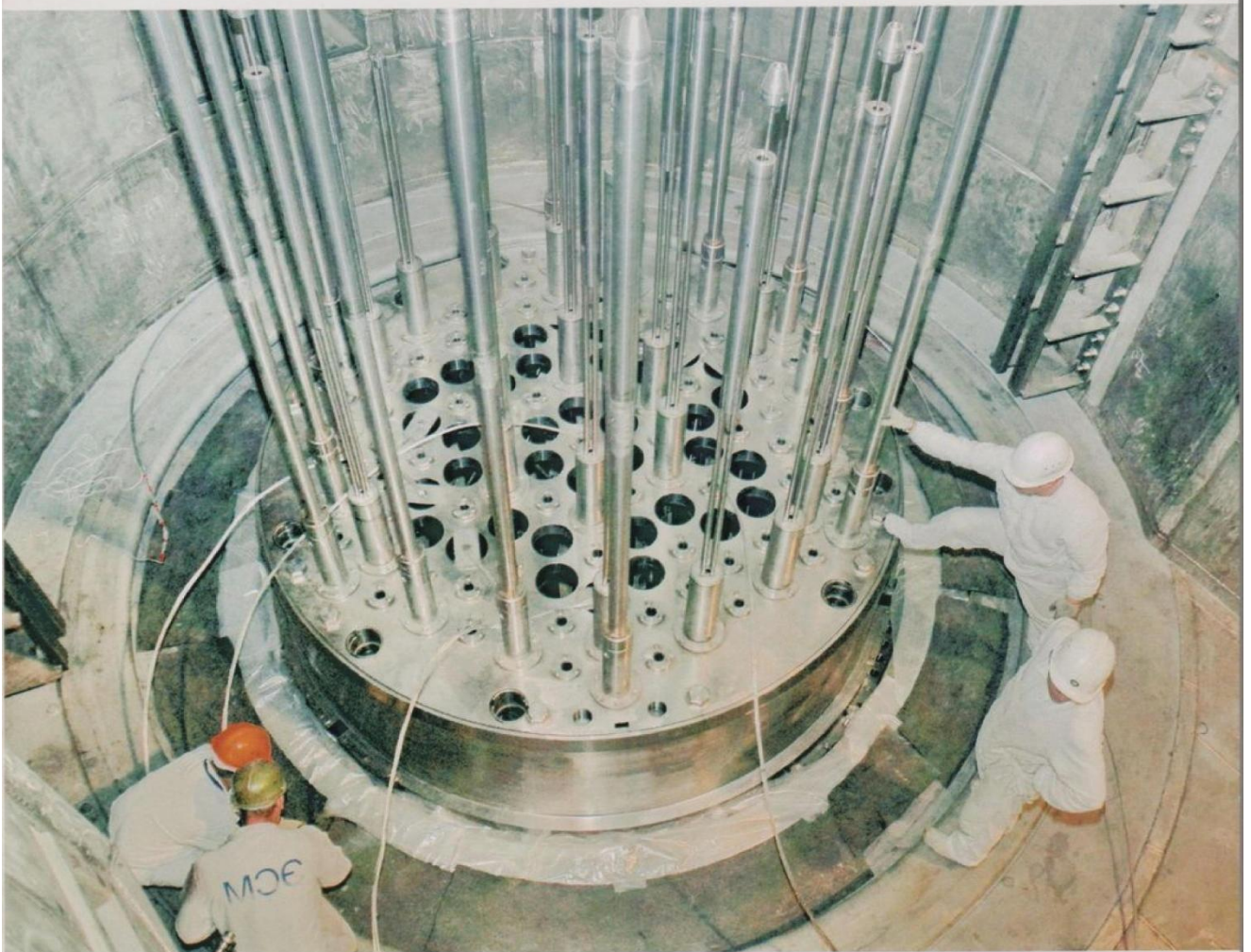


ISSN 2305-414X

ГЛОБАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ



Научно-практический журнал
№ 2-3 (4) 2012 сентябрь

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МИФИ»

ГЛОБАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

№ 2-3(4) 2012 СЕНТЯБРЬ

Основан в ноябре 2011 г.
(Свидетельство о регистрации от 3 ноября 2011 г., ПИ № ФС77 – 47155)
Выходит 4 раза в год
Индекс по Каталогу российской прессы «Почта России» - 47155

Журнал издается под руководством

Главный редактор:

М.Н. Стриханов, доктор физико-математических наук, профессор

Редакционный совет:

М.Н. Стриханов, (главный редактор, д-р физ.-мат. наук, проф.),
В.А. Руденко (заместитель главного редактора, д-р соц. наук, проф.),
А.М. Агапов (д-р техн. наук, проф.), В.В. Кривин (д-р техн. наук, проф.),
А.В. Паламарчук (к-т техн. наук), И.А. Бубликова (к-т техн. наук, доц.)

Редакционная коллегия:

М.Н. Стриханов, (главный редактор, физ.-мат.н. наук, проф.),
В.А. Руденко (заместитель главного редактора, д-р соц. наук, проф.),
А.М. Агапов (д-р техн. наук, проф.), А.В. Чернов (д-р техн. наук, проф.),
Ю.И. Пимшин (д-р техн. наук, проф.), Ю.П. Муха (д-р техн. наук, проф.),
В.В. Кривин (д-р техн. наук, проф.), В.И. Ратушный (д-р физ.-мат. наук, проф.),
Ю.С. Сысоев (д-р техн. наук, проф.), А.В. Паламарчук (к-т техн. наук),
В.Е. Шукшунов (д-р техн. наук, проф.), В.П. Поваров (к-т физ.-мат. наук),
А.В. Жук (к-т ист. наук, доц.)

Учредитель:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ»

Подписано к печати «25» октября 2012 г.

Выход в свет «04» декабря 2012 г. Формат А4

Усл. печ. л. 16,56 Тираж 1000 экз.

Адрес редакции: 115409, Россия, г. Москва, Каширское шоссе, 31; 347360, Россия, Ростовская обл.,
г. Волгодонск, ул. Ленина, 73/94,
тел.(8639)222717, E-mail: oni-viti@mephi.ru

Адрес типографии: 347360, Россия, Ростовская обл., г. Волгодонск, ул. Ленина, 73/94.

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКЦИИ	6
ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	7
А.Ю. Симаков <i>Организация радиационного контроля в районе размещения Ростовской АЭС</i>	8
В.Ф. Савельев, Н.В. Корнетова, А.В. Савельев <i>Безопасность АЭС в свете волновой модели неустойчивости</i>	13
И.О. Фролов <i>Учебно-контролирующее пособие для изучения норм радиационной безопасности</i>	17
ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС	19
В.Н. Медведев, А.Н. Ульянов, А.С. Киселев, А.С. Киселев, В.Ф. Стрижов <i>О применении модернизированной системы преднапряжения СПЗО-М на защитных оболочках АЭС</i>	20
В.Н. Ластовира, Е.Н. Румянцев <i>К вопросу ведения пучка вдоль свариваемого стыка по току термоэлектронов кромок</i>	27
В.В. Кривин, М.Ю. Виниченко, И.О. Ишигов, В.А. Толстов <i>Проверка адекватности модели звука ручной дуговой сварки</i>	32
В.И. Михайлов <i>Изучение геодинамических явлений – основа экологической безопасности эксплуатации АЭС</i>	39
А.М. Дегтярев, Е.В. Дегтярева <i>Геометрическая основа корреляционного анализа</i>	42
С.М. Бурдаков, В.М. Козловцев <i>Исследование энергетических характеристик дугового разряда с квазигармонической компонентой питания</i>	51
В.И. Сидоров, А.Г. Паулиш, Д.В. Почкай <i>Регистрация изменения нагрузки на твердое тело при помощи пьезооптического датчика</i>	57
А.М. Дегтярев <i>Применение непрерывных динамических аналогов итерационных вычислительных схем для уравнивания геодезических построений Негауссовскими способами</i>	63
ЭКСПЛУАТАЦИЯ АЭС	69
К.Н. Проскуряков, С.О. Беликов, А.К. Адаменков, А.В. Костин <i>Прогнозирование возникновения акустических резонансов в системе генерации и транспортировки пара АЭС с ВВЭР-1000</i>	70

М.Э. Пинчук, И.А. Якубенко <i>К вопросу об эффективности мероприятий, проводимых по повышению КИУМ атомных электростанций</i>	76
И.А. Загорулько <i>Программный комплекс визуализации и анализа соответствия полномасштабных тренажеров ОП ЗАЭС блокам-прототипам в рамках периодических испытаний и проверок ПМТ</i>	80
В.К. Семенов, М.А. Вольман <i>Численные эксперименты по математическому моделированию кинетики реактора в энергетических и аварийных режимах</i>	89
Г.И. Кравчук <i>Поддержание конфигурации ПМТ для подготовки и поддержания квалификации персонала БЩУ как неотъемлемая часть безопасной эксплуатации АЭС</i>	94
И.И. Лощаков, А.Л. Сироткина <i>Реакторная установка ВВЭР-СКД со спектральным регулированием и петлевой компоновкой</i>	99
В.В. Бажанов, И.И. Лощаков, А.П. Щуклинов <i>К вопросу участия АЭС в регулировании частоты тока и мощности энергосистемы</i>	104
О.В. Фоменко, А.А. Мирошниченко <i>Разработка комплекса мероприятий в сетях оперативного тока на АЭС по обеспечению электромагнитной совместимости с целью улучшения электромагнитной обстановки</i>	108
Е.М. Молошная, С.Е. Дорофеев <i>Особенности работы газотурбинной теплоэлектроцентрали нового поколения</i>	117
СОЦИАЛЬНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ АЭС	123
В.Т. Корниенко, Е.А. Брагина <i>О необходимости становления ядерного права как самостоятельной учебной дисциплины и создания академической кафедры ядерного права</i>	124
А.В. Железнякова <i>Толерантность как значимый элемент формирования социальной ответственности будущего специалиста атомной отрасли</i>	132
В.А. Руденко, Н.П. Василенко <i>Компетентностный подход в воспитании культуры безопасности в вузе</i>	136

CONTENTS

FROM EDITORIAL STAFF	6
THE PROBLEMS OF NUCLEAR, RADIATION AND ECOLOGICAL SAFETY	7
Simakov A.Y. <i>Organisation of radiation control in the area of Rostov nuclear power plant</i>	8
Savelyev V. F., Kornetova N. V., Savelyev A.V. <i>Safety of the nuclear power plant in the light of wave model of instability</i>	13
Frolov I.O. <i>Training manual for radiation standards learning</i>	17
SEARCH, PROJECTING, CONSTRUCTION AND ASSEMBLY OF MANUFACTURING EQUIPMENT OF NUCLEAR POWER PLANT	19
Medvedev V.N., Ulianov A.N., Kiselev Alexander S., Kiselev Alexey S., Strizhov V.F. <i>On the use of an updated containment-prestress system (SPZO-M) at nuclear power plant containments</i>	20
Lastovirya V.N., Roumyantsev E.N. <i>To the question of conducting the beam along the welded joint using the current of edges thermoelectrons</i>	27
Kravin V.V., Vinichenko M.Y., Ishigov I.O., Tolstov V.A. <i>Verification of the adequacy of the sound model of manual arc welding</i>	32
Mikhailov V.I. <i>Study of the geodynamic effects as the base of ecological safety of NPP exploitation</i>	39
Degtyarev A.M., Degtyareva E.V. <i>Geometric base of correlation analysis</i>	42
Bourdakov S.M., Kozlovstev V.M. <i>Researching of the energy features of arc with quasiharmonic power component</i>	51
Sidorov V.I., Paulish A.G., Pochkai D.V. <i>Logging of change of solid load with the help of piezooptic transducer</i>	57
Degtyarev A.M. <i>Using of the continuous dynamic analogues of iterative computing circuits for equalization of geodesic schemes with the help of non-Gaussian means</i>	63
NPP EXPLOITATION	69
Proskouryakov K.N., Belikov S.O., Adamenkov A.K., Kostin A.V. <i>Forecasting of acoustic resonance in the generation and transportation of steam on NPP with VVER-1000</i>	70
Pinchuk M.E., Yakoubenko I.A. <i>To the problem of effectiveness of the actions for increasing the annular plant factor of nuclear power plants</i>	76
Zagorulko I.A. <i>The program complex of visualization and analysis of ZNPP full-scale simulators compliance to blocks-prototypes in the process of periodic testing of the full-scale simulators</i>	80
Semenov V.K., Volman M.A. <i>Numerical experiments on mathematical modeling of the reactor in energy and emergency operation</i>	89
Kravchuk G.I. <i>Maintaining the configuration full scope simulators for the preparation and maintenance of control room staff as an integral part of the safe operation of nuclear power plants</i>	94
Loshchakov I.I., Sirotkina A.L. <i>The WWER-SCWR with spectral control and loop layout</i>	99
Bazhanov V.V., Loshchakov I.I., Shchuklinov A.P. <i>To the question of participation of the nuclear power plant in regulation of current frequency and power supply in a unified energy system</i>	104
Fomenko O.V., Miroshnichenko A.A. <i>Development of a complex action in the network of operational current in the nuclear power plants to ensure electromagnetic compatibility in order to improve electromagnetic environment</i>	108
Moloshnaya E.S., Dorofeev S.E. <i>Work peculiarities of heat and power gas-turbine plant of new generation</i>	117
SOCIO-LEGAL ASPECTS OF DEVELOPMENT OF NPP TERRITORIES	123
Kornienko V.T., Bragina E.A. <i>Formation of the nuclear law as independent academic discipline and the academic chair of the nuclear law</i>	124
Zheleznyakova A.V. <i>Tolerance as an important element in the process of formation of social responsibility of future specialists in the nuclear sphere</i>	132
Roudenko V.A., Vasilenko N.P. <i>Competence approach in education of safety culture in University</i>	136

ОТ РЕДАКЦИИ

Уважаемый читатель!

Основу этого номера журнала «Глобальная ядерная безопасность» составили материалы VIII Международной научно-практической конференции «Безопасность ядерной энергетики», состоявшейся 31 мая – 01 июня 2012 года в Волгодонском инженерно-техническом институте – филиале Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». Конференция была посвящена 70-летию НИЯУ МИФИ и 20-летию ОАО «Концерн Росэнергоатом».

На пленарном заседании выступил главный инженер Ростовской атомной станции А.Г. Жуков. Он представил собравшимся участникам конференции итоги работы и перспективы развития Ростовской АЭС, направления повышения безопасности её эксплуатации. Большой интерес у присутствующих вызвал доклад главного специалиста отдела подбора, адаптации и подготовки персонала ОАО «Концерн Росэнергоатом» Кондакова В.В. о перспективах потребностей атомной энергетики в кадрах.

Конференция работала по четырем секциям: «Проектирование и строительство энергоблоков АЭС», «Эксплуатация энергоблоков АЭС», «Экологическая безопасность эксплуатации АЭС», «Социально-экономические и правовые проблемы территорий размещения АЭС».

В рамках конференции состоялся конкурс стендовых докладов студентов и молодых ученых, а в учебно-тренировочном подразделении Ростовской АЭС прошло заседание Круглого стола «Инновационные формы взаимодействия высшей школы и предприятий атомной энергетики по обеспечению эффективности и безопасности эксплуатации АЭС».

Конференция является ежегодной, и оргкомитет конференции приглашает специалистов и всех заинтересованных в получении достоверной информации об уровне безопасности эксплуатации атомных станций принять участие в работе Международной научно-практической конференции «Безопасность ядерной энергетики» в 2013 году, а редакция журнала уверена, что материалы этого номера будут полезны и интересны его читателям.

**Г
Л
О
Б
А
Л
Ь
Н
А
Я**

**Я
Д
Е
Р
Н
А
Я**

**Б
Е
З
О
П
А
С
Н
О
С
Т
Ь**

**ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

УДК 621.311.25

ОРГАНИЗАЦИЯ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ РОСТОВСКОЙ АЭС

А.Ю. Симаков

<i>Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция»</i>	<i>The branch of Joint Stock Company of open type «Concern Rosenergoatom» «Rostov Nuclear power plant»</i>
--	--

Рассмотрены системы радиационного мониторинга территории размещения Ростовской АЭС. Представлены характеристики и состав используемого оборудования, а также объекты природной среды, подлежащие радиационному контролю.

Ключевые слова: Ростовская АЭС, радиационный контроль, автоматизированная система контроля радиационной обстановки, передвижная радиометрическая лаборатория.

The systems of radiation monitoring of Rostov NPP area are considered. The description and composition of used equipment and the objects of environment liable to radiation control are presented.

Keywords: Rostov NPP, radiation control, automatic system of radiation control, mobile radiometric laboratory.

Радиационный контроль окружающей среды (далее РКОС) в районе размещения Ростовской АЭС осуществляется участком РКОС Отдела радиационной безопасности атомной станции и включает в себя контроль приземного слоя воздуха, атмосферных выпадений, интегральной годовой дозы на местности вокруг АЭС, поверхностных водоемов, включая сеть питьевого водоснабжения. Также контролируются пищевые продукты местного производства, поверхностный слой почвы, полевая растительность, донные отложения и водоросли. Кроме того, осуществляется ежеквартальный контроль мощности дозы гамма-излучения с помощью автомобильной лаборатории радиационной разведки по 5 автомобильным маршрутам.

В автоматизированном режиме радиационный контроль в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения Ростовской АЭС осуществляется Автоматизированной системой контроля радиационной обстановки (далее АСКРО). АСКРО Ростовской АЭС представляет собой распределенную информационно-измерительную систему, осуществляющую круглосуточный мониторинг мощности дозы гамма-излучения в местах размещения стационарных постов радиационного контроля.

Создание АСКРО Ростовской АЭС было осуществлено в 2 этапа.

В 2001 году, до ввода в промышленную эксплуатацию энергоблока №1 Ростовской АЭС, был введен в эксплуатацию пусковой комплекс АСКРО (рис. 1) в составе:

- 19 стационарных постов контроля мощности дозы гамма-излучения в населенных пунктах санитарно-защитной зоны (далее СЗЗ) и зоны наблюдения (далее ЗН) АЭС, на базе оборудования «Атлант»;
- центрального поста БОП «Атлант-М» для приема данных от постов контроля

АСКРО;

- центрального поста контроля (далее ЦПК) АСКРО, размещенного в защищенном пункте управления противоаварийными действиями на АЭС;
- автоматического метеокомплекса МК-11 на промплощадке АЭС с метеобашней высотой 40м, осуществляющего измерение температуры, скорости и направления ветра на уровнях 8, 22 и 40 м., а также влажности, атмосферного давления и наличия жидких осадков;
- программно-технического комплекса расчетного прогнозирования RECASS для оценки воздействия АЭС на население и окружающую среду в случае возникновения нештатной ситуации.

В состав «RecassExpress» включены модули:

- расчета переноса и рассеяния радиоактивной примеси в атмосфере;
- расчёта индивидуальных доз внешнего и внутреннего облучения и поглощённых доз в воздухе;
- рекомендаций о необходимости проведения мероприятий по защите населения;
- справочной информации о дозовых коэффициентах и характеристиках радионуклидов.

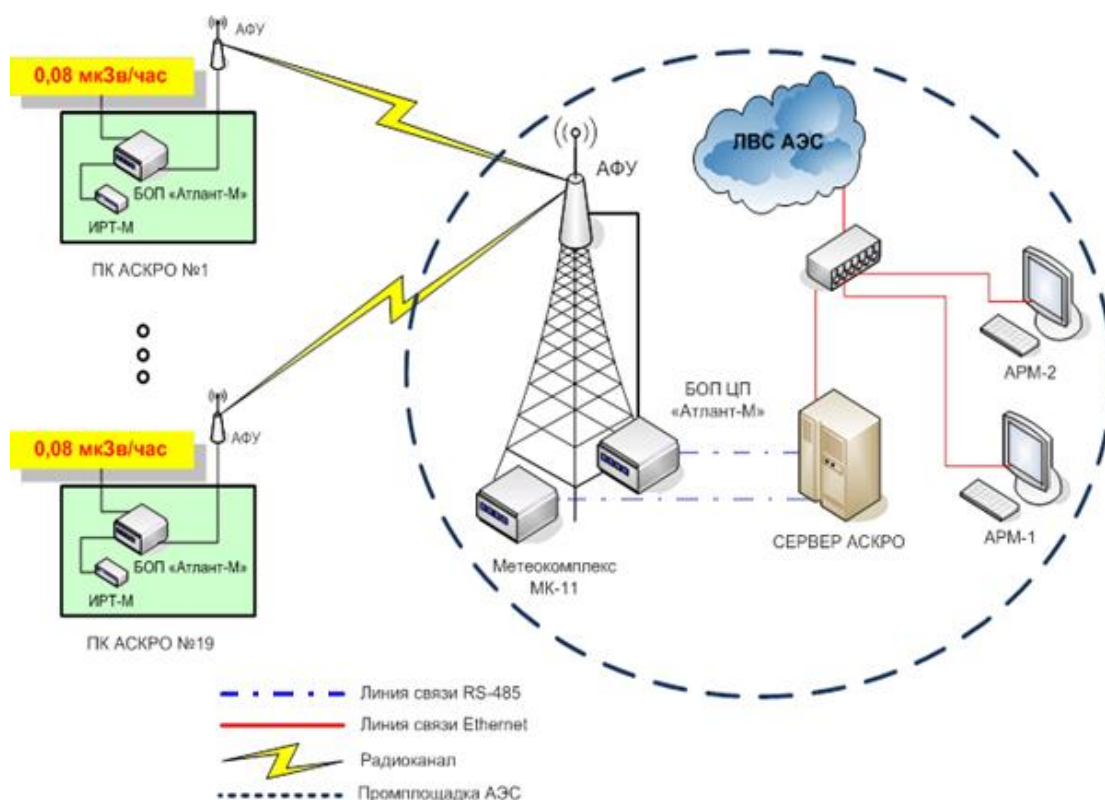


Рисунок 1 – Схема пускового комплекса АСКРО

Каждый пост контроля представляет собой металлический контейнер, внутри которого размещено оборудование установки радиационного контроля УМКС-99Р «Атлант-М».

В объеме проекта энергоблока №2 Ростовской АЭС был введен в эксплуатацию программно-технический комплекс 2 этапа АСКРО (рис. 2) в составе:

- резервного сервера в ЦПК пускового комплекса АСКРО;
- блока быстрой коммутации линий связи;
- резервного центрального поста контроля в защищенном пункте управления противоаварийными действиями (далее ЗПУПД) г. Волгодонска, дублирующего функции основного ЦПК в случае выхода его оборудования из строя или перевода управления аварийной ситуацией в ЗПУПД города;
- резервного поста контроля метеопараметров в г. Волгодонске;
- дополнительных постов контроля мощности амбиентной эквивалентной дозы (далее МАЭД) гамма-излучения с информационным табло и передачей данных в ЦПК по GSM-каналу в населенных пунктах Солнечный, Мокросоленный, Овчинников;
- резервных измерительных каналов МАЭД гамма-излучения в существующих 19 постах контроля пускового комплекса АСКРО с передачей данных в ЦПК по GSM-каналу;
- резервного Центрального блока обработки и передачи данных (далее БОП) «Атлант-М» для приема данных от постов контроля пускового комплекса АСКРО в случае выхода из строя БОП ЦП «Атлант-М» размещенного на АЭС;
- передвижной радиометрической лаборатории (далее ПРЛ) «Поиск», осуществляющей контроль МАЭД гамма-излучения при движении по маршруту с привязкой результатов измерения к карте местности и передачей данных в ЦПК по GSM-каналу.

Передвижная радиометрическая лаборатория (ПРЛ) «Поиск», входящая в состав Программно-Технического Комплекса 2 этапа АСКРО, смонтирована на полноприводном шасси автомобиля ГАЗ-27527 «Соболь» (рис. 3).

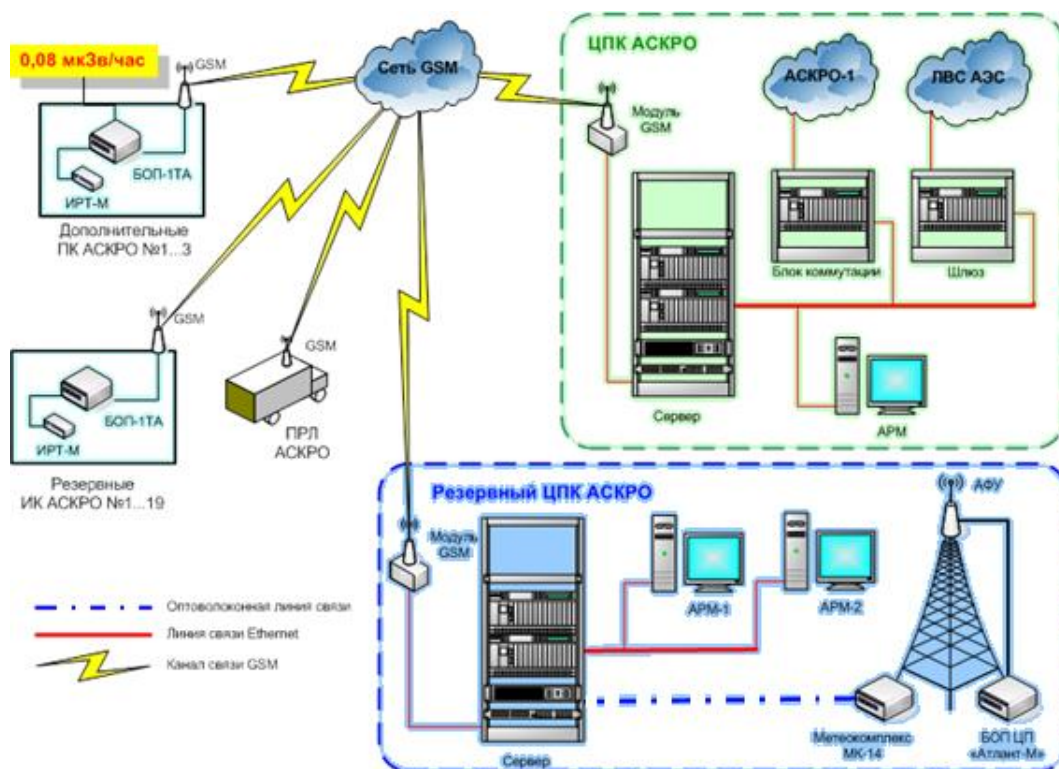


Рисунок 2 – Схема программно-технического комплекса второго этапа АСКРО



Рисунок 3 – Передвижная радиометрическая лаборатория «Поиск»

На рисунке 4 представлен образец видео-кадра с результатами маршрутной съемки, выполненной с использованием ПРЛ.

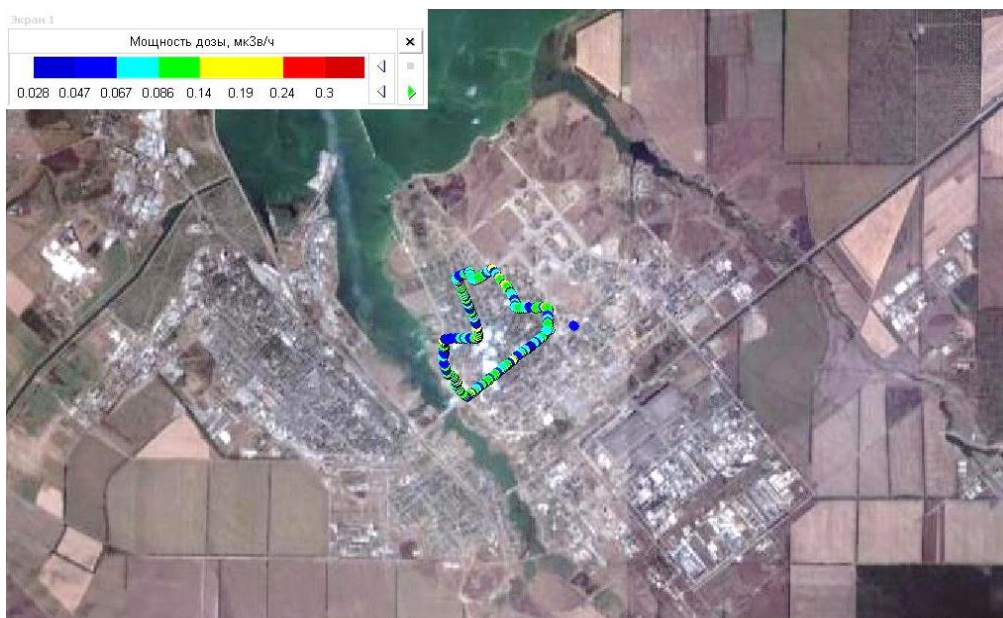


Рисунок 4 – Пример маршрутной гамма-съемки местности

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



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

Симаков Алексей Юрьевич – филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция», начальник участка радиационного контроля окружающей среды отдела радиационной безопасности. E-mail: AСKPO@mail.ru

Simakov Alexey Y. – the branch of Joint Stock Company of open type «Concern Rosenergoatom» «Rostov nuclear power plant», the head of the division of radiation control over environment, the department of radiation safety. E-mail: AСKPO@mail.ru.

УДК 001.124

БЕЗОПАСНОСТЬ АЭС В СВЕТЕ ВОЛНОВОЙ МОДЕЛИ НЕСТАБИЛЬНОСТИ

В.Ф.Савельев, Н.В.Корнетова, А.В.Савельев

*Московский государственный
индустриальный университет*

Moscow state industrial university

Развиваемая с 50-х годов в рамках научного направления «Нестабильность» волновая концепция способна изменить подходы к обеспечению безопасности АЭС.

Ключевые слова: безопасность, катастрофа, АЭС, надёжность, волновая модель.

Developed from 50th years within the scientific Instability direction the wave concept is capable to change approaches to nuclear power plant safety.

Keywords: NPP –safety, accident, nuclear power plant, reliability, wave model.

Лавина катастроф, обрушившаяся на гео-, био-, гидро-, эко-, техносферу и Планету в целом на стыке веков и тысячелетий, не обошла и атомную энергетику, заключившую в страшные смертельные объятия Чернобыля и Фукусимы минувшую четверть века. Официальная классическая теория, опирающаяся ныне на Стандартную Модель строения и развития Мироздания, восходящую к Эйнштейну, Декарту и Демокриту, не способна генетически объяснить и прогнозировать такие феномены.

Разрабатываемые с 50-х гг. сварочными школами МВТУ, ИЭС им. Патона и МГИУ элементы волновой теории всенестабильности позволяют в корне изменить мировоззренческие, научные и технические подходы к уникальной и фундаментальной проблеме и наметить направление создания обновлённых основ теории (надёжности, безопасности, катастроф и т.д.) [1]. Поразительно то, что первые монографии по проблеме неустойчивости геометрии металлов и литейных изделий точных приборо-, машино- и станкостроения вышли почти синхронно с присуждением Нобелевской премии И.Р. Пригожину, а по циклу упомянутых выше работ в области сварки – именно в 1986г., сразу после катастрофы на ЧАЭС. Не менее удивительно и то, что этапы развития теории катастроф совпадают по времени с изучением уникальнейшего феномена всенестабильности: зарождение в 40-50-е гг. и бурное развитие с конца 60-х и в 70-80-е гг. Но как раз в 60-е гг. президент Международной ассоциации учёных сэра Дж. Лайтхилл публично извиняется перед мировым научным сообществом за 300 лет введения его в заблуждение классической теорией, утверждавшей абсолютность детерминизма всех явлений и процессов.

Последующие полвека поныне идут под флагом вероятностного знания, которое пронизало все поры теории и практики, включая революционные синергетику, космонавтику и атомную энергетику. Через фундамент всего и вся – мировоззрение и картину мира, восходящие к Демокриту с его атомизмом, в облике «молекулярно-кинетической теории» XIXв., теорий относительности, элементарных частиц, квантовой механики и космологии XXв., опирающихся на мощнейший аппарат теории вероятностей и статистической физики. Так через 2500 лет «атомизм» всё же проник из



абстрактных теорий, с помощью теории случая, в столетия противящуюся этой экспансии инженерно-техническую сферу «макромира», т.е. реальной жизни. И плоды этого поражения прикладной инженерии не заставили себя ждать. Уже в самом начале эры «атомной энергетики» на АЭС Канады в конце 1952г. произошла первая серьёзнейшая авария, списанная (как и все остальные, включая катастрофы ЧАЭС и «Фукусимы») на «человеческий фактор». И от «гарантии» безопасности в виде вероятности нештатных ситуаций величиной «1:1.000.000» вряд ли легче и прямым жертвам атомных катастроф, и всем нам вместе с планетой, пожинаящим эти страшные плоды вот уже 60 лет.

Вот и сегодня, во время написания этих строк (05-06.04.2012г.) французские атомщики устраняют очередную аварию на АЭС. Мировая атомная энергетика, с её виртуальной вероятностной (а по сути, случайно-гадательной) «гарантией» надёжности и безопасности, начинает напоминать сетевую глобальную «псевдорусскую рулетку» (все эти идеи и приоритеты идут с Запада, с эпохи античной Демокритовой парадигмы). И жертвами такой авантюры закономерно становятся не единицы самострелов, а тысячи и миллионы (с миллиардами заложников). Лукавые цифры «гарантий», завораживающие профанов, при беглом их анализе говорят о том, что совершенно не учитывается фактор времени. Выборка по объектам вроде бы впечатляет: опасна лишь одна АЭС из миллионов таковых, а на планете их число измеряется сотнями (от силы тысячу). Казалось бы, арифметически – шансы неплохие у человечества. Но «дьявол в деталях», а деталь эта такова, что на ней стоит весь мир и жизнь цивилизации – время. Никто не даёт никакой гарантии, что эта «единичка» (одна из миллиона, вроде бы) не сработает уже при пуске АЭС. Вот и имеем перманентную череду «нештатных ситуаций», аварий и даже катастроф. Но наряду с лавинно нараставшим с 50-х годов числом АЭС, росло число атомных реакторных установок (головок и т.п.) в военном, научном и пр. секторах планетарной техносферы, трудно поддающееся учёту и контролю. И если учесть, что каждая АЭС имеет, как правило, ряд блоков (реакторов), то суммарное количество опасных объектов такого рода может измеряться десятками тысяч и более. От красивого и успокаивающего ряда «гарантийных порядков» мало что остается даже в выборке объектной. Но и эти зыбкие «устои» безопасности время разбивает вдребезги, ибо какая нам радость от бумажно-виртуальных «гарантийных полисов» лукавых «эффективных менеджеров», если мы с лучевой болезнью (в лучшем случае) с нашими детьми окажемся на больничных койках. В таких областях техносферы «вероятностная» безопасность недопустима. Инженерия веками оперировала и поныне опирается на расчёты и проекты с гарантированными точностью (до единиц процентов) и запасом прочности, надёжности и безопасности (хотя по словам д.т.н. депутата Г. Райкова властвующая ныне экономика привела к снижению «запаса прочности» и в строительной механике, и не секрет теперь почему мосты «танцуют», а крыши «едут» и рушатся). Оттого и стоят тысячелетия и века пирамиды в Египте и башни в Париже, Москве и др. городах, в отличие от ипотечных и прочих творений «мавродей» всех мастей. Ведь давно сказано, что есть ложь, большая ложь и статистика. И не всем, видимо, понятную «среднюю» температуру по госпиталю (зарплату по региону, стране и т.д.), можно интерпретировать в более доходчивые примеры «точности» теории случая. С момента катастрофы 1986г. эпизодически, а с 90-х годов систематически нами ведётся мониторинг уровня радиационного фона в рамках цикла работ по изучению явления всенестабильности, упомянутого в начале статьи. Первые же замеры летом 1986г. показали высокий уровень радиации возле границы Смоленской и Брянской областей (г. Рославль, в 30-ти км от Смоленской АЭС в Десногорске). Однако несовершенная конструкция прибора старого образца (число

“мкР/ч” определялось количеством звуковых сигналов типа «щелчков» в минуту) давала в этом районе лишь качественный результат: частота сигналов превышала, видимо, сотни Гц (а значит, уровень радиации превышал в десятки раз норму в 20 мкР/ч) и они сливались в «свист» прибора. Однако в 30-ти км в сторону Смоленска картина резко менялась (хотя от местной АЭС расстояние мало отличалось) и была такой же, как в Москве – в пределах нормы. Но по возвращении в столицу около полуночи прибор вдруг в течение 20-30 минут издавал тот же экстремальный свистящий сигнал и лишь затем вошёл в норму. Последующий с 90-х годов почти 20-летний мониторинг, идущий поныне (18 замеров на трёх приборах РКСБ-104 ежедневно на Востоке Москвы и в других регионах, в 21:00 вечера), однозначно показал, что, как и любой процесс или явление, измерение радиационного фона в кратковременном и долговременном диапазонах носит волновой характер. Показания лежат в диапазоне от 1 (были и нулевые величины) до 35 мкР/ч. И характер волнового процесса всегда нерегулярный, негармонический («спорадически-хаотический», по стохастической концепции теории случая). При этом три соприкасающихся (лежащих рядом) прибора (проверялись и партии из 5-7 приборов, только приобретённых и изготовленных месяцы назад) всегда дают разные, порою резко отличные результаты. Это говорит об универсальности волнового закона и вытекающего из него принципа всеуникальности (по «пространству» и «времени»). В пользу этого говорят и свидетельства участников и очевидцев испытаний атомного оружия на полигонах и ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС: лежащие рядом военные получали крайне разные дозы облучения и одни вскоре умирали, а другие жили до глубокой старости (и здравствуют поныне); показания приборов у ликвидаторов в шаговой близости могли отличаться на порядок и более (на разных и одном приборе). Такой волногенез объясняет и очевидную странность так называемых «пятен» радиации в удалённых от ЧАЭС регионах и вблизи с эпицентром.

В целом волновая модель говорит о том, что её универсальным закономерностям подчиняются все явления и процессы. Нерегулярность которых не позволяет использовать ставшие традиционными методы их моделирования и прогнозирования на основе стохастизма, вытекающего из постулатов квантовой теории и космологии случайных явлений и процессов. Никому не приходит в голову оперировать «средними» величинами и «выборочными» замерами в электродинамике, кардиологии, реологии и т.п. Иначе величина переменного тока может оказаться всегда (или зачастую) «нулевой» (латентной), а «пульс» пациента (кардиограмма) – «ниточным», как и температура на Планете, напряжённость твёрдого тела и т.д. Даже при кратковременных испытаниях материалов на прочность уже многие десятилетия справочная литература отражает «динамику» в виде «диапазона» (амплитуды, размаха) колебаний измеряемых параметров. И когда климатологи (метеорологи) говорят о том, что среднегодовая (вековая и т.д.) температура меняется на доли или единицы градусов, то это информация почти что «ни о чём». Важны амплитуда (размах) и частота (интенсивность, скорость и т.п.) колебаний (АЧХ волновых процессов). Если температура даже краткосрочно повысится, а затем упадёт в диапазоне ± 100 °С (или более), то «средняя» не изменится, а жизнь на Земле (или в отдельном регионе и т.д.) прекратится. Кстати, метеорологом А. Беляевым давно отмечался рост частоты и амплитуды – АЧХ – колебаний погоды, а памятный «блокирующий антициклон» 2010г. с 50-градусным зноем – тому яркая иллюстрация.

Такова же ситуация и в «атомной» сфере с экологией. Примечательно, что описанный выше архаичный дозиметр по своей конструкции и предназначению изначально являлся прибором количественной, а не качественной оценки. В нём



предусмотрен ряд диапазонов, которые за бурные 50-80-е годы отпали за ненужностью, из-за столь возросшего «естественного» радиационного фона, что сигнал из дискретного превратился в непрерывный (свистящий), а прибор – в качественный (как счётчик Гейгера). Но то, что «фон» вырос в разы (а то и на порядки) за почти 70-летнюю эпоху развития атомной техносферы, не самое главное и страшное. Плавное, эволюционное (экспоненциальное) изменение – это не катастрофа, т.к. и среда и биосфера, и человеческий организм имеют естественный адаптационный запас прочности. В том числе и техносфера. Но в том-то и дело, что классическая эволюционная экспонента (гладко-восходящего, пусть и «спирального», прогресса) существует как удобная идеологема лишь «на бумаге», в теории. В жизни и на практике дают сразу же (особенно на стыке веков и тысячелетий) о себе знать те самые «овраги» реального «волногенеза». «Пространство» (объекты, субъекты и т.д.) и «время» (процессы и т.п.) сплошь скроены из этих «оврагов»: волн, колебаний, шероховатостей, циклов, стадий, фаз, этапов, периодов и пр. «синусообразных» гармоник или солитонов.

Литература

1. Савельев В.Ф. Волновая синергетика Единства – всенестабильность. – Казань: 2007. – С. 548-575.

Савельев Виктор Федорович – Московский государственный индустриальный университет (МГИУ), доктор техн. наук, профессор. E-mail: savel-ev@mail.ru.

Корнетова Наталья Викторовна – Московский государственный индустриальный университет (МГИУ), старший научный сотрудник.

Савельев Алексей Викторович – Московский государственный индустриальный университет (МГИУ), аспирант.

Savelyev Victor F. – Moscow state industrial university (MGIU), doctor of Engineering, professor. E-mail address: savel-ev@mail.ru.

Kornetova Natalia V. – Moscow state industrial university (MGIU), senior research associate.

Savelyev Alexey V. – Moscow state industrial university (MGIU), graduate student.

УДК 614

УЧЕБНО-КОНТРОЛИРУЮЩЕЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НОРМ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

И.О. Фролов

<i>Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина</i>	<i>Ivanovo State Power Engineering University named after V.I.Lenin</i>
--	---

Данное компьютерное учебно-контролирующее пособие в первую очередь предназначено для подготовки персонала и специалистов всех уровней предприятий и учреждений Минатома РФ, Минздрава РФ и Госсанэпиднадзора в плане перехода на новые концепции радиационной безопасности в соответствии с требованиями Норм радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Также оно послужит хорошим материалом для студентов соответствующих специальностей, для которых тематика данного пособия является крайне актуальной.

Ключевые слова: учебно-контролирующее пособие, Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009), радиационная безопасность.

This computer training manual is primarily intended for personnel and specialists of the Ministry of Atomic Energy, the Ministry of Health and the Department of State Sanitary-Epidemiological Surveillance. The training manual is based on Radiation Standards (NRB-99/2009). Also it will be a good and useful material for students of appropriate specialties for whom the subject matter of the manual is extremely important.

Keywords: NPP -computer training manual, Radiation Standards (NRB-99/2009), radiation safety.

В настоящее время в связи с быстрым развитием сетевых и коммуникационных технологий возникает необходимость их эффективного использования. В этой области наиболее актуальной является задача создания и широкого внедрения в учебный процесс автоматизированных систем обучения и диагностики качества знаний. Проектирование автоматизированных обучающих систем и диагностика качества знаний по локальной сети и сети Internet позволяют автоматизировать не только процесс обучения по лекционному материалу, но и такую форму занятий, как индивидуальная работа обучаемых.

Радиационная безопасность является важным элементом национальной безопасности и подразумевает состояние защищенности настоящего и будущих поколений от вредного влияния радиации. Речь идет, в первую очередь, о повседневном использовании радионуклидов и ионизирующего излучения в промышленности, науке, медицине, сельском хозяйстве, космической технике и т.д. Любое полезное применение радиации должно быть безопасным, что имеет принципиальное значение в дальнейшем прогрессе человечества, в освоении новых и развитии использования существующих источников энергии.

Целями проекта являются: подбор необходимого информационного материала и его организация в единую систему, разработка вопросов к каждому созданному разделу, а также сопровождение использования программы с внесением дополнений и



исправлений. В процессе создания компьютерного пособия было использовано большое количество учебных материалов, методических пособий, справочников и ресурсов сети Internet. В итоге созданы как информационные модули по основным темам Норм радиационной безопасности, так и контролирующие по соответствующим разделам. Для создания пособия использовалась специальная программа-оболочка, позволяющая решить все поставленные задачи, а именно обучение и контроль.

Обучение – это многогранный и обширный процесс, поэтому контроль знаний – очень важная его сторона. В связи с этим большое внимание уделяется организации оптимального контроля обучаемых. Использовались различные типы тестовых заданий:

- задания альтернативных ответов, требующие ответа «да–нет»;
- задания множественного выбора, предполагающие наличие вариативности в выборе ответов;
- задания на восстановление соответствия;
- задания на восстановление последовательности;
- задания-дополнения с ограничением на ответ (вписать только одно слово, цифру, символ, знак и т.д.).

Данный проект, безусловно, имеет ряд преимуществ. Задания могут быть надежны, поскольку отсутствуют факторы, связанные с субъективными оценками, которые снижают надежность. Оценивание заданий полностью объективно: между оценками проверяющих не может быть различий. Задания легко обрабатываются, тестирование проводится быстро. Простой алгоритм заполнения снижает количество случайных ошибок и описок. Существует низкая вероятность угадывания правильных ответов. Задания позволяют охватить большие области знания, что особенно важно.

Несомненно, проект является перспективным и имеет самые различные направления своего дальнейшего развития. На всех атомных электрических станциях страны персонал, работающий в зоне строгого режима, ежегодно проходит проверку знаний в виде экзамена по дисциплине «Радиационная безопасность». В настоящее время контроль проходит в письменной форме, что существенно затрудняет подготовку специалистов к сдаче экзамена и проверку работ. С введением данного учебно-контролирующего пособия на атомных электрических станциях ряд проблем исчезнет. Также данное пособие могут использовать руководители и специалисты предприятий, занятых проектированием, монтажом, эксплуатацией и утилизацией приборов и устройств с радиоактивными источниками и с генерирующими источниками ионизирующих излучений: рентгеновских аппаратов, рентгеновских дефектоскопов, досмотровых установок и т.д. Проект не имеет аналогов в России и за рубежом.

Данное учебно-контролирующее пособие нуждается в переводе на английский язык в целях дальнейшего использования за рубежом. В пособии, в первую очередь, будут учтены международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения (SafetySeriesNo. 115 –

InternationalBasicSafetyStandardsforProtectionagainstIonizingRadiationandfortheSafetyofRadiationSources).

Фролов Илья Олегович – студент Ивановского государственного энергетического университета имени В.И.Ленина. E-mail:ilya-froloff@mail.ru

Frolov Ilya O. – a student of Ivanovo State Power Engineering University named after V.I.Lenin. E-mail: ilya-froloff@mail.ru



**Г
Л
О
Б
А
Л
Ь
Н
А
Я**

**Я
Д
Е
Р
Н
А
Я**

**Б
Е
З
О
П
А
С
Н
О
С
Т
Ь**

**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС**

УДК 624.04.45.001.3

О ПРИМЕНЕНИИ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДНАПРЯЖЕНИЯ СПЗО-М НА ЗАЩИТНЫХ ОБОЛОЧКАХ АЭС

В.Н.Медведев, А.Н.Ульянов, Александр С.Киселев,
Алексей С.Киселев, В.Ф.Стрижов

<i>Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, Москва</i>	<i>Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow</i>
--	--

Для предварительного напряжения защитных оболочек 3-го и 4-го энергоблоков Ростовской АЭС планируется использовать канатную систему французской фирмы Фрейсине на базе витых армоканатов в полиэтиленовой оболочке под названием СПЗО-М. В статье сформулирован ряд вопросов, требующих разрешения для оценки целесообразности перехода на эту систему предварительного напряжения защитных оболочек АЭС.

