля перемещений защитных оболочек АЭС на этапе преднапряжения и приемо-сдаточных испытаний в дополнение к штатной системе контроля напряженно-деформированного состояния (НДС) позволило получить более полную картину деформированного состояния, в том числе в зонах защитной оболочки, где датчики контрольно-измерительной аппаратуры отсутствуют. На примере энергоблока № 3 Ростовской АЭС детально рассмотрены особенности изменения НДС и геометрических параметров защитной оболочки вблизи узла сопряжения цилиндрической части с куполом и в зоне расположения подкрановых путей полярного крана.

Особенности изменения НДС и геометрических параметров защитной оболочки вблизи узла сопряжения цилиндрической части с куполом. Оценка НДС защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС выполнялась с учетом показаний датчиков контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), установленных в теле сооружения в период возведения, показаний датчиков силы ПСИ-01, установленных на анкерах армоканатов системы преднапряжения защитной оболочки, результатов измерений перемещений стенки защитной оболочки при помощи датчиков типа ПЛПС, результатов измерений геометрических параметров защитной оболочки геодезическими методами [Л. 1].

Результаты контроля НДС и геометрических параметров защитной оболочки вблизи узла сопряжения цилиндрической части с куполом показали, что конструкция при подъеме давления работает нелинейно.

На рисунке 1 приведены графики приращения напряжений в меридиональной стержневой арматуре в период приемо-сдаточных испытаний защитной оболочки энергоблока №3 Ростовской АЭС. Рассматривается купольная часть защитной оболочки на радиусе $R=19$ м. Можно видеть, что у внутренней поверхности стены оболочки на каждом шаге подъема внутреннего давления происходит увеличение растягивающих напряжений, а у наружной поверхности на первом шаге при давлении 0,07 МПа наблюдается рост сжимающих напряжений, затем происходит незначительное колебание напряжений. Следовательно, работа защитной оболочки в зоне узла сопряжения носит моментный характер.

На рисунке 2 приведены графики приращения перемещений купола защитной оболочки в период приемо-сдаточных испытаний в створе №1/2. Точка № 1 расположена в районе непосредственного примыкания к опорному кольцу. Далее точки располагаются с определенным шагом от опорного кольца до вершины купола [Л. 2-4]. В вершине купола расположена точка № 0. На рисунке 2 также можно видеть, что работа защитной оболочки в

зоне узла сопряжения носит моментный характер. Наибольшее перераспределение напряжений происходит при повышении давления с 0,19 до 0,29 МПа.

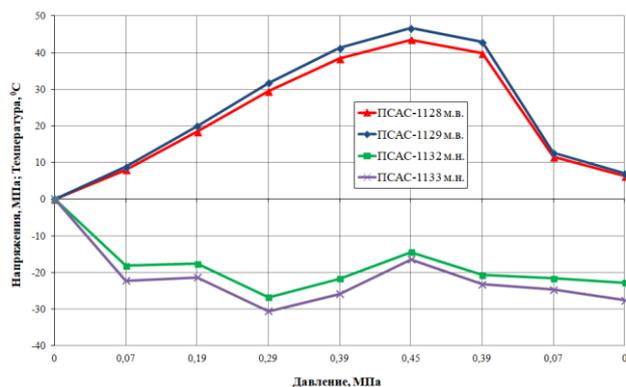


Рисунок 1 – Приращение напряжений в меридиональной стержневой арматуре в период приемо-сдаточных испытаний защитной оболочки, энергоблок №3 РоАЭС, створ №1, купол, R=19 м

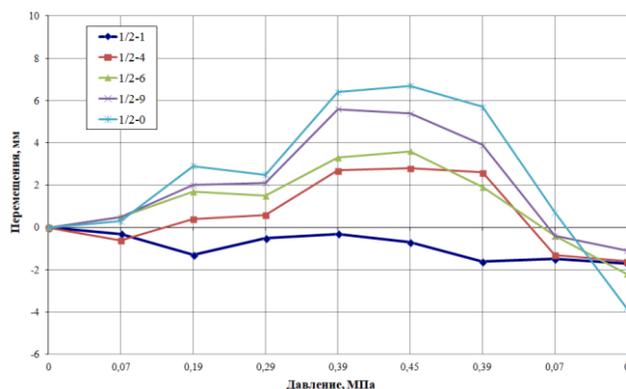


Рисунок 2 – Приращения перемещений купола защитной оболочки в период приемо-сдаточных испытаний, энергоблок №3 Ростовской АЭС, створ №1/2

Такой характер поведения защитной оболочки в период приемо-сдаточных испытаний соответствующим образом повлиял на показания датчиков силы ПСИ-01. Приведенные в таблице №1 приращения усилий в отдельных армоканатах купола защитной оболочки при испытаниях на герметичность и прочность показали, что все датчики работали исправно. При подъеме давления до 0,07 МПа зафиксировано увеличение усилий от 2,5 до 4 тс. В дальнейшем происходило незначительное увеличение или снижение усилий в зависимости от изменения геометрии защитной оболочки.

Таким образом, показания датчиков ПСИ-01 в период испытаний напрямую зависят от изменения геометрических параметров сооружения.

Таблица 1 – Приращения усилий в отдельных армоканатах купола защитной оболочки при испытаниях на герметичность и прочность

№ Армоканата	Дата 08.08.14, давление 0,0 Мпа Усилие, тс	Дата 10.08.14, давление 0,07 Мпа Усилие, тс	Дата 10.08.14, давление 0,19 Мпа Усилие, тс	Дата 10.08.14, давление 0,29 Мпа Усилие, тс	Дата 11.08.14, давление 0,39 Мпа Усилие, тс	Дата 12.08.14, давление 0,45 Мпа Усилие, тс	Дата 13.08.14, давление 0,39 Мпа Усилие, тс	Дата 13.08.14, давление 0,07 Мпа Усилие, тс	Дата 14.08.14, давление 0,0 Мпа Усилие, тс
К-11А	0	2,7	-0,7	2,3	0,7	1,4	3	0,9	-2
К-12Б	0	2,6	-0,6	1,8	0,3	1,2	2,4	0,8	-3
К-13А	0	2,8	-1,3	2	0,2	1,6	3,1	0,1	-3
К-14А	0	2,5	-0,7	1,7	0,2	1,5	2,6	0,5	-2,2
К-14Б	0	3,4	0,2	3	1	1,5	3,4	1,3	-1,4
К-15А	0	3,6	-0,4	3,1	0,8	1,8	3,5	0,6	-2,1
К-16Б	0	4	-0,8	3,4	1	2,2	4,3	0,7	-2

Особенности изменения НДС и геометрических параметров защитной оболочки в зоне расположения подкрановых путей полярного крана. Подкрановая консоль полярного крана обладает определенной жесткостью, вследствие чего при преднапряжении и испытаниях защитной оболочки в этой зоне перемещения могут быть меньше, чем в однородной зоне. Например, перемещения от преднапряжения в створе №1 на отметке 36,9 м составили -10,7 мм, а на отметке 47 м порядка -6,8 м. В период испытаний при давлении 0,45

МПа на отметке 36,9 м перемещения были максимальными и составили 7,95 мм, после сброса испытательного давления геометрия защитной оболочки вернулась в исходное состояние.

В зоне расположения полярного крана на отметке 47 м. в период испытаний при давлении 0,45 МПа перемещения не были максимальными и составляли 4,4 мм, при снижении давления до 0,39 МПа перемещения увеличились до 4,98 мм, а после сброса испытательного давления геометрия защитной оболочки уменьшилась еще на 2,33 мм (см. рисунок 3). Суммарные перемещения после сброса давления составили 7,3 мм, что сопоставимо с изменениями на отметке 36,9 м.

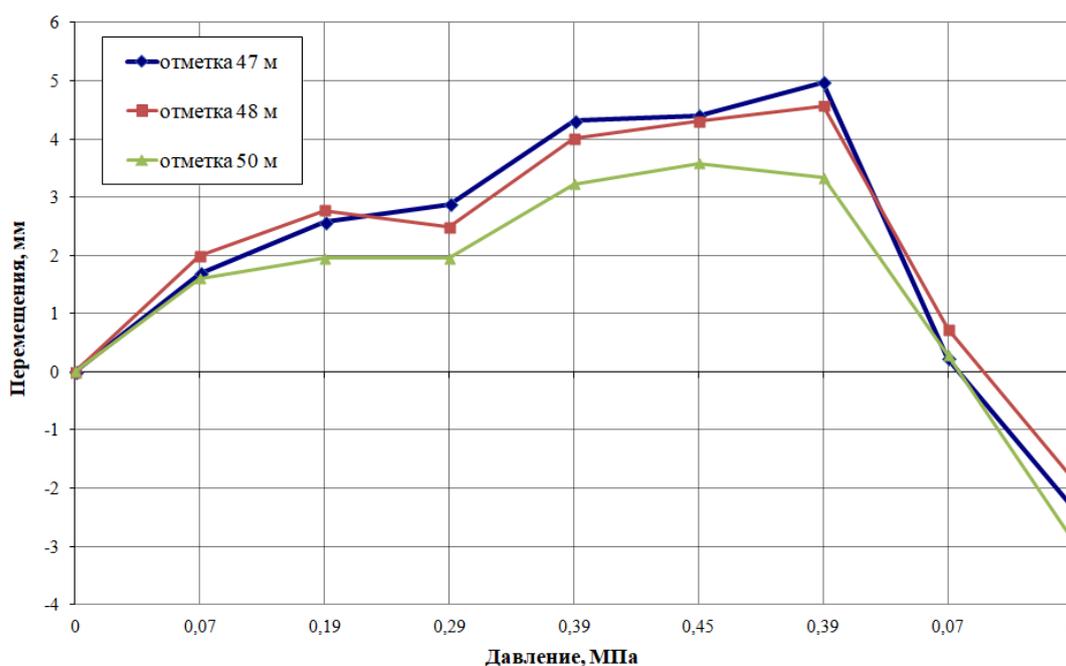


Рисунок 3 – Приращения перемещений стенки защитной оболочки в период прямо-сдаточных испытаний, энергоблок №3 Ростовской АЭС, отметка 47.0, 48.0 и 50 м, створ №1

Таким образом, подкрановая консоль полярного крана обладает определенной жесткостью, что препятствует перемещению защитной оболочки при преднапряжении, Изменение геометрических параметров при испытаниях защитной оболочки может привести к снижению жесткости. Поэтому целесообразно проводить рихтовку подкрановых путей полярного крана только после проведения испытаний защитной оболочки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Медведев, В.Н.* Натурные наблюдения на этапе строительства защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС [Текст] / В.Н. Медведев, Александр С. Киселев, Алексей С. Киселев, А.Н. Ульянов, В.Ф. Стрижов, Е.А. Потапов // Глобальная ядерная безопасность. – 2014. – № 3 (12). – С. 89-99.
2. *Пимшин, Ю.И.* Влияние крана кругового действия на техническое состояние строящейся защитной герметичной оболочки АЭС [Текст] / Ю.И. Пимшин, Е.Б. Ключин, О.Е. Губеладзе, В.Н. Медведев, С.М. Бурдаков, Ю.В. Заяров // Глобальная ядерная безопасность. – 2016 – № 2 (19). С. 33-42.
3. *Забазнов, Ю.С.* Геодезическое обеспечение мониторинга технического состояния защитных герметичных оболочек атомных электрических станций (АЭС) в период их строительства, преднапряжения и испытания [Текст] / Ю.С. Забазнов, Е.Б. Ключин, Ю.И. Пимшин // Геодезия, картография, кадастр – современность и перспективы : материалы междунар. конф., Москва, 27-28 мая 2014 г. / МИИГАиК – Москва : МИИГАиК, 2014. – С. 19–23.
4. *Пимшин, Ю.И.* Диагностика технического состояния защитных оболочек АЭС [Текст] / 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.