Ключевые слова: Защитная оболочка, бетон, арматурные канаты, напряжения, усилия.

To prestress the containments of Unit 3 and Unit 4 at Rostovskaya NPP, the use of a tendon system designed by Freycinet Co (France) and based on twisted tendons placed inside special polyethylene tubes is planned. This new tendon system is referred to as the Containment Prestress System 'M' (Russian-spelled abbreviation: SPZO-M). A series of questions requiring solution when estimating the expediency of transfer to the SPZO-M system for NPP containments is formulated in the paper.

Keywords: Containment, concrete, tendon, tension, efforts.

Введение

Изначально в защитных оболочках АЭС России применялась система преднапряжения СПН-1000 (разработчик институт «Оргэнергострой»), представляющая собой двухпетлевой арматурный канат непрерывной навивки с анкерными узлами в виде коуша, опирающегося на цилиндрическую гильзу с резьбой, на которую навинчивается гайка, собственно и являющаяся опиранием каната на анкерную плиту сооружения.

Однако в последнее время все чаще для замены арматурных канатов используется канатная система французской фирмы Фрейсине на базе витых армоканатов в полиэтиленовой оболочке под названием СПЗО-М (рисунок 1). В 2011 г. впервые в отечественной практике СПЗО-М использовалась для предварительного напряжения защитной оболочки 4-го энергоблока Калининской АЭС. Также планируется использовать СПЗО-М для предварительного напряжения защитных оболочек достраиваемых энергоблоков АЭС (3-й и 4-й энергоблок Ростовской АЭС).

Несмотря на незначительный опыт применения модернизированной системы преднапряжения СПЗО-М в данной статье сформулирован ряд вопросов, требующих разрешения для оценки целесообразности перехода на эту систему предварительного

напряжения защитных оболочек АЭС с ВВЭР-1000:

- 1) вопрос о потерях усилий в арматурных канатах в процессе натяжения и длительной эксплуатации;
- 2) вопрос ремонтпригодности СПЗО – М;
- 3) вопрос о надежности СПЗО – М.
- 4) вопрос об определении минимально допустимого начального усилия натяжения армоканатов СПЗО-М;
- 5) вопрос о надежной работе анкерного блока СПЗО-М.

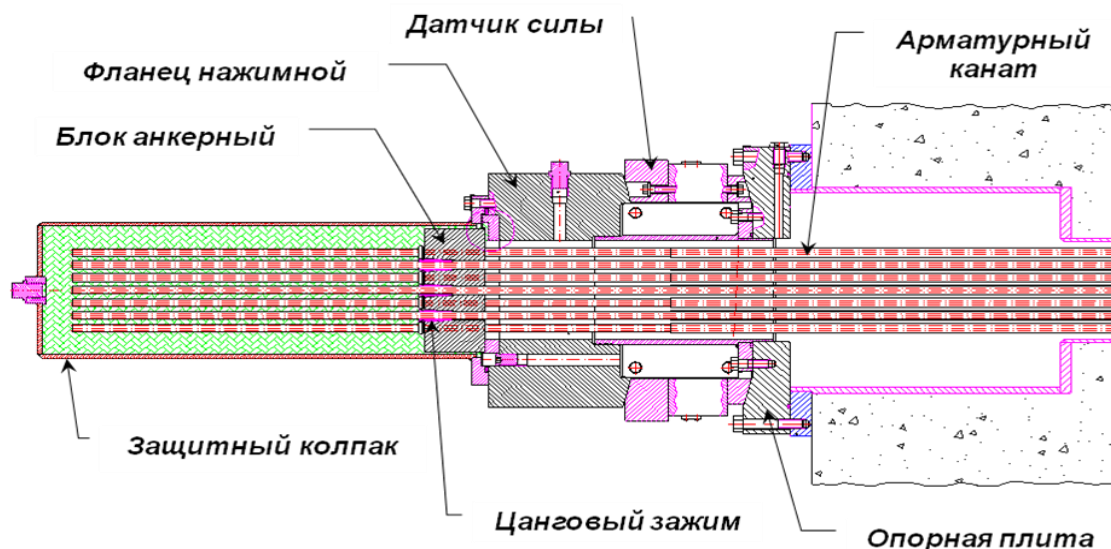


Рисунок 1 – Конструкция арматурного пучка с витыми армоканатами

1 Вопрос о потерях усилий в арматурных канатах

Прежде всего, в силу отсутствия явной возможности подтяжки арматурных элементов после их заанкеривания, встает вопрос о потерях усилий в них в процессе натяжения, которые обусловлены такими факторами как: трение о стенки каналов; снижение усилий при передаче нагрузки с домкрата на анкерное устройство; потери усилий в арматурных элементах от деформирования оболочки при ее обжатии; снижение усилий, вызванное релаксацией напряжений в проволоках пучка; потери усилий, обусловленные быстросматывающейся ползучестью и усадкой бетона.

Практика применения СПЗО-М на защитных оболочках 5-го энергоблока Нововоронежской АЭС [1], 1-го и 4-го энергоблоков Калининской АЭС, показала, что потери усилий в арматурных канатах из-за действия сил трения между канатом и каналом, а также при анкерировании канатов, больше, чем заявленные разработчиком СПЗО-М. Фактические потери усилий в армоканатах от релаксации напряжений не определялись, хотя это было бы необходимо сделать путем установки специальных датчиков по длине канатов, например, как на АЭС «Темелин» (Чехия).

Потери усилий в арматурных элементах от деформирования оболочки при ее обжатии, а также же потери усилий, обусловленные быстросматывающейся ползучестью и усадкой бетона, требуют количественной оценки. Для каждой защитной оболочки эти потери различны и зависят от таких факторов, как фактическая геометрия сооружения, фактические физико-механические характеристики бетона, возраст бетона на момент начала преднапряжения.

2 Вопрос ремонтпригодности СПЗО – М

Разработчик СПЗО-М утверждает, что существует возможность замены арматурных канатов. Это обстоятельство является важным с точки зрения ремонтпригодности защитной оболочки при длительной эксплуатации. Однако нет информации об опыте замены арматурных канатов в полиэтиленовой оболочке на действующих АЭС. Поэтому остается неясным, возможна ли вытяжка арматурного каната длиной порядка 100 метров в условиях возможного переплетения по длине (особенно в зонах отгибов канатов при обходе отверстий), объемного сжатия с учетом деформаций обжатия оболочки, усадки и ползучести железобетона без повреждения полиэтиленовой оболочки каната? Возможна ли установка арматурного каната в случае повреждения (например, задиров) полиэтиленовой оболочки?

Декларируемая возможность замены любой пряди после замоноличивания и натяжения пучка вызывает серьезные сомнения еще и потому, что арматурные канаты имеют участки с малыми радиусами изгиба. Например, в нижней части цилиндра радиус кривизны металлического каналообразователя составляет порядка 1 метра.

В сложившихся условиях рекомендуется на практике подтвердить возможность замены арматурных канатов в системе СПЗО-М, для чего после окончания обжатия оболочки необходимо осуществить замену одного витого семипроволочного каната пучка (1 из 46 канатов) натянутого в цилиндре оболочки одним из первых и расположенного в зоне отверстия большого диаметра.

Кроме того, разработчик СПЗО-М утверждает, что в течение длительной эксплуатации существует возможность подтяжки армоканата. Однако эффективность подтяжки армоканата также вызывает сомнения из-за вдавливания витой пряди в каналообразователь. В течение времени работы под нагрузкой каналообразователь, по-видимому, будет приобретать профиль семипроволочной витой пряди. В результате возможно повреждение полиэтиленового каналообразователя и увеличение коэффициента трения.

3 Вопрос надежности системы СПЗО – М

Надежность арматурного элемента СПЗО-М обосновывается статистическими данными фирмы Фрейсине. Однако в случае использования системы на защитных оболочках АЭС с ВВЭР-1000 унифицированной серии, в которых траектории канатов имеют меньшие радиусы изгиба, надежность арматурных элементов должна быть дополнительно обоснована.

Наибольшую озабоченность вызывает целостность полиэтиленового каналообразователя семипроволочной пряди, который из-за малого радиуса кривизны и значительной радиальной нагрузки может разрушиться. Разрушение цементного камня в инъектируемых каналообразователях с малым радиусом кривизны от радиальной составляющей может привести к снижению надежности самого арматурного каната из-за концентрации напряжений в изгибаемых элементах.

4 Вопрос об определении минимально допустимого начального усилия натяжения армоканатов СПЗО-М

Определение минимально допустимого начального усилия натяжения арматурных канатов необходимо определять с учетом первых и вторых потерь по СНиП 2.03.01-84 [2].

К первым потерям относится: трение о стенки каналообразователей; снижение

усилий при передаче нагрузки с домкрата на анкерное устройство; потери усилий в арматурных элементах от деформирования оболочки при ее обжатии; снижение усилий, вызванное релаксацией напряжений в проволоках пучка; потери усилий, обусловленные быстроснатекающей ползучестью и усадкой бетона.

Ко вторым потерям относятся дальнейшее снижение усилий, вызванное релаксацией напряжений в проволоках пучка; потери усилий, обусловленные ползучестью и усадкой бетона.

Величина начального натяжения арматурных канатов должна быть принята на основании расчетов НДС с учетом трещинообразования на основании детального анализа поведения защитной оболочки энергоблока № 4 Калининской АЭС при испытаниях, где начальные усилия в арматурных канатах СПЗО-М составляли 9,5 МН, а также на основании анализа НДС защитных оболочек энергоблока № 1 и 2 Ростовской АЭС при проведении предпусковых испытаний.

При выполнении расчетов защитной оболочки энергоблока № 3 и 4 Ростовской АЭС необходимо принять фактическую величину потерь усилий в армоканатах, обусловленную передачей нагрузки с домкрата на анкерную плиту, подтвержденную специальными измерениями. Для этого необходимо выполнить анализ показаний датчиков силы ПСИ-01, установленных на анкерах армоканатов СПЗО. Поскольку для блока № 3 и 4 Ростовской АЭС такие данные отсутствуют, необходимо проанализировать данные, полученные на защитной оболочке энергоблока № 4 Калининской АЭС, на которой также была применена система преднапряжения на базе витых канатов по типу французской фирмы «Фрейссине».

Датчики силы ПСИ-01, предназначенные для измерения усилий на тяжных концах арматурных канатов, были установлены на защитной оболочке 4-го энергоблока Калининской АЭС в количестве 60 штук. При этом 44 датчика были установлены на тяжных концах арматурных канатов цилиндра и 16 датчиков – на тяжных концах арматурных канатов купола.

Результаты измерений, полученные при помощи датчиков силы ПСИ-01 на 4-м энергоблоке Калининской АЭС, показали, что при передаче нагрузки с домкрата на анкер происходят значительные потери усилий в арматурных канатах. Так в цилиндре оболочки потери усилий при анкерровке в среднем составили 113,40 тонн или 11,70 %, а в куполе средняя величина потерь составила 137,1 тонны или 14,15 %. При этом наблюдается значительный разброс величин потерь усилий при анкерровке: в цилиндре от 7,32 до 15,05 %, в куполе от 7,88 до 19,25 %.

Средние усилия на анкерах арматурных канатов по показаниям датчиков силы ПСИ-01 составили в цилиндре 855,6 тс, а в куполе – 831,9 тс.

Таким образом, в защитной оболочке энергоблока № 3 и 4 Ростовской АЭС при наличии аналогичных потерь и при величине начального уровня натяжения армоканатов 9,0 МН или 918 тс, ожидаемые средние усилия на анкерах арматурных канатов по показаниям датчиков силы ПСИ-01 составили бы в цилиндре 810,6 тс, а в куполе – 788,1 тс.

Следует отметить, что в защитной оболочке энергоблока № 1 Ростовской АЭС при использовании СПН-1000 средние усилия на анкерах арматурных канатов по показаниям датчиков силы ПСИ-01 составили в цилиндре 818 тс, а в куполе – 836 тс.

Принимая во внимание, что СПЗО-М не обеспечивает возможности компенсации потерь усилий в арматурных канатах, связанных с деформацией оболочки в процессе её обжатия, а также от быстроснатекающей ползучести и релаксации напряжений в прядях, при столь значительных потерях усилий в арматурных канатах при анкерровке и при снижении величины начального контролируемого уровня натяжения армоканатов до

918 тс следует ожидать, что при воздействии испытательного внутреннего давления вблизи узла сопряжения цилиндра с куполом будет наблюдаться упруго-пластическая работа, а это отрицательно скажется на эксплуатационных качествах сооружения.

5 Вопрос о надежной работе анкерного блока СПЗО-М

Крепление концов каната в системе СПЗО-М осуществляется в анкерной плите с помощью цанговых зажимов. При этом применялись анкерные плиты, рассчитанные на возможность анкеровки 55 витых канатов, в которые анкеровались только 46. Это приводит к неравномерности загрузки анкерной плиты.

На рисунке 2 (а) представлена расчетная конечно-элементная модель анкерной колодки с фрагментом гильзы, в которой часть цанговых зажимов отсутствует. Разработанная модель позволяет моделировать процесс пошагового увеличения нагрузки на пряди каната с учетом контактного взаимодействия цанг и посадочных отверстий конической формы анкерной колодки. Цанги имеют форму конуса, что обеспечивает весьма значительное обжатие прядей в радиальном направлении и соответствующую ответную реакцию на анкерную колодку при нагружении пряди каната усилием вдоль оси цанги.

Проведенные расчетные исследования подобной анкерной плиты показали, что при отсутствии в отдельных конических отверстиях цанг имеет место значительная неравномерность деформаций анкерной плиты в зонах перемычек между отверстиями под пряди канатов в зонах отсутствующих прядей вплоть до появления пластических деформаций. На рисунке 2 (б) показано распределение интенсивности напряжений по объему анкерной колодки при ее нагружении штатным усилием натяжения каната системы СПЗО. Видно, что уровень напряжений достигает ~ 309 МПа в зонах перемычек между отверстиями с отсутствующими прядями и отверстиями, взаимодействующими с цангами.

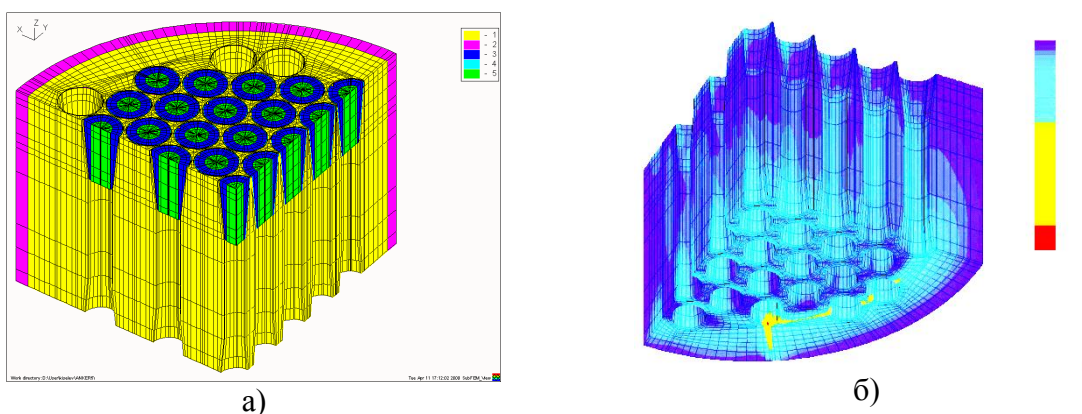


Рисунок 2 – (а) - Расчетная конечно-элементная модель анкерной колодки с фрагментом гильзы и полным опиранием по контуру;
(б) - распределение интенсивности напряжений $[\text{кг}/\text{мм}^2]$ в анкерной колодке при усилии в канате $N=1000$ тонн

Уровень интенсивности напряжений превышает предел текучести материала анкерной колодки, что приводит к появлению пластических деформаций, возможному проскальзыванию цанг расположенных рядом с пустыми каналами под пряди и, соответственно, неравномерному распределению усилий между прядями.

Таким образом, однородность натяжения арматурных элементов может быть нарушена, что повлечет за собой снижение усилия в одних прядях и перенапряжение

других прядей канатов. Вполне вероятно, что этот фактор повлиял на результаты измерений усилий в армоканатах на защитной оболочке 4-го энергоблока Калининской АЭС, на которой натяжение армоканатов производилось сразу на величину начального контролируемого уровня натяжения 9,5 МН или 969 тс.

Выводы:

1. В случае применения арматурных канатов СПЗО-М для предварительного напряжения защитной оболочки унифицированной серии при назначении начального усилия натяжения армоканатов следует обратить особое внимание на присущие этой системе недостатки.

2. Учитывая малый опыт применения СПЗО-М, целесообразно провести испытания на одном из пучков, имеющих в средней части малый радиус изгиба, для оценки действительного коэффициента трения при натяжении каната.

3. Принимая во внимание, заданное в проекте защитной оболочки 3 и 4-го энергоблока Ростовской АЭС, усилие натяжения 9.0 МН, необходимо иметь твердую уверенность в возможности подъема усилия в случае необходимости, а также замены арматурного каната при его отказе.

4. Ввиду того, что траектории армоканатов в защитной оболочке имеют в некоторых зонах весьма малый радиус изгиба, меньше рекомендуемого фирмой Фрейсине, необходимо после омоноличивания и натяжения пучка сделать попытку замены одной пряди для оценки ремонтпригодности пучка, заявленной, но ничем не подтвержденной.

5. Поскольку однородность натяжения арматурного каната может быть нарушена, необходимо выполнить уточненные расчеты НДС анкерного узла для оценки его эксплуатационных качеств.

6. Учитывая проблемы с возможностью замены и подтяжки арматурных канатов СПЗО-М в будущем (например, при необходимости продления ресурса защитных оболочек) могут возникнуть серьезные трудности.

Литература

1. Медведев В.Н., Ульянов А.Н. Сравнительный анализ систем предварительного напряжения защитных оболочек АЭС. / В.Н.Медведев, А.Н. Ульянов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2008. – Спецвыпуск – С. 99-105.
2. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции. / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 79 с.

Медведев Виктор Николаевич – Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН), Москва заведующий лабораторией, кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

E-mail: cont@ibrae.ac.ru

Ульянов Алексей Николаевич – Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН), Москва, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук. E-mail:cont@ibrae.ac.ru

Киселев Александр Сергеевич – Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН), Москва, старший научный сотрудник, доктор технических наук. E-mail:kis-rncki@rambler.ru

Киселев Алексей Сергеевич – Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН), Москва, старший научный сотрудник, доктор технических наук. E-mail: kis-rncki@rambler.ru

Стрижов Валерий Федорович – Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН), Москва, директор отделения, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник. E-mail: vfs@ibrae.ac.ru

Medvedev Viktor N. – Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (IBRAE RAS), Moscow, head of laboratory, PhD in engineering sciences, senior staff scientist. E-mail: cont@ibrae.ac.ru

Ulianov Alexey N. – Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (IBRAE RAS), Moscow, leading research officer, PhD in engineering sciences. E-mail: cont@ibrae.ac.ru

Kiselev Alexander S. – Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (IBRAE RAS), Moscow, senior staff scientist, Full Doctor of technical sciences. E-mail: kis-rncki@rambler.ru

Kiselev Alexey S. – Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (IBRAE RAS), Moscow, senior staff scientist, Full Doctor of technical sciences. E-mail: kis-rncki@rambler.ru

Strizhov Valery F. – Place of employment: Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (IBRAE RAS), Moscow, Head of division, Full Doctor in physics & mathematics, title: senior staff scientist. Email: vfs@ibrae.ac.ru

УДК 621.791.927.5

К ВОПРОСУ ВЕДЕНИЯ ПУЧКА ВДОЛЬ СВАРИВАЕМОГО СТЫКА ПО ТОКУ ТЕРМОЭЛЕКТРОНОВ КРОМОК

В.Н. Ластовирия, Е.Н. Румянцев

<i>Московский государственный индустриальный университет, НПО «Лянозовский электроμηχανический завод», г. Москва</i>	<i>Moscow state industrial university, SPA«Lianozovsky elektromekhanichesky zavod», Moscow</i>
--	--

Рассмотрена возможность получения сигнала о смещении стыка при электронно-лучевой сварке, выполняемого на номинальной мощности пучка непосредственно из зоны взаимодействия пучка с металлом. Смещение пучка ведёт к смещению парогазового кратера на одну из кромок и некоторому повышению её температуры, что можно оценить по току термоэлектронов кромок.

Ключевые слова: электронный пучок, свариваемый стык, парогазовый кратер, термоэмиссия, оценка смещения стыка.

Possibility of reception of a signal about joint displacement at the electron beam welding, a beam carried out on nominal power directly from a zone of interaction of a beam with metal is considered. Beam displacement leads to displacement of gas-vapor crater to one of the edges and to some increase of its temperature that it is possible to estimate on a current of thermoelectrons of edges.

Keywords: gas-vapor crater, thermal emission, an estimation of joint displacement, electronic beam, welded joint.

При изготовлении элементов энергоблоков АЭС широко используется электронно-лучевая сварка (ЭЛС) металлов. Формирование сварного шва должно выполняться с полным проваром стыка. Одной из причин появления непроваров в корне шва является смещение пучка относительно стыка. Поэтому проблема совмещения плоскости стыка с осью сварочного пучка является весьма актуальной, поскольку определяет качество сварного соединения и стабильность основных параметров проплава шва.

Наиболее известные способы контроля положения стыка базируются на использовании эмиссии вторичных электронов, возникающих при сканировании стыка электронным пучком малой мощности. Для этого в процессе сварки снижают ток пучка номинальной мощности, выводят его из парогазового кратера вперед по направлению сварки, сканируют стык в течение 1-2 мс и, затем, возвращаются в исходное состояние. Лучшим будет вариант контроля положения стыка, по излучению непосредственно из парогазового кратера при номинальной мощности пучка.

Стык двух кромок при ЭЛС может иметь зазор до 0,3 мм. Но даже в случае практически нулевого зазора, свариваемый стык будет представлять значительное термическое сопротивление для отвода тепла за счет теплопроводности в направлении, ортогональном плоскости стыка.

Пучок имеет нормальное распределение плотности мощности в своем фокальном сечении:

$$q(r) = q_0 e^{-r^2/r_Э^2}, \quad (1)$$

где q_0 – плотность мощности на его оси;

$r_Э$ – радиус эквивалентного по мощности пучка, но с равномерным распределением.

Соответственно данному закону распределения формируется в процессе ЭЛС парогазовый кратер – головная часть сварочной ванны.

При перемещении системы «пучок – парогазовый кратер» взаимодействие пучка с металлом и баланс его тепловой энергии осуществляются на передней стенке кратера – фронте плавления, где происходит нагрев, плавление и испарение металла. Жидкий металл с передней стенки, проходя вдоль боковых поверхностей и дну кратера, поступает в хвостовую часть сварочной ванны, где происходит его охлаждение и кристаллизация. Такова упрощенная схема формирования сварного шва.

В ходе перемещения расплава из головной в хвостовую часть сварочной ванны совершается интенсивный теплообмен между различными порциями жидкого металла, а также отвод тепла в твердый металл кромок. Из-за существенно более высокой скорости ввода тепла по сравнению со скоростью его теплоотвода, максимальное повышение температуры металла при ЭЛС в 1 мм от края парогазового кратера составляет всего лишь 250 К. [1] Это существенно меньше, чем для дуговых способов сварки.

Таким образом, в данных условиях, флуктуации интенсивности нагрева в первую очередь сказываются на температуре жидкой фазы в локальных участках изменения плотности мощности пучка.

Температурное поле характеризуется большими градиентами и малыми протяженностями тепловой волны с явлениями взрывного вскипания в точках высокой плотности мощности пучка. Оценки температурных полей выполняются на основе быстро движущегося линейного источника теплоты. В данном случае тепловыми потоками вдоль направления сварки можно пренебречь.

Пространственный процесс распространения теплоты превращается в плоский. Он определяется совокупностью одинаковых во времени и протекающих независимо друг от друга линейных процессов распространения теплоты в поперечных сечениях от мгновенных плоских источников. [2] Таким образом, отвод тепла с поверхности кратера осуществляется в кромки в поперечном направлении относительно плоскости стыка.

Наличие смещения стыка ε вправо приводит к тому, что ось распределения (1) с максимальной плотностью мощности q_0 сместится на левую кромку (рис.1). Возрастание плотности мощности в локальных зонах взаимодействия пучка с металлом, в свою очередь, приведет к возрастанию в этих зонах температуры жидкой фазы [3]. Следовательно, температура жидкой фазы на поверхности кратера, приходящейся на левую кромку, несколько возрастет относительно правой, на которую приходится периферийная часть пучка (см. верхнюю часть кратера рис. 1).

Разности температур поверхностей кратера также будет способствовать высокое термическое сопротивление стыка, препятствующее теплоотводу большей части мощности пучка, приходящейся на левую кромку, в сторону правой кромки (см. нижнюю часть кратера рис. 1). В связи с этим, теплота, отводимая механизмом

теплопроводности в левую кромку Q_l , больше по величине теплоты, отводимой в правую кромку Q_p .

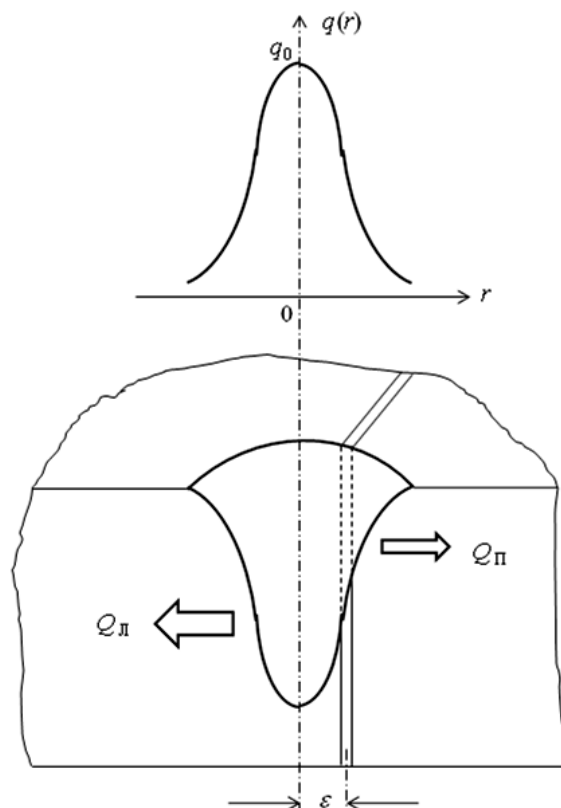


Рисунок 1 – Смещение системы «пучок – парогазовый кратер» относительно стыка двух кромок

Существование парогазового кратера сопровождается эмиссией термоэлектронов с поверхности жидкого слоя металла, близкого к температуре кипения. За пределы кратера выходит поток термоэлектронов только с верхней части кратера в направлениях, перпендикулярных его поверхности. Плотность тока насыщения при термоэмиссии определяется температурой и свойствами эмиттера согласно уравнению Ричардсона-Дэшмана.

Принимая температуру жидкой поверхности кратера равной 0,75 от температуры кипения металла, легко можем определить указанную плотность тока. Так для железа ($e\phi = 4,3$ эВ) в окрестности $T=2000$ К изменение температуры поверхности на 5%, приводит к изменению величины плотности тока эмиссии в 90% (при этом коэффициент пропорциональности равен $0,18 \cdot 10^{-2}$ А/см² К).

Величина тока термоэлектронной эмиссии с каждой кромки может быть измерена непосредственно в ходе ЭЛС при номинальной мощности пучка. Для этой цели был разработан датчик – коллектор термоэлектронов, реализованный в виде вертикальной линейной решетки, состоящей из нескольких отдельных коллекторов.[4] Это позволяет гарантированно получить сигнал с кромок в широком интервале высоты от её поверхности, по крайней мере, с одного из коллекторов решетки.

При уровне мощности пучка, достаточной для формирования кратера, выходной сигнал датчика тока термоэлектронов по своей структуре и статистическим свойствам приближается к нормальному стационарному случайному процессу. Сигнала датчика можно представить, как результат линейных операций над величиной смещения стыка ε

плюс статистически независимый шум, который учитывает и нелинейные эффекты:

$$u = a + b\varepsilon + n \quad (2)$$

В этом случае линейный вклад ε в дисперсию сигнала u выражается через коэффициент корреляции $\rho_{\varepsilon u}$, как меру линейной зависимости величин:

$$D_{u/\varepsilon} = \rho_{\varepsilon u}^2 D_u \quad (3)$$

Другими словами, квадрат коэффициента корреляции ε и u определяет, какая доля дисперсии сигнала (2) внесена линейной зависимостью от смещения стыка ε . [5] Следовательно, вклад всех остальных факторов (включая нелинейные) в дисперсию равен:

$$D_{u/n} = (1 - \rho_{\varepsilon u}^2) D_u \quad (4)$$

В силу большой зашумленности сигнала датчика, весьма проблематично определять величину смещения стыка ε по среднему значению выборки амплитуд сигнала $U = [U_1, U_2, \dots, U_n]$, формируемой дискретизацией по времени регистрации сигнала. Лучшие результаты получены оценкой величины смещения на основании сравнения дисперсий, согласно выражениям (2) – (4).

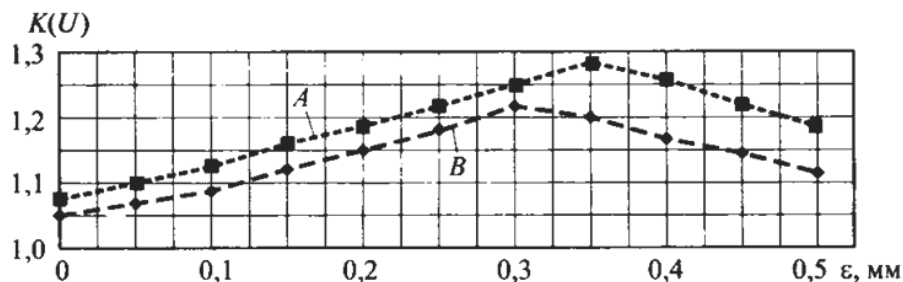


Рисунок 2 – Зависимость величины отношения дисперсий от смещения стыка при токе пучка 0,2 А (А) и 0,1 А (В)

Задача, решаемая в ходе обработки сигнала, была сведена к отысканию правила принятия решения о наличии или отсутствии смещения стыка в условиях сильной зашумленности. Для этого сравнивались дисперсия $D_T[U]$ выборки амплитуд текущего значения сигнала и дисперсия $D_0[U]$ выборки амплитуд сигнала, соответствующего начальному периоду сварки при гарантированном отсутствии смещения ($\varepsilon=0$). Для этого формируется отношение дисперсий:

$$K(U) = \frac{D_T[U]}{D_0[U]} \geq K_{\text{п}} \quad (5)$$

Сравнение величины полученного отношения (5) с пороговым уровнем $K_{\text{п}}$, позволяет принять решение о наличии смещения стыка. [4] Величина отношения (5) пропорциональна смещению стыка (рис. 2) в интервале, близком к диаметру электронного пучка.

Выводы:

1. Смещение плоскости стыка относительно оси электронного пучка приводит к смещению максимума плотности мощности на одну из кромок, что ведет к некоторому различию в температуре жидких слоев боковых поверхностей частей парогазового кратера, приходящихся на кромки, а также тепловых потоков в кромки. Это, в свою очередь, приводит к изменению потока термоэлектронов от кромок в направлении, перпендикулярном стыку, что можно использовать для оценки величины смещения стыка.

2. Надежной оценкой смещения стыка может служить отношение текущей дисперсии выборочных значений амплитуд регистрируемого сигнала к дисперсии, полученной в отсутствии смещения стыка, например, в начале сварки.

Литература

1. Электронно-лучевая технология: Пер. с нем./З. Шиллер, У. Гайзиг, З. Панцер. – М.: «Энергия», 1980. – 528 с.
2. Коновалов А.В. Теория сварочных процессов: Учебник для вузов / А.В. Коновалов, А.С. Куркин, Э.Л. Макаров и др. Под ред. В.М. Неровного. – М.: «Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана», 2007. – 752 с.
3. Язовских В.М., Трушников Д.Н., Беленький В.Я., Кротов Л.Н. Механизм вторично-эмиссионных процессов при электронно-лучевой сварке модуляцией электронного пучка. / В.М.Язовских, Д.Н.Трушников, В.Я.Беленький, Л.Н. Кротов. // Сварочное производство, 2004. – №4. – С. 21.
4. Румянцев Е.Н., Ластовирия В.Н. Использование термоэмиссии с поверхности парогазового кратера для контроля положения стыка при ЭЛС. / Е.Н.Румянцев, В.Н. Ластовирия. //Сварка и диагностика. – 2011. – №1. – С 21.
5. Бендат Дж., Пирсол А. Применение корреляционного и спектрального анализа. Пер. с англ.– М.: «Мир», 1983. – 312с.

Ластовирия Вячеслав Николаевич – Московский государственный индустриальный университет, заведующий кафедрой, доктор технических наук, профессор. E-mail: lvn3@mail.msiu.ru

Румянцев Евгений Николаевич – НПО «Лянозовский электромеханический завод», ведущий инженер. E-mail: ren1949@yandex.ru

Lastovirya Vyacheslav N. –the Moscow state industrial university, head of the department, doctor of Engineering, professor.
E-mail: lvn3@mail.msiu.ru.

Rumyantsev Evgeny N. –SPA«Lianozovsky elektromekhanichesky zavod», leading engineer. E-mail: ren1949@yandex.ru

УДК 004.942

ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ ЗВУКА РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

В.В. Кривин, М.Ю. Виниченко, И.О. Ишигов, В.А. Толстов

<i>Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»</i>	Volgodonsk Engineering and Technology Institute branch of National Research Nuclear University of «МЕРНИ»
---	---

В процессе обучения у сварщиков формируются визуальные и слуховые эталоны, которые используются ими для оценки состояния процесса сварки. Поэтому для мультимедийного тренажёра ручной дуговой сварки была разработана звуковая модель. Данная статья посвящена экспериментальной проверке адекватности звуковой модели.

Ключевые слова: ручная дуговая сварка, тренажёр, моделирование, звук сварки, эксперимент.

The visual and auditory references are being formed in welders' mind during they are learned. Welders use these references for accuracy control of welding process. This is why the sound model was developed for multimedia welding training system. This article is devoted to experimental verification of the adequacy of the sound model.

Keywords: manual arc welding, training system, modeling, welding sound, experiment.

При монтаже оборудования АЭС используют ручную дуговую сварку (РДС). Поэтому актуальной является задача подготовки сварщиков РДС. Тренажёры являются эффективным, безопасным и экономичным средством обучения управлению сложными объектами различной природы. Сварщик осуществляет оценку состояния процесса по нескольким основным каналам – зрительному, слуховому и тактильному. Поэтому на этапе начального обучения важно показать сварщику связь между его действиями и звуком сварки. Необходимо, чтобы моделируемый звук сварки изменялся в зависимости от состояния процесса подобно звуку реального процесса РДС.

Важным технологическим параметром РДС является мгновенная электрическая мощность сварочной дуги. Поэтому для построения звуковой модели оценивалось влияние электрической мощности на звук. Для накопления данных проводился эксперимент с одновременной регистрацией звука сварки, тока сварки и напряжения на дуге [1]. Использовались инверторный источник питания Prestige 164, заданный максимальный ток 80А, электроды ESAB диаметром 3мм, сварка проводилась в нижнем положении пластин. Сигналы тока сварки i и напряжения на дуге u регистрировались с помощью информационно-измерительной системы. Полученные данные обрабатывались с использованием методов спектрального анализа, нейросетевой кластеризации и статистики [2].

Спектры звука рассчитывались по коротким фрагментам сигналов, соответствующим технологическому состоянию горения дуги. На рисунке 1 показан сигнал мгновенной электрической мощности дуги, рассчитанный по мгновенным



значениям u и i . Чтобы определить границы фрагментов, использовались моменты перехода мощности через значение 500 Вт.

Были отобраны фрагменты сигнала мощности дуги длительностью в пределах от 40 до 100 мс, и обработаны следующим образом:

1) Расчёт спектров фрагментов и преобразование его в соответствии с особенностями восприятия человека [3]. В результате сформирована матрица наблюдений M , которая представляет в памяти ЭВМ информацию о спектрах всех фрагментов. В матрице M элемент на пересечении строки m и столбца n соответствует параметру с номером m в спектре фрагмента с номером n .

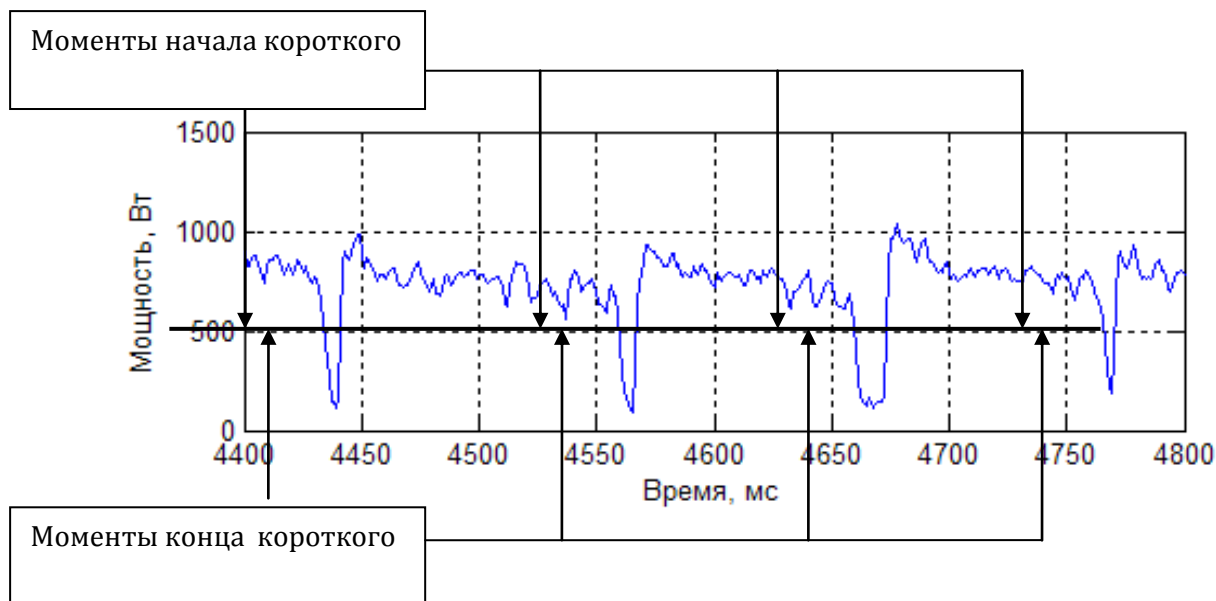


Рисунок 1 – Сигнал мгновенной электрической мощности дуги

2) Удаление избыточности из матрицы наблюдений. Проведено с помощью построчной линейной нормировки матрицы и корреляционного анализа [4].

3) Распределение спектров на сходные между собой подмножества – кластеры. Кластеризация проведена с помощью карты самоорганизации.

4) Оценка вероятности порождения каждого из звуков в зависимости от электрической мощности дуги. В таблице 1 приведены условные вероятности порождения звуков из некоторых кластеров.

Таблица 1 – Условные вероятности порождения звуков сварки

Кластер звука	Мощность дуги, W			Энтропия кластера
	низкая	нормальная	высокая	
1	2	3	4	5
1	0	0,008	0	0,055726
2	0	0,008	0	0,055726
3	0	0,008	0	0,055726
...
20	0	0,024	0	0,12914

Продолжение таблицы 1

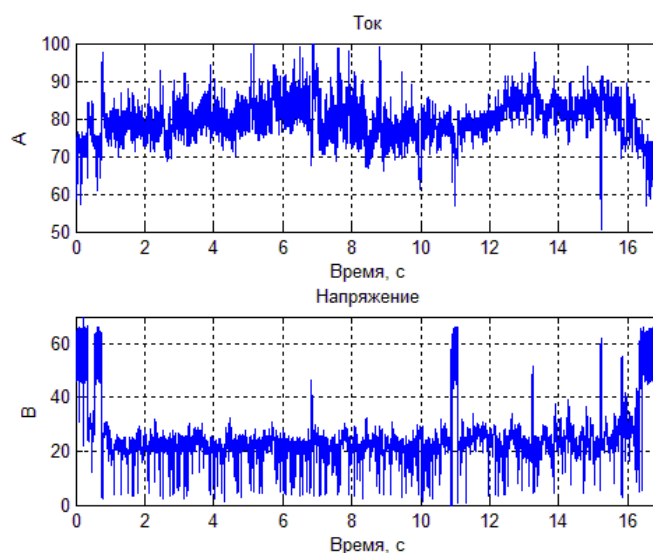
1	2	3	4	5
21	0,016949	0,008	0	0,15543
22	0	0,008	0,017857	0,15943
...
54	0,016949	0,04	0,089286	0,59666
55	0,050847	0,064	0,071429	0,74429
56	0,47458	0,208	0,089286	1,2927

Проверка адекватности модели звукового сопровождения процесса РДС, полученной из анализа матрицы наблюдений, проводилась следующим образом. Сварщик будет проводить процесс РДС в следующих условиях: с изоляцией от звука, с естественным звуком РДС и с моделируемым звуком. Проведено 10 контрольных сварок для каждого из вариантов.

На рисунке 2 а) показан шов, полученный при сварке в условиях, когда сварщик не слышит звука дуги. Сигналы тока сварки и напряжения на дуге представлены на рисунке 2 б).



а) сварной шов



б) сигналы тока и напряжения

Рисунок 2 – Результаты сварки в условиях звукоизоляции

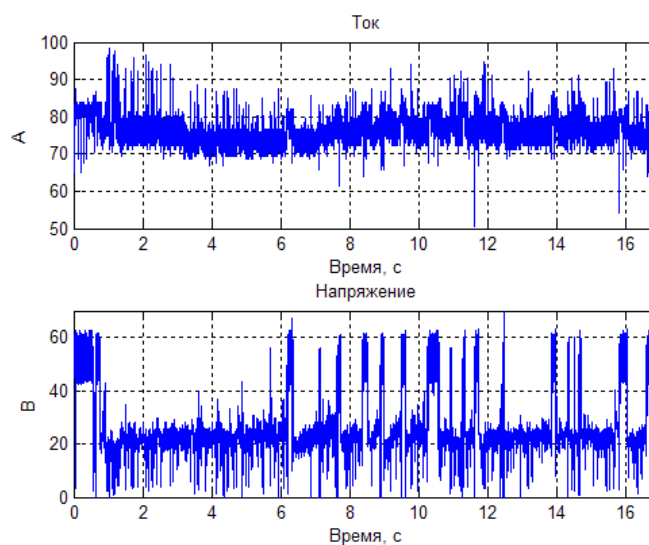
На рисунке 3 а) показан шов, полученный при сварке с естественным звуком. Сигналы тока сварки и напряжения на дуге представлены на рисунке 3 б).

На рисунке 4 а) показан шов, полученный при том, что сварщик слышал моделируемый звук РДС. Сигналы тока сварки и напряжения на дуге представлены на рисунке 4 б). Для звукового сопровождения использовался программно-аппаратный комплекс, выполняющий следующие задачи: регистрация тока сварки и напряжения на дуге с помощью информационно-измерительной системы, моделирование и воспроизведение звука сварки.

Фотографии швов представлены в одинаковом масштабе. Когда сварщик не слышал звука сварки, получился шов, который имеет меньшую длину. Время сварки было фиксированным (16с). Следовательно, изоляция от звука при РДС существенно отразилась на скорости перемещения электрода, т.е. скорости сварки.



а) сварной шов

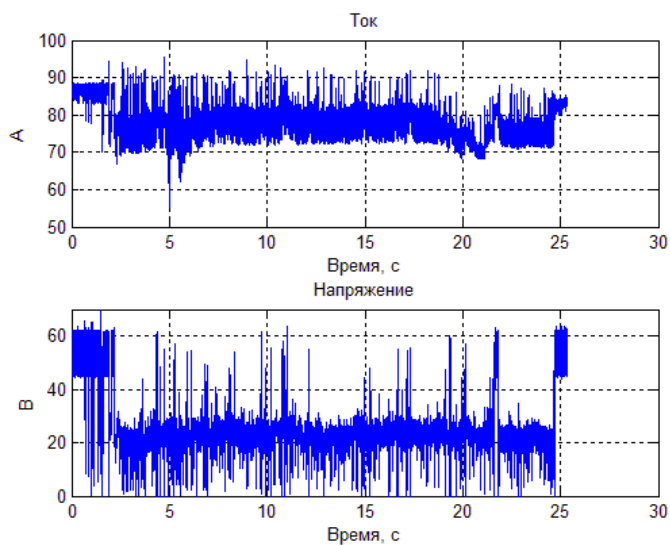


б) сигналы тока и напряжения

Рисунок 3 – Результаты сварки при естественном звуке



а) сварной шов



б) сигналы тока и напряжения

Рисунок 4 – Результаты сварки при моделируемом звуке

На рисунках 5-7 показаны эмпирические распределения мгновенных значений i и u трёх представленных процессов. Для каждого из распределений оценим математические ожидания M и среднеквадратические отклонения σ тока сварки и напряжения на дуге в трёх характерных состояниях процесса РДС [5]: режим холостого хода (Х), режим горения дуги (Г) и короткое замыкание при капельном переносе (К). Также оценим M и σ для интервалов времени между короткими замыканиями $t_{кз}$. Значения данных характеристик приведены в таблице 2.

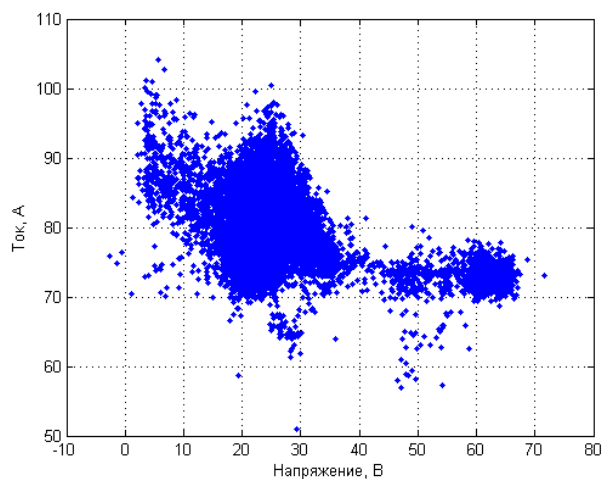


Рисунок 5 – Эмпирическое распределение тока сварки и напряжения на дуге при условии звукоизоляции

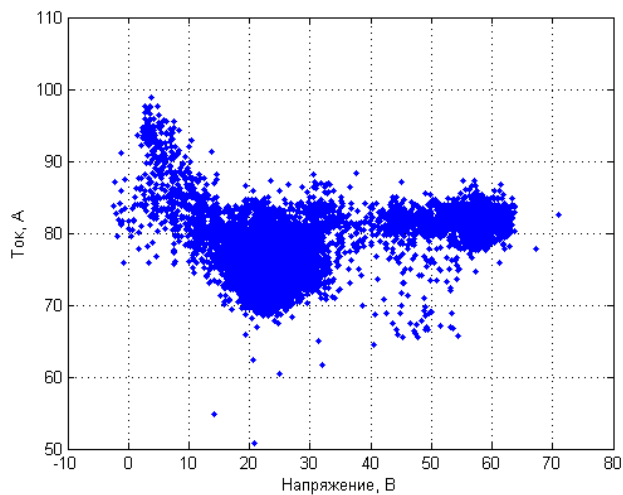


Рисунок 6 – Эмпирическое распределение тока сварки и напряжения на дуге при естественном звуке сварки

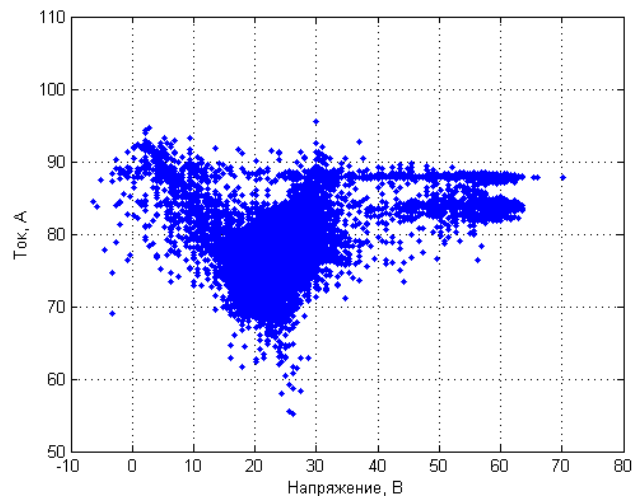


Рисунок 7 – Эмпирическое распределение тока сварки и напряжения на дуге при моделируемом звуке сварки

Таблица 2 – Характеристики эмпирических распределений

№ опыта	Условия проведения опыта	Состояние	U, В		I, А		t _{кз} , мс	
			М	σ	М	σ	М	σ
1	Сварщик не слышит звук сварки	К	7,5	2,9	86,9	5,6	105,1	115,2
		Г	23,8	3,9	80,5	4,4		
		Х	58,6	5,9	72,9	2,3		
2	Сварщик слышит естественный звук сварки	К	6,7	3,4	86,6	5,4	80,0	104,1
		Г	23,2	3,6	75,8	2,9		
		Х	55,7	4,9	81,4	2,2		
3	Сварщик слышит моделируемый звук сварки	К	6,5	4,0	85,5	4,6	75,4	97,4
		Г	23,2	3,4	76,8	3,6		
		Х	55,7	5,0	86,5	2,2		

Отсутствие звука оказало наиболее заметное влияние на характер каплепереноса: заметно увеличился промежуток времени между короткими замыканиями. В целом, у процессов 2 и 3 близкие параметры эмпирических распределений в характерных состояниях горения дуги и короткого замыкания. Кроме этого, сходство внешнего вида сварных швов показывает, что сварщик провёл процесс РДС, слушая моделируемый звук, почти так же, как при прослушивании естественного звука. Следовательно, модель звука РДС можно считать адекватной.

Вывод: Когда сварщик не слышал звук процесса, изменились скорость сварки и характер каплепереноса. При прослушивании сварщиком естественного и моделируемого звуков РДС, получены похожие эмпирические распределения тока сварки и напряжения на дуге, а также похожие сварные швы. Следовательно, модель звукового сопровождения процесса РДС является адекватной.

Литература

1. Кривин В.В., Виниченко М.Ю., Ишигов И.О., Толстов В.А. Моделирование звука в компьютерном тренажере для обучения сварщиков // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2010. – Спец. вып. – С. 19-21.
2. Кривин В.В., Толстов В.А. Вероятностная модель звука сварки для мультимедийного сварочного тренажёра // Динамика научных исследований – 2012 : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. (Польша, Przemysł, 7-15 июля 2012 г.). – Przemysł: Nauka I studia., 2012. – С. 55-59.
3. Joseph Tam. Methods of Characterizing Gas-Metal Arc Welding Acoustics for Process Automation. – Waterloo, Ontario, Canada, 2005.
4. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей: Пер. с англ. – М.: Изд-во «Вильямс», – 2001. – 267 с.
5. Кривин В.В. Методы автоматизации ограниченно детерминированных процессов: Монография /ЮРГТУ. – Новочеркасск: «Изв. вузов. Электромеханика», 2003. – 174 с.

Кривин Валерий Вольфович – д.т.н., профессор каф. ИиУС ВИТИ НИЯУ МИФИ, г.Волгодонск.

Виниченко Михаил Юрьевич – к.т.н., доцент каф. ИиУС ВИТИ НИЯУ МИФИ, г.Волгодонск.

Ишигов Игорь Олегович – к.т.н., доцент каф. ИиУС ВИТИ НИЯУ МИФИ, г.Волгодонск.

Толстов Виктор Андреевич – ассистент каф. ИиУС ВИТИ НИЯУ МИФИ, г.Волгодонск.

Krivin Valeriy V. – doctor of technical science, professor of department of informational and control systems, Volgodonsk Engineering and Technology Institute branch of National Research Nuclear University of «МЕРФИ», Volgodonsk.

Vinichenko Mikhail Y. – candidate of technical science, lecturer of department of informational and control systems, Volgodonsk Engineering and Technology Institute branch of National Research Nuclear University of «МЕРФИ», Volgodonsk.

Ishigov Igor O. – candidate of technical science, lecturer of department of informational and control systems, Volgodonsk Engineering and Technology Institute branch of National Research Nuclear University of «МЕРФИ», Volgodonsk.

Tolstov Victor A. – assistant of department of informational and control systems, Volgodonsk Engineering and Technology Institute branch of National Research Nuclear University of «МЕРФИ», Volgodonsk.

УДК 528.48

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ – ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС

В. И. Михайлов

<i>Белорусский национальный технический университет, Беларусь г. Минск</i>	<i>Belorussian national technical university, Belorussia, Minsk</i>
--	---

Предлагается для повышения экологической безопасности эксплуатации АЭС в большей мере учитывать геодинамические особенности промплощадок атомных станций. Данный вывод сделан на основе изучения и анализа карты современных вертикальных движений земной коры (СВДЗК) территории Республики Беларусь.

Ключевые слова: экологическая безопасность, разломы, землетрясения, карты СВДЗК.

To improve the ecological safety of NPP (Nuclear Power Plant) operation, it is suggested to pay more attention to geodynamic features of NPP location sites. This conclusion is based on studying and analyzing the map of recent vertical crustal movements (RVCM) on the territory of the Republic of Belarus.

Keywords: ecological safety, crust fractures, earthquakes, RVCM maps.

Изучение геодинамических явлений и процессов имеет большое значение при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации АЭС. Игнорирование их интенсивности и направленности во времени может привести к негативным последствиям: разрушению зданий и промышленных объектов, затоплению рудников, экологическим катастрофам, прекращению функционирования мелиоративных систем и т.п.

Современные вертикальные движения земной коры (СВДЗК)- один из видов геодинамических явлений. Наиболее эффективный и непосредственный способ их изучения, как в региональном, так и в локальном плане – повторное высокоточное нивелирование. Так, результаты геодезических измерений, проведенные в 1985-88гг. на Нововоронежском полигоне позволили впервые получить сведения о СВДЗК, которые положены в основу проектных решений при строительстве и оценке устойчивости объектов Нововоронежской АЭС. [1]

Однако при строительстве и эксплуатации АЭС, необходимо учитывать геодинамические особенности не только промплощадок, но и прилегающих к ним соседних регионов. При этом следует изучить как современные картографические материалы и геодинамические явления, так и за отдаленный исторический период. В качестве примера можно обратиться к Чернобыльской АЭС. Для этого проанализируем карту СВДЗК территории Беларуси (см. рисунок 1) [2]. На карте выделяется зона резкого изменения скоростей вертикальных движений. Самая протяженная из них пересекает территорию республики с севера на юго-восток. В ее пределах расположены Браславские озера, оз. Нарочь, Солигорск, Микашевичский карьер, Гомель. Далее от Гомеля эта зона резко поворачивает на юго-запад, а затем на юг, где она пересекает промплощадку Чернобыльской АЭС. Эта зона захватывает разные геоструктурные

элементы и совпадает с границей разновозрастной складчатости докембрия. Она отражает особенности внутренней структуры кристаллического фундамента. Здесь, в сравнительно узкой зоне, скорость вертикальных движений изменяется до 8 мм/год.



Рисунок 1 – Карта СВДЗК Беларуси

1 – изобазы значения скорости СВДЗК в мм/год;

2 – фрагмент профиля для высокоточного нивелирования фундаментальных реперов на Пleshchинском геодинамическом полигоне

Если рассматривать произошедшие за небольшой исторический период землетрясения, то оказывается, что все они были локализованы вдоль зоны сгущения изобаз. Некоторые из них достигали 6-7 баллов и относятся к очень сильным, способным вызвать существенные разрушения (1887 год в Борисовском уезде, 1909 год в Островецком районе, 1978 и 1983 гг. в Солигорском промрайоне интенсивностью до 5 баллов).[3]

При изучении карты СВДЗК Беларуси автором применен способ картографической экстраполяции [4], на основании которого процесс активных проявлений СВДЗК был распространен на территорию Чернобыльской АЭС. Из этого следует, что промплощадка под АЭС выбрана неверно и авария на четвертом блоке вызвана не техническими (технологическими), а тектоническими причинами, которая привела к экологической катастрофе. Позднее это было официально подтверждено в печати.

Вблизи рассматриваемой зоны находится Игналинская АЭС, где рядом проходят два региональных разлома, простирающихся от Браслава на юго-запад. Сама АЭС построена в полосе разрывных нарушений северо-западного направления. По

результатам структурного дешифрирования аэрокосмофотоснимков была установлена современная и неотектоническая активность разломов кристаллического фундамента и осадочного чехла. [5] Такая тектоническая активность может отрицательно отразиться на устойчивости работы Игналинской АЭС. Поэтому неслучайно ЕС запланирована остановка этой станции.

Республика Беларусь со всех сторон окружена АЭС. Выбрана площадка и начато строительство Белорусской АЭС в районе г. Островец. Учитывая печальный опыт Чернобыля, для Беларуси первостепенное значение имеет экологическая безопасность эксплуатации собственной АЭС. Согласно анализируемой карте СВДЗК (см. рисунок 1) в районе г. Островец современные тектонические движения достигают до +6 мм/год. 15 декабря 1909 г. в Островецком районе произошло землетрясение с интенсивностью 7 баллов. [6] Принимая во внимание эти обстоятельства, необходимо в пределах уже существующей стройплощадки АЭС создать сеть фундаментальных реперов и разработать программу высокоточных геодезических измерений с применением новейших технологий типа цифрового нивелира DNA03, спутниковых GPS-измерений и других аналогичных приборов. Результаты повторных нивелирований с частыми интервалами оказываются ценными тогда, когда наблюдения проводятся при выборе площадки под строительство объекта, во время его возведения и регулярно выполняются в период эксплуатации сооружения. Построенные по таким данным карты СВДЗК, с учетом других исследований, будут реально отражать современные вертикальные движения тектонического происхождения.

Литература

1. Волков, В.И. Постановка геодезических исследований СВДЗК на геодинамических полигонах / В.И.Волков – // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1991.–№6.– С.33-38.
2. Хотько, Ж.П. Глубинное строение территории Белоруссии и Прибалтики по данным геофизики. / Ж.П.Хотько.–Мн.: «Наука и техника», 1974.–91 с.
3. Михайлов, В.И. Изучение землетрясений в Беларуси в связи со строительством и эксплуатацией инженерных сооружений / В.И.Михайлов // Вестник БНТУ.– 2007.–№6.– С.50-53.
4. Берлянт, А.М. Применение картографической экстраполяции в прогнозных исследованиях / А.М. Берлянт, В.И.Михайлов // Методология и методы географического прогнозирования.–М.: «МГУ», 1983.– С.145-156.
5. Юкнялис, И. Разломы района Игналинской АЭС / И.Юкнялис, В.Марцинкявичюс и др. // Проблемы экологической геологии в Прибалтике и Белоруссии.–Вильнюс, 1990.– С.194-197.
6. Авотиня, Н.Я. Каталог исторических землетрясений Белоруссии и Прибалтики/ Н.Я.Авотиня, А.М.Боборыкин и др. // Сейсмологический бюллетень сейсмических станций.Минск (Плещеницы) и «Нарочь» за 1983 г.– Минск, 1988.– С.126-137.

Михайлов Владимир Иванович – кандидат географических наук, доцент кафедры инженерной геодезии Белорусского национального технического университета, г. Минск, Республика Беларусь.

Mikhailov Vladimir I. – candidate of Geographic sciences, associate professor, the department of Engineering geodesy of Belorussian national technical university, Minsk, the Republic of Belarus.

УДК 528.011

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОСНОВА КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА

А.М. Дегтярев, Е.В. Дегтярева

Полоцкий государственный университет, Беларусь, г. Новополоцк	Polotsk state university, Belorussia, Novopolotsk
---	---

В статье рассмотрена геометрическая составляющая корреляционного анализа на основе вычисления значения угла между некоторыми подпространствами, что дает возможность получения многих известных корреляционных характеристик и некоторых новых. Обосновывается большая общность, простота и широкие возможности анализа на основе предложенного подхода по сравнению с традиционным.

Ключевые слова: корреляционный анализ, матрица, коэффициент корреляции, коэффициент связанности, экологический мониторинг

The article studies the geometric component of correlation analysis on the base of figuring out the angle between some spaces what gives an opportunity to get many known correlative characteristics and some new ones. The great community, simplicity and wide opportunities of the analysis on the base of proposed approach in comparison with a traditional one are substantiated.

Keywords: correlation analysis, matrix, correlation coefficient, coherence coefficient, environmental monitoring.

Корреляционный анализ результатов эксперимента получил достаточно широкое распространение в геодезической теории (см., например [1]) и практике [2], [3] и др. Традиционно используют следующие коэффициенты корреляции:

- парный r_{ij} , показывающий тесноту связи между i и j рядами, **игнорируя** влияние других;
- частный $r_{ijk\dots}$, показывающий тесноту связи между i и j рядами, при условии **учета** линейного влияния всех других рядов;
- множественный $r_{j\dots}$, показывающий тесноту связи между i рядом и всеми остальными.

Для более качественного анализа целесообразно вычислять не отдельные коэффициенты, а всю их совокупность в виде матрицы. Тем более, что существует много программных пакетов позволяющих быстро и просто манипулировать с матрицами, как с объектами. Один из способов получения перечисленных выше коэффициентов – через использование центрированной матрицы A_c , полученной из матрицы результатов эксперимента A (матрицы плана). Центрирование строится в виде отклонения от среднего по столбцам, для каждого столбца из A . По центрированной матрице A_c вычисляется нормальная матрица $K = A_c^T \cdot A_c / n$ (матрица эмпирических моментов, выборочная ковариационная матрица), и обратная к ней $Q = K^{-1}$. Тогда перечисленные выше коэффициенты корреляции в виде матриц можно легко получить



следующим образом [5]:

– парные

$$R_1 = D \cdot N \cdot D \tag{1}$$

$$D = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{n_{11}}} & L & 0 \\ M & O & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{n_{mm}}} \end{pmatrix}$$

Здесь D , вспомогательная масштабирующая матрица из диагональных элементов n_{ii} матрицы N . Матрицу из парных коэффициентов корреляции, или корреляционную матрицу, можно получить проще, если после центрировки столбцов матрицы A средними, её еще нормировать средними квадратическими погрешностями по столбцам. Тогда имеем новую стандартизованную

$$(a_c)_j = \frac{a_j - \bar{x}_i}{m_i}$$

по столбцам i матрицу $A_{c,j}$ элементами $(a_c)_j$. Теперь выборочная корреляционная матрица может быть получена сразу как

$$R_1 = \frac{1}{n} \cdot A_n^0 \cdot A_n \tag{1a}$$

– частные коэффициенты корреляции:

$$R_2 = -D' \cdot Q \cdot D' \tag{2}$$

т.е. совершенно эквивалентно по форме, как и парные, но по элементам обратной матрицы Q . Матрица D также строится по элементам матрицы Q , аналогично D ;

– множественные коэффициенты:

$$R_3^2 = E - Q_d^{-1} \cdot N_d^{-1} \tag{3}$$

Здесь Q_d, N_d – диагональные матрицы, выделенные из Q и N соответственно.

Достаточно давно известно (см., например [4]), что парный коэффициент корреляции r_{xy} между двумя рядами x и y :

$$r_{xy} = \frac{[(x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})]}{\sqrt{[(x - \bar{x})^2]} \cdot \sqrt{[(y - \bar{y})^2]}} = \frac{[v_x \cdot v_y]}{\sqrt{[v_x^2]} \cdot \sqrt{[v_y^2]}} = \frac{(v_x, v_y)}{\|v_x\| \cdot \|v_y\|} \tag{4}$$

есть косинус угла β между центрированными векторами v_x и v_y . Из (4) следует, что

$$\cos \beta = \frac{S}{\|v_x\|}$$

где S – величина проекции v_x на v_y (рис. 1).

$$S = \frac{(v_x, v_y)}{\|v_y\|} \quad (5)$$

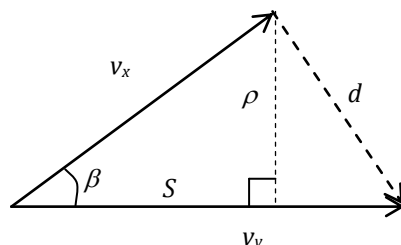


Рисунок 1– Графическое представление парного коэффициента корреляции

Некоторые другие возможности получения парного коэффициента корреляции на основе рисунка 1 и формул тригонометрии смотрите [5].

Принимая вектора v_x и v_y как подпространства размерности $(n \times 1)$ в общем пространстве $(n \times n)$, трактовку меры статистической связи в виде коэффициента корреляции как косинуса угла между этими подпространствами можно легко расширить и на более общие подпространства, чем вектора.

Рассматривая угол между двумя подпространствами в виде плоскостей φ и λ (рис.2) заметим, что угол β между ними есть **наименьший** из всех возможных углов, образованных линией пересечения плоскостей и перпендикулярами.

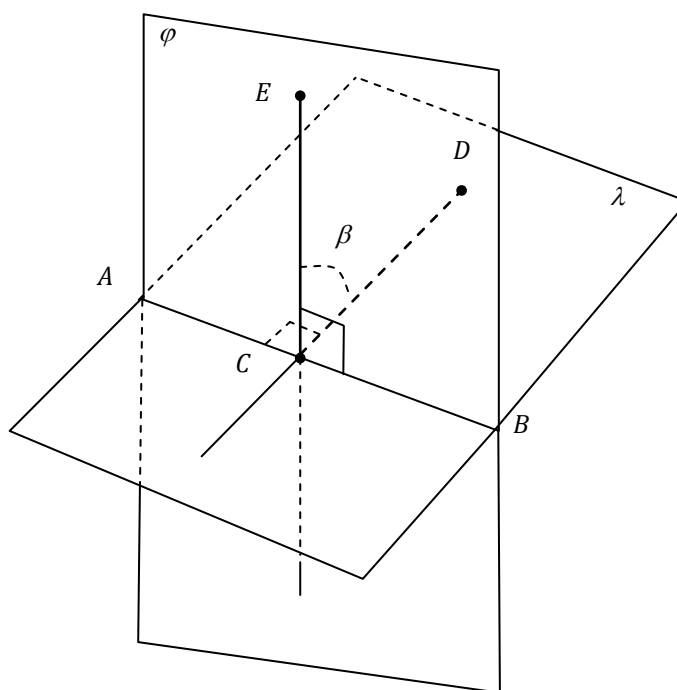


Рисунок 2– Определение угла между плоскостями

Но линия пересечения плоскостей и перпендикуляры образуют два ортогональных базиса: ECB для плоскости φ и DCB для плоскости λ с одной общей осью AB . Угол β есть угол между не общими осями ортогональных базисов. Расширяя

аналогию на гиперплоскости (т.е. подпространства размерности $(n \times k)$ пространства размерности $(n \times n)$ $sn > k$), угол между любыми подпространствами может трактоваться как наименьший угол между не совпадающими осями в объединенном базисе для нового объекта, являющегося пересечением этих подпространств. Если подпространства предварительно центрировать, то, как показано выше, косинус угла между преобразованными подпространствами должен быть, по сути, некоторым аналогом коэффициента корреляции.

Обобщая сказанное, процедуру получения угла между подпространствами для вычисления аналога коэффициента корреляции можно свести к следующим шагам:

- 1) центрирование векторов x_i , описывающих процесс с получением новых векторов $(v_x)_i$;
- 2) выделение в общем пространстве процесса подпространств Φ и Λ , между которыми определяется степень статистической связи по предложенной процедуре, а в них ортогональных базисов B_Φ и B_Λ ;
- 3) объединение этих базисов в одну структуру по общим осям $B = B_\Phi \cup B_\Lambda$;
- 4) выделение всех полученных углов между не общими осями разных базисов, кроме прямых;
- 5) нахождение минимального угла из всех углов, полученных в пункте 4.

Основой для выделения и объединения базисов в подпространствах может служить процедура сингулярного разложения при представлении подпространств в виде матриц.[4]

Не смотря на кажущуюся громоздкость последовательности, она очень легко реализуема, практически, в любой программной среде, имеющей стандартную процедуру сингулярного разложения, например в оболочке MATLAB.

Из линейной алгебры известно, что выделить ортогональные базисы можно используя, например, сингулярное разложение, а объединение структур с общими частями произвести путем свертки по общим частям, или перемножением транспонированной и прямой матриц задающих подпространства Φ и Λ :

$$B_\Phi \cap B_\Lambda = B_\Phi^T \cdot B_\Lambda. [4]$$

Для случая анализа связи двух векторов v_x и v_y ортогональные базисы для них есть вектора их направляющих косинусов:

$$B_x = \frac{v_x}{\|v_x\|},$$

$$B_y = \frac{v_y}{\|v_y\|}.$$

Объединение в общую структуру дает

$$B = B_x^T \cdot B_y = \frac{v_x^T \cdot v_y}{\|v_x\| \cdot \|v_y\|},$$

формулу идентичную (4), т.е. сразу косинус угла между векторами v_x и v_y (так как он один), или коэффициент корреляции r_{xy} .

Рассмотрим все возможные комбинации векторов для определения тесноты связи между ними, посредством угла между подпространствами, которые эти комбинации

образуют. Пусть процесс описан матрицей $A_{n \times k}$, состоящей из k вектор-столбцов состояний a_i из n элементов. Каждый столбец матрицы предварительно центрируется за среднее по вектору. Обозначим процедуру получения угла по, описанной выше, последовательности между подпространством, состоящим из векторов $\{a_{i_1}, a_{i_2}, \dots\}$ и подпространством векторов $\{a_{j_1}, a_{j_2}, \dots\}$, например, как $\text{subspace}(\{a_{i_1}, a_{i_2}, \dots\}, \{a_{j_1}, a_{j_2}, \dots\})$. В первую очередь рассмотрим простейшие комбинации, когда одно из подпространств есть просто вектор a_i . Самая простая из них, когда рассматривается угол между двумя векторами a_i и a_j : $\text{subspace}(a_i, a_j)$. Косинус угла между ними должен быть обычным парным коэффициентом корреляции r_{ij} .

Косинус угла между одним вектором a_i и группой других векторов, образующих подпространство $\{a_{i_1}, a_{i_2}, \dots\}$, должен по определению представлять множественный коэффициент корреляции $r_{i|\{i_1, i_2, \dots\}}$.

При определении множественного коэффициента корреляции нельзя, чтобы вектор a_i принадлежал другому подпространству $\{a_{i_1}, a_{i_2}, \dots\}$, иначе, естественно, угол будет равен нулю. Это обстоятельство может служить проверкой принадлежности вектора подпространству.

Следующая группа комбинаций подразумевает наличие общих частей в подпространствах. Если в одном и другом подпространстве не общие только два вектора a_i и a_j , то можно ожидать, что другие, общие, «компенсируют» друг друга. Косинус угла между такими подпространствами, по определению, будет частным коэффициентом корреляции $r_{ij|\dots}$. Например, для процесса, определяемого тремя векторами $\{a_1, a_2, a_3\}$, это будет $\cos(\text{subspace}(\{a_1, a_2\}, \{a_2, a_3\}))$. Здесь общий вектор a_3 , а не общие a_1 и a_2 . Определенная таким образом, процедура должна давать частный коэффициент корреляции между векторами a_1 и a_2 при исключении («компенсации») линейного влияния вектора a_3 . Последовательность записи векторов в подпространстве не имеет значения.

Последняя группа комбинаций включает два подпространства из не единичного набора векторов и не имеющая общих частей $\text{subspace}(\{a_{i_1}, a_{i_2}, \dots\}, \{a_{j_1}, a_{j_2}, \dots\})$. Косинус угла между, определенными таким образом, подпространствами носит название - канонический коэффициент корреляции. Традиционными способами вычисление происходит достаточно сложно и совершенно не похоже на рассмотренные выше способы определения частных, парных и множественных коэффициентов (см., например [6]).

Этим набором исчерпываются традиционные величины, характеризующие меру тесноты статистической связи между векторами, известные как, разного рода, коэффициенты корреляции. Предложенный подход на основе понятия угла между подпространствами позволяет не только объединить их определение в едином алгоритме, но, что более важно, расширить, т.е. ввести некоторые новые меры тесноты связи. В первую очередь к ним можно отнести меры на основе угла между частично пересекающимися группами (т.е. имеющих несколько общих) векторов. Так как здесь участвуют группы, то может быть имеет смысл такой класс мер тесноты связи назвать **групповыми**. С другой стороны, эти меры не являются, в привычном смысле, коэффициентами корреляции. Поэтому, их можно назвать просто **коэффициентами связанности**.

Введенная мера групповой связанности в первом и втором подпространствах

имеет группу общих векторов и две группы не общих векторов. Этим она похожа на частный коэффициент корреляции при условии одного не общего вектора в первой группе и одного во второй. В более общем случае предложенная мера определяет тесноту связи между подпространством $\{a_{i_1}, a_{i_2}, \dots\}$ и подпространством $\{a_{j_1}, a_{j_2}, \dots\}$ при исключении влияния общих векторов, образующих также подпространство $\{a_{k_1}, a_{k_2}, \dots\}$. Таким образом, она является, как бы, симбиозом канонического коэффициента корреляции и «группового частного» коэффициента. При этом, что достаточно важно, мера может вычисляться при подпространстве пересечения состоящего из 1 вектора и до $n - 2$ общих векторов. Полученную меру можно назвать **групповой частный коэффициент связанности**, а канонический коэффициент корреляции, по тому же принципу, трактовать как **групповой множественный коэффициент связанности**. [5]

Выявление тесноты связи на основе углов между подпространствами в виде предложенных разных коэффициентов связанности позволяет очень сильно расширить возможности анализа внутренних связей между структурами, описывающими исследуемые процессы в геодезии, экологии, других науках о Земле. В рамках единого алгоритма, который очень легко программируется, возможно перебрать и проанализировать связи в составляющих процесса по следующим группам:

- между i -тым и j -тым векторами в процессе при игнорировании влияния остальных;
- между i -тым и j -тым векторами в процессе при учете линейного влияния всех остальных;
- между i -тым и j -тым векторами в процессе при учете линейного влияния выделенной группы из всех остальных;
- между первой и второй группами неперекрывающимися векторами в процессе;
- между первой и второй группами в процессе с учетом влияния третьей группы векторов.

На основе предложенного подхода также возможна кластеризация по всем мерам при заданных границах кластера.

Проведем численные исследования предложенного подхода. Для этого используем результаты экологического мониторинга на территории санитарно-защитной зоны города Новополюцка по следующим параметрам: уровень грунтовых вод, характеристика солнечной активности в числах Вольфа, количество осадков за вегетационный период и за год, температура за вегетационный период, радиальный прирост поздней и ранней древесины ели (таблица 1). Наблюдения брались за период от 1975 до 2000 годы включительно. Вычислим парные, частные и множественные коэффициенты корреляции на основе традиционных формул (1), (2) и (3), а затем проверим их на основе получения углов между соответствующими подпространствами. В заключение получим значения некоторых групповых коэффициентов связанности.

Корреляционная матрица из (1) по данным таблицы 1 есть:

$$R_1 = \begin{vmatrix} 1.0000 & -0.3651 & -0.5391 & -0.5940 & 0.0024 & 0.1514 & 0.1876 \\ -0.3651 & 1.0000 & 0.1686 & 0.1646 & 0.0066 & 0.1030 & -0.1591 \\ -0.5391 & 0.1686 & 1.0000 & 0.8719 & -0.4174 & -0.3469 & -0.1659 \\ -0.5940 & 0.1646 & 0.8719 & 1.0000 & -0.2005 & -0.5127 & -0.2899 \\ 0.0024 & 0.0066 & -0.4174 & -0.2005 & 1.0000 & -0.0558 & -0.1055 \\ 0.1514 & 0.1030 & -0.3469 & -0.5127 & -0.0558 & 1.0000 & 0.8218 \\ 0.1876 & -0.1591 & -0.1659 & -0.2899 & -0.1055 & 0.8218 & 1.0000 \end{vmatrix}$$

Матрица частных коэффициентов корреляции по (2):

$$R_2 = \begin{vmatrix} 1.0000 & -0.1236 & -0.1030 & -0.3366 & -0.2154 & -0.3052 & 0.2532 \\ -0.1236 & 1.0000 & 0.0175 & 0.1573 & 0.0553 & 0.4882 & -0.4809 \\ -0.1030 & 0.0175 & 1.0000 & 0.7452 & -0.4931 & 0.0551 & 0.0097 \\ -0.3366 & 0.1573 & 0.7452 & 1.0000 & 0.1833 & -0.4774 & 0.3109 \\ -0.2154 & 0.0553 & -0.4931 & 0.1833 & 1.0000 & -0.1148 & 0.0572 \\ -0.3052 & 0.4882 & 0.0551 & -0.4774 & -0.1148 & 1.0000 & 0.8757 \\ 0.2532 & -0.4809 & 0.0097 & 0.3109 & 0.0572 & 0.8757 & 1.0000 \end{vmatrix}$$

Таблица 1–Результаты экологического мониторинга по 7 составляющим

Уровень грунтовых вод	Числа Вольфа	Осадки за вегетационный период, мм	Осадки за год, мм	Температура за вегетационный период, °С	Поздняя древесина	Ранняя древесина
104,0	34	229	660	15,9	4,6	5,2
127,4	20	254	524	13,1	4,7	4,7
98,5	35	434	734	13,7	4,6	4,7
86,9	122	489	781	12,9	5	5
109,7	230	410	741	15,0	3,7	3,8
76,7	265	416	635	13,6	5,1	4,1
93,0	238	391	711	15,3	4,8	4,6
87,0	211	352	735	14,0	3,6	3,7
92,0	138	230	637	15,5	4,5	3,9
110,0	86	384	685	14,3	4,5	4,2
106,0	30	390	674	14,5	4,2	4,9
101,0	22	353	729	14,5	2,8	3,3
99,0	39	531	824	13,5	3,4	4,2
90,5	124	424	744	16,0	3,2	3,2
95,5	181	446	795	15,3	2,6	3,2
95,4	237	498	913	13,4	2,7	2,6
79,8	243	407	743	14,5	3,4	3,6
117,3	175	313	609	15,5	3,8	3,5
108,2	108	404	767	13,4	2,3	2,8
90,2	57	345	713	14,9	2	1,9
96,1	36	400	767	15,4	2,4	2,1
114,1	15	310	582	14,4	3,6	4,3
103,0	26	339	659	14,7	4,2	5,7
73,2	92	602	1014	14,7	3,3	4,6
110,7	138	183	539	16,1	5,2	4,8
109,0	205	374	717	13,8	4,4	5

Диагональная матрица из (3) множественных коэффициентов корреляции:

$$R_3 = \begin{vmatrix} 0.7068 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5954 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.9104 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.9262 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5744 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9230 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.8938 \end{vmatrix}$$

Вычислим парные коэффициенты корреляции, используя понятие угла между подпространствами по процедуре $\text{subspace}(\{a_i\}, \{a_j\})$, полученной на основе, определенной выше, последовательности операций. В качестве подпространств $\{a_i\}$ и $\{a_j\}$ необходимо взять центрированные столбцы $a_i - \bar{a}_i$ исходных данных из таблицы 1. В результате имеем:

$$\begin{aligned} \text{subspace}(\{a_1\}, \{a_2\}) &= 0.3651, & \text{subspace}(\{a_1\}, \{a_3\}) &= 0.5391, \dots, \\ \text{subspace}(\{a_4\}, \{a_5\}) &= 0.2005, & \text{subspace}(\{a_6\}, \{a_7\}) &= 0.8218, \end{aligned}$$

что численно совпадает с полученными традиционно, но имеются некоторые проблемы со знаком. На основе предложенного подхода, возможно вычислить групповые коэффициенты связанности, например, между подпространствами $\{a_1 a_2\}, \{a_3 a_4\}$ как $\text{subspace}(\{a_1 a_2\}, \{a_3 a_4\}) = 0.0418$ и другими неперекрывающимися подпространствами в виде канонического коэффициента корреляции для более всестороннего анализа процесса. Польза подобного расширения очевидна.

Для вычисления частных коэффициентов корреляции по приведенным выше правилам в подпространствах должны быть только a_i и a_j (не общие вектора), а те, влияния которых требуется исключить, в качестве общих:

$$\begin{aligned} \text{subspace}(\{a_1 a_3 a_4 a_5 a_6 a_7\}, \{a_2 a_3 a_4 a_5 a_6 a_7\}) &= 0.1236, \dots, \\ \text{subspace}(\{a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_7\}, \{a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6\}) &= 0.8757, \end{aligned}$$

что численно совпадает с полученными выше в виде матрицы. Но предложенный метод позволяет быстро регулировать число векторов, влияние которых требуется исключить:

$$\begin{aligned} \text{subspace}(\{a_1 a_3 a_4 a_5\}, \{a_2 a_3 a_4 a_5\}) &= 0.3270 - \text{исключено влияние только } a_3, \text{ и } a_5; \\ \text{subspace}(\{a_1 a_3\}, \{a_2 a_3\}) &= 0.3303 - \text{исключено влияние только } a_3, \text{ и так далее, что} \\ &\text{также повышает качество и детальность} \\ &\text{анализа.} \end{aligned}$$

При определении множественного коэффициента корреляции в качестве подпространств берутся один вектор a_i и все другие, влияние которых на первый оценивается в совокупности:

$\text{subspace}(\{a_1\}, \{a_2 a_3 a_4 a_5 a_6 a_7\}) = 0.7068$ (см. матрицу R_3), но легко можно регулировать количество векторов влияния $\text{subspace}(\{a_1\}, \{a_2 a_3 a_4 a_5\}) = 0.6690$, а также брать несколько векторов в первом подпространстве (см. пример для парного коэффициента корреляции).

Если в одно и другое подпространство добавить единичные вектора, то предварительное центрирование других векторов не нужно.

Таким образом, можно сделать вывод, что оценивание тесноты связей через разного рода коэффициенты связанности, получаемые на основе угла между подпространствами, позволяет значительно как количественно, так и качественно расширить возможности анализа структуры исследуемых процессов. Возможно, в рамках единого подхода, получить все известные меры тесноты связи между частями процесса, описываемого векторами, а также ряд других, ранее неизвестных, названных групповыми коэффициентами связанности.

Литература

1. Кемниц Ю.В. Математическая обработка зависимых результатов измерений. – М.: «Недра», 1970. – 190 с.
2. Лукьянов В.Ф. К вопросу определения и предвычисления оценок коэффициента корреляции. / В.Ф. Лукьянов. // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1969. – №5. – С. 41-44.
3. Сундаков Я.А. Геодезические работы при возведении крупных промышленных сооружений и высотных зданий. – М.: «Недра», 1980. – 343 с.
4. Воеводин В.В., Кузнецов Ю.А. Матрицы и вычисления. – М.: «Наука», 1984.– 320 с.
5. Дегтярев А.М, Дегтярева Е.В. Получение корреляционных характеристик на основе угла между подпространствами. / А.М.Дегтярев, Е.В. Дегтярева // Вестник ПГУ, Серия Фундаментальные науки. – №5. – 2005. – С. 31-37.
6. Кендалл М.Дж., Стюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. – М.: Наука, 1976. – 736 с.

Дегтярев Александр Михайлович – к.т.н., доцент, кафедра Геодезии и кадастров Полоцкого государственного университета (Беларусь). E-mail: almide@tut.by

Дегтярева Елена Владимировна – ассистент кафедры Геодезии и кадастров Полоцкого государственного университета (Беларусь). E-mail: almide@tut.by

Degtyarev Alexander M. – candidate of Technical sciences, associate professor, department of Geodesy and cadastres of Polotsk state university (Belorussia). E-mail: almide@tut.by

Degtyareva Elena V. – assistant of the department of Geodesy and cadastres of Polotsk state university (Belorussia). E-mail: almide@tut.by

УДК 621.791+533.95

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДУГОВОГО РАЗРЯДА С КВАЗИГАРМОНИЧЕСКОЙ КОМПОНЕНТОЙ ПИТАНИЯ**С.М. Бурдаков, В.М. Козловцев**

<i>Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»</i>	<i>Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»</i>
---	--

В статье рассматривается влияние дополнительной квазигармонической компоненты питания на энергетические характеристики сварочной дуги постоянного тока, горящей в среде аргона. Для исследования электрических характеристик дугового разряда был предложен метод зондирования. Проанализированы осциллограммы, снимаемые с зондов с наложением и без наложения дополнительной компоненты питания.

Ключевые слова: плазменно-дуговые процессы, электрические характеристики сварочной дуги постоянного тока, квазигармоническая компонента питания, метод зондирования, ремонт АЭС, ремонт тепловых электростанций.

The article examines the influence of additional quasiharmonic power component on energy features of constant current welding arc burning in argon. For researching the energy features of arc the method of probing was proposed. Oscillograms received from the probes with and without superposition of additional power component.

Keywords: arc-plasmous process, energy features of constant current welding arc, quasiharmonic power component, the method of probing, maintenance of Nuclear power plant, maintenance of thermal power plants.

Изготовление и ремонт оборудования для тепловых и атомных электростанций связаны с применением аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом. Выполнение качественных сварных соединений из высокопрочных и коррозионно-стойких сталей часто бывает затруднено из-за низкой устойчивости и явления «блуждания» дугового разряда, что приводит к снижению технологических свойств сварочного процесса, образованию недопустимых дефектов в металле шва и эксплуатационной надежности оборудования в целом. [1]

Известно, что использование дополнительной квазигармонической компоненты питания дугового разряда постоянного тока повышает его устойчивость в 2-3 раза при ручной дуговой сварке покрытыми электродами. [2] Однако оценить влияние данной компоненты питания сварочной дуги на ее энергетические характеристики было затруднительно, так как все исследования проводились с участием плавящегося электрода, где имелось явление каплепереноса, являющееся помеховноящим фактором для измерения. Процессы, протекающие при аргонодуговой сварке неплавящимся вольфрамовым электродом в условиях использования данной

компоненты питания, изучены недостаточно. Поэтому улучшение качества ответственных сварных соединений за счет повышения устойчивости горения дугового разряда является актуальным.

Цель данной работы – исследование влияния дополнительной квазигармонической компоненты питания на энергетические характеристики сварочной дуги постоянного тока, горящей в среде аргона.

Для исследования электрических характеристик дугового разряда использовался метод зондирования. [3] Была разработана методика исследования энергетических параметров дуги с использованием двух зондов, выполненных из вольфрамовой проволоки диаметром 0,3 мм с разной длиной вылета. Зонды закрепляли в специальные направляющие, расположенные на тележке с электрическим приводом. Для получения точечного зонда и его защиты от оплавления использовали керамическую трубку с толщиной стенки 0,5 мм. Скорость движения тележки составляла 0,025 м/с. Схема оборудования для проведения исследований приведена на рисунке 1.

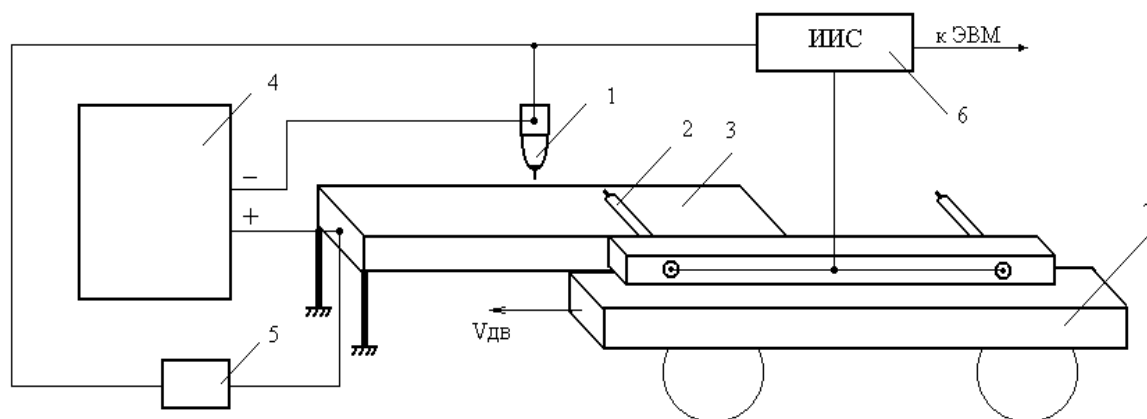


Рисунок 1 – Схема установки для зондовых исследований плазменно-дуговых процессов:

- 1 – горелка для сварки в среде аргона; 2 – зонд; 3 – медная пластина толщиной 10 мм;
 4 – источник питания постоянного тока; 5 – устройство для генерации квазигармонической компоненты питания; 6 – информационно-измерительная система;
 7 – устройство для движения зондов.

Исследовали сварочную дугу длиной 5 мм горящую в среде аргона (расход газа 5 л/час) в трех режимах: $I_d=60\text{A}$, $U_d=22\text{В}$; $I_d=90\text{A}$, $U_d=24\text{В}$; $I_d=120\text{A}$, $U_d=26\text{В}$ с наложением ($f=60\text{ кГц}$) и без наложения дополнительной компоненты питания. Наложение на дугу производилось от параллельно подключенного к основному источнику специального устройства мощностью 500 Вт с напряжением холостого хода 80 В. Дугу зажигали между вольфрамовым катодом и медным анодом контактным способом. Для исследования только требуемой точки сечения столба дуги вылет электрода из керамической трубки составлял 0,5 мм. После получения дугового разряда перемещали устройство 7 (рис. 1) и вводили зонды в исследуемые точки. Схема зондов приведена на рисунке 2.