Monitoring of Containments of Nuclear Power Plants during the Acceptance Tests

V.N. Medvedev*¹, Aleksandr S. Kiselev*, Aleksei S. Kiselev*, V.F. Strizhov*,
A.N. Ulianov*, M.I. Skorikova*², Yu.I. Pimshin**³

**Nuclear safety institute of the Russian academy of sciences*

***Volgodonsk Engineering Technical Institute the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»*

¹cont@ibrae.ac.ru

²skorikova@ibrae.ac.ru

³YIPimshin@mephi.ru

Abstract – The article presents the results of the study of changes in the stress-strain state and the geometric parameters of the containment shell near the junction of the cylindrical part with the dome and in the area of the crane rail of the polar crane during the acceptance tests.

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

УДК 628.4

Подземно-наземный комплекс по управлению отходами

Т.М. Хафизов*, А.Х. Байбури**

**ООО «СК-Проект», Челябинск*

***Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск.*

Статья затрагивает актуальные темы: утилизация и переработка твердых бытовых отходов и промышленных шлаковых отходов. Объектом проектного исследования является подземно-наземный комплекс по управлению отходами

Ключевые слова: биосферная совместимость, управления отходами, здания и сооружения, подземное строительство, способ опускающего бетона.

Сформулирована концепция подземного комплекса по управлению отходами, с функциями сортировки, сжигания, утилизации твердых коммунальных отходов. Предложена технологическая цепочка, выстроенная вертикально вниз с возможностью возврата вверх в виде энергии или прессованных тюков для продажи сырья. Применены солнечные панели производящие электроэнергию, которая вливается в общий энергетический баланс комплекса. Для резервации и сохранения электроэнергии запроектированы гравитационные энергонакапливающие элементы, позволяющие в нужный момент дополнить недостающую электроэнергию.

Технология строительства комплекса представлена двумя изобретениями: «Способ формования железобетонных изделий посредством опускающегося бетона» и «Способ строительства подземного многоэтажного сооружения». Данная технология позволяет строить до глубины 100 метров, а с глубины 25 метров является, практически, безальтернативной. Все работы по производству монолитного каркаса выполняются на поверхности земли. Геомассив удерживается горизонтальными грунтовыми анкерами и вертикальными буронабивными сваями с тросовыми затяжками анкеров. Результат – экономическая и технологическая эффективность. Инновационная технология позволяет строить не только подземные, но и наземные сооружения, а также применима к возведению жилых домов из блок-комнат.

Underground and Ground Waste Management Complex

T.M. Khafizov¹, A.Kh. Bayburin²

¹ "SK-Project LLC", Chelyabinsk

² South Ural State University (NRU), Chelyabinsk.

¹ x-t-m@mail.ru

² abayburin@mail.ru

Abstract – The article covers current topics: utilization and recycling of solid household wastes and industrial slag waste. The object of the project study is an underground-ground waste management complex.

Keywords: biosphere compatibility, waste management, buildings and structures, underground construction, method of lowering concrete.

УДК 528.48

Восстановление мониторинга зго аэс с оценкой ее эксплуатационной надежности на этапе, после продолжительного периода эксплуатации блока

Ю.С. Забазнов

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

В работе рассмотрена теория оценки технического состояния ЗГО блоков АЭС. Рассмотрены возможные исходные условия выполнения работ и внесены предложения по реализации данной методики в рассматриваемых условиях. Изложенные предложения обеспечивают объективный контроль защитных оболочек на неограниченный срок их эксплуатации.

Ключевые слова: защитная герметичная оболочка, техническое состояние, преднапряжение, испытание, контроль, мобильная геодезическая диагностическая система, оценка напряженно деформированного состояния.

Для оболочек, построенных в недавнее время в соответствии с НП-010-16 «Правила устройства и эксплуатации локализирующих систем безопасности атомных станций», разработаны и реализованы методы контроля ее технического состояния [1-4]. Для оболочек, возведенных в 1980-2010 г. задача оценки технического состояния остается актуальной, а в некоторых случаях эта задача переходит в разряд критических.

Предложенная и реализованная методика контроля по оценке технического состояния ЗГО состоит в том, что контролируемые точки располагают непосредственно на поверхности защитной оболочке, при этом, на цилиндрической части размещают в безмоментных зонах на строительных осях оболочки и приурочивают их положение к зонам размещения блоков датчиков встроенной системы. На купольной части тоски располагают на четвертных осях, размещают так же в безмоментных зонах, и приурочивают их положение к зонам размещения блоков датчиков встроенной системы. Измерение положений исследуемых точек выполняют на этапах: после полного возведения герметичной защитной оболочки, после выполнения полной программы напряжения, при испытании оболочки на этапе создания максимального внутреннего давления и в последствии при эксплуатации в период каждого планового предупредительного ремонта, по полученным поэтапным результатам определяют величины перемещений $A_{(i)}$ контролируемых точек вычисляют по формуле (1):

$$\delta_{\mathcal{C}} = A_{\mathcal{C}} - A_{\mathcal{C}-1}, \quad (1)$$

где $A_{(i-1)}, A_{(i)}$ – измеряемые параметры исследуемых точек на предыдущих $(i-1)$ и последующих (i) этапах;

$\delta_{(i)}$ – соответствующие межэтапные параметры перемещения исследуемых точек.

Затем определяют коэффициент запаса прочности строительных конструкций защитной герметичной оболочки (2) и (3):

$$K_0 = \delta_0 / \delta_1, \quad (2)$$

$$K_{\mathcal{C}} = \left[\delta_0 + \left(\delta_2 + \sum_3^n \delta_{\mathcal{C}} \right) \right] / \delta_1, \quad (3)$$

где K_0 – коэффициент запаса прочности, определенный по результатам реализации этапов преднапряжения δ_0 и испытания δ_1 оболочки;

$K_{(i)}$ – коэффициент запаса прочности, определенный по результатам реализации n этапов на стадии эксплуатации оболочки.

Одновременно на тех же этапах измеряют напряжения датчиками, установленными в окружной арматуре, на цилиндрической части, и окружной и меридиональной арматуры в купольной части, встроенной системы контроля напряжений U_i , по измеренным значениям напряжений вычисляют их межэтапное изменение $\delta''_{\mathcal{C}}$ – (4):

$$\delta''_{\mathcal{C}} = U_{\mathcal{C}} - U_{\mathcal{C}-1}, \quad (4)$$

где $U_{(i-1)}, U_{(i)}$ – напряжения по соответствующим датчикам встроенной системы на предыдущих $(i-1)$ и последующих (i) этапах;

$\delta''_{(i)}$ – соответствующие межэтапные параметры изменения напряжений в зонах размещения соответствующих датчиков встроенной системы.

В свою очередь по этим значениям вычисляют коэффициенты запаса прочности $K''_{(i)}$ (K''_0) – (5) и (6):

$$K''_0 = \delta''_0 / \delta''_1, \quad (5)$$

$$K''_{\mathcal{C}} = \left[\delta''_0 + \left(\delta''_2 + \sum_3^n \delta''_{\mathcal{C}} \right) \right] / \delta''_1, \quad (6)$$

где K''_0 – коэффициент запаса прочности, определенный по результатам измерений встроенной системой при реализации этапов преднапряжения δ''_0 и испытания δ''_1 оболочки;

$K''_{(i)}$ – коэффициент запаса прочности определенный по результатам измерений встроенной системой при реализации n этапов на стадии эксплуатации оболочки.

Далее выполняют сравнение полученных коэффициентов (7):

$$K_0 - K''_0 \leq \varepsilon \text{ или } K_{\mathcal{C}} - K''_{\mathcal{C}} \leq \varepsilon, \quad (7)$$

где ε – заданная величина допустимой разности коэффициентов.

Соблюдение неравенств является надежной и объективной оценкой технического состояния напрягаемой части оболочки. При этом в практике предлагается использовать ниже приведенное неравенство (8):

$$\frac{|K_0 - K_0''|}{K_0''} \times 100\% \leq 10\% . \quad (8)$$

При выполнении неравенства (8) выполняют вычисление средних значений коэффициентов (9):

$$K_{cp} = \frac{K_0 + K_0''}{2} \text{ или } K_{cp} = \frac{K_0 + K_0''}{2} . \quad (9)$$

Таким образом, в результате мониторинга, определяются коэффициент запаса прочности $K_{cp(0)}$ и $K_{cp(i)}$ на соответствующих этапах $T_{(0)}$ и $T_{(i)}$ существования оболочки. По этим результатам определяют аппроксимирующую функцию вида (10):

$$K_t = a_0 + a_1 \cdot T + a_2 \cdot T^2 + a_3 \cdot T^3 + a_4 \cdot T^4 . \quad (10)$$

И каждая последующая величина вычисленного коэффициента $K_{cp(i)}$ в некоторый момент $T_{(i)}$ при эксплуатации ЗГО уточняет аппроксимирующую функцию $K_{t(i)}$.