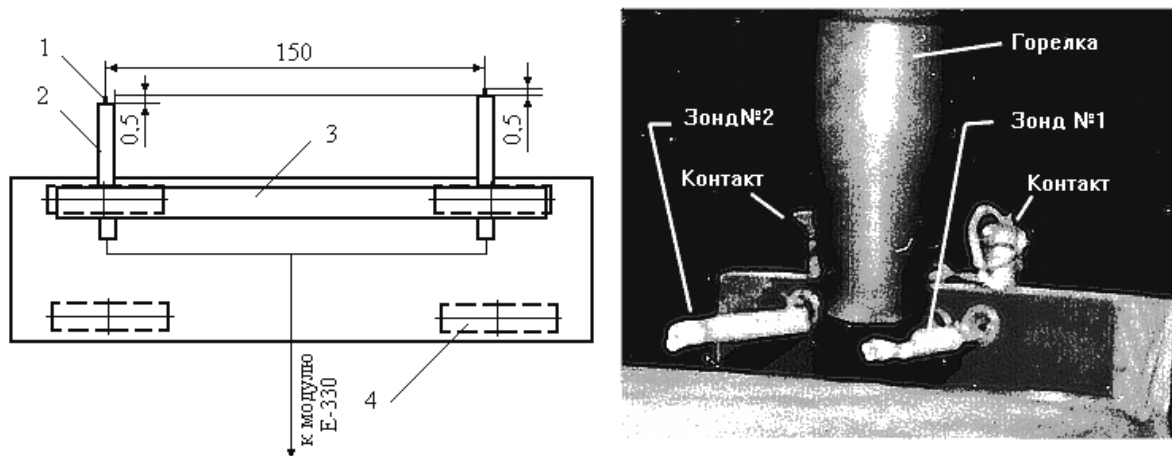
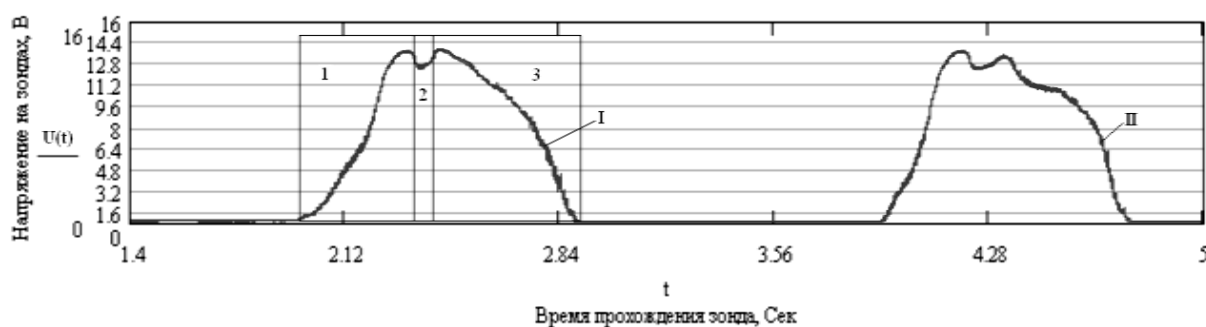
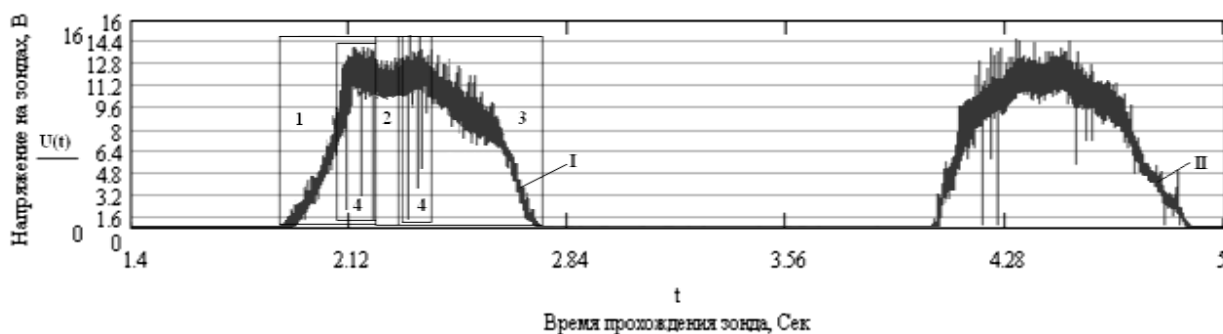


Рисунок 2 – Схема и фотография блока зондирующих элементов:
 1 – вольфрамовый электрод; 2 – керамическая трубка;
 3 – крепление; 4 – тележка с электроприводом

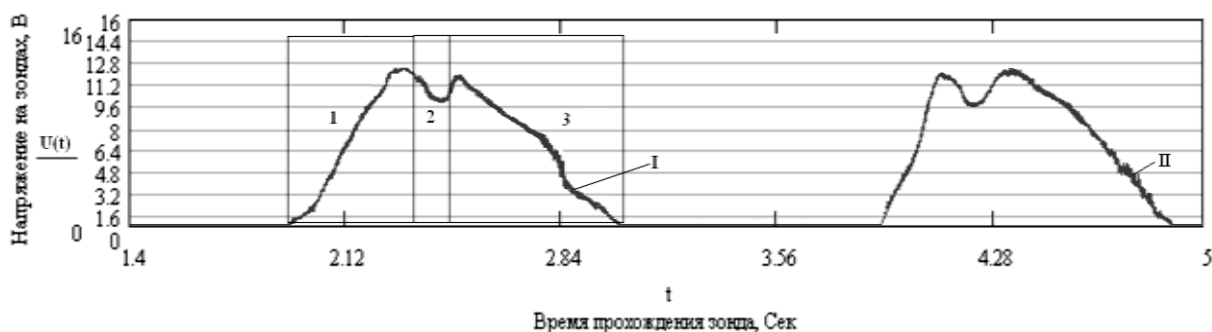


а) $I_d=60A$, без наложения квазигармонической компоненты питания

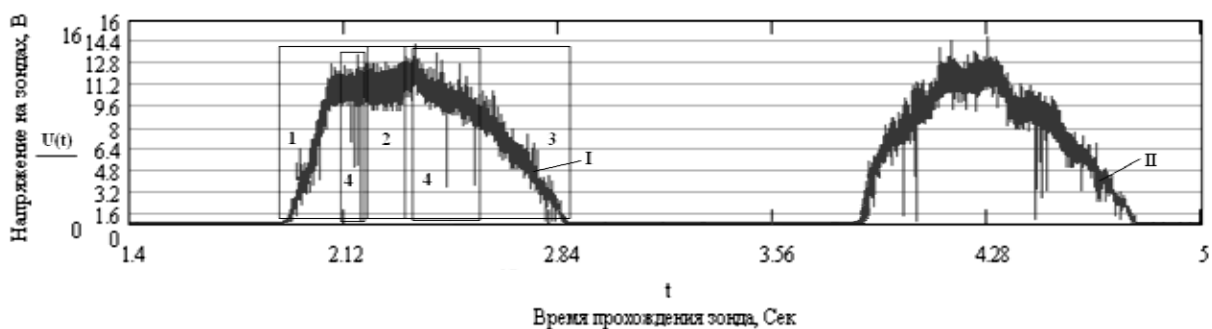


б) $I_d=60A$, с наложением квазигармонической компоненты питания $f=60кГц$

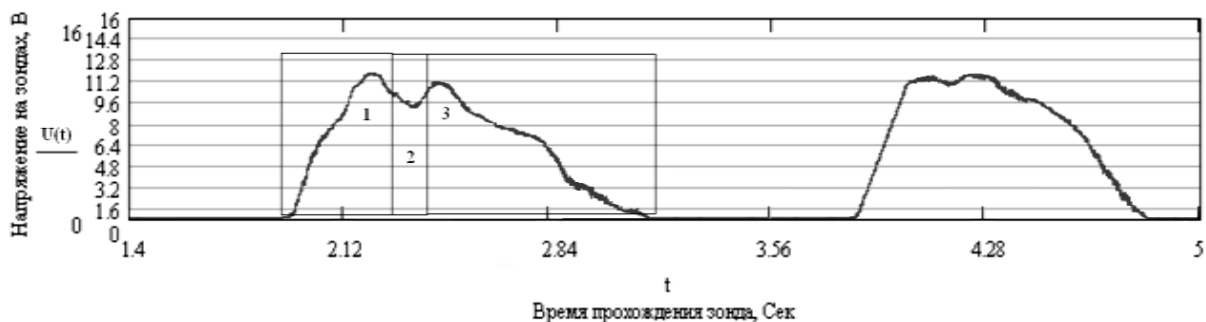
Рисунок 3 – Осциллограммы напряжения, снимаемые с зондов:
 №1, 2 при токе 60 (а, б) А, без и с наложением квазигармонической компоненты
 питания ($f=60кГц$): I – зонд №1; II – зонд №2



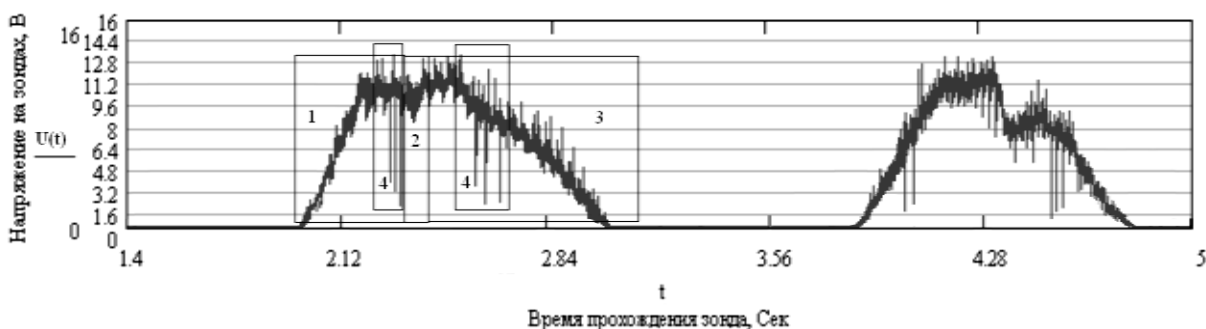
в) $I_d=90\text{А}$, без наложения квазигармонической компоненты питания



г) $I_d=90\text{А}$, с наложением квазигармонической компоненты питания $f=60\text{кГц}$



д) $I_d=120\text{А}$, без наложения квазигармонической компоненты питания



е) $I_d=120\text{А}$, с наложением квазигармонической компоненты питания $f=60\text{кГц}$

Рисунок 3 (Продолжение) – Осциллограммы напряжения, снимаемые с зондов: №1, 2 при токе 90 (в, г) и 120 (д, е) А, без и с наложением квазигармонической компоненты питания ($f=60\text{кГц}$): I – зонд №1; II – зонд №2



Процесс отслеживался информационно-измерительной системой на основе АЦП E-330 фирмы L-Card. Данные о напряжении, снимаемом с зондов, поступали в ЭВМ. Погрешность результатов измерений составляла 3%.

Были получены осциллограммы, снимаемые с зондов, с наложением и без наложения дополнительной компоненты питания представленные на рисунке 3.

Из полученных зависимостей можно выделить три основных участка. Участок 1 соответствует прохождению зонда через периферийный участок дугового разряда. Участок 2 отражает момент прохождения зонда через центральную часть дуги. Участок 3 – выходу зонда через периферийную область. С увеличением постоянного тока наблюдается закономерное снижение падения напряжения, что связано с повышением электропроводности дугового разряда. Увеличение тока с 60А до 120А привело к уменьшению падения напряжения на 3,2В в центральной части столба дуги.

На осциллограммах, полученных с наложением дополнительной компоненты питания на дуговой разряд постоянного тока, можно увидеть накладываемую высокочастотную составляющую. Рассматривая зону 2 видно, что амплитуда напряжения в ней понижается при наложении квазигармонической компоненты. Электропроводность в этой зоне возрастает, что связано с повышением концентрации заряженных частиц в ней за счет обжата дуги и роста уровня ионизации, что увеличивает температуру в центральном участке сварочной дуги. Кроме того, наложение дополнительной компоненты на дуговой разряд (60, 90, 120А) уменьшило падение напряжения в центральном участке 2 соответственно на 0,9, 0,6, 0,4В по сравнению с режимом без наложения воздействия. Воздействие на дуговой разряд подобным образом приводит к его обжатию, что характеризуется меньшим временем прохождения зонда через плазму столба дуги. Так для режима без наложения 60А – 0,75с, 90А – 0,9с, 120А – 1,2с, с наложением квазигармонической компоненты 60А – 0,7с, 90А – 0,75с, 120А – 0,8с.

При наложении компоненты питания частотой 60кГц на кривых появляется характерный участок 4, свидетельствующий о появлении SKIN-слоя. В этой области наблюдаются пульсации повышенной амплитуды, для режима 60А до 9,6В, 90А до 8В, 120А до 7,8В. Вероятно, их появление связано с падением высокочастотного напряжения на SKIN-слое, образованном токами высокой частоты в периферийной зоне дуги постоянного тока. Это соответствует физической модели дугового разряда постоянного тока с наложенным высокочастотным напряжением, приведенной в работе [4].

Действительно, проводимость в SKIN-слое дугового разряда ухудшается, что, видимо, связано с уменьшением степени ионизации и рекомбинации заряженных частиц, увеличения так называемой ступенчатой ионизации и соответствующим понижением температуры в этой области.

Возникновение градиента температур между центральной (осевой) и периферийной частями столба дуги способствует его обжатию и повышению устойчивости горения. Эффект блуждания дуги отсутствовал.

Выводы:

1. Наложение на дугу постоянного тока квазигармонической компоненты питания уменьшает падение напряжения в столбе дугового разряда.

2. Для дуги с наложенной квазигармонической компонентой питания отмечено сужение ее столба по сравнению с дугой, горящей только в среде аргона. Обжатию столба дуги способствует возникающий SKIN-слой.

Литература

1. Хромченко Ф.А. Надежность сварных соединений труб котлов и паропроводов. – М.: «Энергоиздат», 1982. – 120 с.
2. Чернов А.В., Полетаев Ю.В., Кавришвили З.О., Бурдаков С.М. Повышение устойчивости горения дуги при сварке покрытыми электродами // Сварочное производство. – 2000. – №2. – С. 7-9.
3. Подгорный И.М. Лекции по диагностике плазмы. – М.: «Атомиздат», 1968. – 217 с.
4. Бурдаков С.М., Чернов А.В., Полетаев Ю.В., Полежаев С.В. Физическая модель электрического дугового разряда с наложением высокочастотного напряжения // Сварочное производство. – 2001. – № 11. – С. 13-16.

Бурдаков Сергей Михайлович – к.т.н., доцент кафедры «Строительные производства» Волгодонского инженерно-технического института – филиала Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ».

E-mail: tsisp@mail.ru

Козловцев Валерий Михайлович – старший преподаватель кафедры «Строительные производства» Волгодонского инженерно-технического института – филиала Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ».

E-mail: tsisp@mail.ru

Bourdakov Sergei M. - candidate of Technical sciences, associate professor of the department «Building productions» of Volgodonsk Engineering Technical Institute – the branch of National Research Nuclear University «MEPhI».E-mail: tsisp@mail.ru

Kozlovtssev Valeri M. – senior lecturer of the department «Building productions» of Volgodonsk Engineering Technical Institute – the branch of National Research Nuclear University «MEPhI».E-mail: tsisp@mail.ru

УДК 621.3.084.2: 53.087.92

РЕГИСТРАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ТВЕРДОЕ ТЕЛО ПРИ ПОМОЩИ ПЬЕЗООПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА

В.И. Сидоров, А.Г. Паулиш, Д.В. Почкай

<p><i>Новосибирский филиал Учреждения Российской академии наук филиал Института физики полупроводников имени А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук «Конструкторско- технологический институт прикладной микроэлектроники», Волгодонский инженерно-технический институт филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»</i></p>	<p><i>Novosiberian branch of the Russian Academy of Sciences, Institute of semiconductors physics named after A. V. Rjanov, Siberian department of the RAS «Engineering and design Institute of applied microelectronics», Volgodonsk technical institute branch of National research nuclear university «MEPhI»</i></p>
--	--

В данной статье рассматривается работа датчика, регистрирующего изменение нагрузки на твердое тело. Приведены данные о прошедших испытаниях и выявлены отклонения в работе, связанные с изменением рабочего коэффициента преобразования (РКП) при изменении температуры на 10°C, которое составило 12%, что, в свою очередь, превышает допустимые значения метрологических характеристик по ГОСТ 28836-90. Температурная зависимость РКП может быть учтена введением в конструкцию датчика температуры.

Ключевые слова: датчик, первичный преобразователь, вторичный преобразователь, нагрузочный элемент, деформация, пьезооптический преобразователь, концентрация напряжений, электрический сигнал.

In this article operation of the sensor registering change of load of a firm body is considered. Data on last tests are provided and deviations in work connected with change of working factor of transformation (WFT) at temperature change on 10°C which made 12 % are revealed that exceeds admissible values of metrological characteristics in accordance with GOST 28836-90. Temperature dependence of WFT can be considered by introduction in a design of the sensor of temperature.

Keywords: transducer, primary transducer-converter, secondary transducer-converter, load element, deformation, piezo optic converter, tensions concentration, electric signal.

Способов измерения нагрузки на твердые предметы существует не мало: можно измерить изменение геометрических размеров при помощи измерительной линейки, штангель циркуля и т.д. Но как поступать, если изменения геометрических размеров очень малы и не различимы человеческим глазом? С этой задачей может справиться электроника.

Электроника всегда «приходила на помощь человеку», когда требовалась

точность и надежность в получаемых данных.

Специфика работы тензорезистивного датчика (в рамках этой работы) заключается в регистрации изменения геометрических размеров изучаемого образца.

Датчик представляет собой металлическую пластину переменного сечения, в центре которой закреплен фотоупругий элемент (рисунок 1).

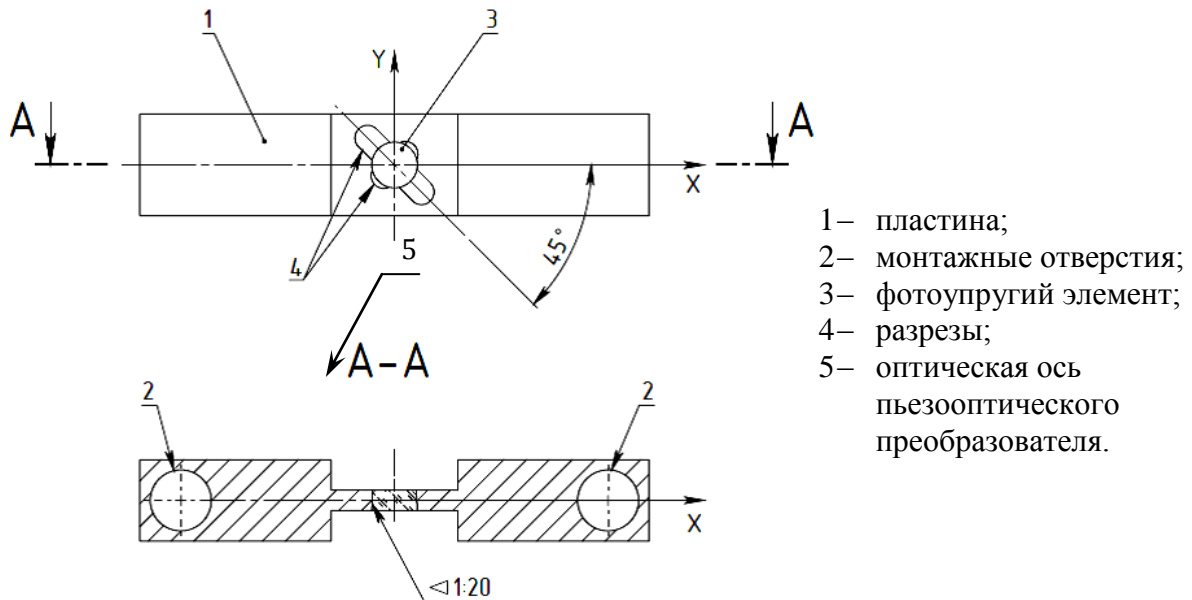


Рисунок 1 –Схема датчика

Конструкция пластины обеспечивает концентрацию напряжений, возникающих при деформации пластины, на фотоупругом элементе. Пьезооптический преобразователь, закрепленный на пластине, преобразует величину напряжений на фотоупругом элементе в электрический сигнал.

Первичный преобразователь крепится на контролируемом объекте с помощью монтажных отверстий. Для увеличения надежности контакта датчика с контролируемым объектом на контактной поверхности пластины выполнены «ножи» или «зубья» (рисунок 2).

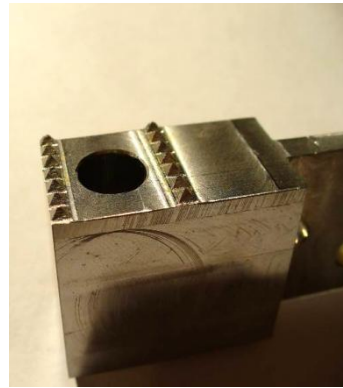
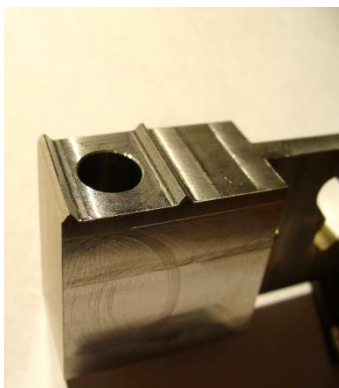


Рисунок 2 – Пластины датчиков с «ножами» (слева) и с «зубьями» (справа)

Описание установки для испытаний

Испытания датчика проводились на прессе INSTRON 8802. Предельная нагрузка прессы 250 кН, точность выдержки нагрузки 0.5%. Пресс оснащен климатической камерой для проведения испытаний при повышенных температурах вплоть до +55 °С с точностью ± 0.2 °С. Подача нагрузки на прессе осуществлялась с заданной скоростью в пределах 0,5-2,0 кН/с с помощью компьютерной программы.

Для проведения испытаний датчика был изготовлен нагрузочный элемент (цилиндр) из закаленной стали марки 50Г диаметром 95 мм и длиной 280 мм. На боковых поверхностях нагрузочного элемента выполнены резьбовые глухие отверстия для монтажа двух первичных преобразователей. Нагрузочный элемент устанавливался на пресс как показано на рисунке 3.

Нагрузочный элемент



Рисунок 3 – Пресс INSTRON 8802 с климатической камерой

Для проведения испытаний при повышенных температурах нагрузочный элемент помещался в климатическую камеру.

Измерение сигнала с датчика осуществлялось с помощью 8-канального преобразователя (рисунок 4), позволяющего измерять временную зависимость сигнала с датчиков с частотой 10 Гц и записывать данные в файл для дальнейшей обработки.



Рисунок 4 – 8-канальный вторичный преобразователь с ноутбуком для измерения временных характеристик сигнала с датчиков

Методика испытаний

Метрологические характеристики датчика определялись по методикам согласно ГОСТ 28836-90.

Нагрузочный элемент с двумя закреплёнными датчиками (один с «ножами», второй с «зубьями») предварительно нагружался усилием 10 кН. При дальнейших нагрузках за начальный сигнал принимался условный сигнал, соответствующий выходному сигналу предварительно нагруженного датчика.

После выдержки нагрузочного элемента при предварительной нагрузке 10 кН в течение 30 секунд проводилась «тренировка» нагрузочного элемента нагрузкой до 240 кН три раза, со скоростью увеличения и последующего уменьшения нагрузки 2 кН/с. «Тренировка» проводилась с целью выработки пластической деформации в нагрузочном элементе, связанной с шероховатостью его торцов. После «тренировки» нагрузочный элемент оставался под нагрузкой 10 кН.

Начиная с предварительной нагрузки 10 кН, нагрузочный элемент двукратно нагружался до максимальной нагрузки 240 кН со скоростью 0,5 кН/с. Затем двукратно со скоростью 1 кН/с и двукратно со скоростью 2 кН/с. При этом нагрузочный элемент выдерживался при максимальной нагрузке в течение 10 секунд. Затем разгружался с той же скоростью до величины предварительной нагрузки 10 кН. Показания с датчика записывались в файл. Указанный цикл нагрузок повторялся дважды.

Для определения метрологических характеристик при изменении температуры на 10°C нагрузочный элемент помещался в климатическую камеру. После выдержки нагрузочного элемента при повышенной температуре указанный цикл нагрузок повторялся дважды.

Результаты испытаний

Результаты испытаний приведены на рисунках 5-6.

На рисунке 5 приведены временные зависимости сигналов с датчиков (с зубьями и с ножами) для одного цикла испытаний. Один цикл испытаний состоит последовательно из:

- четырех циклов нагрузки и разгрузки со скоростью 2.0 кН/с;
- двух циклов нагрузки и разгрузки со скоростью 0.5 кН/с;
- двух циклов нагрузки и разгрузки со скоростью 1.0 кН/с;
- двух циклов нагрузки и разгрузки со скоростью 2.0 кН/с.

Первые четыре цикла являются тренировкой нагрузочного элемента и первичных преобразователей с целью выработки пластической деформации, связанной с пластической деформацией самого нагрузочного элемента и мест крепления датчиков. Из рисунка видно, что за первые четыре тренировочных циклов происходит смещение нуля показаний датчиков, как раз связанное с пластической деформацией. При последующих циклах нагрузки и разгрузки смещение незначительно. Далее весь цикл испытаний повторялся. Для вычисления метрологических параметров датчиков использовались два последних цикла нагрузки и разгрузки со скоростью 2.0 кН/с. Таким образом, всего для расчета параметров датчиков при НКУ использовались четыре цикла нагрузки и разгрузки. На рисунке 5 показана временная зависимость величины нагрузки на нагрузочный элемент. Эти данные использовались для получения зависимости сигналов с датчиков от величины приложенной нагрузки. Примеры таких зависимостей показаны на рисунке 6.

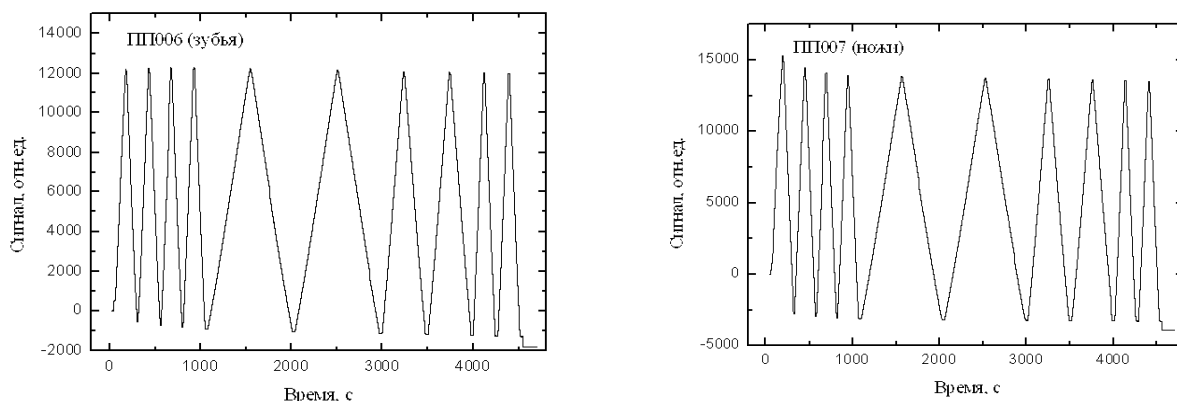


Рисунок 5 – Временные зависимости показаний датчиков для одного цикла испытаний

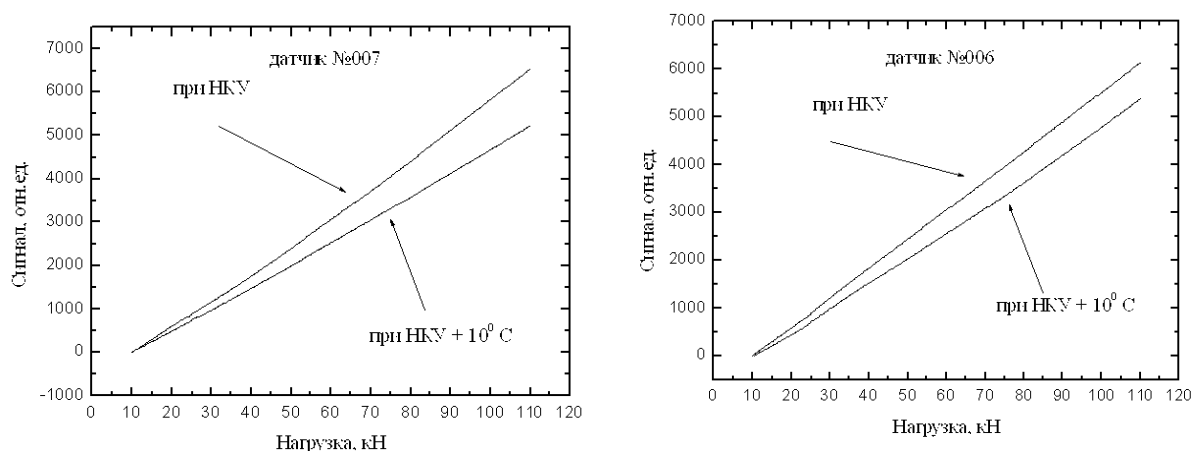


Рисунок 6 – Зависимости сигнала датчиков от величины нагрузки на нагрузочном элементе при температуре НКУ и НКУ+10°C

Расчет метрологических параметров датчиков проводился в диапазоне нагрузок от 10 кН до 90 кН, при этом сигнал с датчиков, соответствующий 10 кН, принимался за нулевой сигнал. Данный диапазон был выбран исходя из максимально допустимой нелинейности 0.5%, что соответствует точности измерений нагрузки на прессе.

Для проведения испытаний при изменении температуры на 10 °С нагрузочный элемент с двумя закрепленными датчиками помещался в климатическую камеру, которая является составной частью оборудования пресса. Увеличение и поддержание заданной температуры осуществлялось нагнетанием теплого воздуха с контролем температуры. Точность стабилизации температуры составила ± 0.2 . На рисунке 10 показаны зависимости величины сигналов с датчиков от величины нагрузки при температуре НКУ и НКУ+10 °С. Изменение рабочего коэффициента преобразования (РКП) при изменении температуры на 10 °С составило 12%.

Выводы:

1. Согласно полученным результатам испытаний, первый датчик может быть отнесен к категории точности 0,50 в соответствии с ГОСТ 28836-90.
2. Второй датчик не может быть отнесен ни к одной категории точности в соответствии с ГОСТ 28836-90.
3. Изменение рабочего коэффициента преобразования (РКП) при изменении температуры на 10 °С составило 12%, что превышает допустимые значения

метрологических характеристик по ГОСТ 28836-90. Температурная зависимость РКП может быть учтена введением в конструкцию датчика температуры.

4. Величина относительной деформации, в пределах которой обеспечивается точность 0.5%, составила 5×10^{-5} или 3.4 мкм при базе преобразователя 70 мм по внутренним зубьям.

5. Достигнутое значение максимальной относительной деформации составляет 260% (10 мкм) от величины относительной деформации, в пределах которой обеспечивается точность 0.5%. После многократного приложения максимально достигнутой нагрузки датчики сохранили метрологические характеристики в пределах 0.5%. Предельная деформация датчиков не была достигнута на данном оборудовании.

6. Анализ результатов испытаний показал, что основным вкладом в погрешность является нелинейность зависимости показаний датчиков от нагрузки в пределах 0.5%, что соответствует точности выдержки нагрузки прессом (0.5%) в соответствии с сертификатом на пресс.

7. Для получения более объективных данных о категории точности необходимо использовать оборудование с более высоким классом точности.

Сидоров Виктор Иванович – Новосибирский филиал Учреждения Российской академии наук институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирское отделение РАН «Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники» (Филиал ИФП СО РАН «КТИПМ»), ведущий инженер-конструктор (ответственный исполнитель темы). E-mail: Vsidorov@gmail.com

Паулиш Андрей Георгиевич – Новосибирский филиал Учреждения Российской академии наук институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирское отделение РАН «Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники» (Филиал ИФП СО РАН «КТИПМ»), Старший научный сотрудник, к. ф.-м. н.

Почкай Дмитрий Викторович – старший преподаватель кафедры Физики и микроэлектроники ВИТИ НИЯУ МИФИ. E-mail: Pogoda61@yandex.ru

Sidorov Victor I. –Novosiberian branch of the Russian Academy of Sciences, Institute of semiconductors physics named after A.V. Rjanov, Siberian department of the RAS «Engineering and design Institute of applied microelectronics», chief engineer – constructor (responsible for the article).E-mail: Vsidorov@gmail.com

Paulish Andrei G. – Novosiberian branch of the Russian Academy of Sciences, Institute of semiconductors physics named after A.V. Rjanov, Siberian department of the RAS “Engineering and design Institute of applied microelectronics”, senior staff scientist, candidate of Physics and Mathematics.

Pochkai Dmitry V. –Volgodonsk technical institute branch of National research nuclear university MEPhI, senior teacher of chair of Physics and microelectronics.E-mail: Pogoda61@yandex.ru

УДК 528.16

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕПРЕРЫВНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ АНАЛОГОВ
ИТЕРАЦИОННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СХЕМ
ДЛЯ УРАВНИВАНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ
НЕГАУССОВСКИМИ СПОСОБАМИ**

А.М. Дегтярев

<i>Полоцкий государственный университет, Беларусь, г. Новополоцк</i>	<i>Polotsk state university, Belorussia, Novopolotsk</i>
--	--

На основе предложенного автором метода непрерывных динамических аналогов для квадратичной целевой функции рассматривается возможность его использования и для негауссовского оценивания результатов измерений в геодезических сетях с целью более гибкого использования процедуры уравнивания при наличии значимых искажающих факторов. В целях дискуссии рассмотрены перспективы развития уравнивательных вычислений и программных продуктов для уравнивательных вычислений.

Ключевые слова: негауссовские алгоритмы оценивания, матрица псевдовесов, уравнение геодезических построений, невязка

On the base of the method of continued dynamic analogues for quadratic objective proposed by the author, this article considers the possibility of its using also for non-Gaussian evaluation the results of the measurements in the geodesic nets with the aim of better using of the equalization procedure when there are meaningful distorting factors. For the aims of discussion the perspectives of development of compensation computations and software products for them are studied.

Keywords: non-Gaussian algorithms of evaluation, matrix of pseudoscales, the equation of geodetic constructions, misalignment.

Непрерывные динамические аналоги были введены для уравнивательных вычислений параметрическим способом в схеме Гаусса-Маркова[2, 3]. Но множество исследований закона распределения результатов геодезических измерений показывает, что нередко бывают случаи, когда он отличается от нормального на величину, пренебречь которой нельзя без существенного ущерба для результатов оценивания. Такие случаи чаще всего возникают при серьёзном нарушении условий центральной предельной теоремы *Ляпунова*, а именно, при резкой неоднородности результатов измерений, их небольшом количестве и их коррелированности. Таким образом, ошибки измерений могут подчиняться негауссовскому закону распределения или из-за того, что для нормально Распределенных результатов измерений достаточно сильно нарушаются условия теоремы *Ляпунова* (условия Гаусса-Маркова), или из-за того, что он действительно негауссовский. Кроме этого, очень часто из-за небольшого числа измерений просто невозможно достоверно определить закон распределения. В этом случае, возможно более целесообразно для уравнивательных вычислений использовать негауссовские алгоритмы оценивания результатов измерений.

Оценки, получаемые при использовании алгоритмов, основанных на не

нормальных законах распределения (негауссовские алгоритмы оценивания), можно условно разделить на две группы:

Алгоритмы, непосредственно получаемые из индивидуального закона распределения, полученного в результате исследований, например, на основе метода максимального правдоподобия, через, генерируемую законом распределения, целевую функцию.

Алгоритмы, корректирующие, полученные ранее, *МНК-оценки* посредством введения матрицы-корректора (матрицы псевдовесов) по определенному правилу.

Как для первой, так и для второй группы алгоритмов, не существует прямых методов решения задачи, а только итерационные. Поэтому, естественно, желание использовать преимущества и достоинства непрерывных аналогов итерационных вычислительных схем для оценки результатов измерений, распределение ошибок которых, по результатам предварительных исследований, существенно отличается от нормального.

Непрерывные динамические аналоги (*НДА-алгоритмы*) итерационных схем основаны на доказанных в [1] теоремах о существовании непрерывных погружений при решении нелинейных функциональных уравнений итерационными методами, трактовке совокупности шагов итерационного способа как механического движения по определенному закону в поле консервативных сил, потенциальная энергия которого полностью описывается видом целевой (минимизируемой) функции $\Phi(x)$ [2], [6]. Так как производная функции $\Phi(x)$ может иметь нелинейный вид, и, следовательно, не решается прямыми методами, использование *НДА-алгоритмов* позволяет просто разрешить проблему неоднозначности в нахождении минимума, потому как из-за наличия члена со второй производной в алгоритме, локальные минимумы игнорируются. Не возникает также проблема плохой обусловленности, т.к. можно обойтись без использования матрицы *Якоби* (аналог матрицы уравнений поправок или условных уравнений при традиционном подходе), или матрицы *Гессе* (аналог матрицы нормальных уравнений, но только для *МНК-оценок*). Кроме того, алгоритм устойчив, легко реализуем на ЭВМ, допускает разного рода коррекции, а потому гибок в использовании, допускает глобальный анализ поля решений.

Рассмотрим наиболее общий вид уравнения движения [2]:

$$m \cdot \ddot{x} + d \cdot \dot{x} + u \cdot x = -\nabla\Phi(x). \quad (1)$$

где d – численная характеристика (число или матрица) демфирующей (мешающей) силы, например, силы трения;

u – численная характеристика (число или матрица) какой-либо управляющей (корректирующей) силы;

$-\nabla\Phi(x)$ – антиградиент минимизируемой функции, характеризующий потенциальную энергию пространства движения Γ .

По названию слагаемых (инерционное (I), демфирующее (D), управляющее (U)) формулу (1) можно назвать *ИДУ-схемой* для поля консервативных сил. [3] Таким образом, для негауссовского алгоритма использования (1) необходимо в зависимости от предварительных исследований достаточно корректно установить вид минимизируемой функции $\Phi(x)$.

Для этого рассмотрим некоторые варианты негауссовских минимизируемых функций. Одни из них, называемые неквадратическими минимизируемыми функциями, в большинстве своем достаточно хорошо описываются классом экспоненциальных

распределений с плотностью вида. [4]

$$p(x) = \frac{\alpha}{2\lambda\sigma\Gamma(1/\alpha)} \cdot \exp\left(-\left|\frac{x - MO(x)}{\lambda\sigma}\right|^\alpha\right), \quad (2)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{\Gamma(1/\alpha)}{\Gamma(3/\alpha)}},$$

где σ , $MO(x)$ - стандарт и математическое ожидание распределения;
 $\Gamma(y)$ - гамма-функция Эйлера;
 α - некоторая характерная для данного распределения постоянная.

Такое представления для класса симметричных распределений впервые было предложено в 1965 году *И. А. Назаровым и Gentleman W. M.* Модель интересна тем, что единственным параметром, характеризующем ее форму, а следовательно, и свойства, является показатель степени α , через который также выражается и эксцесс распределения:

$$E = \frac{\Gamma(1/\alpha) \cdot \Gamma(5/\alpha)}{(\Gamma(3/\alpha))^2} = \lambda^2 \cdot \frac{\Gamma(5/\alpha)}{\Gamma(3/\alpha)}. \quad (3)$$

Кроме того, для интервала $1 \leq \alpha < 2$, вычислительные алгоритмы, полученные на основе таких распределений, называются *робастными* (помехоустойчивыми), а их целевые функции (функции потерь) могут иметь вид, не генерируемый семейством экспоненциальных распределений (2).

Заметим, что в своей основе эти алгоритмы ведут себя как квадратичные в окрестности, где невязка равна нулю, а на «хвостах» – как линейные или другого вида, скорость роста которых падает, и в пределе равна нулю.

Алгоритмы, основанные на таких распределениях, относятся к первому классу в предложенной классификации, но могут в процессе реализации быть сведены и к второму классу, путем подбора соответствующей матрицы псевдовесов.

Ещё один представитель второго класса алгоритмов может быть получен используя в качестве основной формулы закона распределения многомерной величины представление в виде ряда *Грамма-Шарлье* с ненулевыми значениями асимметрии A , эксцесса E . После некоторых преобразований для многомерной величины ряд будет иметь вид:

$$p(x) = \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\right)^n \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{x - MO(x)}{\sigma}\right)^2\right) \cdot \left(1 - \frac{A}{6} \cdot (x^3 + x) + \frac{E}{24} \cdot (x^4 + 4x^2 + 1)\right)^n. \quad (4)$$

Имея среднюю-квадратическую ошибку определения асимметрии и эксцесса не сложно рассчитать разность частот попадания в интервал, которой пренебрегать уже нельзя. Обозначим последний сомножитель в (4) через K :

$$K = \left(1 - \frac{A}{6} \cdot (x^3 + x) + \frac{E}{24} \cdot (x^4 + 4x^2 + 1)\right)^n. \quad (5)$$

Тогда формулу (4) можно переписать как

$$p(x) = \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \right)^n \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n (x - MO(x))^2 \cdot W \right),$$

$$W = \frac{\ln(K)}{\sigma^2}.$$
(6)

Здесь W является корректором (псевдовесом), позволяющим использовать для получения алгоритма оценивания самой простой формы - формы метода наименьших квадратов.

При уравнительных вычислениях в геодезии *МНК-форма* также используется для получения L_p -оценок на основе (2) и (3) в виде

$$x_{i+1} = (A^T \cdot C_i \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot C_i \cdot l,$$

$$C_i = v_i^{\alpha-2} \otimes E.$$
(7)

где C_i - матрица-корректор (псевдовес), являющаяся функцией от величин поправок в измерения v_i ;

α - показатель степени в (2);

\otimes - символ произведения *Катри-Рао*;

E - единичная матрица.

Вид (6) может применяться и для робастных процедур, но в качестве матрицы псевдовесов используется величина:

$$W_{ii} = \frac{\psi'(v_i)}{v_i} > 0,$$
(7)

где $\psi'(v_i)$ - производная робастной функции потерь, например, функции *Хьюбера*, *Эндрюса*, *Тьюки* и др. [5]

С другой стороны, ввод матрицы псевдовесов для задачи оценивания результатов измерений можно трактовать как уравнивание геодезических построений с учетом ошибок исходных данных. Известно несколько подходов при реализации этого процесса, предложенный *Христовым-Козуля*, 1965 г., и предложенный *Маркузе Ю.И.* 1972 г. [4] Формулы, реализующие алгоритмы, легко трансформируются друг в друга посредством леммы *Фробениуса* об обращении композиции матриц, что и было сделано *Мицкевичем В.И.*, обобщившим оба подхода, сведя их к обычной теореме о переносе ошибок со своей матрицей преобразования F .

Далее, используя известное соотношение *Хьюбера* [5] связи закона распределения, например в виде (2), или (4) с целевой функцией, находим вид $\Phi(x)$ минимизируемой функции и $\nabla\Phi(x)$ - антиградиент минимизируемой функции для (1). Решение системы (1) производим, например, по алгоритму [3], получая искомые оптимальные оценки с учетом заложенных условий. Очевидно, что программная реализация предложенного алгоритма негауссовского оценивания результатов геодезических измерений не сложна, но гибка из-за использования матрицы псевдовесов и вбирает в себя все достоинства оценок на основе непрерывных

динамических аналогов.

Следует обратить внимание, что уравнильные вычисления с развитием вычислительной и измерительной техники в последнее время достаточно изменились и приобрели определенные проблемы. К ним можно отнести большую разнородность по виду и качеству используемых измерений и проблему корректного учета весов в этой ситуации; проявление ранее не учитываемых, но теперь влияющих систематических и псевдосистематических погрешностей и, соответственно, эффективные меры борьбы с ними; закон распределения сильно разнородных измерений; высокая точность измерений, при которой они часто превосходят по качеству те измерения, по которым вычислялись исходные пункты. Очевидно, что это только некоторые возникшие проблемы, исследование которых ещё впереди.

Есть ещё два нюанса, которые, по мнению автора, могут существенно преобразовать уравнильные вычисления. Первый из них, это возможность проводить измерения с таким запасом точности, чтобы при округлении до нужной точности невязка в построении не возникала. Преимущества очевидны – не портим измерения степень нашего незнания об их поведении. Недостатки: проведение измерений по технологии полигонометрии для получения точности теодолитного хода (условно), но без уравнивания накладно, а выполнение хорошими измерительными средствами измерений по схеме теодолитного хода (на вешку, небольшие расстояния и т.д.) не дает необходимого повышения точности, чтобы невязка отсутствовала. Второй нюанс связан с сетью постоянно действующих станций, например как в Швеции, 2 области Беларуси. Здесь, подключившись к услуге, в режиме реального времени, задав требуемую точность определения положения точки, устанавливаются GNSS приемник и ждут. Таким образом, получают координаты, в принципе, с заданной точностью и никакой задачи уравнивания не возникает вообще.

Таким образом, можно выделить следующие подходы к обработке:

1. Внедрение новых, более гибких методов обработки, например, как предложенный выше.
2. Разработать алгоритм предрасчета и методики измерений, при котором невязка пренебрежима, и уравнивание не целесообразно.
3. Использование сети постоянно действующих станций, когда обработка сводится, если это необходимо, к вычислению погрешностей функций от полученных координат.

В связи с этим было бы целесообразно развернуть дискуссию специалистов на страницах журнала по рассмотренным проблемам и, вероятнее всего, ряду других смежных, о перспективах уравнильных вычислений, их необходимости сейчас вообще и выработке каких-либо общих рекомендаций по использованию, или не использованию процедуры уравнивания и в каком виде.

Хотелось бы также отметить, что анализ некоторых русскоязычных программных продуктов по уравниванию геодезических построений показывает нашу монолитную неизменность с 70-тых годов. Например, в таких программах как *CREDO*, *RGS* не выполняется глобальный тест дисперсии единицы веса, грубые погрешности выявляются на основе L_1 -нормы (*CREDO*) не вовлекая статистические аспекты процедуры, вообще не используется анализ внутренней и внешней надежности по *Baarda*. Между тем, во всех иностранных программах, таких как *Columbus*, *Panda*, *Geoida*, *Adjust*, *Hanna*, частично *LGO* и *TBC* все эти процедуры реализованы. Зачем нам это? Для адекватного и эффективного оценивания результатов измерений. Невыполнение глобального теста сразу говорит, что в сети есть значимые искажающие факторы без выяснения их природы. Это может быть неверное задание весов, что может

привести к тому, что поправки в измерения будут больше невязок при «правильном» уравнивании. Локальный тест на грубые погрешности (*W-тест, tau-тест, datasnooping*) говорит что измерение (и не одно) грубое, примерно, с вероятностью β . Внутренняя надежность выявляет минимальное значение грубой погрешности в сети данной конфигурации, меньше которой статистическими тестами ничего выявить не возможно, а внешняя надежность показывает влияние этой минимально невыявленной погрешности на уравненные измерения и параметры. Локальная избыточность показывает зоны, которые в сетимаксимально или минимально восприимчивы кразного рода искажениям. Что плохого, чтобы знать все это и получить (автор не очень обольщается, есть масса нюансов и особенностей при использовании этих подходов) все же более надежные и адекватные результаты обработки, или, хотя бы, иметь представление, где и что может случиться. Реализовать все эти алгоритмы трудности не представляет, все формулы адаптированы для программирования параметрическим способом уравнивания и нашей отечественной модели уравнивания, используются в учебном процессе на геодезическом факультете Полоцкого государственного университета.

Литература

1. Гавурин М. К. Нелинейные функциональные уравнения и непрерывные аналоги итеративных методов. / М. К. Гавурин // Известия вузов. Математика, 1958. – №5(6). – С. 18-31.
2. Дегтярев А.М. Возможность использования непрерывных динамических аналогов в уравнивательных вычислениях геодезии. А.М. Дегтярев Материалы республиканской конференции «Геодезия, картография и кадастры», 15-17 мая 1996 г. – Новополоцк: 1996. – С. 3-6.
3. Дегтярев А.М. Использование непрерывных динамических аналогов итерационных вычислительных схем для уравнивания геодезических построений параметрическим способом. Инженерная геодезия. Межведомственный сборник. – Ростов-на-Дону: 1998. С. 6-12.
4. Маркузе Ю.И., Бойко Е.Г., Голубев В.В. Геодезия. Вычисление и уравнивание геодезических сетей. – М.: «Картгеоцентр – Геодезиздат», 1994. – 431 с.
5. Хампель Ф., Рончетти Э., Рауссеу П. Робастность в статистике. – М.: «Мир», 1989. – 512 с.
6. Snyman J. A. A new and dynamic method for unconstrained minimization. Appl. Math. Modelling, 1982, Vol. 6, December, p. 449-461.

Дегтярев Александр Михайлович – к.т.н., доцент, кафедра Геодезии и кадастров Полоцкого государственного университета (Беларусь). E-mail: almide@tut.by

Degtyarev Alexander M. – candidate of Technical sciences, associate professor, department of Geodesy and cadastres of Polotsk state university (Belorussia). E-mail: almide@tut.by

Г
Л
О
Б
А
Л
Ь
Н
А
Я

Я
Д
Е
Р
Н
А
Я

Б
Е
З
О
П
А
С
Н
О
С
Т
Ь

ЭКСПЛУАТАЦИЯ АЭС

УДК 621.181

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ РЕЗОНАНСОВ В СИСТЕМЕ ГЕНЕРАЦИИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ПАРА АЭС С ВВЭР-1000

К.Н. Проскураков, С.О. Беликов, А.К. Адаменков, А.В. Костин

<i>Национальный исследовательский университет МЭИ Филиалы ОАО «Концерн Росэнергоатом» Ростовская АЭС, Балаковская АЭС</i>	<i>National research university MEI the branches of Joint Stock Company of open type «Concern Rosenergoatom» Rostov NPP, Balakovo NPP</i>
---	---

Проведен анализ экспериментальных данных, полученных на АЭС с ВВЭР-1000. Разработаны акустические модели системы генерации и транспортировки пара, выявлены причины превышения допустимого уровня вибраций в системе импульсное устройство – предохранительный клапан.