Для оболочек, построенных и введенных в эксплуатацию в 1980-2010 годы возможны следующие условия их мониторинга.

1) При преднапряжении и испытании выполнялся геодезический контроль исследуемых точек. А на последующих этапах эксплуатации ЗГО данные работы не выполнялись. В этом случае для первого этапа $K_{cp(0)}$ вычисляется по формуле (9) для последующих этапов $K_{cp(i)}$ принимается $K_{cp(i)} = K''_{(i)}$. Далее определяется аппроксимирующая функция (10). Затем по формуле (10) вычисляют $K_{t(n)}$ на текущий момент $T_{(n)}$. Имея $K_{t(n)}$ восстанавливают значение (11):

$$\delta_N = \left[\delta_0 + \left(\delta_2 + \sum_3^n \delta_{\text{с}} \right) \right]$$

$$\delta_N = K_{t(n)} \delta_1 . \quad (11)$$

Для последующих этапов (12):

$$K_{t(n)} = \left[\left(\delta_N + \sum_{n+1}^m \delta_i \right) / \delta_1 \right] . \quad (12)$$

Таким образом восстанавливается и продолжается на неограниченное время контроль текущего состояния ЗГО по данным геодезического мониторинга.

2) Геодезический контроль на этапах преднапряжения и испытания не выполнялся, и в последующем также. В этом случае $K_{cp(0)}$ принимается $K_{cp(0)} = K''_{(0)}$ и $K_{cp(i)} = K''_{(i)}$. Далее определяется аппроксимирующая функция (10). Затем по формуле (10) вычисляют $K_{t(n)}$ на текущий момент $T_{(n)}$. Однако в этом варианте δ_1 в свое время не определялась, в соответствии с эти, в качестве δ_1 принимается осредненная величина, определенная на иных аналогичных оболочках, или вычисленная по δ''_1 в результате моделирования процессов преднапряжения и испытания данной ЗГО. В последующем поступают аналогично первому варианту определяют δ_N и $K_{t(i)}$. И так же продолжают на неограниченном времени контроль текущего состояния ЗГО по данным геодезического мониторинга.

Отметим следующее, если на стадии эксплуатации, выполняется испытание оболочки, а это возможно при полной замене системы преднапряжения ЗГО, тогда величина δ_1 будет определена в результате натуральных измерений на объекте.

Реализация изложенных предложений позволяет восстановить и выполнять на неограниченном временном интервале эксплуатации объективный мониторинг технического состояния защитных герметичных оболочек с реактором ВВЭ-1000, построенных в 1980-2010 годах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пимшин, Ю.И. Диагностика технического состояния защитных оболочек АЭС. [Текст] / Ю.И. Пимшин [и др.] // Известия высших учебных заведений «Геодезия и Аэрофотосъемка» – 2016. – № 4. – С.55.
2. Пимшин, Ю.И. Оценка напряженно-деформированного состояния защитных герметичных оболочек на примере блоков Ростовской АЭС. [Текст] / Ю.И. Пимшин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка, –2017. – № 3 – С .36-42.
3. Пат. 2546990 Российская Федерация, МПК⁷ G01 М 99/00. Способ определения деформационных характеристик защитной герметичной оболочки [Текст] / Пимшин Ю.И., Забазнов Ю.С., Губеладзе О.А., Пимшин П.Ю.; опубл. 10.04.2015, Бюл. №10. <http://www.fips.ru>
4. Пат. 2577555 Российская Федерация, МПК⁷ G01 М 99/00. Способ оценки эксплуатационной надежности защитной герметичной оболочки реакторного отделения АЭС [Текст] / Пимшин Ю. И., Ключин Е. Б., Забазнов Ю. С., Губеладзе О. А., Пимшин П. Ю.; опубл. 20.03.2016, Бюл. №8. <http://www.fips.ru>

Restoration of Monitoring of the NPP Protective Containment Assessing its Operational Reliability after a Long Period of Unit Operation **Yu.S. Zabaznov**

**Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University “MEPhI”,
Volgodonsk, Rostov region
YSzabaznov@mephi.ru*

Abstract – The paper deals with the theory of assessing the technical condition of protective containment units of nuclear power plants. The possible initial conditions of work performance are considered and suggestions are made for the this methodology implementation in the conditions under consideration. The stated proposals provide an objective control of protective shells for an unlimited period of their operation.

Keywords: protective containment, technical condition, prestress, testing, control, mobile geodetic diagnostic system, evaluation of the stress-strain state.

УДК 681.51-192

Эффективное повышение уровня надежности АЭС за счет введения шестого защитного барьера

А.А.Землянский, К.А.Землянский, Р.Р.Шарипов

*Балаковский инженерно-технологический институт (филиал) НИЯУ «МИФИ»,
Балаково, Московская обл.*

В работе рассматривается вопрос эффективного повышения уровня эксплуатационной надежности энергогенерирующих ядерных объектов на примере АЭС с реакторами ВВР-1000 за счет введения в систему управления надежностью АЭС шестого защитного барьера.

Ключевые слова: защитные барьеры, надежность, магнитометрические датчики, остаточные напряжения.

Во всем мире безопасность атомных станций независимо от технологических особенностей АЭС базируется на концепции глубоко эшелонированной защиты. Такая концепция предусматривает создание ряда последовательных физических защитных барьеров на пути распространения радио-активных веществ в окружающую среду в результате возникновения на АЭС какой-либо внештатной или аварийной ситуации на первом или втором контуре действующей АЭС.

В настоящее время на всех АЭС Российской Федерации имеется 5 классических защитных барьеров в состав которых входит: - топливная матрица; рабочая оболочка ТВЭлов; рабочая граница первого контура; защитная преднапряженная железобетонная оболочка реакторного отделения и наконец - система биологической защиты.

Однако учитывая то, что все объекты атомной энергетики относятся к уникальным сооружениям и одновременно идентифицируются согласно СТО 1.1.1.02.009.0873-2012 «Обеспечение безопасности при эксплуатации зданий и сооружений атомных станций» как – опасные производственные объекты с повышенным уровнем ответственности. Поэтому по мнению авторов и мнению многих международных и отечественных экспертов вышеотмеченный факт свидетельствует о том, что в существующую систему безопасности АЭС следует незамедлительно ввести шестой защитный барьер в виде системы активного мониторинга НДС незаменяемых несущих и ограждающих конструкций РО и МО, которая будет контролировать напряженно-деформированное состояние наиболее ответственных элементов АЭС активно влияющих на общий уровень безопасности энергетических объектов.

В работе отмечено что все существующие на сегодняшний день системы мониторинга НДС несущих конструкций ядерных объектов, например в виде струнных датчиков, не позволяют надежно и эффективно оценить уровень НДС указанных конструкций как в статическом, так и в динамических режимах. Кроме того традиционные системы мониторинга не позволяют оценить уровень «остаточных» напряжений в материале высокоответственных конструкций АЭС наличие которых на практике может также приводит к предаварийным и аварийным ситуациям.

Для решения указанной проблемы автор настоящей статьи разработал инновационную системы мониторинга НДС как для металлических несущих конструкций, так и для железобетонных элементов, которая полностью лишена недостатков традиционных систем мониторинга НДС рабочих элементов и имеет ряд неоспоримых преимуществ, в частности несопоставимо более высокую чувствительность и разрешающую способность. А также очень высокую надежность и способность измерять уровень действующих и остаточных напряжений в материале с одновременным измерением и динамических характеристик объекта.

Предлагаемая система мониторинга разработана на основе использования эффекта Форстера в основу которой положена зависимость относительной магнитной проницаемости ферромагнитных сред от уровня действующих в материале напряжений.

На разработанную систему мониторинга автором получен патент № 2295118, который свидетельствует об уровне эффективности инновационного решения данной проблемы.

В целом использование предлагаемой системы мониторинга позволит на практике предупредить и не допустить любую внештатную – предаварийную, либо аварийную ситуацию на АЭС с одновременным повышением уровня безопасности и надежности эксплуатации АЭС после продления срока эксплуатации объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная программа «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» Постановление Правительства РФ №1715 от 13.11.2009 г.
2. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений ФЗ №384-ФЗ от 30.12.2009 г.
3. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. ГОСТ 31937-2011. – Москва : МИТКС 2012. – 68 с.
4. Методика оценки технического состояния и остаточного ресурса строительных конструкций атомных станций. РД ЭО 1.1.2.99.0867-2012. – Москва : ОАО «Концерн Росэнергоатом» 2012. – 30 с.
5. Мониторинг строительных конструкций атомных станций. РД ЭО 1.1.2.99. 624-2011 Москва : ОАО «Концерн Росэнергоатом». – 2012. – 68 с.
6. Пат. № 2295118 С1 БИ №1 Магнитоупругий датчик. [Текст] / К.А. Землянский, А.А. Землянский Москва, 2007.
7. *Землянский, А.А.* Мониторинг и управление надежностью зданий и сооружений различного назначения [Текст] // А.А. Землянский // Промышленное и гражданское строительство. – Москва, 2004. – № 9. – С. 39.
8. *Forster F.Z.* fur Metallkunde. №43. 1952.
9. *Землянский, К.А.* Инновационная система активного мониторинга НДС несущих и ограждающих конструкций энергогенерирующих объектов [Текст] / К.А. Землянский, А.А. Землянский // Материалы X Межд. науч.-прак. конф. «Безопасность ядерной энергетики». – Волгоград : ВИТИ (филиал) НИЯУ МИФИ, 2014. – С.41-45.
10. *Землянский, К.А.* Инновационная система НДС несущих конструкций и силового оборудования гидротехнических сооружений [Текст] / К.А. Землянский, А.А. Землянский // Сб. статей. II Межд. науч.-прак. конф. Балаково : БИТИ (филиал) НИЯУ «МИФИ», 2016 – С. 81-90.

Effective Increase of NPP Reliability by Introducing the Sixth Protective Barrier

A.A.Zemlyansky¹, K.A.Zemlyansky², R.R.Sharipov³

Balakovo Engineering Technological Institute (branch) of the National Research Nuclear University MEPhI, Moscow

¹*zempl_aa@mail.ru*

²*zeco.macos@gmail.com*

³*scharipovrustam140796@yandex.ru*

Abstract – The paper addresses the issue of effectively increasing the level of operational reliability of energy generating nuclear facilities on the example of NPPs with WWR-1000 reactors due to the introduction of the sixth protective barrier into the NPP reliability control system.