Акустические модели и алгоритмы расчета акустических параметров, предназначены для прогнозирования, идентификации и предотвращения возникновения акустических резонансов в системе парогенератор – турбина АЭС с ВВЭР-1000.

Ключевые слова: паропровод, парогенератор, вибрации, акустический резонанс, спектр, прогнозирование, частота колебаний.

The analysis of experimental data obtained at nuclear power plants with WWER-1000 is done. Acoustic models of generation system and steam transportation are worked out, the causes of exceeding the acceptable level of vibration in the system impulse device - safety valve are elicited.

Acoustic models and algorithms for calculating the acoustic parameters are used for purposes of prediction, identification and prevention of occurrence of acoustic resonances in the system steam generator - the turbine with WWER-1000.

Keywords: steam line, steam generator, vibrations, acoustic resonance, the spectrum, forecasting, the oscillation frequency.

Эксплуатационные вибрации паропроводов на АЭС с ВВЭР-1000 типа В-320 наблюдались с самого начала эксплуатации данных блоков. Измерениями было доказано, что источником эксплуатационных вибраций являются пульсации давления в паропроводах, которые имеются в каждом паропроводе. [1]

Реконструкции были выполнены на Ростовской АЭС, Балаковской АЭС, Хмельницкой АЭС и АЭС Темелин. Затем была проведена вторая реконструкция паропроводов в помещении А-820, направленная на установку амортизаторов (Балаковская АЭС и АЭС Темелин) или на изменение геометрии подводящих трубопроводов к предохранительным арматурам (Хмельницкая АЭС, Ростовская АЭС и АЭС Темелин). [2]

Все эксплуатационные вибрации больше всего проявляются в ответвлениях к БРУ-А и провоцирует эксплуатационный износ арматуры БРУ-А. Ввиду этого, прогнозирование возникновения акустических резонансов и снижения уровней

вибраций в главном паропроводе АЭС с ВВЭР-1000 является актуальной задачей.

Повышенный уровень вибраций в указанных системах является существенным недостатком вводимых в эксплуатацию АЭС, в том числе и поставляемых за рубеж. На рисунке 1 представлены акустические элементы парогенератора (ПГ):

- 1 – водяной объем;
- 2 – пароводяной объем;
- 3 – паровой объем.



Рисунок 1 – Акустические элементы парогенератора

Правомерность такого представления участков доказана на примере компенсатора давления. Акустическая модель компенсатора давления [4], разработанная в 1979 г., широко используется в настоящее время. Резонансная частота парового объема ПГ определяется соотношением:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{m \cdot C}} \quad (1)$$

m и C определяются следующими соотношениями:

$$C = \frac{\pi \cdot S \cdot h}{4 \cdot \rho \cdot a^2}, \quad m = \frac{4 \cdot \rho \cdot h}{S}$$

где S – площадь поперечного сечения парового объема ПГ, [м²];

h – высота парового объема ПГ, [м];

a – скорость звука во влажном паре, [м/с];

ρ – плотность влажного пара, [кг/м³];

C – акустическая податливость парового объема ПГ, [м⁴·с²/кг];

m – акустическая масса парового объема ПГ, [кг/м⁴];

f – собственная частота колебаний давления в паровом объеме ПГ, [Гц].

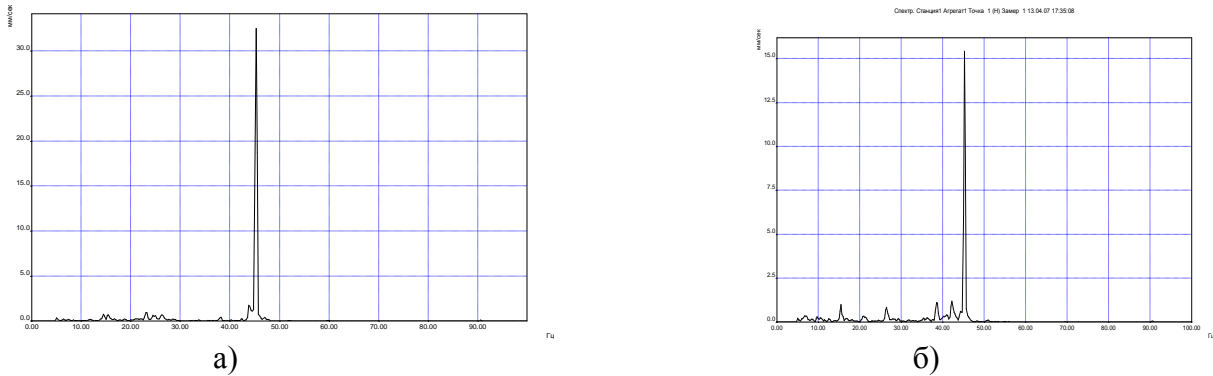
Использование нового метода определения собственной частоты колебаний давления в паровом объеме ПГ позволяет объяснить возникновение в системе транспортировки пара внешнего периодического воздействия по давлению, влияющему на динамические процессы. Указанные динамические эффекты происходят в оборудовании, разрабатываемом различными организациями, т.к. парогенераторы проектирует ОАО «ОКБ Гидропресс», а главные паропроводы проектирует ОАО «Атомэнергопроект» и, в силу этого, выявление причин возникновения акустических резонансов в системе генерации и транспортировки пара и разработка методов их предотвращения не находят отражения в проектно-конструкторской документации.

В соответствии с программой работ [5], были проведены работы по снижению эксплуатационных вибраций путем изменения геометрии подводящих паропроводов.

Исследования проводились на Ростовской АЭС и Балаковской АЭС.

Целью проведения анализа результатов измерений является выявление закономерностей при формировании спектральных характеристик измеряемых сигналов, а также выявление и исследование процессов, не предусмотренных проектной документацией, но влияющих на работоспособность и надежность оборудования системы главных паропроводов.

Результаты измерений на Ростовской АЭС. Уже в начале эксплуатации энергоблока №1 Ростовской АЭС на паропроводах TX50Z01 и TX80Z01 были зафиксированы повышенные эксплуатационные вибрации с негативным влиянием на внутренние части арматур, расположенных вне контаймента в помещении А-820. На рисунке 3а и 3б приведены спектры виброскоростей по паропроводу TX50, точка S05-3, направление Y и паропроводу TX80, точка S04-2, направление Y.



Основная составляющая в спектре частота $f=45,28\text{Гц}$

Рисунок 3 – Спектр виброскорости по паропроводу а) TX50 б) TX80

Результаты измерений на Балаковская АЭС. На энергоблоке №4 Балаковской АЭС были измерены доминирующие частоты [2] эксплуатационных вибраций на 4TX50,70,60,80. которые составили величины: 65,5 Гц; 38,5 Гц; 39,5Гц;- 58,0Гц; 38,5 Гц соответственно.

Из проведенного исследования выявлены источники доминирующих частот в паропроводе для систем TX50 и TX80. Результаты расчетов приведены в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1 – Результаты расчетов собственных частот колебаний давления пара системы TX50

Участок системы		Собственная частота колебаний давления пара, f (Гц)
Паровой объем ПГ		55,9
Отводящие патрубки от ПГ		34,06
Паропровод		1,2
Отводящий участок паропровода к ИПУ ПГ и БРУ-А («нога»)	4TX50S03	95,9
	4TX50S04	110,5
	4TX50S05	91,6
Кольцевые отводы («бублики»)	4TX50S03	3,47
	4TX50S04	5,12
	4TX50S05	4,75

Таблица 2 – Результаты расчетов собственных частот колебаний давления пара системыТХ80

Участок системы		Собственная частота колебаний давления пара, f (Гц)
Паровой объем ПГ		55,9
Отводящие патрубки от ПГ		34,06
Паропровод		1,2
Отводящий участок паропровода к ИПУ ПГ и БРУ-А («нога»)	4ТХ80S03	95,9
	4ТХ80S04	110,5
	4ТХ80S05	91,6
Кольцевые отводы («бублики»)	4ТХ80S03	4,45
	4ТХ80S04	4,75
	4ТХ80S05	4,75

При анализе результатов измерений РСТ АЭС было сделано предположение, что источниками колебания с частотой 45 Гц – является не только оборудование, обеспечивающее генерацию пара, но и предохранительная арматура (ИПУ ПГ, БРУ-А).

Правомерность выдвинутой гипотезы подтверждается анализом обобщенной акустической модели, включающей ИПУ и ПК, и соединяющий их канал. Расчетом показано, что резонансная частота этой акустической системы равна 45 Гц. Рассчитанная резонансная частота колебаний в акустическом элементе – «нога» при её длине, равной 850 мм, равна 90 Гц. Известно, что параметрический механизм усиления пульсаций давления и вибраций в акустическом элементе происходит при воздействии внешнего возмущения, частота которого равна двукратной частоте собственных колебаний рабочей среды в этом акустическом элементе. Таким образом, усиление значений СКЗ с частотой в 45 Гц в системе ИПУ – ПК вызвано параметрическим резонансом внешнего возмущения с частотой 90 Гц.

В системе генерации и транспортировки пара имеются колебания в диапазоне частот от 35 Гц до 70 Гц[2].

Было сделано предположение, что такими источниками является паровой объем парогенератора, в котором, в зависимости от влажности пара и расчетного уровня, существенно меняется скорость звука.

В паровом объеме ПГ СЧКДРТ варьируется в пределах от 35 Гц до 70 Гц (в зависимости от скорости звука). Расчетом показано, что при $t = 2780\text{С}$; $p = 6,2\text{ МПа}$; скорость звука, в зависимости от степени сухости от 0,4 до 1 может меняться в диапазоне от 300 м/с до 492 м/с. При этом, СЧКДРТ в паровом объеме ПГ изменяется в диапазоне от 35 Гц до 70 Гц. На основании этих оценок идентифицирован источник колебаний частот от 38,5 Гц до 65,5 Гц, измеренных на энергоблоке №4 Балаковской АЭС. Таким образом, можно прогнозировать значительные увеличения уровней вибраций в системе генерации и транспортировки пара при таких расчетных уровнях в ПГ и интегральных значениях влажности в паровом объеме ПГ, при которых СЧКДРТ в паровом объеме ПГ будет 45 Гц.

Выводы:

Идентифицированы акустические резонансы в системе генерации и транспортировки пара АЭС с ВВЭР-1000.

Возможность использования разработанных методов и алгоритмов расчета акустических колебаний в системе генерации и транспортировки пара для

идентификации и прогнозирования возникновения акустических резонансов подтверждена результатами измерений на Балаковской АЭС и Ростовской АЭС.

Литература

1. Кутдюсов Ю.Ф. Методика оценки вибростояния главных паропроводов системы ТХ50,60,70,80 энергоблоков АЭС с ВВЭР-1000. / Ю.Ф. Кутдюсов // Технологический филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» совместно с ООО НИЦЭ «Центрэнерго». – 2009. – № 1.2.3.03.999. – 44 с.
2. Отчет. Обоснование безопасной и надежной эксплуатации системы главных паропроводов в помещении 4А820 после замены ИПУ ПГ и при повышении мощности до 107-110%Nном. – Москва, 2011. – 96 с.
3. Окулова М.В. Анализ мероприятий по повышению вибрационной надежности оборудования и трубопроводов систем главных паропроводов ТХ50,60,70,80 энергоблока № 2 Ростовской АЭС. / М.В. Окулова // Сборник трудов участников 13-й ежегодной Конференции молодых специалистов по ядерным энергетическим установкам. – Подольск, 2011.
4. Proskuryakov K.N. Early Boiling Detection Method Of Pre-or Post-Accident Situation on WWER and RBMK // SMORN VII, Avignon, France, 19—23 June 1995. Vol. I. P. 426—424.
5. Программа работ по снижению вибраций трубопроводных систем энергоблоков В-320 в помещениях А-820». № АЭС ПРГ-36К(1.5) 2008.

Проскуряков Константин Николаевич – профессор, доктор технических наук, Национальный исследовательский университет МЭИ, кафедра Атомных электрических станций. E-mail: prosk@npp.mpei.ac.ru

Беликов Святослав Олегович – аспирант, Национальный исследовательский университет МЭИ, кафедра Атомных электрических станций. E-mail: prosk@npp.mpei.ac.ru

Адаменков Андрей Константинович – кандидат технических наук, Открытое акционерное общество «Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях» (ОАО «Концерн Росэнергоатом») - Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция» (Ростовская АЭС), начальник отдела технической диагностики.

Костин Андрей Вениаминович – Открытое акционерное общество «Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях» (ОАО «Концерн Росэнергоатом») - Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Балаковская атомная станция» (Балаковская АЭС), начальник отдела технической диагностики.

Proskouriakov Konstantin N. – professor, doctor of Technical sciences, National research university MEI, department of Nuclear power plants. E-mail: prosk@npp.mpei.ac.ru

Belikov Sviatoslav O. – postgraduate student, National research university MEI, department of Nuclear power plants. E-mail: prosk@npp.mpei.ac.ru



Adamenkov Andrei K. – candidate of Technical sciences, Joint Stock Company of open type «Russian concern of production of electric and thermal energy at nuclear power plants» (JSC «Concern Rosenergoatom») – the branche of Joint Stock Company of open type «Concern Rosenergoatom»«Rostov Nuclear power plant» (Rostov NPP), the head of the technical diagnostics department.

Kostin Andrei V.–Joint Stock Company of open type «Russian concern of production of electric and thermal energy at nuclear power plants» (JSC «Concern Rosenergoatom») – the branche of Joint Stock Company of open type «Concern Rosenergoatom» «Balakovo Nuclear power plant» (Balakovo NPP), the head of the technical diagnostics department.

УДК 621.31

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ, ПРОВОДИМЫХ ПО ПОВЫШЕНИЮ КИУМ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

М. Э. Пинчук, И.А. Якубенко

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

Volgodonsk Engineering and Technology Institute branch of National Research Nuclear University of «МЕРНИ»

В данной статье проведено рассмотрение результатов внедрения программ и мероприятий, проводимых на АЭС России с целью повышения коэффициента использования установленной мощности (КИУМ). Определены мероприятия, которые характеризуются наибольшей эффективностью. Кроме этого, проанализированы возможные резервы для дальнейшего повышения КИУМ.

Ключевые слова: коэффициент использования установленной мощности, атомная электростанция, модернизация, ремонтная кампания, перегрузка топлива, топливный цикл, продление ресурса, управление модернизацией, технические мероприятия, резервы повышения КИУМ.

This article reviews the results of implementing the programs and actions being performed at NPP of Russia for increasing the annular plant factor. The most effective actions are defined. Moreover, the possible reserves for future increasing of the annular plant factor have been reviewed.

Keywords: annular plant factor, nuclear Power Plant, upgrading, repair campaign, refueling, fuel cycle, overhaul-period renewal, upgrading control, technical actions, reserves for increasing the annular plant factor.

На современном этапе развития ядерной энергетики в большинстве стран ведётся упорная борьба за высокий коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) атомных электростанций, что особенно важно в свете энергосбережения с целью компенсации роста цен на органическое топливо, снижения его потребления и парникового эффекта от его сжигания.

Для достижения этой цели в России за последнее десятилетие был разработан ряд программ по оптимизации работы действующих АЭС и их модернизации. На сегодняшний день такие программы находятся в той или иной степени реализации. В данной статье осуществлена попытка рассмотрения результатов внедрения указанных программ и конкретных мероприятий, которые характеризуются наибольшей эффективностью по повышению КИУМ АЭС, и уточнения резервов для предстоящего использования. Повышение КИУМ до недавнего времени базировались главным образом на обоснованном расчетами увеличении времени работы атомного блока на мощности между кампаниями перегрузки топлива, продлении эксплуатационного ресурса оборудования энергоблоков, оптимизации структуры ремонтов энергоблоков и

сокращения их продолжительности. К примеру, в 2000 – 2002 г.г. повышение КИУМ на действующих АЭС России (рис. 1) было достигнуто от уровня 69,1% сразу на 2,6 % под влиянием таких факторов, как: организационные меры; совершенствование использования топливных компонентов; обоснование и обеспечение возможности работы энергоблоков ВВЭР-1000 на уровне мощности 102%; повышение экономичности оборудования второго контура; внедрение систем диагностики; сокращение продолжительности ремонтов энергоблоков. В начале XXI века была принята «Стратегия развития атомной энергетики до 2050 года» [1], в соответствии с которой предусматривается продление срока эксплуатации действующих энергоблоков второго поколения АЭС после окончания 30-летнего срока службы еще на 12 – 15 лет, а также разработаны проекты АЭС третьего поколения с гарантированным сроком эксплуатации не менее 40 лет.

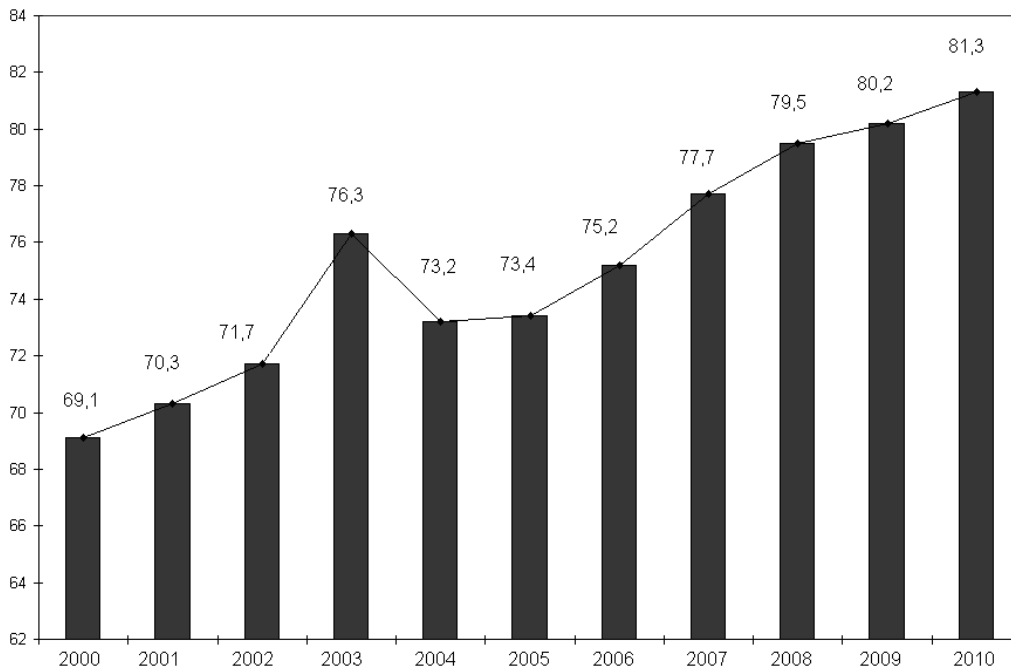


Рисунок 1– Динамика показателей КИУМ в 2000-2010 гг.

Кроме того, были выполнены технические мероприятия по внедрению новых топливных циклов на блоках №1, 4 Балаковской АЭС, блоке №5 Нововоронежской АЭС.

Выполнен на Ростовской и Балаковской АЭС комплекс работ по сокращению продолжительности операций при перегрузках ядерного топлива за счет модернизации систем управления перегрузочных машин и увеличения скорости перемещения их механизмов, а также совмещению операции транспортировки ядерного топлива в штанге перегрузочной машины с операцией контроля герметичности оболочек тепловыделяющих элементов.

В оборудовании второго и электротехнического контуров можно также отметить инновационные мероприятия: внедрение систем шарикоочистки конденсаторов турбин; углубление дна пруда-охладителя на Балаковской АЭС; расширение открытого распределительного устройства 500 кВ и снятие ограничений режимного характера для подъема мощности с 700 до 1000 МВт на блоке №1 Ростовской АЭС, замена ротора генератора блока № 5 Нововоронежской АЭС; замена оборудования, выработавшего свой ресурс.

В результате проводимых мероприятий КИУМ повысился в 2003 году с 71,7% до 76,3% в среднем по России. В 2001 году был разработан и введён в действие стандарт «Положение о порядке организации и проведения модернизации систем и оборудования» [2], определяющий основные цели деятельности по модернизации АЭС. Помимо обеспечения безопасной и устойчивой работы действующих АЭС основными целями модернизации согласно указанному стандарту являются такие способствующие повышению КИУМ мероприятия, как продление эксплуатационного ресурса энергоблоков, достигших назначенного срока службы (путём проведения их комплексной модернизации); увеличение производства электрической и тепловой энергии на энергоблоках действующих АЭС; снижение эксплуатационных расходов (работы и услуги производственного характера, сырьё и материалы, ремонт основных фондов). Так, за период с 2004 по 2009 годы был выполнен значительный объём работ по модернизации АЭС в рамках поставленных в [1, 2] целей, что внесло большой вклад в повышение КИУМ с 76,3% до 80,2% (на отдельных энергоблоках КИУМ достиг 89-95%). Однако следует отметить, что данный показатель повысился только спустя несколько лет. В 2004 году КИУМ понизился на 2,9%; в 2005-2006 гг. КИУМ хотя немного и повысился, но всё же был ниже показателя 2003 года. Тем не менее, в результатах по повышению КИУМ был достигнут определённый успех, основой которого явился заложенный в [1, 2] системный подход к организации деятельности по модернизации АЭС. Согласно такому подходу для каждой атомной станции были сформированы комплексные долгосрочные программы модернизации (для долгосрочного планирования работ сроком на 5 лет) и годовые планы модернизации (для текущего планирования и корректировок).

Наряду со стандартом [2], действующим с 2004 по 2009 гг., эксплуатирующей АЭС организацией были утверждены и приняты к реализации следующие организационно-распорядительные документы: «Концепция программы модернизации действующих АЭС на период 2007 – 2012 годы», «Программа увеличения выработки электроэнергии на действующих энергоблоках АЭС концерна «Росэнергоатом» на 2007-2015 годы», «Подпрограмма перехода на 18-месячный топливный цикл энергоблоков ВВЭР – 1000» [3 - 5].

Отметим, что переход на 18-месячный топливный цикл способствует существенному повышению КИУМ за счёт увеличения межремонтного периода работы энергоблоков и сокращения простоя их в плановых ремонтах и позволяет снизить себестоимость производства электроэнергии на АЭС. С 2009 по 2010 гг. в целях повышения КИУМ внедрялись мероприятия по повышению эффективности ремонтных кампаний со снижением продолжительности ремонта, что достигалось за счёт новых прогрессивных технологий и методов управления ремонтами. В это же время была рассчитана обоснована возможность работы основного оборудования АЭС как с реакторами ВВЭР, так и с реакторами РБМК на 104 – 107% установленной мощности. Экспериментально эти режимы были подтверждены: для реакторов РБМК-1000 до 105% N_u на энергоблоках 1 и 2 Курской АЭС и 2 Ленинградской АЭС, для реакторов ВВЭР-1000 до 104% N_u на энергоблоках 2, 3, 4 Балаковской АЭС, 1 Ростовской АЭС и 3 Калининской АЭС, для реакторов ВВЭР-440 до 107% N_u на энергоблоках 2 и 4 Кольской АЭС.

Распространение подобных режимов на другие энергоблоки было осуществлено в 2010 году и позволило повысить КИУМ до 81,3% (рис. 1).

Таким образом, мероприятия по повышению КИУМ в рамках реализации соответствующих программ [1 - 5] на Российских АЭС осуществляются, начиная с 2003 года по принципу комплексного подхода, что показывает хотя и не слишком быстрые,

но все же стабильные темпы роста КИУМ. Это позволяет нам судить о наибольшей эффективности именно комплексного подхода в решении вопроса о повышении КИУМ энергоблоков.

Что касается отдельных мероприятий, то здесь, по мнению авторов, следует обратить внимание на работы, проведенные в 2000 – 2002 и в 2008 - 2010 годах. Именно в эти годы происходило наиболее значительное повышение КИУМ за рассматриваемые периоды (рис.1).

Считаем, что в эффективности повышения КИУМ, следует выделить работы по совершенствованию управления модернизацией АЭС, совершенствованию технического обслуживания и ремонта, увеличению межремонтных циклов энергоблоков, совершенствованию использования ядерного топлива, сокращению продолжительности операций с топливом при перегрузках, оптимизации технологических режимов АЭС, повышению экономичности оборудования турбинных и электрогенераторных установок. Как видно из перечисленных мероприятий, наибольшее внимание было уделено работам технического характера. Безусловно, оптимизация управленческих функций и экономического аспекта деятельности АЭС является неотъемлемой частью программ, способствующих повышению КИУМ. Однако стоит подчеркнуть, что наилучшие результаты повышения КИУМ в последнее десятилетие были достигнуты именно тогда, когда наибольшее внимание уделялось техническим мероприятиям.

Следовательно, теми резервами, которые в наибольшей мере необходимо использовать в будущем для повышения КИУМ, являются мероприятия именно технической направленности.

Литература

1. Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века, одобрена протоколом Правительства РФ от 25.05.2000 № 15.
2. Положение о порядке организации и проведения модернизации систем и оборудования атомных станций (АС). – Концерн «Росэнергоатом», 2001.
3. Программа модернизации действующих АЭС на период 2007–2012 годы. – Концерн «Росэнергоатом», 2006.
4. Программа увеличения выработки электроэнергии на действующих энергоблоках АЭС концерна «Росэнергоатом» на 2007-2015 годы. – Концерн «Росэнергоатом», 2006.
5. Подпрограмма перехода на 18-месячный топливный цикл энергоблоков ВВЭР–1000. – Госкорпорация «Росатом», 2008.

Пинчук Михаил Эдуардович – главный инженер ОАО «Югэлектро» г. Волгодонск Ростовская обл.; старший преподаватель кафедры теплоэнергетического оборудования ВИТИ НИЯУ МИФИ г. Волгодонск. E-mail: mikhail-pinchuk@mail.ru

Якубенко Игорь Алексеевич – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой АЭС ВИТИ НИЯУ МИФИ г. Волгодонск. E-mail: igoryakub@yahoo.com

Pinchuk Mikhail E. – chief engineer of JSC «Yugelectro», Volgodonsk Rostov region; senior lecturer of the heat-and-power engineering equipment department of VITI NIYaU MIFI, Volgodonsk. E-mail: mikhail-pinchuk@mail.ru.

Yakubenko Igor A. – candidate of technical science, senior lecturer, head of the NPP sub-faculty of VITI NIYaU MIFI, Volgodonsk. E-mail: igoryakub@yahoo.com

УДК 621.311.25

**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АНАЛИЗА
СООТВЕТСТВИЯ ПОЛНОМАСШТАБНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ
ОП ЗАЭС БЛОКАМ-ПРОТОТИПАМ В РАМКАХ
ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ И ПРОВЕРОК ПМТ**

И.А. Загорулько

<i>ОП «Запорожская АЭС», Энергодар</i>	<i>«Zaporozhye nuclear power plant», Energodar</i>
--	--

В учебно-тренировочном центре Запорожской АЭС ведется обучение персонала атомной станции практическим навыкам эксплуатации энергоблоков в тренажерном комплексе. Для повышения эффективности тренажера разработан программный модуль, позволяющий проводить наглядный анализ критериев соответствия модели полномасштабных тренажеров (далее ПМТ) блоку-прототипу для всех режимов, по которым представлены (либо получены в процессе эксплуатации) эталонные параметры.

Ключевые слова: Запорожская АЭС, учебно-тренировочный центр, полномасштабный тренажер, программный модуль, подготовка персонала.

There is a training complex in the educational-training center of Zaporozhye nuclear power plant where the staff is trained in using the practical skills of power units exploitation. To increase the efficiency of this trainer the programme module has been worked out. It lets analyze all criteria of coincidence the model of full-scale trainers to the block-prototype for all regimes, according to them the standard parameters were presented (or were known in the process of exploitation).

Keywords: Zaporozhye nuclear power plant, educational-training center, full-scale trainer, programme module, staff training.

Введение

Запорожская АЭС (ЗАЭС) - это крупнейшая в Европе и в Украине атомная электростанция. Решение о ее строительстве было принято в 1977 г. Сегодня ЗАЭС - современное предприятие, наибольший поставщик электроэнергии в Украине.

В последние годы станция вырабатывает около 50% всей электроэнергии, производимой атомными электростанциями Украины, и более 21% от общей генерации электроэнергии в стране.

Учебно-тренировочный центр (УТЦ) ОП ЗАЭС - специализированное по типу реакторной установки подразделение, осуществляющее подготовку и поддержание квалификации персонала АЭС с отрывом и без отрыва от производства

В соответствии с «Концепцией создания национальной системы подготовки персонала АЭС Украины» ключевым элементом в системе подготовки персонала ОП ЗАЭС является учебно-тренировочный центр - один из крупнейших учебных центров Европы.

Наиболее важным элементом в организации учебного процесса по подготовке оперативного персонала является обучение практическим навыкам эксплуатации

энергоблоков в тренажерном комплексе.

В состав тренажерного комплекса входят три действующих тренажера:

- полномасштабный тренажер №1;
- полномасштабный тренажер №2;
- полномасштабный тренажер №3.

1 Общие положения

Поддержание конфигурации полномасштабных тренажеров энергоблоков является средством контроля за качеством тренажера на стационарном уровне и составлено в соответствии с СТП 0.18.023-2003 «Требования к техническим средствам обучения персонала АЭС» НАЭК «Энергоатом» и «Процедурой поддержания конфигурации полномасштабного тренажера» 00.УЦ.МТ.86Б УТЦ ОП ЗАЭС.

В результате выполнения работ определяется объем необходимых модификаций полномасштабного тренажера для приведения ПМТ в соответствие с БЦУ, РЦУ энергоблоков.

Работы по проведению испытаний и проверок для определения соответствия конфигурации ПМТ текущей конфигурации энергоблока-прототипа и требованиям нормативной и технической документации выполняются ежегодно в период испытательной сессии тренажера в соответствии с графиками тестирования тренажера.

Исходное состояние тренажера при проведении испытаний определено в соответствующих процедурах.

Результаты выполненных работ оформляются путем заполнения процедур испытания ПМТ и приложения к ним графиков контролируемых параметров. Процедуры испытания ПМТ на подтверждение критериев достоверности моделирования режимов нарушения нормальной эксплуатации и аварий хранятся в базе данных ПМТ ЭБ.

Графики контролируемых параметров испытываемых режимов нарушения нормальной эксплуатации и аварий заносятся в базу данных ПМТ ЭБ и хранятся вместе с данной программой.

В среднем в ежегодных испытаниях проверяется 20 различных режимов (R) эксплуатации энергоблоков. Для анализа адекватности модели и соответствия ПМТ блоку-прототипу проводится фиксация и проверка 80 различных параметров (P), соответствующих выбранному режиму. Для ежегодной оценки необходимо осуществить суммарную проверку (S) параметров:

$$S=R*P;$$

$$S=80*20;$$

$$S=1600 \text{ (параметров).}$$

Процедура испытания в среднем занимает 1 час. Время фиксации параметров тренажера 1 сек, итого 3600 секунд испытаний. В результате получаем $1600*3600=5760000$ «точек» сравнения.

Значения полученных «точек» выводятся в текстовый файл, который в дальнейшем переводится в таблицу. Для анализа такого объема информации целесообразно использовать графический способ сравнения данных.

В настоящее время выполнения данной работы проводится с использованием программы MSExcel. Такой способ является очень трудоемким и продолжительным по времени, так как построение каждого графика проводится «вручную» с дальнейшим его переносом в MSWord в соответствии с установленным шаблоном отчета.

В данной работе предлагается программный комплекс автоматизации данного процесса, сводящийся к:

- ускорению загрузки файла данных;
- автоматическому построению графиков всех параметров в нужном для сравнения виде;
- переносу графиков в шаблон MSWord для его дальнейшего вывода на печать;
- полной автоматизацию сравнения как графической, так и табличной информации, с выдачей информации об отклонении измеряемого параметра от эталона.

В целом процесс оценки достоверности модели ПМТ ускоряется в несколько раз и является более наглядной, чем сравнение параметров только по графическим данным.

2 Автоматизация процесса составления графических отчетов и оценки точности моделирования

Для автоматизации получения отчетов и сравнительного анализа, после процедур проверки ПМТ согласно выше изложенным целям и методикам предлагается использовать программный комплекс «LYNX_GRAPH», разработанный в виде оконного приложения Windows.

Общий вид программного модуля:

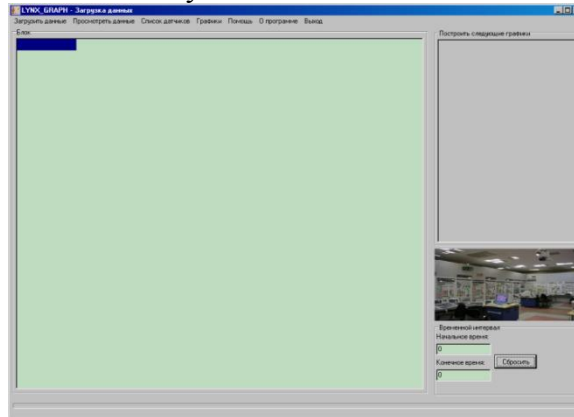


Рисунок 1 – Общий вид «LYNX_GRAPH»

После проведения испытаний ПМТ генерируется текстовый файл, содержащий массив значений контролируемых параметров в единицу времени (1 сек). Файл имеет следующий вид:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	TIME	NIN	RCXYC10P01B1	RCXYA11008B1	RCXYA12T22B1	RCXYA10T10B1	RCXYB10L09H2	RCXYB10L11H2
2								
3	1	100,3088	159,870117	317,274536	287,754547	29,520142	30,882294	235,047729
4	2	100,3022	159,870667	317,274597	287,754384	29,520447	30,877628	235,042038
5	3	100,3093	159,870651	317,274597	287,754112	29,520599	30,886973	235,032471
6	4	100,3043	159,870651	317,274597	287,754389	29,520599	30,886545	235,028665
7	5	100,3016	159,870651	317,274597	287,754089	29,520599	30,886376	235,018646
8	6	100,3027	159,870651	317,274597	287,754089	29,520599	30,890094	235,008362
9	7	100,3052	159,870651	317,274597	287,754089	29,520599	30,843493	234,999965
10	8	100,3037	159,870651	317,274597	287,754089	29,520599	30,836528	234,993637
11	9	100,3012	159,870651	317,274597	287,754089	29,520599	30,831747	234,985046
12	10	100,3039	159,870636	317,274597	287,754089	29,520599	30,823124	234,973999
13	11	100,3044	159,870651	317,274597	287,754089	29,520599	30,819605	234,969528
14	12	100,3039	159,870651	317,274597	287,754089	29,520599	30,810263	234,957993
15	13	100,3014	159,870651	317,274597	287,754089	29,520599	30,799793	234,945496
16	14	100,3089	159,870651	317,274597	287,754089	29,520599	30,795343	234,940186
17	15	100,3087	159,870117	317,274536	287,754269	29,520447	30,784525	234,926437
18	16	100,3066	159,870132	317,274536	287,754115	29,520325	30,774944	234,911393
19	17	100,3017	159,870132	317,274323	287,754115	29,520302	30,769348	234,903961
20	18	100,3034	159,870117	317,274291	287,754115	29,520302	30,766336	234,898193
21	19	100,3040	159,869963	317,2742	287,754115	29,520302	30,763267	234,891022
22	20	100,3068	159,869049	317,274048	287,754115	29,519775	30,762646	234,888199
23	21	100,3097	159,869661	317,273895	287,753988	29,519897	30,762711	234,886093
24	22	100,3068	159,867538	317,273743	287,753365	29,520036	30,764105	234,886995
25	23	100,3086	159,86705	317,27356	287,752602	29,521606	30,765491	234,886902
26	24	100,3088	159,866028	317,273041	287,750916	29,522644	30,769347	234,890106
27	25	100,4001	159,865524	317,272736	287,750275	29,522888	30,769586	234,891616
28	26	100,4047	159,864487	317,271942	287,748749	29,523621	30,77282	234,886605
29	27	100,4099	159,86348	317,271088	287,747284	29,524109	30,776033	234,802618
30	28	100,4135	159,862361	317,270721	287,746704	29,524293	30,777292	234,806015
31	29	100,4155	159,862442	317,269867	287,745422	29,524597	30,780529	234,91127
32	30	100,4191	159,862427	317,269165	287,744263	29,525096	30,783148	234,917343
33	31	100,4205	159,862427	317,268829	287,743744	29,525269	30,784857	234,920944
34	32	100,4213	159,862961	317,268463	287,743317	29,525208	30,787961	234,926865
35	33	100,4223	159,862946	317,268219	287,742981	29,525233	30,789644	234,931427

Рисунок 2 – Файл данных ПМТ

Файл данных блока-прототипа (или файл эталонных параметров), необходимый для анализа точности моделирования состоит из значений контролируемых параметров, взятых с блока-прототипа, но не в единицу времени, а в момент изменения параметра, имеет вид:

Шифр	Идентиф.	Наименование	Единица	Min	Max	Время	Значение	Процент	
3	30019	УСДР22	Р ТЕПЛОНОСИТ НАД АКТИВНОЙ ЗОНОЙ	КГС/СМ2	-2,4	247,6	11.04.05.11.22.00.97	159,1	64,30%
4	30010	УА0124	Т СРЕДНЯЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ 1 К.	ГРАД	0	400	11.04.05.11.22.00.97	303,9	75,95%
5	30102	УА1124	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ПЕТЛЕ №1	ГРАД	0	400	11.04.05.11.22.00.97	321,1	80,26%
6	00101	УА2124	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В КОЛНИКЕ №1	ГРАД	0	600	11.04.05.11.22.00.97	267,6	44,60%
7	30104	УА2124	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ПЕТЛЕ №2	ГРАД	0	400	11.04.05.11.22.00.97	322	80,50%
8	00100	УА2122	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В КОЛНИКЕ №2	ГРАД	0	600	11.04.05.11.22.00.97	267,6	44,60%
9	00108	УВ4010	Р ПАРА В ПАРОГЕНЕРАТОРЕ №4	КГС/СМ2	-2,47	97,53	11.04.05.11.22.00.97	63,6	66,07%
10	30019	УСДР22	Р ТЕПЛОНОСИТ НАД АКТИВНОЙ ЗОНОЙ	КГС/СМ2	-2,4	247,6	11.04.05.11.25.00.95	159	64,16%
11	30010	УА0124	Т СРЕДНЯЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ 1 К.	ГРАД	0	400	11.04.05.11.25.00.95	303,7	75,95%
12	30102	УА1124	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ПЕТЛЕ №1	ГРАД	0	400	11.04.05.11.25.00.95	321	80,26%
13	00101	УА2122	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В КОЛНИКЕ №1	ГРАД	0	600	11.04.05.11.25.00.95	267,5	44,59%
14	30104	УА2124	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ПЕТЛЕ №2	ГРАД	0	400	11.04.05.11.25.00.95	322	80,50%
15	00100	УА2122	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В КОЛНИКЕ №2	ГРАД	0	600	11.04.05.11.25.00.95	267,6	44,60%
16	00108	УВ4010	Р ПАРА В ПАРОГЕНЕРАТОРЕ №4	КГС/СМ2	-2,47	97,53	11.04.05.11.25.00.95	63,6	66,07%
17	30019	УСДР22	Р ТЕПЛОНОСИТ НАД АКТИВНОЙ ЗОНОЙ	КГС/СМ2	-2,4	247,6	11.04.05.11.28.00.92	157,9	64,12%
18	30010	УА0124	Т СРЕДНЯЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ 1 К.	ГРАД	0	400	11.04.05.11.28.00.92	303,7	75,95%
19	30102	УА1124	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ПЕТЛЕ №1	ГРАД	0	400	11.04.05.11.28.00.92	321,2	80,30%
20	00101	УА2122	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В КОЛНИКЕ №1	ГРАД	0	600	11.04.05.11.28.00.92	267,5	44,59%
21	30104	УА2124	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ПЕТЛЕ №2	ГРАД	0	400	11.04.05.11.28.00.92	321,9	80,47%
22	00100	УА2122	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В КОЛНИКЕ №2	ГРАД	0	600	11.04.05.11.28.00.92	267,6	44,60%
23	00108	УВ4010	Р ПАРА В ПАРОГЕНЕРАТОРЕ №4	КГС/СМ2	-2,47	97,53	11.04.05.11.28.00.92	63,6	66,07%
24	30019	УСДР22	Р ТЕПЛОНОСИТ НАД АКТИВНОЙ ЗОНОЙ	КГС/СМ2	-2,4	247,6	11.04.05.11.31.00.99	157,9	64,12%
25	30010	УА0124	Т СРЕДНЯЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ 1 К.	ГРАД	0	400	11.04.05.11.31.00.99	303,9	75,95%
26	30102	УА1124	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ПЕТЛЕ №1	ГРАД	0	400	11.04.05.11.31.00.99	320,8	80,20%
27	00101	УА2122	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В КОЛНИКЕ №1	ГРАД	0	600	11.04.05.11.31.00.99	267,6	44,60%
28	30104	УА2124	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ПЕТЛЕ №2	ГРАД	0	400	11.04.05.11.31.00.99	321,6	80,45%
29	00100	УА2122	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В КОЛНИКЕ №2	ГРАД	0	600	11.04.05.11.31.00.99	267,6	44,60%
30	00108	УВ4010	Р ПАРА В ПАРОГЕНЕРАТОРЕ №4	КГС/СМ2	-2,47	97,53	11.04.05.11.31.00.99	63,6	66,07%
31	30019	УСДР22	Р ТЕПЛОНОСИТ НАД АКТИВНОЙ ЗОНОЙ	КГС/СМ2	-2,4	247,6	11.04.05.11.34.00.97	157,8	64,08%
32	30010	УА0124	Т СРЕДНЯЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ 1 К.	ГРАД	0	400	11.04.05.11.34.00.97	304	76,00%
33	30102	УА1124	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ПЕТЛЕ №1	ГРАД	0	400	11.04.05.11.34.00.97	321	80,25%
34	00101	УА2122	Т ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В КОЛНИКЕ №1	ГРАД	0	600	11.04.05.11.34.00.97	267,5	44,59%

Рисунок 3 – Файл данных эталонных параметров

Для проведения анализа параметров и оценки точности модели, необходимо построить график для каждого параметра из файла ПМТ, построить график соответствующего эталонного параметра и сравнить полученные значения. Но из-за того, что исходные файлы имеют различную форму и временные характеристики параметров, то анализ и оценка являются достаточно сложными и трудоемкими.

Для автоматизации процесса составления графических отчетов и оценки точности моделирования предлагается разработанный программный модуль «LYNX_GRAPH».

Программный модуль представляет собой стандартное приложение для ОС Windows. Модуль преобразует оба файла данных к однообразному виду, с временной характеристикой для контролируемых критериев (1 сек). Для этого файл эталонных данных сортируется по имени контролируемого параметра и преобразуется при помощи функции нормирования между двумя значениями и разбивает интервал посекундный.

Исходные файлы загружаются в программу через меню «Загрузить данные» -> ПМТ, либо «Загрузить данные» -> Блок (для загрузки эталонных значений).

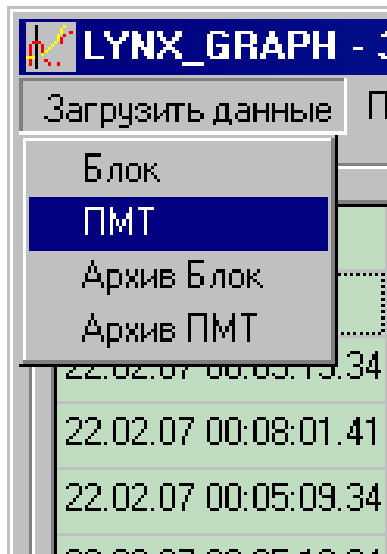


Рисунок 4 – Меню загрузки данных

В результате получаем две таблицы значений однообразного вида:

Время	YB3X10	YB3X14	YB3X19	YB3X11	YB3X10	YB4X14	YB4X19
62.6	25.1	31	230	62.5	22	31.7	
62.6	25.1	31.5	230	62.5	22.2	31.4	
62.4996	24.5996	30.4996	228.9996	62.4996	22.1996	32.2996	
62.4995	24.5995	30.4995	228.9995	62.4995	22.1995	32.2995	
62.4994	24.5994	30.4994	228.9994	62.4994	22.1994	32.2994	
62.4993	24.5993	30.4993	228.9993	62.4993	22.1993	32.2993	
62.4992	24.5992	30.4992	228.9992	62.4992	22.1992	32.2992	
62.4991	24.5991	30.4991	228.9991	62.4991	22.1991	32.2991	
62.5	24.6	30.5	229	62.5	22.2	32.3	
62.5	24.6	30.5	229	62.5	22.2	32.3	
62.4996	24.5996	30.5004	228.9997	62.5	22.2003	32.2999	
62.4999	24.5999	30.5004	228.9995	62.4997	22.2002	32.3006	
62.4996	24.5997	30.5012	228.9992	62.4998	22.2012	32.3045	
62.4979	24.5945	30.5038	228.9995	62.5002	22.2027	32.3061	
62.4980	24.5993	30.5010	228.9991	62.5004	22.2006	32.3034	
62.4994	24.5994	30.5038	228.9993	62.5005	22.2011	32.3034	
62.4978	24.5988	30.5077	228.9947	62.5003	22.2014	32.2985	
62.4988	24.5995	30.5002	228	62.5007	22.2021	32.2972	
62.4907	24.5962	30.5021	228	62.5004	22.2009	32.2982	
62.4979	24.5948	30.5028	228.9996	62.5010	22.2017	32.2973	
62.4978	24.5932	30.5029	228.9999	62.5010	22.2027	32.2986	
62.4	24.3	30.5	230	62.3	22.1	32.1	
62.4	24.3	30.5	230	62.3	22.1	32.1	
62.4005	24.3003	25.4	228	62.3995	22.1009	32.2995	
62.4005	24.3006	25.4	228.0063	62.3943	22.0999	32.2983	
62.4006	24.3043	25.3997	228.0021	62.3919	22.0999	32.1005	
62.4002	24.3	25.39974	227.9993	62.3997	22.0947	32.0993	

Рисунок 5 – Файл данных эталонных параметров

Время	RCXYB10L09H2	RCXYB10L11H2	RCXYB10L12H2
30.86	62.767		
30.87	62.767		
30.869753	235.032471	62.767	
30.866545	235.02858	62.767	
30.858376	235.018646	62.767	
22.02.07 00:05:17.34 5	2932.9997		
22.02.07 00:05:21.34 9	2932.99955		

Рисунок 6 – Файл данных ПМТ

Процесс преобразования файла занимает от 1 до 5 минут, в зависимости от размера исходного файла.