Keywords: protective barriers, reliability, magnetometric sensors, residual voltage.

УДК 621.874: 621.311.25

Наладка ходовой части крана кругового действия На предприятии заказчика

С.М. Бурдаков*, А.Н. Гейдарова*, А.С. Демиденко, И.Ю. Пимшин****

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

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

В работе рассмотрены вопросы наладки кранов кругового действия на объекте заказчика. Показано, что определяющими характеристиками при наладке движения крана по окружности являются геометрические параметры ходовой части. При этом отмечено, что ремонтпригодная

геометрия моста и ходовой части крана соответствует не напряженному его состоянию. При этом подчеркнута, что в процессе наладки устраняются дефекты исключительно в ходовой части крана. В процессе наладки крана компенсируются ошибки, допущенные в процессе изготовления и монтажа. Отмечено, что сюда относятся все ошибки, допущенные как при изготовлении конструктивных элементов, так и допущенные непосредственно при их монтаже, а также ненормативные зазоры в подвижных частях крана, детерминирующие их люфты.

Ключевые слова: атомная электрическая станция, кран кругового действия, ходовая часть мостового крана, ходовое колесо, главный балансир, малый балансир, взаимный разворот ходовых колес.

С реализацией проекта АЭС с реактором ВВЭР-1000 началась история использования, в качестве одного из основных видов оборудования, кранов кругового действия. Данное подъемное сооружение устанавливается в реакторном отделении блоков атомных станций, оно предназначено на этапе монтажа оборудования для основных грузоподъемных и транспортных операций в гермообъёме. А на стадии эксплуатации, транспортирование чехлов со свежим топливом в реакторное отделение и удаление из него отработанного, в период текущих ППР, а также сопровождение механомонтажных работ по замене оборудования в зоне ограниченного доступа. В последующих проектах энергоблоков АЭС-2006 и АЭС ВВЭР-ТОИ продолжается использование кранов аналогичного вида для решения тех же задач.

На стадии строительства объекта заказчика, ходовая часть и мост крана монтируются на рельсовом пути в период возведения оболочки, когда отсутствует ее купольная часть. Затем выполняется установка на мост грузоподъемных тележек, портала крана, и монтаж электрооборудования. После чего выполняют наладку крана [1-3]. Как правило, наладка крана выполняется на этапе, когда купольная часть оболочки закрыта и выполнено ее бетонирование. Наладку ходовой части крана выполняют исходя из нижеследующих теоретических положений.

В общем виде фактические геометрические характеристики крана в статическом состоянии можно описать уравнением (1) или (2):

$$F_{ki} = f_i^K(x_i, y_i, z_i)T_i, \quad (1)$$

или

$$F_{ki} = f_o^K(x_o, y_o, z_o) + f_m^K(\Delta x, \Delta y, \Delta z)_m + f_{def.}^K(\delta x_i, \delta y_i, \delta z_i)_{def.}, \quad (2)$$

где $f_o^K(x_o, y_o, z_o)$ – проектные геометрические характеристики крана;

$f_m^K(\Delta x, \Delta y, \Delta z)_m$ – геометрические ошибки положения элементов крана допущенные при его изготовлении и монтаже;

$f_{def.}^K(\delta x_i, \delta y_i, \delta z_i)_{def.}$ – текущие деформационные геометрические характеристики крана.

При движении крана в том или ином направлении происходит изменение взаимного положения его частей, что детерминирует изменение напряжений в его элементах. Движение крана в одном направлении, сопряжено с возрастанием напряжений в ходовой части, от минимального - до максимальных величин, которые в предельном состоянии формируют усилие, направленное в сторону разгрузки, превышающее силу трения колеса о рельс, и тогда происходит проскальзывание колеса по рельсу, с частичной разгрузкой ходовой части. Если продолжать движение крана в том же направлении, вскоре опять произойдет проскальзывание колеса по рельсу. Такое состояние крана будем называть предельным. В случае изменения направления движения крана, вначале, будет происходить постепенная разгрузка ходовой части. Затем кран пройдет условно нулевое положение паразитных напряжений и, при продолжении движения, напряжения начнут возрастать, только их знак будет противоположным напряжениям, формировавшимся при первоначальном движении. В

итоге и в этом направлении движения сформируются условия проскальзывания колеса по рельсу. Таким образом, будет сформировано второе, условно противоположное предельное состояние крана. Из чего следует, что, в общем виде, фактические геометрические характеристики крана являются переменной функцией, зависящей от величины пройденного пути:

$$F_{ki} = f_o^k(x_o, y_o, z_o) + f_m^k(\Delta x, \Delta y, \Delta z)_m + \int_{L_0}^{L_i} \int_{L_0}^{L_i} f_{\text{деф.}^k}(\delta x_i, \delta y_i, \delta z_i)_{\text{деф.}} dx \cdot dy. \quad (3)$$

где L_0, L_i – границы участка пути использования крана.

Разгруженное положение или положение, в котором паразитные напряжения в конструкциях крана минимальны, находится в середине отрезка пути при его движении из одного предельного состояния в условно противоположное. При этом отметим общее правило, что ремонтно-пригодная геометрия моста и ходовой части крана соответствует не напряженному его состоянию.

Как отмечалось выше, методика оценки технического состояния кранового оборудования базируется на правиле заключающейся в том, что ремонтно-пригодная геометрия моста и ходовой части крана соответствует не напряженному его состоянию, всякая другая – есть частная и характеризует его частное (оригинальное) состояние. То есть, не напряженное состояние крана характеризует условие, при котором деформации в его конструктивных элементах отсутствуют или минимальны (4):

$$f_{\text{деф.}^k}(\delta x_i, \delta y_i, \delta z_i)_{\text{деф.}} = 0. \quad (4)$$

Тогда фактическая, ремонтно-пригодная геометрия крана, в общем виде, будет определяться формулой (5):

$$F_{ki} = f_o^k(x_o, y_o, z_o) + f_m^k(\Delta x, \Delta y, \Delta z)_m. \quad (5)$$

Ошибки, допущенные в процессе изготовления и монтажа крана, детерминируют дефекты его движения и могут быть выявлены, компенсированы или удалены в процессе наладки. При этом следует учитывать, то, что в процессе наладки дефекты движения крана могут быть исправлены исключительно его ходовой частью.

Предложенный способ определения не напряженного состояния крана, заключающийся в том, что на рельсовом пути производят определение предельных деформационных состояний крана (I и II). Данные предельные состояния соответствуют условию, которые в общем виде могут быть описаны вариантами формулы (6):

$$f_{\text{деф.}^k}(\delta x_n, \delta y_n, \delta z_n)_{\text{деф.}} = +T'_{\text{max}}, \quad f_{\text{деф.}^k}(\delta x_m, \delta y_m, \delta z_m)_{\text{деф.}} = -T''_{\text{min}}. \quad (6)$$

При этом знаки деформаций приняты условно.

Зафиксировав названные положения, определяется интервал (на подкрановом пути), на котором происходят основные изменения геометрии крана. Затем кран перемещают в центр данного отрезка, т.е. в положение условно «нулевое» (ненапряженное) состояние (III), см. рис. При данной постановке крана производят исследование его геометрии. Для надежности контроля геометрии крана, выше приведенную последовательность действий повторяют n раз (7):

Adjusting of Polar Crane Running Gear at the Corporate Customer Site S.M. Burdakov^{1*}, A.N. Heydarova^{2*}, A.S. Demidenko^{3**}, I.Yu. Pimshin^{4**}

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

***Don State Technical University, Rostov-on-Don*

¹SMBurdakov@mephi.ru;

²VITIKafSP@mephi.ru;

³e-mail: aleksdem76@gmail.com

⁴ivan.pimschin@yandex.ru

Abstract – The article discusses the issues of adjustment of polar cranes at the customer site. It shows that the defining characteristics when adjusting the movement of the crane around the circumference are the geometric parameters of the running gear. It is noted that the repair-fit geometry of the bridge and the running gear of the crane corresponds to its non-stressed state. It is emphasized that defects are eliminated exclusively in the running gear of the crane in the process of adjustment. Errors made in the process of manufacturing and installation are compensated during the crane adjustment. It is noted it refers to all errors made in the manufacture of structural elements as well as those made directly during their installation, and non-standard gaps in the moving parts of the crane determining their backlash.

Ключевые слова: nuclear power station, polar crane, running gear of bridge crane, running wheel, main balancer, small balancer, mutual turn of the running wheels.

УДК 528.541.8

Поверка нивелиров на вертикальном компараторе

Ю.В. Заяров^{*}, Орехов М.И.^{*}, Д.М. Арсеньев^{**}

** Национальный исследовательский ядерный университет (МИФИ), Волгодонск, Ростовская обл.*

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

В работе рассмотрены вопросы исследования электронных и оптико-механических нивелиров. Приведено описание вертикального компаратора и методики его применения при исследовании нивелиров. Кроме этого предложен вариант универсального компаратора, совершенствующего возможности стационарного. При исследовании нивелиров определяются ошибки измерения превышений на заданных рабочих расстояниях, в том числе дано описание порядка определения ошибок недокомпенсации наклона нивелира и суммарной ошибки правильности хода фокусирующей линзы зрительной трубы и ошибок нанесения делений шкал реек для оптических, и шкал с Rab-кодowymi делениями для электронных нивелиров.

Ключевые слова: нивелир, отсчет, точность нивелирования, вертикальный компаратор, ошибка измерения, поправка

Характеризуя современное состояние измерительной техники необходимо отметить ее бурное развитие. Каждые пять, максимум десять лет происходит обновление средств измерений, с использованием в них новых физических способов, принципов измерений, средств микроэлектроники и программного обеспечения. Однако общей чертой для новой техники является ее дороговизна по сравнению с предшествующими поколениями. В том числе и поэтому, обновление техники несколько отстает от темпов ее развития. А производственные задачи ужесточаются в требованиях к точности контроля, своим чередом, без ориентации на трудности, сложности внедрения новой измерительной техники. В этих условиях, имеется ранее разработанный, с давних времён используемый, подход для повышения точности измерений – это исследование имеющейся техники, определение

достижимых, предельных по точности характеристик, и использование на пределе точностной возможности приборов при решении производственных задач. Это почти всегда дает положительный результат, во-первых, решить высокоточные измерительные задачи, во-вторых, обеспечить некоторый запас времени на приобретение новой высокоточной техники, когда ее стоимость будет более доступной.