Полученные файлы можно сохранить в архив для ускорения загрузки при следующем использовании через меню «Загрузить данные» -> Архив ПМТ (Архив Блок).

Переключение между таблицами осуществляется через меню: «Просмотреть данные» -> ПМТ (Блок)

TIME	100.389847	159.870
1	100.389847	159.870
2	100.392242	159.870
3	100.393995	159.870

Рисунок 7 – Меню просмотра данных



Для выбора параметра и внесения его в список визуализации необходимо на выбранном параметре нажать правую кнопку мыши и выбрать необходимый пункт в выпадающем меню:

- Выбрать параметр.
- Выбрать начальное время.
- Выбрать конечное время.
- Сохранить таблицу в архив.

Установка параметров начального и конечного времени необходимы, если интервалы снятия параметров ПМТ и блока различны.

Выбранные параметры заносятся в список, для дальнейшего построения графиков

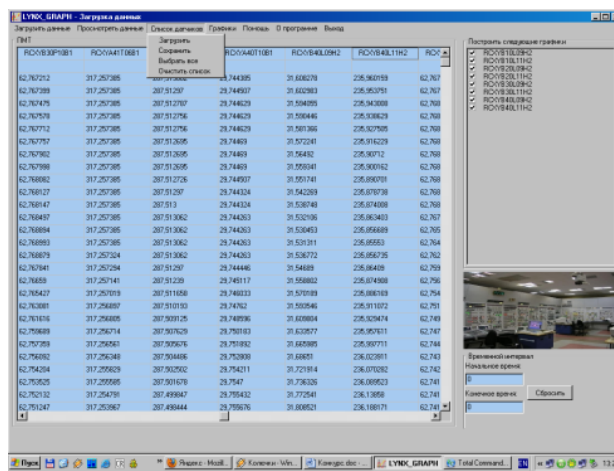


Рисунок 8 – Список параметров для анализа

Для получения графической информации и сравнительного анализа необходимо выбрать пункт меню «Графики» - «Построить».

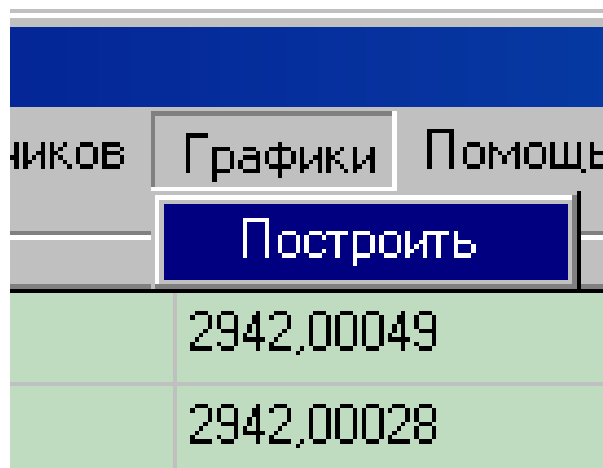


Рисунок 9 – Визуализация данных

После выбора параметров контроля и временного интервала становится доступной функция построения графика наблюдаемого параметра или их группы.

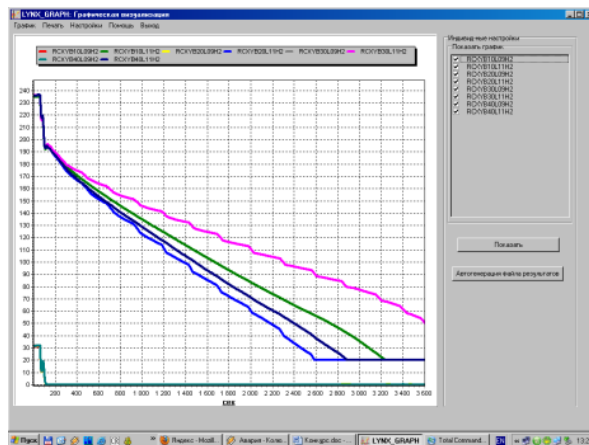


Рисунок 10 – Общее представление графической информации

Далее для анализа и составления отчета необходимо выбрать соответствующие параметра в списке.

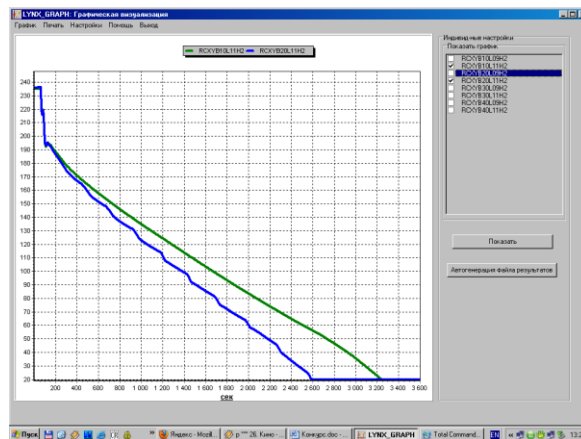


Рисунок 11 – Сравнительный анализ графической информации

Сравнительный анализ данных по времени оценивается в таблице, определением расхождения графиков. Если расхождение превышает допущенный диапазон, модуль выдает предупреждающее сообщение в заголовке главного окна.

Для сравнительного анализа должно быть 2 параметра:

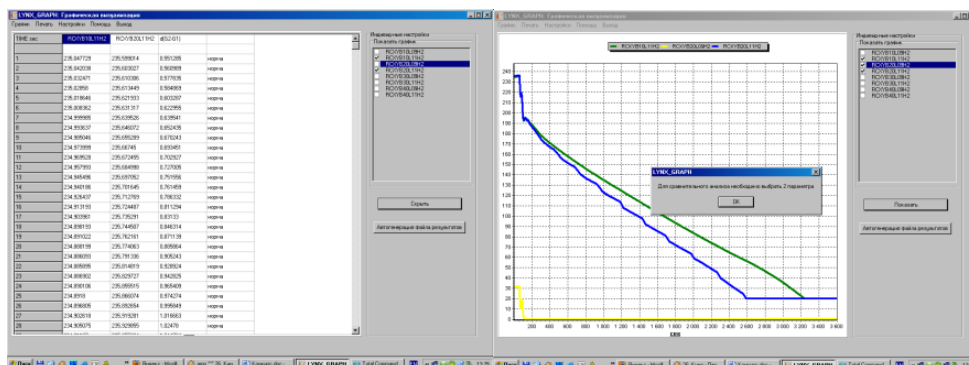


Рисунок 12 – Предупреждение ошибок



Над графиком можно применить следующие процедуры:

- масштабирование;
- возвращение к исходному масштабу;
- вывод меток (значение);
- экспортирование в MSWord, для составления отчета;
- сохранение в виде графического файла;
- непосредственный вывод на печать;
- изменение цвета графика для удобства печати.

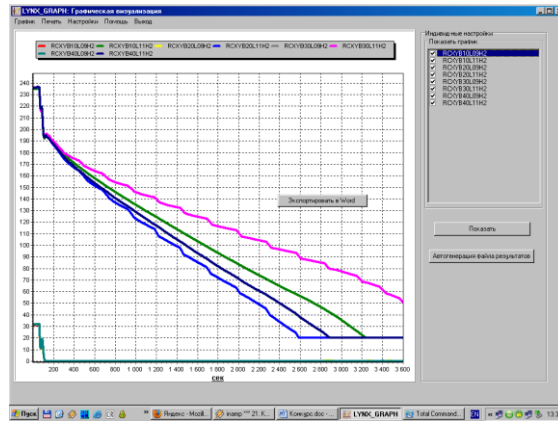


Рисунок 13 – Экспорт в MSWORD

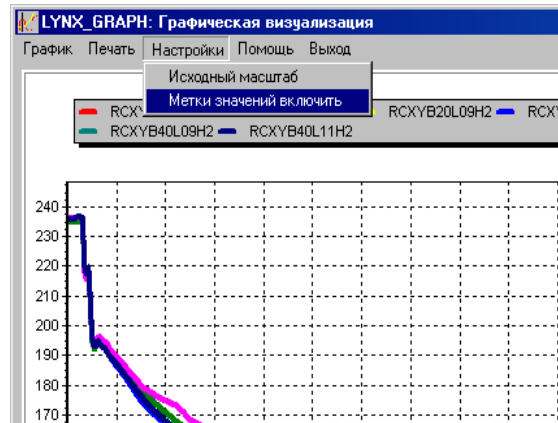


Рисунок 14 – Меню настройки графика

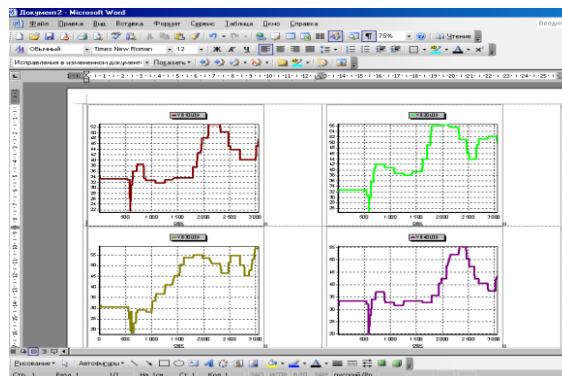


Рисунок 15 – Визуальные данные, экспортированные в MSWORD файл отчета

Подробно функции работы с модулем описаны в меню ПОМОЩЬ программы.

На настоящем этапе программный модуль находится на стадии тестирования и частично используется на ПМТ для составления некоторых отчетов по оценки параметров моделирования.

Позволяет проводить наглядный анализ критериев соответствия модели ПМТ блоку-прототипу для всех режимов, по которым существуют эталонные параметры.

На данном этапе идет сбор данных для усовершенствования модуля, согласно требованиям пользователей и вида составляемых отчетов.

Вывод

Программный модуль «LYNX_GRAPH» предназначен для автоматизации и усовершенствования процедур анализа и оценки соответствия ПМТ ОП ЗАЭС заданным критериям, согласно СТП 0.18.023-2003 «Требования к техническим средствам обучения персонала АЭС» НАЭК «Энергоатом» и «Процедурой поддержания конфигурации полномасштабного тренажера» 00.УЦ.МТ.86Б УТЦ ОП ЗАЭС.

Автоматизация на данном этапе позволит ускорить работу по составлению отчетов в рамках проведенных испытаний и усовершенствовать процесс анализа полученных данных с эталонными параметрами, что и является актуальностью данного предложения.

Загорулько Ирина Анатольевна – Запорожская АЭС, Инженер-программист 2 кат. УТЦ, аспирант Севастопольского национального университета ядерной энергии и промышленности. E-mail: iren_energodar@inbox.ru

Zagorulko Irina A. – Zaporozhye NPP, IT-specialist of the 2nd category. ETC, postgraduate student of Sevastopol national university of nuclear energy and industry. E-mail: iren_energodar@inbox.ru

УДК 621.039.51

ЧИСЛЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ КИНЕТИКИ РЕАКТОРА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ

В.К. Семенов, М.А. Вольман

*Ивановский энергетический университет
имени В.И. Ленина*

*Ivanovo State Power Engineering University
named after V.I. Lenin*

Приведены математическая модель реактора с температурными обратными связями, модель «Реактор-Парогенератор» с учетом запаздывания передачи теплоты и результаты численных экспериментов.

Ключевые слова: АЭС, ВВЭР, математическое моделирование, динамика реактора, температурные обратные связи.

A mathematical model of the reactor with temperature feedback, a "Reactor - Steam Generator" model taking into account the delay of heat transfer and results of numerical experiments are indicated.

Keywords: Nuclear Power Plant, water-moderated water-cooled power reactor, mathematical modeling, reactor dynamics, temperature feedback

Реактор, находящийся в энергетических режимах, в отличие от холодного состояния характеризуется отрицательной обратной связью по температуре топлива и теплоносителя. Оба коэффициента реактивности отрицательны, так что обе связи стабилизируют реактор и позволяют в известных пределах работать ему в режиме саморегулирования. [1]

Кинетика реактора с сосредоточенными параметрами с учетом шести групп запаздывающих нейтронов представляет собой задачу Коши на основе системы взаимосвязанных нелинейных дифференциальных уравнений [1]:

$$\begin{aligned} \frac{dN(t)}{dt} &= \frac{\rho - \beta}{\tau} N(t) + \sum \lambda_i N_i(t), \\ \frac{dN_i(t)}{dt} &= \frac{\beta_i}{\tau} N(t) - \sum \lambda_i N_i(t), \\ m_u C_u \frac{dT_u}{dt} &= N_T - kF(T_u - T^p_b), \\ m_b C_b \frac{dT^p_b}{dt} &= kF(T_u - T^p_b) - \gamma_b C_b G(T^p_b - T^{p_{bx}}), \\ \rho &= \delta\rho(t) + \alpha_1(T^p_b - T^p_b(0)) + \alpha_2(T_u - T_u(0)). \end{aligned}$$

где $N(t)$ и ρ – число нейтронов реактора и его реактивность;
 β – суммарная доля запаздывающих нейтронов;
 τ – время жизни одного поколения мгновенных нейтронов;

- λ_i, N_i – постоянная распада и вклад в мощность ядер-предшественников соответствующей группы, порождающие запаздывающие нейтроны;
 m_u, m_b – масса топлива и теплоносителя;
 C_u, C_b – удельные теплоемкости топлива и теплоносителя при постоянном давлении;
 k – эффективный коэффициент теплопередачи от топлива к теплоносителю;
 F – эффективная поверхность теплообмена;
 γ_b, G – плотность теплоносителя на входе в зону и его расход;
 T_u, T_b^p – средние температуры топлива и теплоносителя;
 $T_b^p - T_{вх}^p = \Delta T$ – подогрев теплоносителя в активной зоне;
 $\delta\rho(t)$ – возмущение реактора скачком реактивности;
 α_1 и α_2 – коэффициенты реактивности по температуре теплоносителя и топлива, обеспечивающие саморегулирование.

В эту систему входят уравнения для нейтронной мощности реактора, шесть уравнений для запаздывающих нейтронов и два уравнения теплопередачи: для топлива и для теплоносителя. В качестве начальных условий задаются мощность реактора, вклад всех групп запаздывающих нейтронов, температуры топлива и теплоносителя, начальный скачок реактивности.

Приведенная математическая модель уравнений содержит следующие допущения и ограничения. Во-первых, она записана для реактора с сосредоточенными параметрами («точечный» реактор). Тем самым предполагается, что за время переходного или аварийного процесса пространственное распределение нейтронного поля реактора не успевает заметно измениться. Во-вторых, также считается, что за время протекания вышеназванных процессов не изменяются концентрация борной кислоты и отравление реактора ксеноном и самарием. Третье ограничение касается гипотезы замыкания приведенной системы уравнений. Дело в том, что реактор через систему трубопроводов связан с системами первого контура, а через парогенератор – с системами второго контура и, кроме того, он находится под управлением автоматики. Так как в настоящем исследовании нас интересует физика процессов, непосредственно протекающих в реакторе, то в качестве ограничения системы уравнений считаем температуру на входе в реактор постоянной, а автоматику отключенной.

Особенностью задачи является жесткость вышеназванной системы уравнений. Поэтому использованы алгоритмы интегрирования жестких дифференциальных уравнений. [2]

Численные эксперименты на основе реализованной математической модели позволяют количественно исследовать ряд важных для теории и практики нейтронно-физических процессов в ядерном реакторе ВВЭР-1000, а именно:

- исследования устойчивости реактора при малых случайных возмущениях реактивности;
- исследования динамики разгона реактора в аварийных режимах с любым наперед заданным законом роста реактивности реактора во времени;
- исследования динамики перехода реактора с одного уровня мощности на другой;
- исследования динамики глушения реактора при сбрасывании стержней аварийной защиты с учётом конечного времени падения стержней и соответствующим законам ввода реактивности.

Кроме того, подключение к данному блоку подпрограмм, определяющих изменение реактивности реактора вследствие изменения концентрации борной кислоты или отравления реактора ксеноном и самарием, позволит количественно исследовать кинетику реактора при многофакторном изменении его реактивности.

Приведём один из примеров по реализации данной программы. Он касается исследования устойчивости реактора при его возмущениях по реактивности. Обычно исследования устойчивости разгона реактора, как и исследование устойчивости гидродинамических и других процессов, осуществляется на основе развитой в теоретической физике теории возмущений. Применительно для реактора суть теории заключается в том, что, считая возмущения бесконечно малыми, проводят линеаризацию исходных нелинейных уравнений, пренебрегая бесконечно малыми второго порядка. Решения полученных таким способом линейных уравнений для возмущённого движения позволяют выявить характер процессов в реакторе в первые моменты времени после выхода из критического состояния. Недостатком такого подхода является ограниченность предсказания поведения реактора на более поздние моменты времени и невозможность рассмотрения больших возмущений, когда учётом нелинейных эффектов пренебречь нельзя.

Предлагаемая выше математическая модель позволяет проследить за динамикой процессов без вышеуказанных ограничений. На графиках (рис.1) приведены кривые, показывающие характер развития процесса при положительном скачке реактивности $\beta_r = 0,005$, когда реактор близок к состоянию мгновенной критичности. При разных параметрах топливной загрузки, заложенных в компьютерную модель, возврат реактора в стационарное состояние происходит либо по аperiodическому (на рисунке слева), либо по периодическому процессу (на рисунке справа).

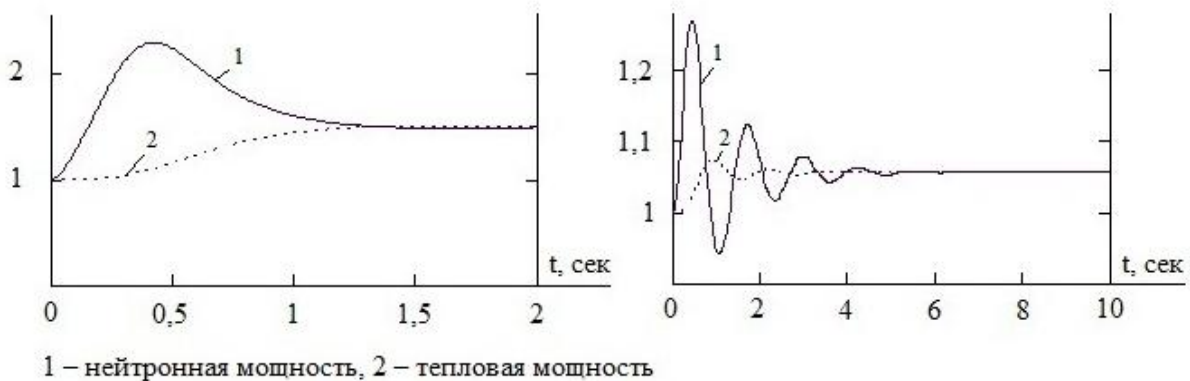


Рисунок 1– Исследование устойчивости реактора

Из сравнения кривых зависимости мощности реактора от времени при одинаковом возмущении по реактивности видно, что при аperiodическом процессе выброс нейтронной мощности реактора больше, чем при периодическом процессе. Во втором случае за счёт более сильной отрицательной обратной связи по температуре в ходе затухающего колебательного процесса реактор перейдёт на уровень мощности 1,05 от начальной мощности, тогда как при слабой отрицательной обратной связи он перейдёт на более высокий энергетический уровень – 1,5 начальной мощности.

Поскольку характеристики различных топливных загрузок реакторов могут

весьма значительно отличаться друг от друга (особенно при переходе на новое топливо), то описанные выше особенности в динамике реакторов нужно учитывать в эксплуатации.

Следует заметить, что проделанный численный эксперимент носит чисто познавательный характер и является единственным источником информации о динамике реактора в рассматриваемом гипотетическом аварийном режиме. Компьютерная модель реактора подобный эксперимент поставить не позволит, поскольку на модели, так же как и на действующих реакторных установках для исключения потери управления или ошибочных действий персонала предусмотрено действие автоматической защиты как по мощности, так и по периоду разгона реактора.

Кроме того, нами реализована модель «Реактор-Парогенератор» с учетом запаздывания передачи теплоты. Для этого приведенная выше система дополнена следующими уравнениями:

$$\frac{dT_{\text{ВХ}}^{\text{п}}}{dt} = \frac{T_{\text{В}}^{\text{р}} - T_{\text{ВХ}}^{\text{п}}}{\tau_3},$$

$$m_{\text{В}} C_{\text{В}} \frac{dT_{\text{ВХ}}^{\text{р}}}{dt} = \gamma_{\text{В}} C_{\text{В}} G (T_{\text{ВХ}}^{\text{п}} - T_{\text{ВХ}}^{\text{р}}) - W_{\text{ПГ}},$$

$$m_{\text{В}} C_{\text{В}} \frac{dT_{\text{ВЫХ}}^{\text{п}}}{dt} = \gamma_{\text{В}} C_{\text{В}} G (T_{\text{ВХ}}^{\text{п}} - T_{\text{ВЫХ}}^{\text{п}}) - W_{\text{ПГ}}.$$

где $T_{\text{В}}^{\text{р}}$, $T_{\text{ВХ}}^{\text{р}}$ - температуры на выходе из реактора и на входе в него;
 $T_{\text{В}}^{\text{п}}$, $T_{\text{ВХ}}^{\text{п}}$ - температуры на выходе из парогенератора и на входе в него (причем $T_{\text{В}}^{\text{п}} = T_{\text{ВХ}}^{\text{р}}$);
 τ_3 - время запаздывания перемещения фронта температурной волны в петле «Реактор-Парогенератор»;
 $W_{\text{ПГ}}$ - мощность, снимаемая с парогенератора.

При такой постановке задачи для замыкания системы уравнений будем полагать, что мощность, снимаемая с парогенератора, остается величиной постоянной (задается). Тем самым часть ограничений, наложенных ранее, снимается. Это позволяет исследовать целый ряд вопросов, связанных с изучением состояния реактора в различных режимах, в частности, при разной мощности парогенератора.

Таким образом, основанные на данных математических моделях численные эксперименты дают возможность количественно исследовать нейтронно-физические процессы в ядерном реакторе.

Литература

1. Семенов В.К. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. – Иваново: ИГЭУ, 2009.
2. Кирьянов Д.В. Mathcad 13 в подлиннике. – СПб.: «БХВ – Петербург», 2005.

Семенов Владимир Константинович – д.т.н., профессор Ивановского государственного энергетического университета имени В.И. Ленина.



Вольман Мария Андреевна – студент Ивановского государственного энергетического университета имени В.И. Ленина. E-mail: maria_volman@mail.ru

Semenov Vladimir K. – a doctor of engineering, a professor of Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin.

Volman Maria A. – a student of Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin. E-mail: maria_volman@mail.ru

УДК 621.311.25

ПОДДЕРЖАНИЕ КОНФИГУРАЦИИ ПМТ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И ПОДДЕРЖАНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА БЩУ КАК НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС

Г.И. Кравчук

<i>УТЦ ОП «Запорожская АЭС», Энергодар</i>	<i>Educational-training center «Zaporozhye nuclear power plant», Energodar</i>
--	--

Безопасность АЭС напрямую зависит от квалификации персонала блочного щита управления (далее БЩУ), который проходит обучение на полномасштабном тренажере (далее ПМТ), следовательно, необходимо поддерживать конфигурацию тренажера в соответствии с блоком-прототипом для обеспечения безопасной эксплуатации.

Ключевые слова: Запорожская АЭС, блочный щит управления, оперативный персонал, учебно-тренировочный центр, полномасштабный тренажер, полнообъемный тренажер.

Safety of NPP is depended on qualification of staff of the unit control desk. The staff is trained with the help of full-scale training-simulator, consequently it is necessary to keep the training-simulator configuration in concordance with the unit-prototype for the guarantee of safe use.

Keywords: Zaporozhye nuclear power plant, unit control desk, operations staff, educational-training center, full-scale training-simulator, full-volume training-simulator.

В современном мире достаточно сложно обойтись без уже ставшей неотъемлемой электрической энергии. А откуда она берется? Всем известно, что электроэнергия вырабатывается электростанциями, а какие виды этих самых станций существуют у нас в Украине?

В Украине представлены следующие источники получения электроэнергии:

- теплоэлектростанции на газе, угле, мазуте;
- гидроэлектростанции;
- атомные электростанции;
- гелио станция, основанная на солнечной энергии;
- использование энергии ветра.

Последние два источника относятся к альтернативным, используются в автономной республике Крым. Но вернемся к более традиционным и наиболее производительным источникам, таким как атомные электростанции.

В Украине расположена самая крупная в Европе АЭС – Запорожская.

Запорожская атомная электростанция – большой энергетический объект, эксплуатация которого требует значительных материальных затрат и высокой квалификации персонала. Для обеспечения безотказной и безопасной работы данного объекта был разработан комплекс технических средств обучения – полномасштабный тренажер, на котором оперативный персонал проходит обучение и лицензирование.

Из-за непрерывности большинства технологических процессов и очень высокой

степени автоматизации систем, оперативному персоналу не часто приходится вмешиваться в ход технологического процесса.

Возникает насущная потребность в таких технических устройствах, которые воспроизводили бы в учебных целях управляемый типовой технологический процесс для формирования профессиональных знаний, умений и навыков у персонала перед выходом их на штатную практику. Такими устройствами являются полномасштабные тренажеры.

Разработка и изготовление полномасштабных тренажеров для подготовки и поддержания квалификации оперативного персонала атомных электростанций являются актуальной задачей для атомной энергетики Украины.

Полномасштабный тренажер – программно-технический моделирующий комплекс, предназначенный для профессионального обучения оперативного персонала БЦУ АЭС с использованием полномасштабной модели реального энергоблока-прототипа и комплексной всережимной математической модели энергоблока, функционирующей в реальном масштабе времени.

ПМТ позволяет:

- получить навыки по использованию информации от приборов и устройств вывода сигналов для принятия решения;
- изучить последовательность и правильно производить оперативные переключения при эксплуатации блока в различных режимах;
- проводить обучение с максимальным приближением к реальным ситуациям на АЭС;
- отработать способы управления энергоблоком при нештатных ситуациях.

ПМТ соответствует системам и оборудованию энергоблока ВВЭР-1000 с ядерным реактором В-320, турбоагрегатом К-1000-60/1500. Он обеспечивает моделирование в реальном масштабе времени всех режимов эксплуатации АЭС (режимы нормальной эксплуатации, переходные режимы, нарушение нормальной эксплуатации, проектные аварийные режимы).

ПМТ блочного щита управления является основным техническим средством в системе подготовки оперативного персонала блочных щитов управления ЗАЭС и предназначен для:

- начальной подготовки персонала рекомендованного на работу в оперативной должности на БЦУ;
- регулярной тренировки оперативного персонала БЦУ с целью поддержания высокого профессионального уровня;
- подготовки оперативного персонала БЦУ на следующую оперативную должность;
- проведения блочных противоаварийных тренировок с целью отработки взаимодействия в составе смены;
- проведения текущих экзаменов и экзаменов на право самостоятельной работы;
- анализа и совершенствования эксплуатационных процедур, проверки выполняемых модификаций в системах энергоблоков;
- подготовки инструкторов для тренажеров и для учебных центров;
- тренажерной подготовки групп инженерной поддержки;
- валидации симптомно-ориентированных аварийных инструкций.

Обоснование проекта ограничивается расчетами стационарного состояния реактора и технологических систем, а также набором консервативных расчетов аварийных режимов для подтверждения безопасности, что недостаточно для всесторонней проверки точности модели. Математическая модель тренажера должна

иметь уровень совершенства, достаточный для реалистичного моделирования всех режимов энергоблока, по которым необходимо проводить обучение персонала. Поэтому вопрос верифицированности модели крайне важен. (Жукавин А.П., 2010)

Существуют полнообъемные (fullscope) – тренажеры, в которых происходит частичное моделирование с низкой достоверностью, полномасштабные тренажеры (fullscale) – полный масштаб моделирования с высокой достоверностью.

Понятие масштаб моделирования подразумевает:

- Количество моделируемых систем и их компонентов (задвижки, теплообменники, насосы и т.д. и т.п.).
- Количество панелей, ключей управления и т.д. (оборудование, находящееся на БЩУ, РЩУ).

При низкой достоверности достаточно смоделировать основные тенденции моделируемых физических процессов. При высокой достоверности подразумевается минимальное отличие моделируемых параметров от параметров реального блока при аналогичных процессах (не более 2%).

Тренажерные системы разрабатываются в соответствии со стандартом эксплуатирующей организации НАЭК «Энергоатом». Количество ПМТ должно быть достаточным для обеспечения потребности эксплуатирующей организации в подготовке и поддержании квалификации должностей персонала. (Наказ Державного комітету ядерного регулювання України, від 13 грудня 2004 року N 186)

Деятельность учебно-тренировочных центров по подготовке персонала для АЭС подлежит лицензированию. Лицензию выдает Государственный комитет ядерного регулирования Украины.

Первую лицензию получил учебно-тренировочный центр ЗАЭС в 2002 г., на сегодня их имеют УТЦ всех станций.

Кроме того, персонал, который непосредственно руководит реакторной установкой, также должен иметь лицензию Государственного комитета ядерного регулирования Украины на этот вид деятельности. Для получения лицензии кандидату необходимо: профессиональное образование, определенный стаж работы в атомной энергетике, пройти обучение в соответствующем учебно-тренировочном центре, сдать экзамены на должность, пройти дублирование на действующем энергоблоке.

Согласно Закону Украины «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», «Про дозвільну діяльність у сфері використання ядерної енергії» и Положение о Государственном комитете ядерного регулирования Украины, утвержденного указом Президента Украины от 6 марта 2001 года подготовка персонала для эксплуатации ядерных установок проводится согласно требований нормативных документов органов государственного управления в сфере использования ядерной энергии, отраслевых стандартов и стандартов эксплуатирующей организации.

Для подготовки персонала, который осуществляет непосредственное управление реакторной установкой на этапе ее ввода в эксплуатацию и эксплуатации, необходим учебный центр, который должен быть оснащен ПМТ энергоблока. В случае отсутствия в учебном центре ПМТ допускается проводить подготовку на других аналогичных ПМТ, в том числе – иностранных.

В отдельных случаях (при отсутствии ПМТ), по согласию с Госатомрегулирования Украины, допускается использование тренажеров графического интерфейса (многофункциональные, аналитические, базовых принципов и т.д.). При этом лицензиат должен обосновать использование таких тренажеров и предпринять меры, которые компенсируют их упрощенность и отличие от подготовки на ПМТ.

В процессе подготовки персонала широко применяются компьютерные учебные

системы, которые разрешают изучать оборудование и системы АЭС, нормативную и эксплуатационную документацию.

При приеме на работу и подготовке на новую должность, оперативный работник проходит психофизиологическое обследование (далее ПФО) в соответствии с «Положением о психофизиологическом обследовании персонала АЭС» 00.УЦ.ПЛ.14.Г. Результаты проведения ПФО передаются руководителю (заместителю) подразделения, направившего работника на ПФО для принятия решения о профессиональной пригодности работника к выполнению определенного вида деятельности. После этого для работника разрабатывается ИПП, после чего предлагается пройти подготовку на должность.

Целью подготовки оперативного персонала является получение знаний и навыков, необходимых для самостоятельного выполнения работы в объеме требований должностных (рабочих) инструкций.

При подготовке оперативного персонала уделяется внимание важности поддержания оборудования станции в рамках установленных эксплуатационных пределов и пределов безопасной эксплуатации, а также должно акцентироваться внимание на последствиях нарушений этих пределов и условий для безопасности АЭС.

До назначения на самостоятельную работу оперативный персонал должен пройти в сроки и в объемах, установленных в ИПП:

- профессиональную подготовку;
- проверку знаний норм и правил, производственных и должностных инструкций, инструкций по охране труда в объеме, определенном должностной инструкцией;
- дублирование на рабочем месте;
- противопоаварийные и противопожарные тренировки;
- лицензирование;
- допуск к самостоятельной работе.

ПМТ на базе УТЦ является не только сложным технологическим объектом, но и важнейшей частью обучения оперативного персонала на ОП ЗАЭС.

Наличие подобного комплекса ТСО положительно влияет на процесс и скорость обучения. Повышение квалификации персонала ведет к безопасной эксплуатации энергетического реактора, а так же заметно снижает замешательство операторов в начальный момент времени при возникновении внештатной ситуации, тем самым позволяет уйти от стресса и шока в самый ответственный момент принятия решения. Использование диагностических процедур увеличивает правильность выбора решения, так же строгая приверженность действиям, определенным в СОАИ, изучение и приверженность идеологии СОАИ позволяет существенно уменьшить фактор малого опыта в ликвидации аварийных ситуаций.

Соответствие ПМТ стандартам и энергоблоку-прототипу необходимо для успешного обучения и повышения квалификации работников.

Для обеспечения полного соответствия необходимо постоянно отслеживать изменения, вносимые на блоке, и проводить модификацию и модернизацию для приведения к соответствию.

Так же стоит отметить, что не только от ТСО зависит качество обучения. Высококвалифицированный инструкторский состав обеспечивает адекватное ведение как теоретических, так и тренажерных занятий, что дает максимальный результат.

На данный момент несоответствие тренажеров энергоблокам составляет не более 10%. Такое отклонение допускается, однако, ведется активная работа по его уменьшению.

Литература

1. Introduction to Simulator Development Process /авт. GSE Systems.- 2004 г.
2. Про затвердження Правил ліцензування підготовки персоналу для експлуатації ядерної установки [Наказ] / авт. Державний комітет ядерного регулювання України. - від 13 грудня 2004 року N 186.
3. Разработка и особенности верификации тренажерных моделей АЭС [Текст] / авт. Жукавин А.П. канд. техн. наук, Крошилин А.Е., доктор техн. наук, Фукс Р.Л., канд. техн. наук // Практическая теплоэнергетика. – [б.м.]: ОАО ВНИИАЭС, 2010.
4. Совершенствование системы подготовки ремонтного персонала АЭС Украины [Конференция] / авт. ЗАЭС УТЦ // Создание национального центра подготовки ремонтного персонала на базе УТЦ ОП ЗАЭС.
5. Стандарт предприятия [Текст] / авт. Инженерно-технический центр по подготовке кадров для атомной энергетики Департаментом подготовки и лицензирования персонала НАЭК «Энергоатом». – Киев : НАЭК «Энергоатом», 2003.

Кравчук Галина Игоревна – УТЦ ОП ЗАЭС, инженер-программист, магистр.
E-mail: gallk@yandex.ru

Kravchuk Galina I. – ETC ZNPP, IT specialist, master.E-mail: gallk@yandex.ru

УДК621.039.524.441

РЕАКТОРНАЯ УСТАНОВКА ВВЭР-СКД СО СПЕКТРАЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ И ПЕТЛЕВОЙ КОМПОНОВКОЙ

И.И.Лощаков, А.Л.Сироткина

*Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет*

*Saint-Petersburg state polytechnical
university*

Ключевой путь развития водо-водяных реакторов – переход к сверхкритическим параметрам теплоносителя. На сегодняшний день находятся в разработке различные проекты ВВЭР-СКД: с быстрым и тепловым спектром нейтронов, одноходовой и двухходовой схемой движения теплоносителя, для работы в двухконтурной и одноконтурной схемах и т.д.

В данной работе рассматривается установка ВВЭР-СКД со спектральным регулированием и петлевой компоновкой. Проводятся физический (определение нейтронно-физических и теплогидравлических характеристик) и конструктивный расчеты реактора. Выявляются положительные и отрицательные качества данной установки.

Ключевые слова: реактор на тепловых нейтронах, ВВЭР, сверхкритическое давление.

A keyway of development of pressurized water reactors—the transition to a supercritical fluid. To date, there are various projects in the development of the VVER-SKD: with fast and thermal neutron spectrum, single pass installation of and two-way movement of the coolant circuit, for use in single- and two-loop circuits, etc.

In this paper we consider the VVER-SKD installation with spectral control and loop layout. This paper contains the physical (the definition of neutronic and thermohydraulic characteristics) and the design calculations of the reactor. Positive and negative qualities of this plant are identified.

Keywords: thermal reactor, reactors, supercritical pressure.

Введение

В настоящее время направления развития атомной энергетики определяются «Стратегией развития атомной энергетики России в первой половине XXI века». [1] Они продиктованы следующими обстоятельствами:

- необходимостью ввода новых мощностей;
- необходимостью повышения показателей эффективности АЭС для обеспечения их конкурентоспособности по сравнению с ТЭС на органическом топливе;
- все более возрастающими требованиями к обеспечению безопасности;
- необходимостью решения проблем по обращению с РАО и ОЯТ.

Предлагаются к разработке различные проекты. Согласно модели РНЦ «Курчатовский институт», целесообразными признаются следующие направления развития:

- тепловые энергетические реакторы. Предназначение: потребление избыточного количества плутония, оптимальное энергопроизводство за счет широкого мощностного ряда и множества возможных областей использования;
- быстрые реакторы. Предназначение: базовое энергопроизводство, замыкание топливного цикла (расширенное воспроизводство ядерного топлива);
- жидкосолевые реакторы-выжигатели. Предназначение: минимизация количества минорных актиноидов – сжигание всех долгоживущих актиноидов, в том числе высокоактивных продуктов деления. [2]

Для реализации первого направления в среднесрочной перспективе практически единственным является вариант преимущественного использования уже освоенных и успешно эксплуатируемых водо-водяных реакторов. [3] Ключевой путь развития ВВЭР – переход к сверхкритическим параметрам теплоносителя. Реакторы, охлаждаемые водой СКП (англ. – SCWR), являются одним из шести проектов, утвержденных международной программой GIF (GenerationIVInternationalForum). [4]

Среди очевидных преимуществ ВВЭР-СКД следует отметить:

- повышение КПД энергоблока до 40 – 44% за счет повышения начальных параметров пара (предлагаются к разработке как двухконтурные, так и одноконтурные схемы) [5];
- отсутствие критического теплового потока, который может привести к пережогу твэлов [6];
- большой прирост энтальпии теплоносителя при прохождении через активную зону реактора. Это позволяет при сравнимой мощности иметь гораздо меньший расход теплоносителя.

Среди находящихся в разработке на данный момент времени проектов ВВЭР-СКД с тепловым спектром особого внимания заслуживает реактор с относительно невысокими параметрами теплоносителя (давление – 23,5 МПа, температура на выходе – 380 °С) и спектральным регулированием. Это связано с возможностью использования уже имеющихся решений по оборудованию. Кроме того, переход к одноконтурным установкам с параметрами теплоносителя 25 МПа и 540 °С требует накопления опыта эксплуатации реакторов, охлаждаемых водой СКД. Рассматриваемая установка подходит для этой цели, а также сможет заменить устаревшие блоки на этапе перехода к вышеупомянутым реакторам.

Исследование реакторной установки в ходе данной работы должно быть направлено на определение основных нейтронно-физических (запас реактивности, длина кампании, глубина выгорания топлива), теплогидравлических (температура оболочек твэлов, урановых сердечников) и конструктивных (геометрические параметры корпуса, труб главного циркуляционного трубопровода) характеристик. Необходимо получить наглядные результаты для возможности оценки свойств рассматриваемой установки, а также для сравнения ее с установками предыдущего поколения.

Физический расчет реактора

Исходными данными для физического (нейтронно-физического и теплогидравлического) расчетов реактора служат следующие параметры (табл.1):

Таблица 1 – Исходные данные для физического расчета реактора ВВЭР-СКД

Параметр	Значение
Тепловая мощность реактора, МВт	2500
Теплоноситель:	
Давление, МПа	23,5
Температура на входе, начало / конец кампании, °С	365 / 345
Температура на выходе, начало / конец кампании, °С	381 / 378
Топливо:	
Тип топлива	UO ₂
Обогащение, %	5
Геометрические характеристики активной зоны:	
Объем, м ³	27
Число ТВС	151
Характеристики ТВС:	
Тип ТВС	Шестигранная, бесчехловая
Шаг ТВС, мм	241
Размер ТВС под ключ, мм	238
Число твэлов в ТВС	200
Конструкционный материал	Сталь 1X18Н9Т
Характеристики твэлов:	
Тип твэла	стержневой
Решетка	треугольная
Шаг решетки, мм	19,89
Наружный диаметр оболочки, мм	9,1
Внутренний диаметр оболочки, мм	7,7
Наружный диаметр топливного сердечника, мм	7,5
Внутренний диаметр топливного сердечника, мм	1,4

Свойства воды при сверхкритическом давлении определяют особое строение ТВС реактора. Из-за резкого снижения плотности необходимо предпринимать специальные меры для обеспечения эффективного замедления нейтронов по всей высоте ТВС. Этого можно добиться двумя способами: разрежением решетки твэлов (т.е., увеличением шага решетки), либо введением в ТВС т.н. «водяных элементов» - полых трубок шестигранного или круглого сечения, заполненных водой при более низкой температуре. Также в качестве «водяных элементов» могут использоваться стержни из гидрида циркония. [2] Для рассматриваемого реактора выбран первый путь решения проблемы.

Конструкция твэла была выбрана идентичной конструкции твэлов ВВЭР-1000. Выбор был продиктован стремлением максимально использовать уже отработанные на реакторах предыдущего поколения технологические решения. Этот же фактор повлиял на геометрические характеристики ТВС, активной зоны, на выбор топлива.

Расчет проводился в предположении, что все ТВС активной зоны идентичны по обогащению.

Были получены следующие характеристики реактора: запас реактивности в начале кампании – 0,207; длина кампании – 585 эфф.сут.; глубина выгорания – 33 МВт·сут/кг. Наружная температура оболочки твэла не превышает 388 °С (в расчете на

среднюю нагрузку) и 403 °С (в расчете на максимально нагруженный твэл). Внутренняя температура оболочки твэла не превышает 421 °С (для «среднего») и 485 °С (для «максимального»). Температура в центре топливного сердечника – не выше 1017 °С (для «среднего») и 1778 °С (для «максимального»).

Средний расход теплоносителя через реактор составляет около 5000 кг/с; при этом скорость не превышает 4,3 м/с.

Конструктивный расчет

Разрабатываемая установка имеет петлевую компоновку. Такая компоновка предполагает наличие прочно-плотного корпуса, в котором размещается активная зона и прочие внутрикорпусные устройства. Корпус держит полное давление теплоносителя. Он должен быть максимально приближен к корпусу ВВЭР-1000.

Для определения основных геометрических характеристик корпуса реактора (табл. 2) был проведен прочностной расчет согласно Нормам расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок [7].

Таблица 2 – Характеристики корпуса рассчитываемого реактора

Характеристика	Значение
Рабочее (расчетное) давление, МПа	26,0
Давление гидроиспытаний (расчетное), МПа	39,0
Расчетная температура, °С	350
Материал корпуса	Сталь 15Х2НМФА, КП 490
Число патрубков подвода/отвода теплоносителя	8
Диаметр патрубков подвода/отвода теплоносителя, мм	400
Число патрубков САОЗ и КИП	5
Диаметр патрубков САОЗ и КИП, мм	300
Внешний диаметр корпуса в районе активной зоны, мм	4635
Толщина стенки цилиндрической обечайки АЗ, мм	274
Высота цилиндрической обечайки АЗ, мм	3710
Толщина стенки днища, мм	231
Высота днища, мм	1337
Толщина стенки обечаек зоны патрубков, мм	439
Высота верхней/нижней обечаек зоны патрубков, мм	1200
Толщина стенки крышки, мм	278

Также согласно норм расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (ПНАЭ Г-7-002-86) [7] были рассчитаны и подобраны по сортаменту ГОСТ 8732-78 [8] трубы главного циркуляционного трубопровода (ГЦТ). Были выбраны трубы внешним диаметром 500 мм при толщине стенки 50 мм.

Заключение

Подводя итог расчетам, следует отметить несколько фактов:

– по нейтронно-физическим характеристикам разрабатываемый реактор не уступает реакторам ВВЭР-1000/1200, имеет приемлемую длину кампании при меньшей

загрузке топлива. При этом для такого реактора существует еще один «рычаг управления» - спектральное регулирование, что может позволить иметь меньший запас реактивности на выгорание;

– относительно небольшой расход теплоносителя является несомненным плюсом как с точки зрения работы ГЦН, так и с конструктивной точки зрения. Он позволяет иметь меньший диаметр патрубков для подвода / отвода теплоносителя, следовательно, меньшую толщину стенок обечайки зоны патрубков;

– температурный уровень материалов твэлов, согласно теплогидравлическому расчету, не превышает предельно допустимого уровня. Следовательно, при данном сочетании параметров установка работоспособна, и нет опасности повреждения / расплавления твэлов в штатном режиме работы.

Литература

1. Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине 21 века – М.: «ФГУП «ЦНИИАтоминформ», 2001. – С. 64.
2. Драгунов Ю.Г. и др. Водоохлаждаемые реакторы со сверхкритическим параметрами – перспективные реакторы 4-го поколения, тезисы доклада на «Научной сессии МИФИ-2000» / Сб. научных трудов. // Научная сессия МИФИ-2000. – Т. 8. – 2007. – С. 34-35.
3. Асмолов В.Г., Зродников А.В., Солонин М.И. Инновационное развитие атомной энергетики России. Материалы заседания Научно-технического Совета Росатома. – М.: «ЦНИИАТОМИНФОРМ», 2006. – С. 6-14.
4. Technology Road Map for Generation 4 Nuclear Energy Systems // Generation 4 International Forum, GIF-002-00. Issued by USDOE and Generation 4 International Forum, USA. – 2002.
5. Тепловая схема энергоблока АЭС реактором, охлаждаемым водой сверхкритического давления / В.А. Силин, В.М. Зорин, А.М. Тагиров и др. // Теплоэнергетика. – 2010. – Вып. №12.
6. Грабежная В.А., Кириллов П.Л. Теплообмен в трубах и пучках стержней при течи воды сверхкритического давления // Атомная энергия. – 2004. – Т. 96. – С. 387-393. – Вып. 5.
7. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (ПНАЭ Г-7-002-86) / Госатомэнергонадзор СССР. – М.: «Энергоатомиздат», 1989. – 525 с.
8. ГОСТ 8732-78. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент.