Нивелиры приборы, предназначенные для измерения превышений. На сегодняшний день этот тип приборов максимально широко используется в геодезии, строительстве, монтаже, тяжёлом машиностроении и т.д. Проблема обеспечения высокой и прецизионной точности остается актуальной для этих приборов и сегодня.

Исследования выполняемые по направлению повышения точности измерений при нивелировании и сегодня остается актуальной задачей.

Вносимое предложение методики основано на использовании вертикального компаратора.

На рисунке 1 приведен пример схемы вертикального компаратора, где S_1 , S_2 расстояние от станции стояния инструмента и, соответственно, до первой и последней закрепленной точке, причем в данном компараторе $S_1 = S_2$.

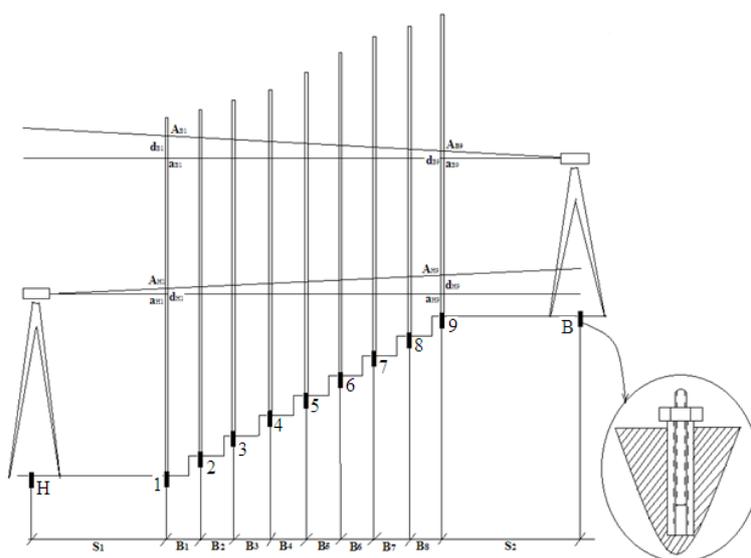


Рисунок 1 – Схема ступенчатого вертикального компаратора

Горизонтальные расстояния между точками компаратора $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6, B_7, B_8$, причем $B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = B_5 = B_6 = B_7 = B_8$. Точность выполнения всех расстояний компаратора ± 10 мм. Отсчеты по рейке нивелиром, установленном на нижней станции, $A_{H1} \dots A_{H9}$ и отсчеты по рейке нивелиром, установленном на верхней станции, $A_{B1} \dots A_{B9}$. Причем (1):

$$\begin{cases} A_{H1} = a_{H1} + d_{H1}, \dots, A_{H9} = a_{H9} + d_{H9}; \\ A_{B9} = a_{B9} + d_{B9}, \dots, A_{B1} = a_{B1} + d_{B1}; \end{cases} \quad (1)$$

где $a_{H1}, \dots, a_{H9}; a_{B1}, \dots, a_{B9}$ – значения теоретических отсчетов по рейкам, соответствующие горизонтальному положению визирной оси;

$d_{H1}, \dots, d_{H9}; d_{B1}, \dots, d_{B9}$ – ошибки, вызванная недокомпенсацией угла наклона нивелира.

При этом (2):

$$\begin{cases} \Delta_{dH} = d_{H2} - d_{H1}, \\ \Delta_{dB} = d_{B8} - d_{B9}. \end{cases} \quad (2)$$

Исходя из конструктивного условия компаратора $V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = V_5 = V_6 = V_7 = V_8$ и $S_1 = S_2$ имеем $d_{H1} = d_{B9}$, $\Delta_{dH} = \Delta_{dB}$, тогда (3):

$$\begin{cases} d_{H2} = d_{H1} + \Delta_{dH}, d_{H3} = d_{H1} + 2 \cdot \Delta_{dH}, d_{H4} = d_{H1} + 3 \cdot \Delta_{dH}, \dots, d_{H9} = d_{H1} + 8 \cdot \Delta_{dH}; \\ d_{B8} = d_{B9} + \Delta_{dB}, d_{B7} = d_{B9} + 2 \cdot \Delta_{dB}, d_{B6} = d_{B9} + 3 \cdot \Delta_{dB}, \dots, d_{B1} = d_{B9} + 8 \cdot \Delta_{dB}. \end{cases} \quad (3)$$

В этом случае отсчеты нивелиром $A_{H1} \dots A_{H9}$ и $A_{B1} \dots A_{B9}$ будут определены как (4):

$$\begin{cases} A_{H1} = a_{H1} + d_{H1}, A_{H2} = a_{H1} + d_{H1} + \Delta_{dH}, A_{H3} = a_{H1} + d_{H1} + 2 \cdot \Delta_{dH}, \dots, A_{H9} = a_{H1} + d_{H1} + 8 \cdot \Delta_{dH}; \\ A_{B1} = a_{B9} + d_{B9} + 8 \cdot \Delta_{dB}, \dots, A_{B7} = a_{B9} + d_{B9} + 2 \cdot \Delta_{dB}, A_{B8} = a_{B9} + d_{B9} + \Delta_{dB}, A_{B9} = a_{B9} + d_{B9}. \end{cases} \quad (4)$$

Тогда суммарный отсчет на каждой точке вертикального компаратора будет равен (5):

$$\begin{cases} A_1 = (a_{H1} + a_{B9}) + (d_{H1} + d_{B9} + 8 \cdot \Delta_{dB}); \\ A_8 = (a_{H1} + a_{B9}) + (d_{H1} + d_{B9} + 7 \cdot \Delta_{dH} + \Delta_{dB}); \\ A_9 = (a_{H1} + a_{B9}) + (d_{H1} + d_{B9} + 8 \cdot \Delta_{dH}). \end{cases} \quad (5)$$

Превышения на каждой ступени вертикального компаратора определится из выражений (6):

$$h_{1-2} = (A_1 - A_2)/2, h_{2-3} = (A_2 - A_3)/2, \dots, h_{7-8} = (A_7 - A_8)/2, h_{8-9} = (A_8 - A_9)/2. \quad (6)$$

Составляющую недокомпенсации угла наклона нивелира, установленного на нижней станции, определяют по формулам:

$$\delta_{H1-2} = (A_{H2} + h_{1-2}) - A_{H1}, \delta_{H1-3} = (A_{H3} + h_{1-2} + h_{2-3}) - A_{H1}, \delta_{H1-4} = (A_{H4} + h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4}) - A_{H1}, \dots, \\ \delta_{H1-9} = (A_{H9} + h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4} + h_{4-5} + h_{5-6} + h_{6-7} + h_{7-8} + h_{8-9}) - A_{H1},$$

установленного на верхней станции:

$$\delta_{B9-8} = (A_{B9} + h_{8-9}) - A_{B8}, \delta_{B9-7} = (A_{B9} + h_{7-8} + h_{8-9}) - A_{B7}, \delta_{B9-6} = (A_{B9} + h_{6-7} + h_{7-8} + h_{8-9}) - A_{B6}, \dots, \\ \delta_{B9-1} = (A_{B9} + h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4} + h_{4-5} + h_{5-6} + h_{6-7} + h_{7-8} + h_{8-9}) - A_{B1}.$$

Анализ суммарной ошибки правильности хода фокусирующей линзы и ошибок нанесения делений шкал реек для оптических, и шкал с Rab-кодowymi делениями для электронных нивелиров, выполняют, исследуя на предмет равенства величин $\Delta_{H2-3}, \dots, \Delta_{H8-9}$ и $\Delta_{B7-8}, \dots, \Delta_{B8-9}$.

$$\Delta_{H2-3} = \delta_{H1-3} - \delta_{H1-2}, \Delta_{H3-4} = \delta_{H1-4} - \delta_{H1-3}, \Delta_{H4-5} = \delta_{H1-5} - \delta_{H1-4}, \Delta_{H5-6} = \delta_{H1-6} - \delta_{H1-5}, \dots, \Delta_{H8-9} = \delta_{H1-9} - \delta_{H1-8}. \\ \Delta_{B7-8} = \delta_{B9-7} - \delta_{B9-8}, \Delta_{B6-7} = \delta_{B9-6} - \delta_{B9-7}, \Delta_{B5-6} = \delta_{B9-5} - \delta_{B9-6}, \Delta_{B4-5} = \delta_{B9-4} - \delta_{B9-5}, \dots, \Delta_{B8-9} = \delta_{B9-1} - \delta_{B9-2}.$$

Таким образом, исследуются нивелиры с определением поправок в значения отсчетов на заданных расстояниях. Введение поправок позволяет повысить точность измерений. При этом изменяя S_1 и S_2 можно провести исследования нивелиров на разных рабочих расстояниях.

Вертикальный компаратор может быть выполнен в универсальном исполнении (рис. 2).

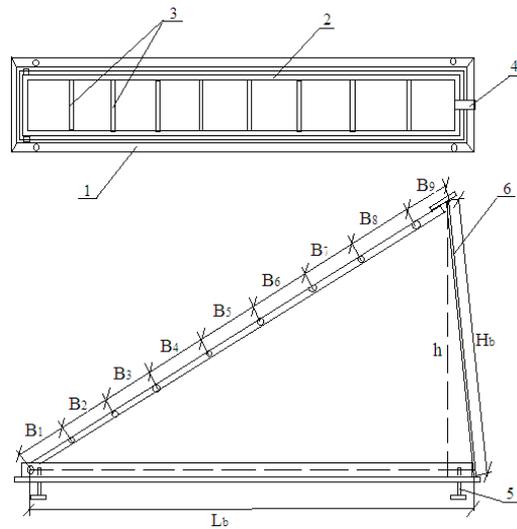


Рисунок 2 – Универсальный ступенчатый вертикальный компаратор
 1. – основная рама компаратора; 2. – рама ступеней; 3. – ступени компаратора;
 4. – упор; 5. – подъемные винты; 6. – наборный шток

Конструкция компаратора может быть представлена в виде основной рамы компаратора (1) на которой установлена, с возможностью ее подъема, рама (2). На раме (2), с равномерным шагом ($B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = B_5 = B_6 = B_7 = B_8 = B_9$), стационарно закреплены ступени (3). С помощью упора (4) и универсального наборного штока (6), длина которого определяется суммой длин частей его составляющих, рама (2), которая может быть развернута относительно рамы компаратора (1) на заданный угол. Основная рама компаратора (1) приводится в горизонтальное положение с помощью подъемных винтов (5).