Лощаков Игорь Иванович – СПбГПУ, ЭнМФ, кафедра Атомных и тепловых энергетических установок, заведующий кафедрой, доктор физико-математических наук, профессор. E-mail: aiteu@spbstu.ru

Сироткина Александра Львовна – СПбГПУ, ЭнМФ, кафедра Атомных и тепловых энергетических установок, техник. E-mail: aiteu@spbstu.ru

Loshchakov Igor I. – Saint-Petersburg state polytechnical university, Head of Department, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor.
E-mail: aiteu@spbstu.ru

Sirotkina Aleksandra L. – Saint-Petersburg state polytechnical university, technician.
E-mail: aiteu@spbstu.ru

УДК 621.181.29

К ВОПРОСУ УЧАСТИЯ АЭС В РЕГУЛИРОВАНИИ ЧАСТОТЫ ТОКА И МОЩНОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

В.В.Бажанов, И.И.Лощаков, А.П.Щуклинов

<i>Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Научно-производственное объединение ЦКТИ</i>	<i>St. Petersburg state polytechnical university, Scientific production association CRTI</i>
--	--

В статье рассматривается вариант привлечения АЭС к участию в диспетчерском графике нагрузок путём аккумуляции тепловой энергии в часы ночного минимума нагрузок с последующей выдачей накопленной энергии в часы максимума нагрузок. При этом акцентируется внимание на возможности системы аккумуляции тепловой энергии значительно облегчить АЭС проходить нестационарные режимы, в частности, участвовать в регулировании частоты тока энергосистемы. Сформулированы основные задачи исследования данной системы для более глубокого обоснования целесообразности её привлечения для решения затронутых проблем.

Ключевые слова: АЭС, система аккумуляции тепловой энергии (САТЭ), первичное регулирование частоты тока (ПРЧ).

This article studies the way of involvement the nuclear power plant to participation in the dispatching schedule by accumulation of thermal energy at a nighttime minimum of electric demand and then using this saved-up energy at daytime maximum of electric demand. The article pays great attention to possibilities of the system of thermal energy accumulation which can facilitate the process of passing non-stationary modes by nuclear power plant, in particular to participate in regulation of current frequency of a unified energy system. The main objectives of research of this system for deeper proof of expediency of its using for the solution of the mentioned problems are formulated.

Keywords: NPP – Nuclear power plant, system of thermal energy accumulation, primary regulation of current frequency.

Введение

Утверждённая в 2006 году Федеральная целевая программа «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России...» предполагает масштабное строительство новых атомных энергоблоков, призванных заменить выбывающие мощности и удовлетворить непрерывный рост энергетических потребностей страны.

Увеличение доли АЭС в общем производстве электроэнергии и уменьшение доли ТЭС, которые могут привлекаться к работе в маневренных режимах, делает необходимым привлечение АЭС к регулированию производства электроэнергии в разное время суток – увеличению производства в дневное время и, соответственно, снижению производства в ночное время.

В настоящее время АЭС привлекаются только к покрытию постоянной (базовой) части графика нагрузок. Это вызвано двумя обстоятельствами: во-первых, в связи с более высокой капитальной составляющей стоимости электроэнергии на АЭС по сравнению с ТЭС – атомные энергоблоки экономически выгоднее эксплуатировать на мощностях, близких к максимальным, во-вторых, в связи с низкими маневренными

характеристиками активных зон ядерных реакторов.

Проведенный во ВНИИАЭС в 2003-2004 годах технико-экономический анализ эффективности различных возможных решений по созданию энергетических комплексов переменной мощности (АЭС с улучшенными маневренными характеристиками активной зоны; АЭС с газотурбинной установкой (ГТУ), с парогазовой установкой (ПГУ), с гидроаккумулирующей электростанцией, с системой аккумулирования тепловой энергии (САТЭ)) достаточно убедительно показал, что применение аккумулирования тепловой энергии на АЭС в складывающихся системно-режимных условиях работы России является наиболее экономичным техническим решением. [1]

Опираясь на выводы вышеуказанного анализа в ОАО «Атомэнергопроект» совместно с ВНИИАЭС были выполнены проработки САТЭ применительно к уже реализуемому проекту «АЭС-2006» выходной мощностью 1200 МВт с возложением на АЭС функции участия в покрытии переменной части диспетчерского графика нагрузки.

1 Система аккумулирования тепловой энергии

Сама идея аккумулирования тепловой энергии не нова. В России получило распространение аккумулирование тепловой энергии на ТЭЦ и отопительных котельных в виде аккумулирования горячей сетевой воды. Применительно к АЭС в 80-х годах прошлого столетия было разработано технико-экономическое обоснование строительства первой АЭС с аккумулированием тепловой энергии (Татарская АЭС с ВВЭР-1000). Аккумулирование предполагалось осуществлять за счёт накапливания горячей питательной воды. Основным недостатком данного варианта аккумулирования тепловой энергии является наличие больших ёмкостей с давлением 3,2 МПа.

В разрабатываемых в настоящее время проектах АЭС с ВВЭР и САТЭ принята система с использованием в качестве аккумулирующей среды высокотемпературного теплоносителя, в частности ТВЛ-300, работающего при давлении 0,5 МПа.

Принципиальная тепловая схема данной АЭС показана на рисунке 1.

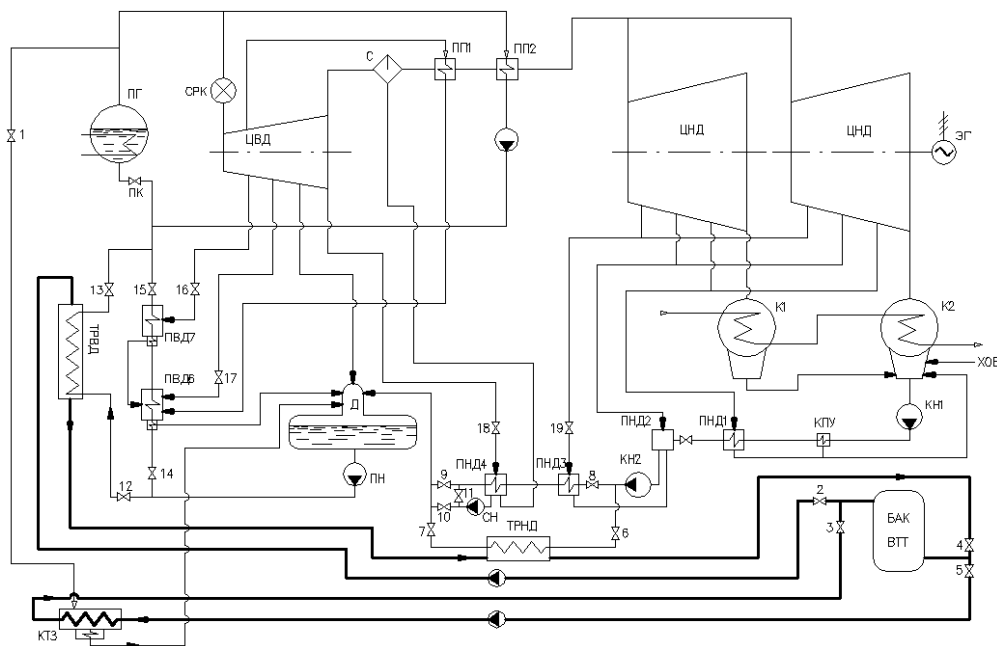


Рисунок 1 – Принципиальная тепловая схема энергоблока АЭС в совокупности с САТЭ

На рисунке 1 условно обозначено: ПГ – парогенератор, СРК – стопорно-регулирующий клапан, ЦВД – цилиндр высокого давления, С – сепаратор, ПП1 – первая ступень пароперегревателя, ПП2 – вторая ступень пароперегревателя, ЦСД – цилиндр среднего давления, ЦНД – цилиндр низкого давления, К – конденсатор, КН – конденсационный насос, КПУ – конденсатор пара уплотнений, ПНД – подогреватель низкого давления, СН – сливной насос, Д – деаэратор, ПН – питательный насос, ПВД – подогреватель высокого давления, КТЗ – конденсационный теплообменник зарядки, ТРВД – теплообменник разрядки высокого давления, ТРНД – теплообменник разрядки низкого давления, БАК ВТТ – бак высокотемпературного теплоносителя, ЦН – циркуляционный насос.

Нагрев теплоносителя производится теплотой конденсации в так называемых теплообменниках зарядки части свежего пара, отбираемого из основного потока в часы снижения нагрузки. Нагретый теплоноситель накапливается в специальных баках и может в случае необходимости возратить тепло рабочей среде (основному конденсату и питательной воде) энергоблока. Возврат тепла производится в специальных теплообменниках разрядки САТЭ, байпасирующих регенеративные теплообменники, что позволяет полностью или в значительной степени исключить необходимость в отборе пара на подогрев конденсата и питательной воды и использовать его на увеличение мощности турбины.

2 Участие АЭС с САТЭ в регулировании частоты тока

Увеличение доли АЭС в общем производстве электроэнергии делает необходимым, помимо участия в диспетчерском графике нагрузок, привлечение АЭС к участию в регулировании частоты тока в энергосистеме.

До настоящего времени основным препятствием привлечения АЭС к участию в регулировании частоты тока в энергосистеме считалась низкая циклическая прочность активной зоны реакторов, несмотря на то, что реакторная установка при регулировании энергоблоком частоты тока в сети участвует только в регулировании давления пара в парогенераторе, являющимся более медленным процессом.

В последнее время появились материалы [2], указывающие на возможность участия АЭС в регулировании частоты тока в сети, правда, в довольно узком диапазоне мощностей.

Тем не менее, учитывая, что участие АЭС в регулировании частоты тока ведет к снижению ресурса реакторного оборудования, представляет практический интерес исследование возможности поддержания давления в ПГ другими средствами, например, изменением температуры и расхода питательной воды в режиме разрядки, или изменением расхода пара на конденсационный теплообменник зарядки САТЭ в режиме зарядки.

В реальности наличие САТЭ позволит энергоблоку более легко осуществлять не только регулирование частоты тока в сети и не только в режимах зарядки и разрядки, но и облегчает энергоблоку прохождение многих переходных и аварийных режимов.

3 Задачи исследования

Для обоснования целесообразности привлечения САТЭ для регулирования давления в парогенераторе в динамических режимах энергоблоков АЭС необходимо ответить на ряд вопросов:

1) удовлетворяют ли по своей инерционности конденсационный теплообменник зарядки САТЭ и теплообменник разрядки высокого давления предъявляемым требованиям по обеспечению регулирования давления пара в парогенераторе

(теплообменник разрядки низкого давления не рассматривается, т.к. по своей схеме включения участвовать в регулировании давления пара в ПГ не может);

2) каким требованиям по своим маневренным возможностям должна отвечать привлекаемая к регулированию давления пара в ПГ регулирующая арматура (регулирующий клапан на отборе свежего пара к конденсационному теплообменнику зарядки, регулирующий питательный клапан и регулирующий клапан на подаче горячего масла к теплообменнику разрядки высокого давления);

3) каким образом должно обеспечиваться регулирование давления в парогенераторе при регулировании частоты тока в сети в промежутках между зарядкой и разрядкой САТЭ, т.е. когда САТЭ отключено от второго контура. Правда, и здесь имеются некоторые возможности: например, прикрытие хотя бы одного из отборов пара на регенерацию с целью увеличения мощности турбины, а уменьшение мощности – путём сброса пара через БРОУ-К в конденсатор, пока не будет подключён конденсационный теплообменник зарядки.

На решение этих вопросов и должно быть обращено внимание специализированных научно-исследовательских центров.

Литература

1. Чаховский В.М., Сопленков К. Сэкономим? Энергоэффективность теплоаккумулирующих систем в атомной энергетике. / В.М.Чаховский, К.Сопленков // Росэнергоатом. – 2010. – №2.
2. Аверьянова С.П., Дубов А.А., Косоуров К.Б., Филимонов П.Е., Температурное регулирование и маневренность ВВЭР-1000/ С.П.Аверьянова, А.А.Дубов, К.Б.Косоуров, П.Е.Филимонов // Атомная энергия. – Т. 109. – октябрь 2010.– вып.4.

Бажанов Владислав Васильевич–НПО ЦКТИ (НПО Центральный котлотурбинный институт), ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, доцент каф. «Атомные и тепловые энергетические установки».

E-mail: vladislavbazhanov@yandex.ru

Лощаков Игорь Иванович – Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, кафедра «Атомные и тепловые энергетические установки», заведующий кафедрой, доктор физико-математических наук, профессор.

E-mail: Loshchakov@mail.ru, aiteu@spbstu.ru

Щуклинов Алексей Павлович – Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, кафедра «Атомные и тепловые энергетические установки». E-mail:mupol@mail.ru

Bazhanov Vladislav V. – Scientific production association Central reactor-turbine Institute, leading researcher, candidate of Technical sciences, associate professor of the department «Nuclear and thermal power plants». E-mail: vladislavbazhanov@yandex.ru

Loshchakov Igor I. – St. Petersburg state polytechnical university, department «Nuclear and thermal power plants», head of the department, doctor of Physical and Mathematical sciences, professor. E-mail:Loshchakov@mail.ru, aiteu@spbstu.ru

Shchuklinov Alexey P. – St. Petersburg state polytechnical university, department «Nuclear and thermal power plants». E-mail: mupol@mail.ru

УДК 621.311.25

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ В СЕТЯХ ОПЕРАТИВНОГО ТОКА НА АЭС ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ

О.В. Фоменко, А.А. Мирошниченко

<i>Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»</i>	Volgodonsk Engineering and Technology Institute branch of National Research Nuclear University of «МЕРНИ»
---	---

В статье рассмотрены методы обеспечения электромагнитной совместимости систем контроля, управления и сигнализации в системе оперативного тока.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, сеть постоянного тока, микропроцессорное оборудование, защитное заземление.

The article considers the methods of ensuring electromagnetic compatibility of control systems, control and alarm in the system of operative current.

Keywords: electromagnetic compatibility, DC network, microprocessor equipment, protective grounding.

Определение уровня электромагнитных помех с целью выявления неблагоприятной электромагнитной обстановки (ЭМО), т.е. условий, от которых зависит помехоустойчивость в местах расположения электрооборудования, достаточно актуальная задача. Этот вопрос всё чаще возникает в связи с проблемой обеспечения надёжности систем контроля, управления и связи, реализованных на базе цифровой техники и работающих в условиях реальных объектов электроэнергетики, в частности на АЭС.

В настоящее время термин «электромагнитная совместимость» (ЭМС) все чаще употребляется в связи с проблемой обеспечения надёжности систем контроля, управления и связи, реализованных на базе цифровой техники и работающих в условиях реальных объектов. Для реальных объектов характерно неидеальное качество систем питания и заземления, высокая вероятность воздействия значительных электромагнитных помех (например, при молниевом разряде). Под ЭМС в данном контексте понимается способность используемого оборудования нормально работать в ЭМО на объекте, где оно размещается. В свою очередь, любые технические средства (ТС), установленные на промышленном объекте, также вносят свою долю в ухудшение ЭМО на объекте. При этом ТС влияют на качество работы другого оборудования, работающего с ними в одной системе управления и контроля, кроме того они могут вызвать сбои и нарушения функционирования этого оборудования. А также они могут влиять на работу системы управления в целом: вызывать сбои, ложные срабатывания, необоснованные включения и выключения систем защиты. Существуют два основных пути повышения качества функционирования ТС в условиях крупных промышленных

объектов: улучшение ЭМО в помещениях и на объектах, где они устанавливаются, и повышение надежности функционирования их в условиях воздействия сильных помех. [2]

Задача по улучшению ЭМО и снижению уровня, существующих на объекте, помех должна решаться в процессе проектирования и монтажа объекта. Так, например, ЭМО можно улучшить, применив качественное заземление, установив защиты от перенапряжения, сетевые фильтры, применив различного рода экранирования. Однако не для всех объектов возможно учесть все факторы, влияющие на качество ЭМО. Особенно актуален этот вопрос для крупных энергетических и промышленных объектов, которые характеризуются наличием крупного оборудования (генераторов, трансформаторов и пр.), наличием высоковольтных и низковольтных устройств, близостью высоковольтных линий электропередачи и т.п. Следовательно, задача по повышению надежности функционирования самих ТС в условиях воздействия электрических, магнитных и электромагнитных помех, электростатических разрядов и т.д., которая должна решаться производителями при их разработке и производстве. [1]

Технологический цикл производства электроэнергии на современных электростанциях полностью механизирован. Имеются многочисленные механизмы собственных нужд (СН) как основного энергетического оборудования (ядерные реакторы, парогенераторы, турбины), так и вспомогательных цехов станций.

Основное электрооборудование электрических станций в качестве питающего напряжения использует постоянный ток. Так же на постоянном токе работают системы защиты и управления электрооборудования. Для контроля, регулирования в системах постоянного тока применяются щиты постоянного тока (ЩПТ), основное назначение которых обеспечить бесперебойным электропитанием потребителей постоянного тока во всех режимах работы системы СН станций и подстанций от аккумуляторных батарей (АБ) или зарядно-выпрямительных устройств (ЗВУ). ЩПТ являются основной частью системы оперативного постоянного тока (СОПТ), которая в свою очередь должна обеспечивать рабочее и резервное питание целого ряда основных электроприёмников (устройств РЗА; устройств управления и приводов высоковольтных выключателей; устройств сигнализации; приводов автоматических вводных и секционных выключателей щитов собственных нужд (ЩСН) напряжением 0,4 кВ и т.д.)

Защита, как вводных линий, так и линий потребителей от перегрузки и коротких замыканий осуществляется за счет характеристик используемых выключателей и разъединителей-предохранителей.

В ЩПТ осуществляется непрерывный контроль сопротивления изоляции шин с помощью прибора автоматического контроля и измерения сопротивления изоляции системы, установленного в шкафу ШВ.

В настоящее время доступен широкий арсенал методов снижения уровней помех:

- улучшение состояния заземляющего устройства (ЗУ) объекта;
- реализация системы молниезащиты с учетом требований ЭМС;
- экранирование аппаратуры;
- экранирование вторичных цепей;
- гальваническая развязка (изоляция);
- применение устройств защиты от импульсных перенапряжений;
- стабилизация и фильтрация напряжения питания;
- применение специальных антистатических покрытий;
- оптимизация компоновки объекта по условиям ЭМС.

Помехи в сети постоянного тока во многом схожи с помехами в сети переменного тока: провалы напряжения, перенапряжения при коммутационных процессах, импульсные помехи при коммутациях на высоком напряжении и грозовых разрядах.

Особенностью сети постоянного тока являются: наличие пульсации до 60% при отключении аккумуляторной батареи; переменной составляющей промышленной частоты (при воздействии сильных электромагнитных полей от силового оборудования); импульсные помехи при коммутации электромеханических устройств систем РЗА и силового оборудования с приводом на постоянном токе.

Для защиты работающего персонала, а так же электрооборудования повышенной чувствительности, от опасности поражения электрическим током при переходе напряжения на металлические нетоковедущие части (например, при коротком замыкании), нормально не находящиеся под напряжением, наиболее эффективным считается применение защитного заземления, т.е. преднамеренного соединения нетоковедущих частей электрооборудования, которые могут случайно оказаться под напряжением с ЗУ.

Защитное заземление представляет собой систему металлических заземлителей, помещенных в землю и электрически соединенных специальными проводами с металлическими частями электрооборудования, нормально не находящимися под напряжением.

В качестве искусственных заземлителей чаще всего применяют угловую сталь 60x60 мм, стальные трубы диаметром 35-60 мм и стальные шины сечением не менее 100 мм². Стержни длиной 2,5...3м погружаются (забиваются) в грунт вертикально в специально подготовленной траншее (рис.1). Вертикальные заземлители соединяются стальной полосой, которая приваривается к каждому заземлителю. По расположению заземлителей относительно заземляемого оборудования системы заземления делят на выносное и контурное. [4], [7]

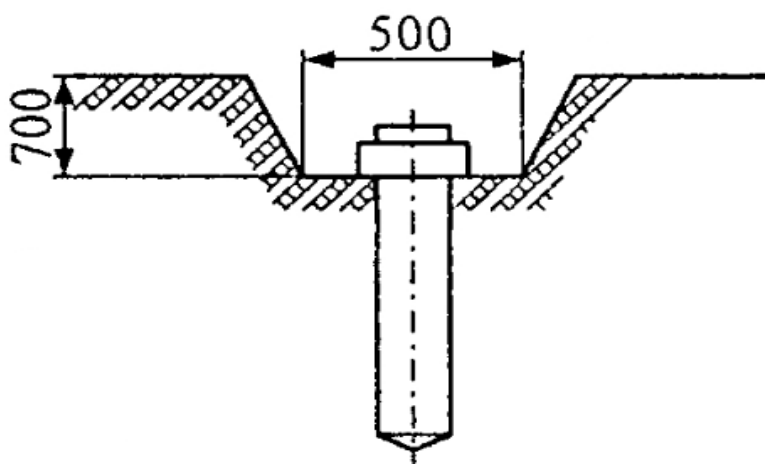


Рисунок 1 – Установка вертикального заземлителя в траншее

Выносное заземление оборудования показано на рисунке 2. При выносной системе заземления заземлители располагаются на некотором удалении от заземляемого оборудования. Поэтому заземленное оборудование находится вне поля растекания тока и человек, касаясь его, окажется под полным напряжением относительно земли. Выносное заземление защищает только за счёт малого сопротивления грунта.

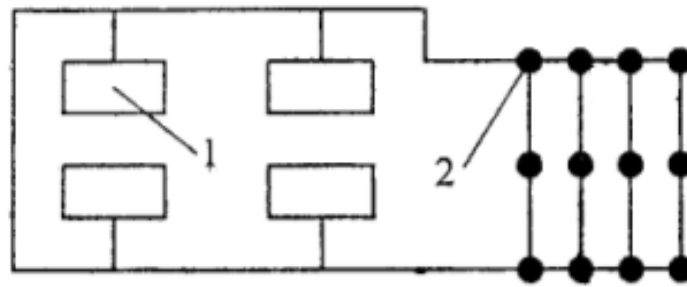


Рисунок 2 – Схема выносного заземления: 1-заземляемое оборудование; 2- заземлители

Контурное заземление показано на рисунке 3. Заземлители располагаются по контуру заземляемого оборудования на небольшом (несколько метров) расстоянии друг от друга. В данном случае поля растекания заземлителей накладываются, и любая точка поверхности земли внутри контура имеет значительный потенциал.

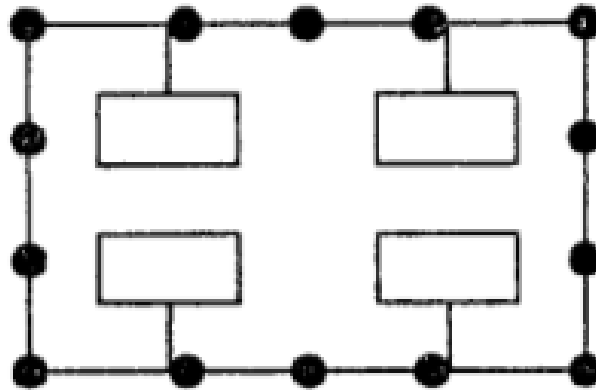


Рисунок 3 – Схема контурного заземления

В электроустановках напряжением до 1000 В сопротивление ЗУ должно быть не выше 4 Ом; если же суммарная мощность источников не превышает 100 кВт · А, сопротивление заземления должно быть не более 10 Ом. Поэтому расчет заземления сводится к определению числа заземлителей и длины соединительной полосы, исходя из допустимого сопротивления заземления. Окончательный вид заземления по расчётным данным имеет вид на рисунки 4 и 5.

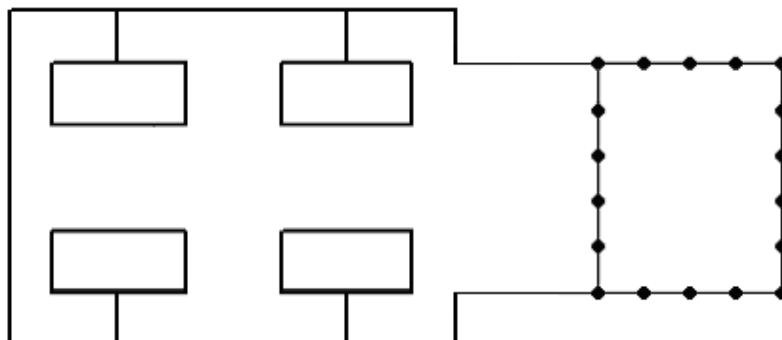


Рисунок 4 – Схема полученного выносного заземления

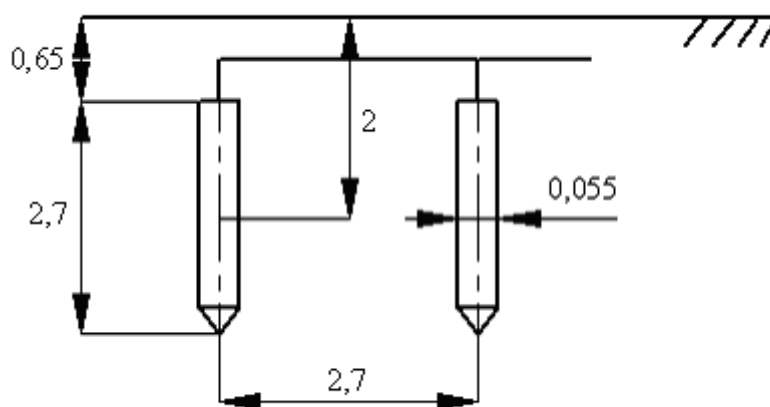


Рисунок 5 – Схема расположения заземлителей

Для ЩПТ сопротивление заземляющего устройства должно быть не выше 4 Ом.

Расчет заземления сводится к определению числа заземлителей и длины соединительной полосы исходя из допустимого сопротивления заземления.

Таблица 1 –Исходные данные

Мощность электроустановки Р, кВт	176
Вид заземления	выносное
Длина заземлителя l, м	3
Глубина заложения заземлителя в грунт h, м	0,65
Коэффициент сезонности Кс	2,0
Удельное сопротивление грунта ρ, Ом·м	70
Диаметр заземлителя d, м	55
Ширина соединительной полосы b, м	50
Допускаемое сопротивление системы заземления по ПУЭ RЭ.Н., Ом	4

- 1) В качестве заземлителя выбираем стальную трубу диаметром $d = 55\text{мм}$, а в качестве соединительного элемента – стальную полосу шириной $b = 50\text{мм}$.
- 2) Выбираем значение удельного сопротивления грунта, равное $70\text{ Ом}\cdot\text{м}$, для района с преобладающим видом почвы – земля до глубины 0.6 м , ниже - глина.
- 3) Определяем значение электрического сопротивления растеканию тока в землю с одиночного заземлителя:

$$\begin{aligned}
 R_3 &= 0,366 \frac{\rho \cdot K_c}{l} \left(\lg \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+1}{4t-1} \right) = \\
 &= 0,366 \frac{70 \cdot 2}{3} \left(\lg \frac{2 \cdot 3}{0,055} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 2,15+3}{4 \cdot 2,15-3} \right) = 86,36 \text{ Ом.}
 \end{aligned}
 \tag{1.1}$$

где $\rho = 70 \text{ Ом}$ - удельное сопротивление грунта,

$K_c = 2,0$ - коэффициент сезонности,

$l = 3 \text{ м}$ - длина заземлителя,

$d = 55 \text{ мм}$ - диаметр заземлителя,

$t = h + 0,5l = 0,65 + 0,5 \cdot 3 = 2,15 \text{ м}$ - расстояние от поверхности грунта до середины заземлителя.

1) Рассчитываем число заземлителей без учета взаимных помех, оказываемых заземлителями друг на друга, так называемого явления взаимного «экранирования»

$$n' = \frac{R_3}{R_{\text{зн}}} = \frac{86,36}{4} = 21,59 \approx 22 \quad (1.2)$$

2) Рассчитываем число заземлителей с учетом коэффициента экранирования:

$$n = \frac{n'}{\eta_3} = \frac{22}{0,66} = 33,33 \approx 33 \quad (1.3)$$

где $\eta_3 = 0,66$ - коэффициент экранирования.

Принимаем расстояние между заземлителями $a = l = 3 \text{ м}$

3) Определяем длину соединительной полосы

$$l_{\text{п}} = 1,05 \cdot n \cdot a = 1,05 \cdot 22 \cdot 3 = 69,3 \text{ м}. \quad (1.4)$$

4) Рассчитываем полное значение сопротивления растеканию тока с соединительной полосы:

$$R_{\text{п}} = 0,366 \frac{\rho \cdot K_c}{l_{\text{п}}} \lg \frac{2 \cdot l_{\text{п}}^2}{b \cdot h} = 0,366 \frac{70 \cdot 2}{69,3} \lg \frac{2 \cdot 69,3^2}{0,05 \cdot 0,65} = 4,045 \text{ Ом}. \quad (1.5)$$

5) Рассчитываем полное значение сопротивления системы заземления

$$R_{\text{зв}} = \frac{R_3 \cdot R_{\text{п}}}{R_3 \cdot \eta_{\text{п}} + R_{\text{п}} \cdot \eta_3 \cdot n} = \frac{86,36 \cdot 4,045}{86,36 \cdot 0,51 + 4,045 \cdot 0,66 \cdot 33} = 2,644 \text{ Ом}. \quad (1.6)$$

где $\eta_{\text{п}} = 0,51$ - коэффициент экранирования полосы.

Сопротивление $R_{\text{зв}} = 2,64 \text{ Ом}$ меньше допускаемого сопротивления, равного 4 Ом . Следовательно, диаметр заземлителя $d = 55 \text{ мм}$ при числе заземлителей $n = 33$ является достаточным для обеспечения защиты при выносной схеме расположения заземлителей.

Так же при анализе ЭМО необходимо учитывать *вторичные проявления молниевых разрядов* и их влияние на оборудование РЗА, АСУ, АСКУЭ и связи ЭС и ПС. Под вторичными проявлениями молниевых разрядов понимаются перенапряжения, приложенные к изоляции вторичных цепей, а также электромагнитные помехи,

воздействующие на аппаратуру РЗА, АСУ, АСКУЭ и связи, при ударе молнии в существующие молниеотводы объекта. При этом, как правило, не рассматриваются случаи прорыва молнии через существующую систему защиты от прямого удара. Это, кстати, не всегда корректно – в настоящее время молниезащиту ЭС и ПС часто проектируют с надежностью 0,9. Легко показать, что для многих ПС это означает, что среднее количество прорывов молнии будет неприемлемо высоким – иногда чаще 1 раза в 10 лет. При этом необходимо помнить и о том, что даже при оптимально построенной системе защиты от вторичных проявлений молнии, невозможно гарантировать 100% защиту МП аппаратуры и её цепей при молниевых разрядах. [3]

Источником вторичных проявлений молниевых разрядов являются: разности потенциалов, возникающие между различными элементами ЗУ ПС (ЭС) при протекании через ЗУ тока молнии, а также импульсные магнитные поля, создаваемые током молнии.

Следует учитывать что, помимо воздействия помех через вторичные цепи, сама МП аппаратура может быть подвержена воздействию импульсного магнитного поля, создаваемого током молнии. Кроме того, источниками импульсного магнитного поля (индуцированного током молнии) могут служить естественные и искусственные заземлители, проходящие в непосредственной близости от мест размещения МП аппаратуры и связанные с заземлением элементов молниезащиты. Так, например, при протекании части тока молнии по проводным коммуникациям, заходящим на конструкции с молниеприёмниками (кабели питания прожекторов на молниеотводных мачтах или кабели радиосвязи на антенных опорах) внутрь зданий с МП аппаратурой, могут генерироваться поля, значительно превышающие уровень устойчивости аппаратуры. При этом протекание даже десятой части тока молнии (при общем токе молнии 100 кА) по проводным коммуникациям внутри здания может приводить к генерации полей выше 1000 А/м за счёт малого расстояния между источником поля и МП аппаратурой.

В данном случае для обеспечения надёжной работы МП аппаратуры необходимо применять местное экранирование кабелей, токоведущих частей, а так же самой МП аппаратуры.

Для создания благоприятной ЭМО и обеспечения требований по электромагнитной безопасности объекта производится *экранирование электромагнитных волн*.

Применение качественных экранов позволяет решать многие задачи, среди которых задачи ЭМС оборудования и приборов при их совместном использовании, задачи защиты персонала от повышенного уровня электромагнитных полей и обеспечение благоприятной экологической обстановки вокруг работающих электроустановок.

Под экранированием в общем случае понимается как защита приборов от воздействия внешних полей, так и локализация излучения каких-либо средств, препятствующая проявлению этих излучений в окружающей среде. Теоретическое решение задачи экранирования, определение значений напряженности полей в общем случае чрезвычайно затруднительно, поэтому в зависимости от типа решаемой задачи представляется удобным рассматривать отдельные виды экранирования: электрическое, магнитостатическое и электромагнитное. Последнее является наиболее общим и часто применяемым, так как в большинстве случаев экранирования приходится иметь дело либо с переменными, либо с флуктуирующими и реже – действительно со статическими полями.

Следует отметить, что, несмотря на тот факт, что характеристики ЗУ влияют на

уровень помех на объекте (в том числе, импульсных), не всегда уровень импульсных помех прямо связан с характеристиками заземляющего устройства. [5] Так, например, имеют место быть случаи массового повреждения электронных блоков АСУ ТП помехами, генерируемыми при работе контакторов. Происходит это, несмотря на хорошее состояние заземляющего устройства.

Ещё одним важным параметром является *уровень помех при коммутационных операциях*. На действующем объекте его можно оценить прямыми измерениями, однако, в настоящее время единая математическая модель, описывающая влияние коммутационных помех в первичных сетях на вторичные цепи, не создана и находится в процессе разработки.

Существует три основных типа устройств защиты от импульсных перенапряжений: разрядник, варистор, защитный диод.

Определение уровня электромагнитных помех с целью определения неблагоприятной ЭМО в местах расположения электрооборудования достаточно актуальная задача, которая всё чаще возникает в связи с проблемой обеспечения надёжности систем контроля, управления и связи, реализованных на базе цифровой техники и работающих в условиях реальных объектов электроэнергетики, в частности на АЭС.

Возможность моделирования реальных электрических схем и происходящих в них процессов позволяет в реальных условиях эксплуатации электрооборудования на АЭС учитывать превышение уровня помехоустойчивости устройств с дальнейшей разработкой мероприятий по снижению этого уровня до допустимых значений.

Литература

1. Шваб А. Й. Электромагнитная совместимость. – М.: Энергоатомиздат, 1995г.
2. Дьяков А.Ф. Максимов Б.К. и др. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике./Под редакцией А.Ф. Дьякова. – М.: «Энергоатомиздат», 2003.
3. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – М.: «МЭИ», 2004.
4. Методические указания по контролю заземляющих устройств электроустановок. РД 153-34.0-20.525-00, М. СПО ОРГЭС, 2000.
5. Методические указания для проведения практических занятий по дисциплине «Электромагнитная совместимость в электроэнергетике». Волгодонский ин-т филиал НИЯУ МИФИ, 2011.
6. Методические указания по определению электромагнитной обстановки на электрических станциях и подстанциях. СО 34.35.311-2004 РАО «ЕЭС России».
7. ПУЭ, СНиП-Ш-33-76 и инструкции по устройству сетей заземления и зануления в электроустановках (СН 102-76).
8. Казанцев Ю.А., Кузовкин В.А. Электромагнитная совместимость информационных систем. – М.: «МЭИ», 1995.

Фоменко Ольга Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Атомные электрические станции» ВИТИ НИЯУ МИФИ г. Волгодонск.
E-mail: ovyl@mail.ru

Мирошниченко Александр Александрович – студент 5 курса группы М-ЭС-07-Д1 ВИТИ НИЯУ МИФИ г. Волгодонск. E-mail: m.a.alexander@ya.ru

Fomenko Olga V.—doctor, associate professor, nuclear power plants departament, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI". E-mail: ovyl@mail.ru

Miroshnichenko Alexander A. – student of the 5th course, group M-ES-07-D1, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI". E-mail: m.a.alexander@ya.ru

УДК 620.9: 62-233.2

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ГАЗОТУРБИНОЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Е.М. Молошная, С.Е. Дорофеев

<i>Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»</i>	<i>Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»</i>
---	--

В статье рассмотрены особенности работы газотурбинной теплоэлектростанции нового поколения с использованием активных магнитных подшипников и тиристорного преобразователя частоты. Освещен вопрос о применении малой энергетики, как резервного источника энергии.

Ключевые слова: газотурбинная теплоэлектростанция, генератор, активные магнитные подшипники, тиристорный преобразователь частоты.

Work peculiarities of heat and power gas-turbine plant of new generation using active magnetic bearings and the thyristor frequency shifter are considered in the article. Also the question of application of light energy as a reserved energy source is touched upon.

Keywords: heat and power gas-turbine plant, generator, active magnetic bearings, thyristor frequency shifter.

Энергетику можно разделить на крупные генерирующие объекты и объекты с малой мощностью, работающие на традиционных и нетрадиционных видах топлива. В нормативных документах отсутствует четкая граница раздела, но можно ориентироваться на «Концепцию развития и использования возможностей малой и нетрадиционной энергетики в энергетическом балансе России», разработанную Министерством топлива и энергетики РФ в 1993 г., в соответствии с которой к установкам малой энергетики отнесены электростанции мощностью до 30 МВт с агрегатами до 10 МВт, котельные и котлы общей теплопроизводительностью до 20 Гкал/ч. К нетрадиционным видам энергоустановок относят установки – использующие солнечную, ветровую, геотермальную энергию, энергию биомассы, а также гидроэлектростанции и микро-ГЭС (с единичной мощностью агрегатов до 100 кВт). Доля установок малой энергетики, работающих на нетрадиционном топливе, в России крайне мала. Подавляющее большинство объектов работает на двух основных видах топлива: дизельном топливе и газе.

Наибольшее распространение среди потребителей малой энергетики получили стационарные и передвижные дизельные электростанции (ДЭС) и газотурбинные установки (ГТУ) или газопоршневые станции (ГПА).

Представленная Вашему вниманию газотурбинная теплоэлектростанция (рис. 1), относится к объектам малой энергетики, и предназначена к установке в районах с дефицитом тепловой и электрической энергии, а также как резервная. Мощности в 20 МВт достаточно чтобы покрыть нужды небольшого города, а потребности в тепле 2-3 микрорайонов города. Достоинством станции является возможность быстрого

возведения, т.к.многое оборудование производится в России и поставляется на объект модульно. В корпусе станции заключено 2 турбоагрегата мощностью по 10 МВт каждый, турбина, рекуперативный воздухоподогреватель, котел-утилизатор, шкафы РУСН-0.4кВ и ячейки комплектной распределительной установки. Генератор представляет собой электрическую машинус одной парой полюсов, воздушным охлаждением, с частотой вращения 6000 об/мин номинальным напряжением 3кВ100Гц. Для преобразования полученной электроэнергии применяют тиристорный преобразователь частоты, который преобразует 3кВ 100Гц в 3кВ 50Гц промышленной частоты.



Рисунок 1– Вид газотурбинной теплоэлектростанции

Включение генератора в работу происходит следующим образом: сетевое напряжение подается через тиристорный преобразователь частоты (4) на обмотки статора генератора (1), что приводит к его запуску в двигательном режиме. При скорости вращения ~ 3000 об/мин подается газ, и разворот генератора продолжается газом. Атмосферный воздух поступает в газотурбинный двигатель через комплексное воздухоочистительное устройство (6) и воздухопровод в тринадцатиступенчатый осевой компрессор (2), проходя через который, сжимается. После компрессора сжатый воздух по трубопроводам попадает в регенератор (8), где подогревается за счет тепла уходящих газов, а далее направляется в камеру сгорания (7). Два байпасных клапана, установленных в системе воздухопроводов регенератора, позволяют перепускать частично или весь воздух из компрессора в камеру сгорания без подогрева его в регенераторе, для обеспечения теплофикационных режимов при низких минусовых температурах атмосферного воздуха.

В результате сгорания топливного газа в восьми пламенных трубах камеры сгорания (7) температура газовой смеси увеличивается и она поступает в проточную часть турбины (3) через восемь переходных патрубков.

При прохождении газа через две ступени турбины его давление и температура

снижаются, а крутящий момент передается на вал генератора(1), который вырабатывает переменный ток. Выработанное напряжение через преобразователь частоты преобразуется и выдается в сеть или потребителю.[2] Блок-схема работы ГТ ТЭЦ приведена на рисунке 2.

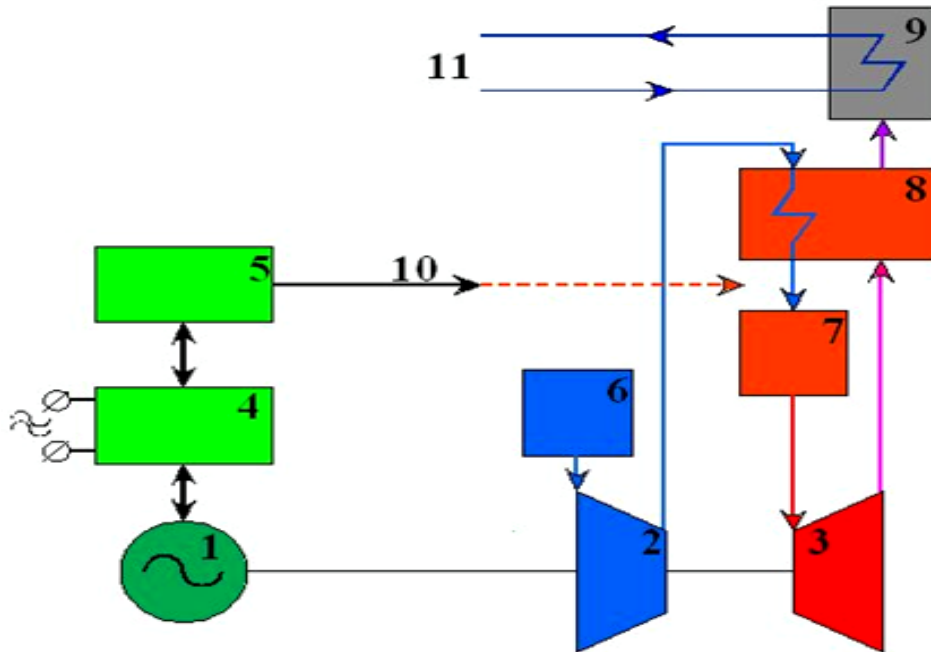


Рисунок 2 – Блок-схема газотурбинной станции

Обозначения: 1 – генератор, 2 – компрессор, 3 – турбина, 4 – блок силовой электроники, 5 – топливная система, 6 – входное комплексное воздухоочистительное устройство, 7 – камера сгорания, 8 – регенератор(теплообменник), 9 – котёл-утилизатор, 10 – топливо, 11 – сетевая вода

Далее уходящие газы проходят через выхлопной диффузор турбины, регенератор и попадают в котел-утилизатор, где их тепло используется для подогрева сетевой воды.

Проектом также предусмотрена работа котла-утилизатора в «сухом» режиме, т.е. пропуск дымовых газов помимо конвективного блока через байпас в дымовую трубу. При этом в конвективном блоке отсутствует котловая вода.

Топливоподача управляется САУ двигателя и обеспечивает выполнение пуска установки с выходом на режим нагрузки, поддержание заданного режима, сброс нагрузки, останов.

На газотурбинной теплоэлектроцентрали реализованы технические новинки, такие как активные магнитные подшипники [1] и тиристорный преобразователь частоты. [3,4,5] В результате экологических проблем и заботы об окружающей среде, в проекте, было решено уйти от использования подшипников скольжения и масла, и использовать активные магнитные подшипники. Работа магнитных подшипников заключается в подвешивании вала генератора и турбины в магнитном поле (рис. 3). Электрический ток, проходящий по обмоткам активных магнитных подшипников создает магнитное поле, в котором и подвешивается вал турбины и ротор генератора. Магнитные подшипники располагаются в местах, где вал имеет ферромагнитный сплав.

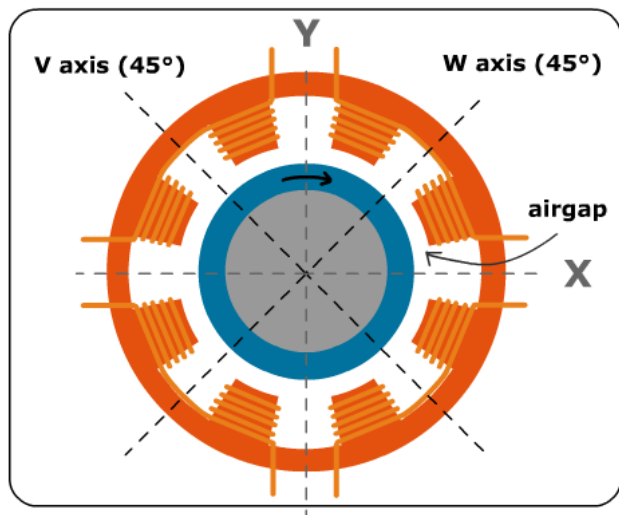


Рисунок 3– Принцип левитации вала генератора или турбины

На газотурбинной установке для управления четырьмя радиальными подшипниками и одним упорным предусмотрены шкафы управления с собственной системой бесперебойного электроснабжения в случае аварии.[1] Расположение активных магнитных подшипников представлено на рисунке 4.

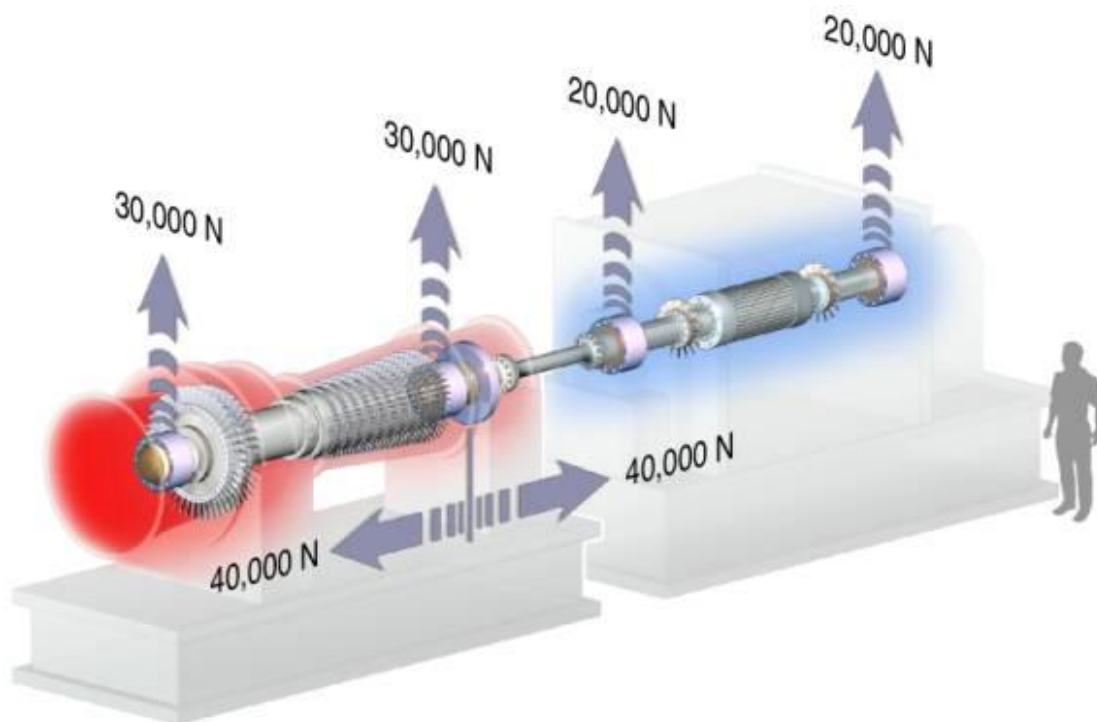


Рисунок 4 – Расположение активных магнитных подшипников

Для распределения электроэнергии на станции имеется КРУ-3 и 6кВ. Ячейки комплектного распределительного устройства фирмы MCset (отделение Шнайдер Электрик) модульного типа представлены на рисунке 5.[2] Состав модульной ячейки: шинный отсек с шинами, релейный отсек, отсек выключателя, отсек трансформатора напряжения, кабельный отсек. На объект они приходят в собранном виде, что

позволяет набрать ряд комплектного распределительного устройства в короткие сроки.