При этом общая высота h треугольника рамы компаратора определяется по формуле (7):

$$h^2 = H_b^2 + \Delta^2, \quad (7)$$

где
$$\Delta = \frac{H_b^2 - B^2 + L_b^2}{2 \cdot L_b},$$

H_b – общая длина универсального наборного штока;

L_b – длина основания треугольника рамы компаратора;

$$B = \sum_{i=1}^9 B_i.$$

Тогда превышение h , на каждой ступени компаратора будет равно $h_{i-(i+1)} = (B/9)$.

Все остальные этапы реализации исследования нивелиров соответствуют вышеописанной последовательности.

Использование вертикальных компараторов при исследовании оптико-механических и электронных нивелиров обеспечивает определение предельной инструментальной точности на заданных рабочих расстояниях. А достоверное знание инструментальной точности позволяет обеспечить надежное решение производственных задач по определению превышений или по контролю горизонтальности элементов контролируемых объектов. При этом, реализация описанной методики и средства ее обеспечивающего, не требуют значимых капитальных вложений организации их применяющих.

Verification of Levels on a Vertical Comparator

Yu.V. Zayarov^{1*}, M.I. Orekhov^{2*}, D.M. Arsenyev^{3**}

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

***Don State Technical University, Rostov-on-Don*

¹YVZayarov@mephi.ru

²VITkafSP@mephi.ru

³dima81-07@mail.ru

Abstract – The article deals with the study of electronic and optical-mechanical levels. It describes the vertical comparator and the method of its use in the study of levels. In addition, a variant of the universal comparator which improves stationary capabilities is proposed. In the study of levels errors in measuring exceedances at specified working distances are determined, including a description of the procedure for determining errors of undercompensation of the level slope and the total error of the course correctness of the telescope focusing lens and the errors of applying divisions of the range poles for optical levels, and scales with Rab-code divisions for electronic ones.

Keywords: level, counting, leveling accuracy, vertical comparator, measurement error, correction.

УДК 621.039.0538: 621.311.25

Проблема, возникающая при замене СПЗО на блоках АЭС с реактором ВВЭР-1000

Ю.И. Пимшин^{*}, Г.А. Науменко^{**}, Е.Н. Яговкина^{**}, М.В. Корнева^{*}

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

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

В работе рассмотрена проблема замены системы преднапряжения защитной герметичной оболочки (СПЗО) на этапе продления ресурсных характеристик ЗГО. Изучены особенности отечественной СПЗО используемой при строительстве блоков в 80-е годы и системы, разработанной французской фирмой Фрейсине – СПЗО-М, используемой сегодня для замены при модернизации блоков. Описаны их особенности и некоторые проблемы, связанные с организацией мониторинга на период продления эксплуатации блока.

Ключевые слова: защитная герметичная оболочка, техническое состояние, преднапряжение, испытание, контроль, система преднапряжения защитной оболочки, оценка напряженно деформированного состояния

В рамках модернизации блоков АЭС с реактором ВВЭР-1000 обновляется их оборудование, одновременно с этим реконструируются и строительные конструкции, в том числе, относящиеся к системе безопасности. Прежде всего, эта проблема касается защитной герметичной оболочки, в которой заменяется, например, система СПЗО. Известно, что система преднапряжения защитной оболочки предназначена для обжатия ЗГО с целью повышения прочности оболочки и обеспечение ее целостности при возникновении ситуаций, связанных с возникновением проектного предельного расчетного события в реакторном отделении или воздействия внешнего негативного фактора, например, падения на оболочку среднемагистрального самолета. Проектная система СПЗО выполнена таким образом, что в теле стены ЗГО, в процессе строительства, устраиваются каналообразователи из пластиковых труб (см. рис. 1).

При этом, в цилиндрической части каналообразователи уложены по геликоидально-петлевой схеме, в купольной части по ортогонально-петлевой. Общее число каналообразователей 132 штуки, в том числе 96 в цилиндрической части и 36 в купольной.

В каналообразователи запасовывают арматурные канаты, каждый из которых состоит из 456 параллельно уложенных высокопрочных стабилизированных проволок диаметром 5 мм из углеродистой стали 5В1400-Р1 ГОСТ 7348-81. На концах арматурный канат имеет две анкерные петли. С помощью лидера канат монтируется в канал защитной оболочки. После монтажа канатов производят их натяжение. Начало работ по натяжению СПЗО начинают по истечению девятидневного срока после достижения 100% проектной прочности бетона. Для обжатия оболочки используются домкраты ДГ-650/1200.

Процесс натяжения разбивают на пять этапов:

1) производится натяжение всех канатов цилиндрической части и купола до усилия в 600 тс. При этом строго придерживаются принятой на объекте программы натяжения канатов;

2) производится подтяжка канатов цилиндрической части до усилия в 800 тс, соблюдая ту же последовательность;

3) производится подтяжка канатов купольной части до усилия в 800 тс; соблюдая ту же принятую программу;

4) выполняется натяжение цилиндрической части оболочки с пиковым усилием в 1000 тс в произвольном порядке, исключая последовательное.

5) выполняется подтяжка всех канатов купола с пиковым усилием 1000 тс.

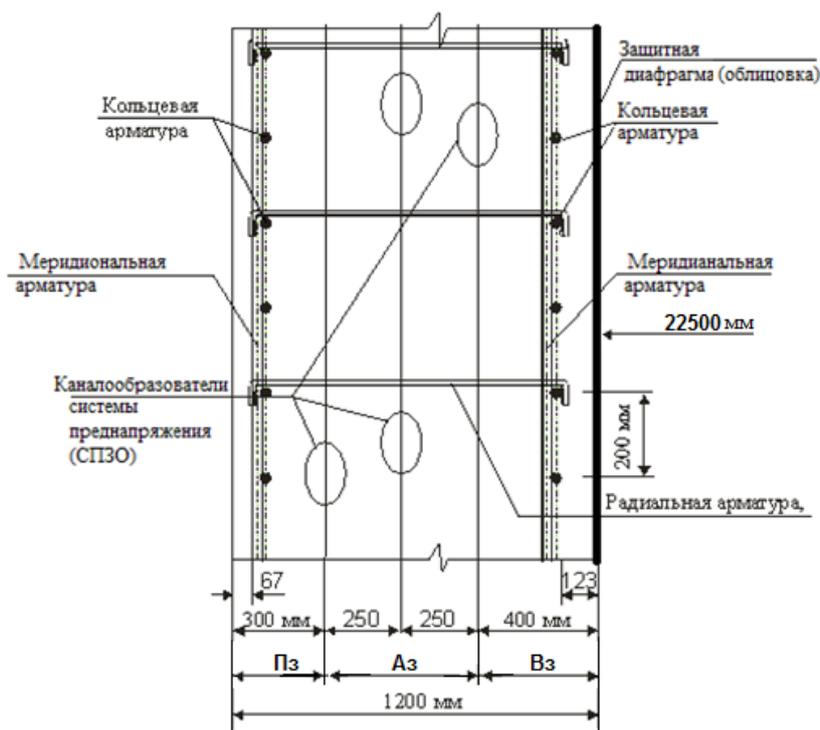


Рисунок 1 – Поперечное сечение цилиндрической части ЗГО

После завершения напряжения оболочки проводят консервацию узлов крепления канатов к опорному кольцу, в дальнейшем при проведении планово-предупредительных ремонтных работ проверяют усилие натяжения канатов и при необходимости проводят подтяжку либо замену каната.

Перед вводом в эксплуатацию оболочки проводят ее испытание на герметичность и прочность. Данные испытания осуществляются путем создания избыточного давления

внутри гермообъема. Основным критерием оценки технического состояния ЗГО, исходя из требований СП-52-102-2004, ее надежности и оценки ресурсных характеристик, является коэффициент запаса прочности, который определяется по формуле (1):

$$K = \frac{\sigma_{\text{пред}}}{\sigma_{\text{доп}}}, \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{пред}}$ – предельное напряжение;

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустимое напряжение.

Если организован мониторинг геометрических параметров ЗГО и определяются величины перемещений заданных точек конструкций на соответствующих этапах преднапряжения и испытания, тогда для одноосного сжатия определим (формулы (2) и (3), что:

$$\sigma_{\text{пред}} = E \frac{\Delta_{\text{пред}}}{l_0}; \quad (2)$$

$$\sigma_{\text{доп}} = E \frac{\Delta_{\text{доп}}}{l_0}. \quad (3)$$

Подставив формулы (2) и (3) в формулу (1), получим формулу (4):

$$K_0 = \frac{\Delta_{\text{пред}}}{\Delta_{\text{доп}}}. \quad (4)$$

Применительно к ЗГО в качестве $\Delta_{\text{пред}}$ принимают перемещения конструктивных точек, размещенных на элементах (стенках) ЗГО при ее преднапряжении. В качестве $\Delta_{\text{доп}}$ принимают перемещения тех же точек на этапе испытаний при наборе внутреннего давления, равного 4,6 атм. Согласно требований предъявляемых к защитным оболочкам $K_0 \geq 1,5$ на всех этапах эксплуатации, начиная с преднапряжения. При этом после испытаний коэффициент K_0 , определенный по результатам, принимается начальным. Далее ежегодно определяются величины годовых перемещений δ_i . Тогда текущий коэффициент на любом этапе ЗГО определяется следующим образом по формуле (5):

$$K_i = \frac{\Delta_{\text{пред}} + \sum_{i=1}^n \delta_i}{\Delta_{\text{исп}}}. \quad (5)$$

Здесь $f_{\text{дег}} = \Delta_{\text{пред}} + \sum_{i=1}^m \delta_i$ является функцией деградации ЗГО.

Таким образом, имея перемещения исследуемых точек на соответствующих этапах существования ЗГО, обеспечивается возможность оценки его технического состояния и определения остаточного ресурса.

Во время эксплуатации ведется непрерывный мониторинг всех систем АЭС, в том числе и защитной оболочки. Одним из основных параметров ЗГО является оценка достаточности уровня её обжатия системой СПЗО. Данный критерий оценивает допустимый уровень K_i и может быть определен измерением напряжений (армокаркаса и бетона) встроенной системой датчиков в тело стены оболочки, измерением величин перемещений стены оболочки в заданных торчках на внешней ее поверхности или измерением осевых сил в напряженном канате [4-5]. При этом отметим то, что уровень обжатия не является постоянной величиной,

негативное влияние на его оказывают факторы, такие как температура, ползучесть бетона, релаксация строительных элементов ЗГО, усталостные свойства арматуры и реология канатов.

После завершения полного нормативного срока эксплуатации блока, на основе результатов обследования принимается решение о его модернизации. Например, реконструкция защитной герметичной оболочки выполняется путем замены СПЗО, для дальнейшей нормативной эксплуатации с необходимым уровнем обжатия. Сегодня в качестве альтернативы отечественной системе, для замены, применяют систему, разработанную французской фирмой Фрейссине – СПЗО-М. Данная система выполнена в виде витых семи проволочных армоканатов, которые размещены в полиэтиленовой оболочке, пятьдесят семипроволочных канатов объединены в основной канат, которым и заменяют ранее применяемые. В отличие от предшественника, после монтажа каната в каналобразователь, предусмотрено его инъецирование бетоном, затем проводится натяжение каната. Процесс натяжения троса выполняют одним этапом, при этом натяжение каната выполняется до достижения пикового усилия в 1000 т. Замена всех канатов системы выполняется по одному, строго по принятой программе модернизации СПЗО.

Сегодня модернизация системы преднапряжения путем замены одной системы другой выполняется без преемственности мониторинговых мероприятий по оболочке. Так встроенная система датчиков в тело стены оболочки, как правило после тридцати лет эксплуатации полностью неработоспособна, измерения величин перемещений стены оболочки в заданных торчках на внешней ее поверхности своевременно не организована, и может быть использована лишь измерительная система осевых сил в напряженном канате. Кроме того, испытание оболочки на прочность при модернизации не выполняется, следовательно, величины ($\sigma_{доп}$, $\Delta_{доп}$) полученные при наборе внутреннего давления, равного 4,6 атм., не определяются, как следствие этого для новой системы СПЗО-М не вычисляется K_0 . Использование коэффициента запаса прочности полученного при начальном испытании оболочки неправомерно, так как в течении проектного срока эксплуатации согласно функции деградации оболочка, в некоторых пределах, изменила свои физико-механические характеристики. Дальнейшая эксплуатация защитной оболочки, на срок продления ее ресурсных характеристик, без знания начальных условий понижает определенность уровня эксплуатационной пригодности и как следствие этого понижает уровень ядерной безопасности блока.

Problem Arising during Containment Pre-Tensioning System Replacement in the NPP Units with WWER-1000 Reactor

Yu.I. Pimshin*¹, G.A. Naumenko², E.N. Yagovkina **³, M.V. Korneva ***

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

***Don State Technical University, Rostov-on-Don*

¹YIPpimshin@mephi.ru

²e-mail: geodez@aanet.ru

³yagovkinaalena@yandex.ru

Abstract – The paper deals with the problem of containment pre-tensioning system replacing at the stage of extending the Containment life-time characteristics. The features of Russian containment pre-tensioning system used in the unit construction in the 1980s and the system developed by the French company Freyssinet - CPTS-M used today as a replacement during the unit modernization are studied. Their features and some problems associated with the organization of monitoring for the period of the unit operation extension are described.

Keywords: protective containment, technical condition, prestress, testing, control, protective shell prestressing system, evaluation of the stress-strain state

Особенности монтажа рельсового пути полярного крана на энергоблоках проекта АЭС 2006

В.Г. Ткачев*, Г.А. Науменко**, А.С. Демиденко**, И.Ю. Пимшин**

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

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

В работе представлены результаты монтажа радиального рельсового пути и крана кругового действия устанавливаемого в реакторных отделениях АЭС.

Ключевые слова: Защитные герметичные оболочки, атомная энергетика, кран кругового действия, рельсовый путь, монтаж

Одной из основных технологических машин, устанавливаемых в реакторных отделениях АЭС являются краны кругового действия (рис. 1).

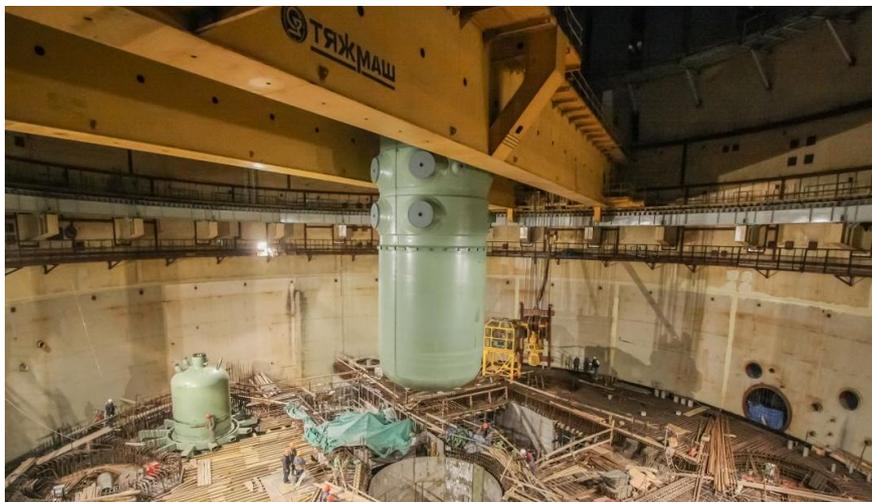


Рисунок 1 – Кран кругового действия при монтаже корпуса реактора, на станции, строящейся по проекту АЭС-2006

Они выполняют основные подъёмные и транспортные операции при монтаже технологического оборудования реакторного отделения, а на стадии эксплуатации выполняют транспортирование свежего ядерного топлива в гнездо свежего топлива бассейна выдержки и отработанного топлива – из зоны, а также выполняют подъёмные операции при ремонте и замене оборудования в реакторном отделении. Такого типа подъемное оборудование отнесено к группе «А» и к нему, нормативными документами, предъявляются особые требования.

На сегодняшний день в связи с окончанием строительства блоков проекта с реактором ВВЭР-1000 завершён монтаж полярных кранов этого типа. При этом здесь накоплен значительный опыт монтажа данных технически сложных объектов. Продолжается возведение блоков проекта АЭС 2006 и соответствующих им кранов кругового действия. При общей схожести проектных решений обратим внимание на их конструктивных особенностях и приведем необходимые наработанные предложения, при реализации которых повышается эффективность монтажа этого типа оборудования, (табл. 1). Согласно общей методике монтажа рельсового пути в проекте АЭС 2006 его этапы реализуются в том же порядке, как и в проекте АЭС с реактором ВВР-1000.

Таблица 1 – Геометрические параметры рельсовых путей полярных кранов

№ п/п	Наименование параметра	Проекта с реактором ВВЭР1000	Проекта АЭС 2006
1	Консоли гермооболочки	Двойные (спаренные), металлические	Одинарные, металлические
2	Балки подкранового рельса	Металлические, коробчатого тапа, в плане имеющие форму сегмента кольца окружности, общее количество - 24	Металлические коробчатого типа прямолинейной формы, с косыми вертикальными торцами, общее количество - 24
3	Опоры подкранового рельса, шт.	288	278
	Тип рельса	КР-140	КР-140
4	Секции подкранового рельса, шт.	32	31
5	Длина рельсового пути по оси, м.	135.088	130.376
6	Радиуса рельсового пути и допуск на его выполнение, мм	21500±2.5	20750±2.5
7	Диаметра рельсового пути и допуск на выполнение, мм	43000±5	41500±5
8	Смещение фактического центра рельсового пути от центра гермооболочки, мм	250 от центра, между осями III-IV 24°30'	100 от центра, по оси 180°
9	Допустимая величина смещения фактического центра рельсового пути от теоретического положения, мм	±10	±10

Их общий перечень включает:

- изучение проектной документации, анализ отчетных материалов по мониторингу реакторного отделения;
- приемочный контроль строительной части защитной оболочки;
- входной контроль секций рельсового пути;
- разбивка оси рельсового пути на верхней поверхности подкрановых балок;
- разбивка первого стыка секций рельсового пути;
- установка секций рельсового пути (кроме последнего «закрывающего») в проектное положение;
- подрезка по месту и установка замыкающего звена в проектное положение;
- определение зазора (примыкания) нижней (опорной) поверхности каждой опоры секций рельсов и верхней плоскости подкрановых балок, вычисление подкладок под опоры секций рельсов;
- сварка опор секций рельсового пути и верхней поверхности подкрановых балок;
- исполнительная съемка рельсового пути, сдача приемка заказчиком смонтированного объекта.

Исследования всех этапов монтажа рельсового пути с учетом особенностей проекта АЭС-2006 является своевременной и актуальной задачей.

Features of Rail Track Polar Crane Mounting at NPP Power Units of 2006 Project

V.G. Tkachev^{1*}, G.A. Naumenko^{2}, A.S. Demidenko^{3**}, I.Yu. Pimshin^{4**}**

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

***Don State Technical University, Rostov-on-Don*

¹VGTkachev@mephi.ru

Abstract – The paper presents the results of the installation of a radial rail track and a polar crane installed in the NPP reactor compartments.

Keywords: Protective containment, nuclear power, polar crane, rail track, installation.

УДК 725: 693.9: 69.058

Об использовании синтезированных допусков при оценке уровня безопасности промышленных каркасных зданий

Ю.И. Пимшин^{*}, Ю.В.Заяров^{*}, П.П. Лагутин^{}, М.С. Дежевой^{*}**

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

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

В работе рассмотрен вопрос определения параметров при обследовании каркасного здания и оценки его уровня безопасности. При этом предложено в качестве оцениваемой величины использовать «синтезированный» допуск на поперечную раму каркаса цеха. В качестве конечной характеристики технического состояния каркаса предложено использовать коэффициент безопасности, который определяется по величине предельного и текущего значения «синтезированного» допуска.

Ключевые слова: безопасность, техническое состояние, контроль, здание, сооружение, каркас, несущие строительные конструкции, оценка напряженно деформированного состояния.

Развитие любого государства связано с опережающим развитием его энергетической отрасли. В настоящее время в России утверждена распоряжением правительства РФ от 1 августа 2016 г. № 1634-р «Схема территориального планирования Российской Федерации в области энергетики». В рамках этого документа, в том числе, приведен перечень атомных электростанций, планируемых для размещения на территории РФ. Таким образом, сформулирована, в части атомной энергетики, ближайшая перспектива развития энергетического комплекса, при неприметном соблюдении всех ранее разработанных условий безопасности АЭС.

В данный комплекс, в том числе, включены работы по мониторингу и комплексному обследованию объектов АЭС как на стадии строительства, ввода в эксплуатацию, так и при их использовании в расчетном периоде, и кроме того включены работы по экспертизе промышленной безопасности с формулированием декларации промышленной безопасности при продлении срока их использования. Данные работы обязательны к выполнению на указанных этапах существования АЭС, на их основе делаются, во-первых, заключения о состоянии объектов, во-вторых, проектируются мероприятия на восстановление эксплуатационной пригодности, и, в-третьих, делается вывод о безопасной эксплуатации на ближайший расчетный период. Для данных комплексов работ имеются как общие их характеристики, так и особенные черты, и оценочные критерии.

Комплекс мониторинговых работ — это определение динамики параметров технического состояния объекта или его отдельных характеристик. При этом в зависимости от объема (количества) определяемых характеристик мониторинг может быть комплексным, когда оценивается динамика технического состояния объекта в целом и мониторинг

отдельных характеристик, например, осадки объекта (равномерной, неравномерной и т.д.), трещин объекта, распределение их по поверхностям и их динамические свойства (развитие, раскрытие и т.д.). В общем случае мониторинг осуществляется, начиная с момента возведения фундаментов объекта и завершается, в итоге реализации программы утилизации объекта. На всех этапах существования мониторинг реализуется по программе и в объёме согласно требований действующей нормативной документации.

Обследование — это определение технического состояния объекта путем сравнения его фактических характеристик с допустимыми параметрами. В зависимости от объема обследование может быть комплексным, когда выполняется диагностика максимально достижимого объема характеристик для данного исследуемого объекта, и техническое обследование, когда выполняется диагностика ограниченного или определенного вида характеристик для данного исследуемого объекта. Обследование выполняется, начиная с момента строительства и завершаясь перед его утилизацией. Обследование реализуется в порядке, объёме и, согласно методике изложенной в действующей нормативной документации.

Экспертиза промышленной безопасности – это определение технического состояния объекта с оценкой текущего уровня безопасной эксплуатации, с определением остаточного ресурса его эксплуатационных свойств и принятия решения о возможности использования данного объекта на расчетный ближайший пост период. Экспертиза промышленной безопасности проводится после техногенных или природных событий (воздействий на объект) направленных на снижение его эксплуатационной пригодности, или при достижении объекта нормативного срока эксплуатации. Экспертиза выполняется в порядке, объёме и согласно методики изложенной в действующей нормативной документации. В установленных законодательством случаях по итогам работ, для данного объекта, оформляется декларация промышленной безопасности.

Для всех групп работ общим является то, что всю информацию о состоянии объектов получают из анализа результатов визуальных или инструментальных обследований зданий и сооружений. При этом на сегодняшний день в общем случае определяются, в том числе, и геометрические характеристики.

При разработке программ по обследованию зданий и сооружений, исходя из особенностей их строительного решения, назначают для определения свойственные им геометрические характеристики, которые наиболее информатны для оценки технического состояния. Так при обследовании зданий каркасного типа, например, машинных залов блоков атомных станций, строительные конструкции которых по требованию нормативных документов диагностируются каждые четыре года, определяют:

- 1) Смещение осей основания колонны с осей здания – $u = \pm 10$ мм.
- 2) Фермы, при пролете l , относительный вертикальный прогиб - $f/L = l/300$.
- 3) Крен стальной колонны, при высоте колонны – $l - Q = l/50$.

4) Разность отметок верхнего торца смежных стальных колонн в ряде или в пролете - $\Delta s = \pm 10$ мм.

При возведении блоков АЭС, выполнение вышеприведенных требований, это обязательное условие обеспечения качества строительства. При выполнении исполнительных съёмов, данные характеристики строительных конструкций определяются, сравниваются с нормативно допустимыми, информация по ним наносится на составляемые схемы и предоставляются на проверку и сдачу данного этапа работ заказчику. Отметим, что описываемые характеристики обеспечиваются на стадии монтажа, причем для каждой строительной конструкции индивидуально. На стадии эксплуатации каркас машинного зала, его строительные конструкции работают во взаимосвязанной системе. Причем количество жестких связей по продольному и поперечному направлению цеха неодинаково. Так в продольном направлении машинного зала, колонны каркаса связаны между собой рамами с

наклонными связями в начале и конце каждого ряда. Кроме этого вдоль каждого ряда установлены балки подкранового пути для 15 тонного крана на отметке 23 м. и для 125 и 200 тонных кранов на отметке 28 м. В поперечном направлении, в каждой раме, колонны связаны лишь фермами перекрытия (рис. 1).

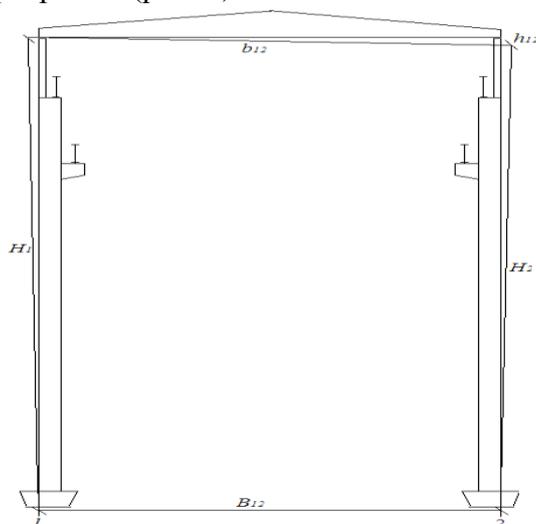


Рисунок 1 – Схема поперечной рамы машинного отделения

Анализируя возможное накопление деформаций в данном каркасе, отметим, что в продольном направлении изменение геометрических характеристик каркаса из-за включенных, вышеперечисленных, жестких связей – маловероятно, а в поперечной раме, накопление деформаций геометрических параметров, возможно и при выполнении диагностики необходимо наиболее тщательно выполнять контрольно-измерительные работы в этом сечении. При этом отметим, что на стадии эксплуатации каркаса, нормативные требования, предъявляемые на стадии его возведения, явно, не характеризуют его технического состояния. В силу того, что строительные конструкции поперечной рамы работают как единая система, то и характеристика оценивающая техническое обоснования должна быть единой и однозначной.

Предлагаем для оценки технического состояния каркаса использовать «синтезированные» допуски. Которые могут быть рассчитаны с использованием известной теории размерных цепей. При этом необходимо сформулировать правило знаков, положительное направление характеризует увеличение размеров объекта, отрицательное направление – уменьшение размеров. Так для поперечной рамы имеем (1):

$$\Delta_i = B_{12} + H_1 \cdot \sin(J_1) + H_2 \cdot \sin(J_2) - b_{12} \quad (1)$$

где Δ_i – значение замыкающего звена;

B_{12} – поперечное межосевое плановое расстояние между колоннами;

H_1, H_2 – высоты колонн;

J_1, J_2 – крены колонн;

b_{12} – продольный размер фермы каркаса.

Применяя правила «min-max» расчета размерных цепей, используя нормативные допустимые параметры, получим, что «синтезированный» допуск на устойчивое положение фермы в поперечной раме каркаса равен $\Delta_{\text{доп}}$. При этом, предельную величину, того же допуска получим (2):

$$\Delta_{\text{пред}} = \gamma \cdot \Delta_{\text{доп}}, \quad (2)$$

где $\Delta_{\text{пред}}$ – предельная величина «синтезированного» допуска;
 γ – коэффициент запаса.

Согласно нормативным требованиям для каркасного здания принимается $\gamma = 1.5$. При этом коэффициент безопасности K , оценивающий техническое состояние каркаса здания, например, машзала блока АЭС вычисляется по формуле (3):

$$K = \frac{\Delta_{\text{пред}} - \Delta_i}{\Delta_{\text{пред}}} \quad (3)$$

Выполним анализ формулы (3), исходя из требований, при $\Delta_i = 0$, тогда $K_i=1$, что полностью соответствует условию безопасности, или нормативному техническому состоянию. А если $\Delta_i = \Delta_{\text{дон}}$, например, при $\gamma=1.5$ тогда $K_{\text{дон}}=0.33$, следовательно при данном коэффициенте надежности $0.33 \leq K_i < 1$, т.е. обеспечивается условие соответствия объекта работоспособному техническому состоянию. В случае $\Delta_{\text{пред}} > \Delta_i > \Delta_{\text{дон}}$ тогда $0 < K_i < 0.33$, т.е. обеспечивается условие соответствия объекта ограниченно-работоспособному техническому состоянию, а когда $\Delta_i \geq \Delta_{\text{пред}}$ то $K_i \leq 0$ условие аварийного состояния объекта.

Таким образом, при необходимости оценки уровня безопасности каркасного здания, может быть реализована предлагаемая методика. И кроме этого, реализация данной методики, позволяет определять уровень безопасности, на всех этапах существования объекта, в том числе и на этапах, завершения работ по восстановлению эксплуатационной пригодности строительных конструкций объектов. То есть оценивать уровень безопасности, который планируется достичь, путем реализации проектируемых ремонтно-восстановительных работ, а следовательно, вести управление уровнем безопасности эксплуатируемого строительного объекта, например, каркасного здания машинного зала блока АЭС.

The Use of Synthesized Tolerances in Safety Level Assessing of Industrial Frame Buildings

Yu.I. Pimshin^{1*}, Yu.V. Zayarov^{2*}, P.P. Lagutin^{3**}, M.S. Dejevoj^{*}

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

***Don State Technical University, Rostov-on-Don*

¹YIPpimshin@mephi.ru

²YVZayarov@mehpi.ru

³paul.geodat@gmail.com

Abstract – The paper considers the issue of determining the parameters during the inspection of a frame building and assessing its safety level. It is proposed to use the “synthesized” tolerance for the transverse frame of the workshop frame as an estimated magnitude. As a final characteristic of the framework technical state it is proposed to use the safety factor which is determined by the magnitude of the limiting and current value of the "synthesized" tolerance.

Keywords: safety, technical condition, monitoring, building, structure, frame, supporting building structures, assessment of the stress-strain state.