Большое внимание уделяется безопасности персонала при работе с оборудованием. На ячейках предусмотрены пиктограммы последовательности операций с выкатным элементом выключателя, трансформатор напряжения и заземляющего ножа.

Для питания оборудования собственных нужд станции применяется «сухой» трансформатор собственных нужд и шкафы РУСН-0,4 кВ. [2] Шкафы также поставляются на объект модульно и собираются на месте в короткие сроки.

Тиристорный преобразователь частоты предназначен для [3,4,5]:

- передачи мощности от турбогенератора к потребителю с преобразованием напряжения статорной обмотки турбогенератора частотой 101,6 Гц в напряжение промышленной частоты 50 Гц;

- пуска газотурбинной установки, при котором синхронный турбогенератор используется в качестве разгонного синхронного двигателя;

- длительной прокрутки вала газотурбинной установки на пониженных оборотах;

- торможения вращающегося вала при отказе газотурбинной установки с передачей накопленной энергии.

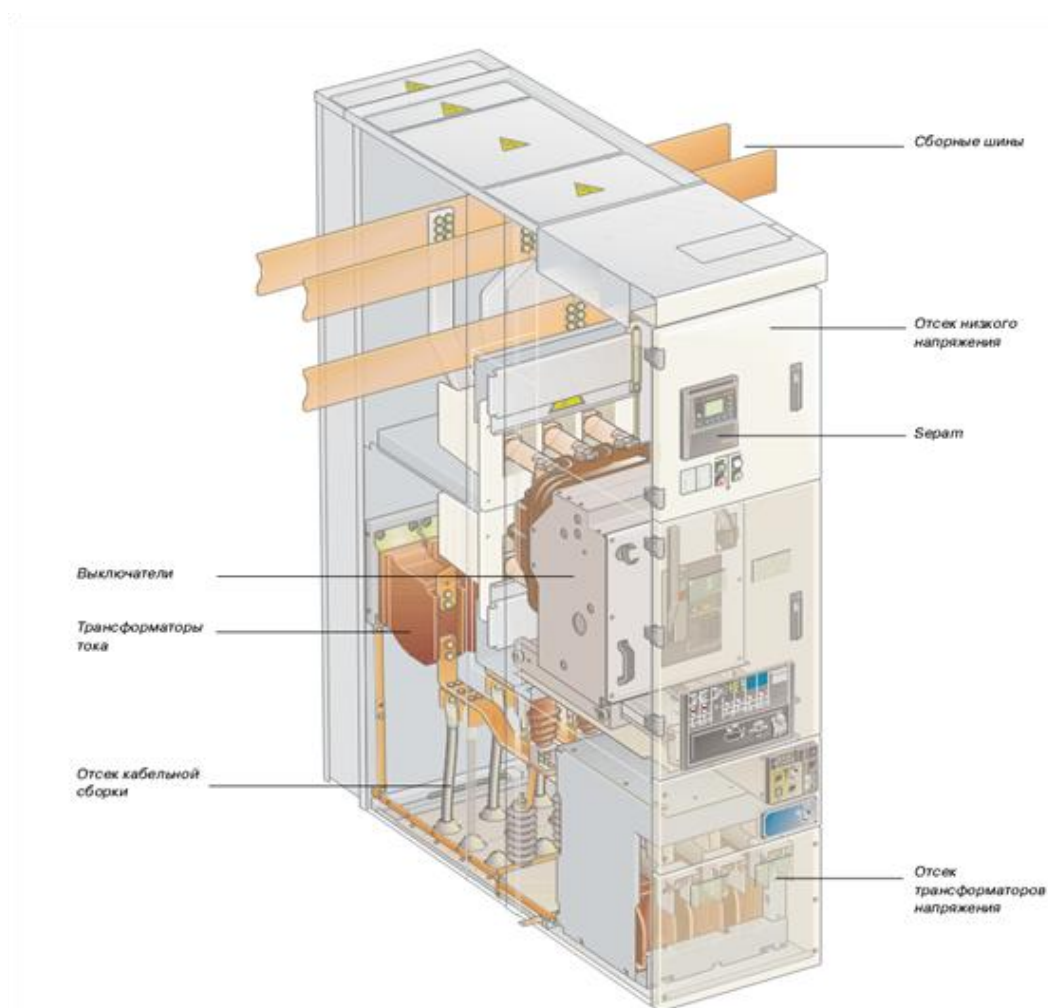


Рисунок 5 – Вид модульной высоковольтной ячейки КРУ-3 и 6 кВ

Выводы:

Использование малой энергетики экономически обосновано в районах с дефицитом электроэнергии и тепла. Так же станции можно строить как резервные, для покрытия пиковых нагрузок в сети или для работы во время системных аварий и поддержания потребителей первой категории.

Литература

1. Журавлев Ю.Н. Активные магнитные подшипники: теория, расчет, применение / Ю.Н. Журавлев. // Политехника. – СПб., 2003. – 206с.
2. Рожков Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: «Энергоатомиздат», 1987, 646с.
3. Сандлер А.С., Аввакумова Г.К., Кудрявцев А.В., Никольский А.А. Преобразователи частоты на тиристорах для управления высокоскоростными двигателями. Библиотека по автоматике. / А.С. Сандлер, Г.К. Аввакумова, А.В. Кудрявцев, А.А. Никольский. — Энергия. – 1970. – Выпуск №377. – 80с.
4. А.К.Белкин, Т.П.Костюкова, Л.Э.Рогинская, А.А.Шуляк Тиристорные преобразователи частоты .М., «Энергоатомиздат».2000.
5. High-Power Converters and Drives. By Bin Wu. – The institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2006. – 333 p.

Молошная Елена Семеновна – старший преподаватель каф. АЭС В ИТН ИЯУ МИФИ г. Волгодонск. E-mail: elena_l_mol@mail.ru

Дорофеев Сергей Евгеньевич – студент 6 курса группы М-ЭС-06-32 В ИТН ИЯУ МИФИ г. Волгодонск. E-mail: opnr_vvo@mail.ru

Elena Semenovna M. - senior lecturer, nuclear power plants department, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI». E-mail: elena_l_mol@mail.ru

Sergey Evgenyevich D. – student of the 6th course, group M-ES-06-Z2, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI». E-mail: opnr_vvo@mail.ru

**Г
Л
О
Б
А
Л
Ь
Н
А
Я**

**Я
Д
Е
Р
Н
А
Я**

**Б
Е
З
О
П
А
С
Н
О
С
Т
Ь**

**СОЦИАЛЬНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ
РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ АЭС**

УДК 378.016

О НЕОБХОДИМОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ ЯДЕРНОГО ПРАВА, КАК САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ, И СОЗДАНИЯ АКАДЕМИЧЕСКОЙ КАФЕДРЫ ЯДЕРНОГО ПРАВА

В.Т. Корниенко, Е.А. Брагина

<p style="text-align: center;"><i>Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонский филиал Ростовской областной коллегии адвокатов, г. Волгодонск, Россия</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI», Volgodonsk branch of Rostov regional Bar, Volgodonsk, Russia</i></p>
--	---

В данной статье рассмотрены вопросы, связанные с необходимостью создания академической кафедры ядерного права в высших учебных заведениях ядерной направленности.

Ключевые слова: Госкорпорация «Росатом», ядерное право, кафедра ядерного права, юристы в области ядерного права.

This article considers the problems, concerning the necessity of formation the academic chair of the nuclear law in universities which train nuclear engineers.

Keywords: State corporation «Rosatom», nuclear law, the chair of the nuclear law, lawyers in the field of the nuclear law.

Думай. Проявляй инициативу. Стань лидером инновационного прорыва сегодня...

*принцип № 3 Кодекса этики
Госкорпорации «Росатом»*

«Кадры решают всё» – бессмертное изречение И.В. Сталина, с актуальностью которого даже в наше время очень сложно поспорить. Именно высококвалифицированный кадровый состав является основой успеха любого предприятия, в связи с чем сохранение российских научных традиций и рост высококвалифицированного кадрового потенциала является важнейшей задачей руководителя любой организации.

На сегодняшний день вопрос кадрового состава, а точнее, отсутствия достаточного количества высококвалифицированных специалистов в различных областях экономики, является одним из самых болезненных для любого работодателя. Современная Россия переживает кадровый кризис. С учётом этого далеко не случайно один из векторов внутренней социальной политики Государственной корпорации по атомной энергии направлен именно на высококвалифицированные кадры и его состав.

Подобная ситуация является вполне закономерной, так как на сегодняшний день перед Госкорпорацией «Росатом» (далее – Госкорпорация, корпорация, Росатом) стоят весьма долгосрочные стратегические задачи. Например, в ушедшем 2011 году были

заключены соглашения о строительстве 21 нового энергоблока за рубежом, что практически вдвое превышает количество контрактов на строительство атомных станций в 2010 году, очередной раз подчеркивая уровень мирового доверия российским специалистам и технологиям. Весьма существенным является объём заказов Росатома и для предприятий отечественного машиностроения, который в 2011 году превысил 250 млрд. рублей.

Тем не менее, анализ проводимой Росатомом внутренней и внешней политики позволяет говорить о том, что общее стремление корпорации нацелено не только на занятие лидирующих позиций в области атомной энергетики мира, но и на формирование прочной положительной деловой репутации Российской Федерации; развитие многих социальных программ мирового масштаба, среди которых можно выделить сглаживание конфликта Евросоюза с Ираном, борьбу с паническими настроениями мирового сообщества после событий марта 2011 года на японской АЭС «Фукусима-1», реализацию старых и инициирование новых проектов по повышению норм безопасности при получении и использовании ядерной энергии, и многое другое.

Должное выполнение поставленных Росатомом задач отвечает приоритетам нашей страны, имеет первостепенное значение и возможно только при наличии в штате Госкорпорации мотивированных и высококвалифицированных сотрудников, являющихся скрытым ресурсом развития любой компании. Неслучайно пункт 3.6 главы 3 Кодекса корпоративной этики корпорации подчеркивает, что главное достояние Росатома – не атомные реакторы и не запасы урана, а квалифицированные, ответственные и сплоченные люди, профессиональная и человеческая солидарность.

17-18 декабря 2011 года в Москве проходила конференция «Люди Росатома», особое внимание участниками которой было уделено одноименной кадровой программе, анализу кадровой политики, потенциала и деятельности Госкорпорации в целом.

С докладом выступил Генеральный директор Росатома С.В. Кириенко, сделав основной акцент на то, что человеческий капитал – это основа всего, а главный ресурс корпорации – кадры.

Кроме того, в ходе конференции С.В. Кириенко были проанализированы объявленные 4 ноября 2011 года результаты рейтинга «50 работодателей - мечты для молодых специалистов», составляемого уже шестой год подряд газетой «Акция» и приложением «Акция. Карьера». По итогам проведенного опроса Росатом занял лишь 18 место в данной иерархии, в связи чем С.В. Кириенко была поставлена приоритетнейшая задача: «Стать самым привлекательным работодателем России к 2015 году».

В целом же активная и весьма успешная внутрикорпоративная социальная политика Росатома, направленная на формирование элиты специалистов-атомщиков, планомерно ведется уже несколько лет.

Начиная с июля 2009 года Росатомом реализуется программа «Золотой резерв», основное внимание которой уделено вопросам формирования кадрового состава высокого уровня управления и необходимости повышения его компетенции. «За два года программы в резерв вошли 50 человек, через несколько лет их должно стать несколько тысяч» – заявил С.В. Кириенко.

Положения принятого несколькими месяцами позже Кодекса корпоративной этики Росатома также акцентировали своё внимание на вопросах кадрового состава, указав в пункте 1.1 что Кодекс призван способствовать формированию единых позитивных установок и общей идентичности сотрудников – представителей разных профессий и разных поколений, укреплению единства всех организаций атомной

отрасли.

Весьма распространенным в рамках Росатома направлением развития персонала является создание системы корпоративного образования различных уровней.

С 2010 года на основании Соглашения между Российской Федерацией и Международным агентством по атомной энергии (далее - МАГАТЭ) о подготовке младших профессиональных кадров Российская Федерация направляет в МАГАТЭ младшие профессиональные кадры (младших сотрудников категории специалистов) для работы, осуществляемой МАГАТЭ, или для реализации проектов по которым МАГАТЭ назначено исполнительной организацией.

Также в рамках воспитания высококвалифицированных специалистов Росатом тесно сотрудничает с Негосударственным образовательным учреждением дополнительного профессионального образования «Центральный институт повышения квалификации» (далее –ЦИПК) г. Обнинска, филиалы которого действуют в Москве и Санкт-Петербурге, согласовывая программы, ежегодно вносимые в каталог повышения квалификации.

Очень тесно Росатом сотрудничает со многими профильными учебными заведениями. Так, например, с января 2012 года Росатомом формируется обобщенная заявка на целевой приём в 2012 году в федеральные государственные образовательные учреждения высшего и среднего профессионального образования в рамках государственного плана подготовки кадров для организаций оборонно-промышленного комплекса на 2011 – 2015 годы[1]. Неслучайно в рамках конференции «Люди Росатома» С.В. Кириенко назвал задачу работы с профильными вузами и студентами приоритетом стратегии Росатома, который собирается стать серьезным заказчиком для высших учебных заведений.

Стремясь обеспечить максимально высокий уровень подготовки будущих инженеров-ядерщиков, заострив их внимание на таких профильных предметах как физика (в особенности ядерная) и математика, в конце 2011 года Росатом запустил один из своих самых масштабных образовательных проектов, открыв так называемые «атомклассы» сразу в нескольких городах страны. Будущее такой инициативе пророчат серьезное, поскольку финансовую поддержку атомклассам оказывает Топливная компания «ТВЭЛ», а научно-методическую поддержку – национальный исследовательский ядерный университет МИФИ.

Плюсы подобной корпоративной политики очевидны. Однако, очевиден и весьма существенный минус – в выше упомянутых кадровых программах речь сейчас идёт лишь о специалистах руководящего звена атомной отрасли. Но ведь Росатом – это не только высококвалифицированные инженеры... Сотни специалистов по всей стране с высшим техническим, экономическим, юридическим и военным образованием обеспечивают высокий профессиональный уровень работы Росатома в целом. Всё это позволяет говорить о том, что корпорации и входящим в неё предприятиям требуются специалисты и из других сфер деятельности.

Так, например, в связи с внедрением системы комплексного противодействия коррупционным угрозам на предприятиях корпорации с 2001 года создан и действует Совет по повышению прозрачности деятельности Росатома, в полномочия которого входит проверка заключаемых договоров на прозрачность и соответствие действующему и международному законодательству, а также выполнение мероприятий по предотвращению экономических преступлений и др.

Принятие Кодекса корпоративной этики Росатома 26 октября 2009 года повлекло за собой необходимость создания в структуре корпорации Совета по этике, уполномоченных по этике и ответственных за внедрение Кодекса в организациях и

структурных подразделениях корпорации, а также инструкторов по этике.

Учитывая важность и острую потребность Росатома в высококвалифицированных специалистах подобного рода на кафедре «Корпоративное управление» ЦИПК по согласованию с Департаментами Госкорпорации «Росатом», ОАО «Концерн Росэнергоатом», Ростехнадзором и ОАО «ТВЭЛ» были разработаны программы повышения квалификации: «Кодекс этики Госкорпорации «Росатом». Подготовка инструкторов по этике» (код КУ07); «Технология внедрений кодекса этики на предприятиях Госкорпорации «Росатом» (код КУ04); «Кодекс корпоративной этики Госкорпорации «Росатом»: подготовка специалистов в области этической практики. Базовый (код КУ05) и углубленный (код КУ06) курсы», вошедшие в каталог программ повышения квалификации 2012 года.

В 2009 году с целью обеспечения законности и досудебного урегулирования споров в сфере размещения заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для нужд корпорации был создан специализированный экспертный орган – Центральный арбитражный комитет.

В 2010 году в рамках политики Росатома по обеспечению безопасного использования атомной энергии и функционирования объектов атомной энергетики и промышленности было создано Управление защиты активов, основными задачами которого являются: реализация в Госкорпорации и её организациях государственной политики Российской Федерации в области обеспечения экономической безопасности и противодействия коррупции, разработка проектов нормативных документов корпорации по приоритетным направлениям предупреждения угроз экономической безопасности и активам Госкорпорации; подготовка и сопровождение мероприятий, направленных на предупреждение в корпорации и её организациях коррупции и коррупционных проявлений и мн. др.

С учетом специфики поставленных перед Управлением задач руководство им возложено на генерал-лейтенанта милиции в отставке, а с 2012 года в каталог программ повышения квалификации ЦИПК были включены такие программы как: «Обеспечение экономической безопасности, защиты активов и противодействие коррупции» (код ЗА01 и ЗА02).

В 2011 году Росатом приступил к созданию своих представительств при посольствах РФ в зарубежных странах, с которыми Россия развивает сотрудничество в атомной сфере.

Учитывая специфику работы всех вышеуказанных организаций, а также острую необходимость в безупречном знании содержания правовых норм, регулирующих различного рода правоотношения в сфере атомной энергетики ЦИПК по согласованию с Департаментами Госкорпорации «Росатом», ОАО «Концерн Росэнергоатом», Ростехнадзором и ОАО «ТВЭЛ» были разработаны программы повышения квалификации на 2012 год по направлениям: на кафедре «Ядерные технологии, безопасность и экология» – «Законодательная и нормативная база обеспечения радиационной безопасности (НРБ – 99/2009, ОСП ОРБ – 99/2010)» (код 0819); «Радиационная безопасность: концепции, нормы и правила, контроль» (код 0820); «Нормативно-правовое регулирование использования атомной энергии» (код 0823) и мн. др.

Осуществление конструктивного взаимодействия Госкорпорации с такими международными организациями как: МАГАТЭ, Всемирной ядерной ассоциацией, Всемирной ассоциацией операторов ядерных станций, выступление Росатома в качестве исполнительного органа РФ по вопросам сотрудничества в области мирного использования атомной энергии при реализации многих межгосударственных и

межправительственных соглашений, а также факт, в соответствии с которым 70% своей деятельности корпорация строит на международном сотрудничестве, также требует от её сотрудников специальных знаний в области юриспруденции. В связи с этим ЦИПК на кафедре «Корпоративное управление» разработаны новые программы повышения квалификации на 2012 год по направлениям: «Международные механизмы ядерной безопасности. Политика нераспространения, изложенная в требованиях и рекомендациях МАГАТЭ. Управление безопасностью на ядерных объектах» (код КУ091); «Обзор документов МАГАТЭ в области системы управления (managementsystem)» (код КУ092); «Интегрированный подход к управлению персоналом атомной отрасли за рубежом» (код КУ093).

Всё вышесказанное, а так же существующие сложности и потенциальная опасность объекта правового регулирования, специфика самих правовых отношений в сфере исследования, разработки, добычи радиоактивных материалов, получения и безопасного использования ядерной энергии данных элементов, утилизации результатов её использования, а также существующие пробелы законодательства в виде дублирования многих положений и разрозненных формулировок в нормативно-правовых актах позволяют говорить об острой необходимости формирования среди «Золотого кадрового резерва» высококвалифицированных юристов, специализирующихся именно на регулировании правоотношений в сфере получения и использования атомной энергии. Естественно, подобная специализация требует наличия должных знаний у работника не только в сфере юриспруденции, но и в сфере ядерной физики и ядерных технологий.

Такая необходимость вызвана, прежде всего, тем, что юристы, работающие в данной сфере должны безупречно разбираться не только в самом предмете правового регулирования, но и понимать специфику его объекта. Кроме того, предприятия корпорации Росатом – это объекты, заключающие в себе определенную потенциальную опасность. Учиться и вникать в специфику правового регулирования возникающих в данной сфере правоотношений на месте – просто недопустимо.

По нашему мнению должности юристов Росатома и входящих в неё предприятий должны занимать только полностью подготовленные сотрудники, знающие специфику деятельности данных хозяйствующих субъектов и владеющие знаниями норм *Lexspecialis*, составляющих отрасль ядерного права, под которой необходимо понимать определенную общность внутрисударственных норм российского права, регламентирующих специфические виды обособленных публичных общественно-правовых отношений, складывающихся между их участниками в процессе исследования, разработки, добычи радиоактивных материалов, получения и безопасного использования внутренней энергии атомных ядер данных элементов, а также утилизации результатов её использования.

Комплексный подход к регулированию возникающих правоотношений, входящих в предмет правового регулирования ядерного права, позволяет характеризовать её как одну из самых больших и сложных отраслей российского права. Вызвано это, прежде всего, тем, что нормы, формирующие источники ядерного права, тесно связаны не только с отраслями российского права (экологического, трудового, уголовного, гражданского, административного и т.д.), но и со многими отраслям международного права.

Так, например, такая подотрасль международного публичного права, как международное гуманитарное право или право вооруженных конфликтов, содержит ряд норм и принципов, уделяющих особое внимание защите установок и сооружений, содержащих опасные силы, к которым, прежде всего, отнесены АЭС.



Право международной безопасности регламентирует меры по предотвращению ядерной войны [2], вопросы обеспечения мира и сохранения безопасности путем сдерживания и сокращения ядерного вооружения [3], а также установления запрета на любое испытание ядерного оружия [4].

В рамках международного уголовного права устанавливается ответственность за транснациональные преступления, к числу которых относится захват и (или) использование ядерного материала в противозаконных целях. При этом ввиду столь высокой общественной опасности противоправного деяния, в отношении преступлений подобного рода устанавливается принцип универсальной юрисдикции.

Очевидно, что уровень и качество образования юристов подобного класса должен быть на порядок выше уровня рядового выпускника юридического факультета, в полученных знаниях которого акцент сделан только лишь на цивилистические или криминалистические науки. Следовательно, правомочия по выпуску юристов атомной отрасли будет нецелесообразно возлагать на обычные кафедры права гуманитарных высших учебных заведений, эти полномочия должны взять на себя специально созданные с этой целью кафедры – кафедры ядерного права, действующие на базе технических высших учебных заведений ядерной направленности.

Это вызвано, прежде всего, тем, что юристы данного уровня, в процессе своего обучения, должны освоить не только юридические, но и необходимые технические дисциплины, позволяющие должным образом ориентироваться в возникающих, изменяющихся и прекращающихся правоотношениях в сфере исследования, разработки, добычи радиоактивных материалов, получения и безопасного использования ядерной энергии данных элементов, а также утилизации результатов её использования.

Решать кадровые проблемы необходимо, хорошо понимая, сколько и каких специалистов не хватает в конкретных областях и регионах. Выпуск специалистов подобного уровня не должен быть бесконтрольным. В противном случае, такие юристы, переполнив со временем рынок труда с учётом особенностей своей специализации, останутся никем невостребованными и просто не нужными. Набор учащихся кафедрами ядерного права должен выполняться только в соответствии с государственным заказом на выпуск соответствующего числа высококвалифицированных специалистов в данной области.

Таким образом, кафедрой ядерного права профильного высшего учебного заведения будет выпускаться строго определенное число специалистов в данной области, не превышающее спрос и позволяющее удовлетворить потребность в них Госкорпорации «Росатом» и входящих в неё предприятий.

Понимая необходимость владения сотрудниками корпорации нормами ядерного права ЦИПК уже сейчас разработаны программы повышения квалификации на 2012 год по направлениям: на кафедре «Ядерные технологии, безопасность и экология» – «Радиационная экология» (код 0830); на кафедре «Менеджмент качества и оценка соответствия» в рамках Учебно-методического центра по охране труда и промышленной безопасности – «Нормы и правила работы в электроустановках» (код 2602); на кафедре «Безопасность в ядерном оружейном комплексе» – «Промышленная, пожарная безопасность, охрана труда и охрана окружающей среды на ядерно и радиационно опасных объектах Госкорпорации «Росатом». Основные требования и система внутреннего контроля» (код 2006) и др. Однако, данные курсы являются весьма «беглыми» и в среднем занимают от 4 до 16 дней, что явно недостаточно для должного восприятия предлагаемого материала.

Вышеизложенное позволяет говорить о том, что помимо академической нагрузки,

связанной с выпуском высококвалифицированных юристов-атомщиков, на кафедру ядерного права будет целесообразно возложить и обеспечивающие функции в виде преподавания ядерного права и правоведения на технических факультетах, а также проведения курсов повышения квалификации работников атомной отрасли, количество аудиторных часов которых будет значительно выше.

Таким образом, создать кафедру ядерного права и включить высококвалифицированных юристов-атомщиков в «Золотой резерв» Росатома можно и даже нужно. Это поможет сформировать единый отраслевой кадровый резерв корпорации и довести в ближайшем будущем процент заполнения вакансий из кадрового резерва до 50, а, следовательно, выполнить задачи, которые стали тезисами Меморандума, принятого по итогам проведения конференции «Люди Росатома 2011».

Литература

1. Приказ Минобрнауки РФ от 16.05.2011 N 1621 «Об утверждении Порядка реализации государственного плана подготовки научных работников и специалистов для организаций оборонно-промышленного комплекса на 2011 - 2015 годы» // Зарегистрировано в Минюсте РФ 28 июня 2011 г. N 21202.
2. См., например, Конвенцию о запрещении военного или любого иного враждебного использования средств воздействия на природную среду от 10.12.1976 г. // Сборник действующих договоров, соглашений и конвенций, заключенных СССР с иностранными государствами. Вып. XXXIV. – М., 1980. С. 437 – 440; Договор о запрещении размещения на дне морей и океанов и в его недрах ядерного оружия и других видов оружия массового уничтожения от 11.02.1971 г. // Сборник действующих договоров, соглашений и конвенций, заключенных СССР с иностранными государствами. Вып. XXVIII. – М., 1974. С. 43 - 46.
3. См., например, Договор о нераспространении ядерного оружия от 12.06.1968 г. // Конвенции и соглашения [Электронный ресурс] / официальный сайт ООН. – Режим доступа: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/npt.shtml; Договор между Российской Федерацией и Соединенными Штатами Америки о мерах по дальнейшему сокращению и ограничению стратегических наступательных вооружений от 08.04.2010 г. // СЗ РФ. – 2011. – N 9. – Ст. 1209.
4. См., например, Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой от 05.08.1963 г. // Сборник действующих договоров, соглашений и конвенций, заключенных СССР с иностранными государствами. Вып. XXIII. – М., 1970. – С. 44 – 46; Договор о всеобъемлющем запрещении испытаний ядерного оружия от 24.09.1996 г. // Дипломатический вестник. – 1996. – №11. – С. 46 - 62.

Корниенко Валерий Тарасович – кандидат юридических наук, доцент, заместитель руководителя Волгодонского инженерно-технического института – филиала Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ».
E-mail: kvv@bk.ru

Брагина Елена Александровна – соискатель ученой степени кандидата юридических наук Южного федерального университета (г. Ростов-на-Дону).
E-mail: bragina.elena.aleksandrovna@mail.ru



Kornienko Valerie T. – candidate of Sciences (Law), associate professor, deputy director of Volgodonsk Engineering Technical Institute - the branch of National Research Nuclear University «MEPhI». E-mail: kvt@bk.ru

Bragina Elena A. – graduate student (Law) of Southern Federal University (Rostov-on-Don), intern of Volgodonsk branch of Rostov regional Bar.
E-mail: bragina.elena.aleksadrovna@mail.ru

УДК 316.647.5:621.039

ТОЛЕРАНТНОСТЬ КАК ЗНАЧИМЫЙ ЭЛЕМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ БУДУЩЕГО СПЕЦИАЛИСТА АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

А.В. Железнякова

<i>Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»</i>	Volgodonsk Engineering and Technology Institute branch of National Research Nuclear University of «МЕРН»
---	--

В статье содержатся теоретические и методологические аспекты, материалы исследования, направленные на анализ проблемы толерантности и формирования социальной ответственности, как компетенции будущих специалистов атомной отрасли.

Ключевые слова: толерантность, социальная ответственность, компетенция.

The article says about the theoretical and methodological aspects and materials of researches aimed at the analyses of the problem of tolerance and social responsibility formation as the competences of future specialists in the nuclear sphere.

Keywords: tolerance; social responsibility; competence.

В условиях формирования общеевропейского рынка труда и создания единой классификации специальностей значительный интерес могут представлять проблемы формирования и воспитания толерантности, как значимого элемента социальной ответственности будущего специалиста атомной отрасли. Комплексное развитие любого общества с перспективой достижения экономического, политического, нравственного совершенства базируется на образовании, моделирующем и реализующем актуальные социальные потребности. Отсюда следует, что именно образование, как полифункциональный инструмент целенаправленного регулирования социальных процессов, становится в современных условиях – условиях значительных перемен, кризисов и неустойчивости общества – одним из наиболее эффективных средств формирования новых отношений и норм поведения. Поэтому, сегодня образование является действительным приоритетом жизнедеятельности каждого государства, любой страны.

Роль образования, как фактора социокультурного развития и прогресса, недооценивалась в последние десятилетия: оно не рассматривалось, как средство решения острых экономических, социально-политических, межэтнических, межкультурных проблем и задач современной России. А ведь именно образование всегда служило главным условием сохранения накопленного потенциала знаний, достижений, традиций и моделей поведения и было действенным средством развития человека, повышения его культурного уровня, сознания и самосознания. Именно благодаря образованию не только сохраняется устойчивость общества, но и модифицируются формы и типы взаимоотношений людей, взаимодействия культур.

Решение новых задач, возникших в современной экономике, в частности, в

атомной отрасли, требует новых подходов к организации образовательного процесса, его направленности на решение проблем воспитания и развития человека, не только обладающего комплексом знаний, навыков, умений, но способного широко общению, в том числе в многонациональной среде, в духе гуманистических традиций и идей. Такие подходы предполагают формирование понимания значения и смысла уникального сочетания единства и многообразия культур и их ценности, несхожести людей и значения, общих для всех, достоинств и добродетелей. Это особенно важно для воспитания личности, способной проявить готовность к пониманию и сотрудничеству, терпимость к инакомыслию, критическому осмыслению суждения, основанному на моральных ценностях, что повышает антропологическую и этическую составляющие в решении проблем образования в целом. А этическая составляющая становится необходимым условием стабилизации состояния социокультурной системы и, одновременно, средством активизации развития современного общества.

В этом плане поиск конкретных приемов, принципов, методов и подходов к целенаправленной организации воспитания толерантности и социальной ответственности, прежде всего, подрастающего поколения, становится одной из важнейших задач.

Естественно, обсуждение тем толерантности и социальной ответственности требует их определения.

Толерантность определяется нами как терпимость и уважительное отношение к чужому образу мысли, поведению, обычаям, чувствам, идеям, мнениям, верованиям, лояльность в оценке поступков других людей, готовность к пониманию и сотрудничеству в решении вопросов межличностного, группового и межнационального взаимодействия.

На наш взгляд, востребованность обществом такой категории, как социальная ответственность и поиск или создание вокруг себя толерантных отношений, является характеристикой зрелой социальной личности. Она формируется в процессе адекватной социализации и характеризуется отсутствием этнических предрассудков, широтой мышления, толерантностью, признанием равенства людей, открытостью, низким уровнем тревожности, приоритетом рационального начала, активной жизненной позицией и чувством ответственности за других. Исходя из этого, толерантность, как норма социального поведения для человека, на первое место выдвигает такие характеристики как: мировоззренческая и психологическая открытость; эмоциональная устойчивость при определенном выборе или принятии какого-либо решения; дисциплинированность и ответственность. На этом уровне толерантность отражает позицию личности в данной ситуации, ориентированную на конкретные образцы поведения, обобщенные принципы деятельности.

Сегодня уверенно можно утверждать об упрочнении российской экономики в целом, атомной отрасли в частности и становлении цивилизованных отношений между обществом, государством и бизнесом. В экономической сфере России постепенно меняются приоритеты. Для того чтобы быть по-настоящему современной промышленной отраслью атомной отрасли уже недостаточно постоянно наращивать прибыль, честно оплачивать налоги, выплачивать заработную плату. Компании и предприятия атомной отрасли, стремящиеся занять твердое положение в российском обществе, постепенно приходят к пониманию того, что декларируемые ранее намерения о социальной ответственности, действительно становятся важной управленческой категорией, обеспечивающей высокую деловую репутацию, рыночную привлекательность, а также расширенные возможности доступа к капиталу. Вместе с тем, социальная ответственность – это ещё и ответственность за формирующуюся

социальную среду, моральный климат, нравственность общества.

Обобщая рассмотрение проблемы формирования толерантности и социальной ответственности у студентов вуза можно сформулировать основные принципы формирования толерантности, как значимого элемента социальной ответственности будущего специалиста атомной отрасли:

- Принцип субъектности: опора на активность студента, инициативность, стимулирование его самовоспитания, сознательного поведения и самокоррекции в отношениях с другими людьми.
- Принцип адекватности: соответствие содержания и средств воспитания социальной ситуации, в которой организуется воспитательный процесс; учет разнообразных факторов окружающей социальной среды (национальных, религиозных, семейных, региональных и др.).
- Принцип индивидуализации: учет индивидуальных особенностей и уровня сформированности толерантности у обучающегося; раскрытие потенциала отдельной личности, как в учебной, так и во внеучебной деятельности; предоставление возможности каждому студенту для самореализации и самораскрытия.
- Принцип рефлексивной позиции: ориентация на формирование у студентов осознанной устойчивой системы отношений к какой-либо значимой для них проблеме, проявляющейся в соответствующем поведении и поступках.
- Принцип создания толерантной среды: формирование в институте гуманистических отношений; воспитание у студентов и преподавателей чувства взаимной ответственности; доминирование творческого начала при организации учебной и внеучебной деятельности.

Проведенный автором анализ проблемы позволил сделать вывод о том, что толерантность и социальная ответственность – это достаточно сложноформирующиеся компетенции, и организация работы с целью развития социальной ответственности личности требует специальной подготовки, массива стимульного материала, создания соответствующей атмосферы поиска личностных смыслов на положительном эмоциональном фоне образования в вузе.

Толерантность и социальная ответственность, как компетенции у студентов, должны проявляться в постоянной нацеленности на качественное решение учебных задач и задач по самовоспитанию; в активности, во всемерном проявлении инициативы и творческого подхода к делу, настойчивости, проявлении старания в ходе образовательного процесса; знании и исполнении законов (законопослушное поведение), самообладании, способности осуществлять саморегуляцию поведения; участии в общественной жизни института, города; в высокой работоспособности.

Среди педагогических технологий, наиболее точно ориентированных на развитие толерантности и социальной ответственности, выделяются такие, которые, во-первых, являются лично-ориентированными, во-вторых, имеющими диалогическое основание и, в-третьих, рефлексивными [1].

Педагогическая технология формирования толерантности и социальной ответственности предполагает:

- 1) создание соответствующей модели толерантного сознания в образовательном пространстве института (система работы, программы, планы, формы взаимодействия, состояние нормативно-правового, методического, информационного обеспечения; периодичность анализа);
- 2) переориентацию содержания всей воспитательной работы (акцент должен быть сделан на формирование современного научного мировоззрения и

- системы базовых ценностей; духовно-нравственное, правовое, экономическое, патриотическое воспитание личности);
- 3) более активное использование преподавателями возможностей учебных дисциплин;
 - 4) расширение самоуправления студентов в институте и в процессе взаимодействия с общественностью города;
 - 5) повышение педагогической культуры преподавателей (кроме курсов повышения квалификации организацию семинаров по обмену опытом, разработку и открытие сайтов преподавателей, размещение на сайтах публикаций и организацию дискуссий и др.).

Толерантность, как элемент социальной ответственности, является смыслообразующим компонентом таких общекультурных компетенций, формируемых в процессе обучения в институте, как способность находить организационно-управленческие решения в нестандартных условиях и в условиях различных мнений и готовность нести за них ответственность, способность в условиях развития науки и изменяющейся социальной практики к переоценке накопленного опыта, анализу своих возможностей, готовности приобретать новые знания, использовать различные средства и технологии обучения.

Литература

1. Бондырева С.К. Толерантное сознание и формирование толерантных отношений (теория и практика) / С.К. Бондырева. – М., 2003.

Железнякова Анжелика Викторовна - кандидат социологических наук, доцент кафедры экономики и социально-гуманитарных дисциплин ВИТИ НИЯУ МИФИ.
E-mail: lika69@yandex.ru

Zheleznyakova Anzhelika V. - candidate of Sociology, associate professor, the Economics and social-humanities department. E-mail: lika69@yandex.ru

УДК378

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД В ВОСПИТАНИИ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ В ВУЗЕ

В.А. Руденко, Н.П. Василенко

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

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

В статье представлены материалы теоретического исследования, направленного на определение ориентиров вуза по определению основных направлений деятельности по формированию компетенций культуры безопасности будущих специалистов атомной отрасли.

Ключевые слова: Культура безопасности, культура труда, компетенции, аттитюды, коучинг.

This article presents a theoretical materials research aimed at defining the orientation of the University on promoting a culture of safety competencies for the future experts of Atomic industry.

Keywords: Safety culture, culture of labour, competence, attitudes, coaching.

В настоящее время в атомной энергетике невозможно представить обеспечение безопасности без «сильной культуры безопасности», которая в документе МАГАТЭ INSAG-131 определена в качестве цели, для которой создается вся система управления обеспечением безопасности.[5]

Основные подходы к определению направлений развития культуры безопасности в вузе, ориентированном на подготовку кадров в атомной отрасли, следует определять в соответствии с общими подходами к определению культуры безопасности при эксплуатации АЭС, с теми компетенциями по культуре безопасности, которые должны быть сформированы у персонала, с Концепцией образовательной политики в области безопасности и с теми особенностями, в которых развивается процесс обучения в вузе в настоящее время.

Учитывая, что «формирование культуры безопасности, риск-ориентированного мировоззрения и приобретение человеком соответствующих компетенций может являться кардинальным способом повышения безопасности»[2], роль вуза в этом процессе нельзя недооценивать.

Цель образования в области безопасности, по определению автора Концепции образовательной политики в области безопасности – это «формирование мировоззрения, воспитание культуры безопасности и приобретение человеком знаний, умений, навыков, компетенций, необходимых для безопасной жизни и деятельности в окружающей человека среде и для создания безопасной и комфортной для человека техносферы. [2]

Но, как отмечает Машин В.А., на сегодняшний день отсутствует универсальное

общепринятое определение культуры безопасности. При этом в некоторых определениях акцент ставится на аттитюдах (групповых нормах, стандартах и ценностях), тогда как в других – подчеркивается поведение как ключевой элемент культуры [2].

Поэтому и формирование культуры безопасности должно определяться по двум направлениям: изменение аттитюдов, мнений и ценностей студентов и изменение организационной структуры и баланса целей, методов организации образовательного процесса в вузе.

Если аттитюды (attitudes) рассматривать как социальные установки, отношения, позиции, ценности студентов, которые определяют его поведение, формы взаимодействия со студентами, преподавателями и другими людьми, способы выполнения своей работы-обучения, межличностные отношения и отношения к обучению и вопросам безопасности, то и формирование культуры безопасности должно быть направлено на формирование аттитюда.

В современных психологических теориях особо выделяется роль информации и информированности как основы для формирования аттитюдов, так как «основными детерминантами аттитюда являются убеждения, репрезентирующие субъективное знание людей о самих себе и об окружающем мире. Каждое убеждение связывает объект аттитюда с позитивно или негативно оцениваемым атрибутом: например курение (объект) вызывает рак легких (атрибут). В широком смысле, чем большее число убеждений ассоциируется с позитивными атрибутами объекта, и чем меньшее их число ассоциируется с его негативными атрибутами, тем более благоприятным к этому объекту будет получившийся в результате аттитюд. Согласно этим моделям, ценность или полезность каждого атрибута вносит свой вклад в аттитюд прямо пропорционально величине субъективной вероятности (или силе убеждения) того, что данный объект обладает рассматриваемым атрибутом». [6]

Поэтому для формирования эффективной культуры безопасности, необходимо формировать культуру информированности, которую описал в 1997 году Дж. Ризон, выделив такие ее отличительные черты: приверженность руководства (лидеров) вопросам культуры безопасности, открытая коммуникация, среда справедливых отношений, вовлечение каждого на всех уровнях организации, обучение в рамках всей организации, эффективный процесс принятия решения, контроль сроков исполнения, обратная связь и отчетность. Для обеспечения этих свойств культура информированности должна включать в себя следующие важнейшие компоненты: культуру предоставления сообщений, культуру справедливых отношений, культуру обучения и культуру гибкого подхода. [8]

Именно воздействуя в этих направлениях, по мнению Машина В.А., согласно современным представлениям в области человеческого фактора, мы получаем возможность реально влиять на культуру безопасности организации, так как они отражают различные стороны практической деятельности персонала и методы его работы. В этом, по мнению автора, главное отличие представленного подхода от концепций культуры безопасности, где главный акцент делается на аттитюдах, ценностях, мнениях и убеждениях. [2]

Но если в условиях эксплуатации АЭС для персонала данные понятия определены относительно точно, то какими они должны быть в вузе, необходимо определить самим, и именно в вузе при формировании культуры безопасности эти две концепции сливаются воедино.

Особое место в формировании поведенческих реакций студентов, адекватных требованиям культуры безопасности занимает коучинг как средство содействия,

помощи другому человеку в поиске его собственных решений, реализации потенциала самого человека, создания условий, чтобы он понял, что ему надо делать, сам определил цели и способы для их достижения.

Это направление в образовании в настоящее время бурно развивается так как «коучинг» выступает как процесс, создающий условия для формирования субъекта деятельности, способного к реализации своих потенциальных возможностей.

Одно из направлений – это «Коучинг в ВУЗах». Его миссия, по мнению авторов, заключается в следующем: «Слышу себя, чувствую себя, развиваю себя и иду вперед!». Реализуется это направление через введение дисциплины «Коучинг» на старших курсах в период подготовки диплома. Это даст возможность студентам более осознанно и ответственно подходить к дипломной защите, а так же коучинг позволит определить направление в будущей работе и простроить эффективные шаги в реализации поставленных целей, и самое главное, успешно трудоустроиться.[4]

Другое направление – это тренинги, где студенты ищут лучшие для себя и оптимальные для конкретной ситуации решения. В процессе сессий коучинга, по мнению авторов, «отслеживается самоидентификация студента в проблеме, преодоление узких рамок проблемы, вход в различные перспективы, фасилитация выбора, ответственное восприятие плана, действия по воплощению плана» [6].

Третье направление – это обучение преподавателей, кураторов групп, так как центральным аспектом коучинга в контексте данного исследования являются взаимоотношения между преподавателем и студентами, где первый эффективно организует процесс поиска последними лучших решений своих задач и воплощения их в жизнь, стимулирует и побуждает к повышению уровня коммуникативного развития. Педагог помогает студентам развиваться, осваивать новые навыки и достигать высоких результатов не только в коммуникативной деятельности, а также в своей будущей профессии. [7]

Культура безопасности определенным образом соотносится с культурой труда, поэтому одним из направлений формирования культуры безопасности является формирование культуры обучения студентов в вузе. Формирование культуры труда(обучения) в вузе должно проходить по следующим направлениям:

- совершенствование трудовой среды, т.е. условий, в которых протекает процесс обучения;
- создание благоприятного нравственно-психологического климата в коллективе, на формирование которого большое влияние оказывают отношения между конкретными участниками процесса обучения (формальная и неформальная структура коллектива, наличие в нем различных групп и лидеров);
- формирование культуры труда личности студента как системы ценностей и мотивов обучения, уровня и качества знаний, оценок и действий человека, а также содержание традиций и норм, регулирующих процесс обучения и поведение.

Учитывая, что культура труда включает в себя: рабочее место и дизайн помещения; соблюдение правил техники безопасности; внешний вид; наличие соответствующих умений учиться; умение определять эффективность своей деятельности; умение работать с электронными базами данных; креативные умения; коммуникационные умения; проективные умения(умения планировать свою деятельность) благоприятный социально-психологический климат, то в вузе должны быть определены соответствующие формы работы, направленные на их формирование и развитие.

Основным итогом работы вуза по формированию культуры безопасности студентов должно быть формирование конкретных компетенций, которые

были составлены для персонала Концерна «Росэнергоатом» в сфере культуры безопасности. В перечень вошли 19 объединенных в группы (кластеры) наиболее распространенных компетенций, которые описывают деятельность руководителей и технических специалистов, демонстрирующую уровень их приверженности культуре безопасности:

- Достижение и действие в области безопасности (КДДБ):
 - 1) ориентация на достижения в сфере безопасности (ОДБ);
 - 2) стремление к определенности в вопросах КБ (СО);
 - 3) инициативные действия в области КБ (ИД);
 - 4) поиск информации, способствующей повышению КБ (ПИБ);
 - 5) воздействие на окружающих с целью развития КБ (ВОЗД).
- Влияние в сфере культуры безопасности (КВСБ):
 - 6) организационное знание (ОЗН);
 - 7) построение отношений (ПО);
 - 8) понимание окружающих (ПОНИМ);
 - 9) стремление к развитию других (СРД).
- Управленческие компетенции по развитию КБ персонала (КУКР):
 - 10) директивность в области развития КБ (ДИР);
 - 11) работа в команде (РК);
 - 12) лидерство в команде (ЛК);
 - 13) аналитическое мышление (АМ).
- Когнитивные компетенции (ККК):
 - 14) системное мышление (СМ);
 - 15) экспертные знания в области КБ (ЭКСП);
 - 16) самоконтроль и саморегуляция (СКС).
- Личная эффективность (КЛЭФ):
 - 17) уверенность в себе в области безопасности (УВС);
 - 18) гибкость (ГИБК);
 - 19) преданность КБ (ПКБ). [9]

Многие из данных компетенций входят в перечень общекультурных и профессиональных компетенций ФГОС, реализуемых в вузе, поэтому необходимо провести их соотнесение с дисциплинами, на которых они должны формироваться, содержанием обучения и формами формирования данных компетенций. Все это требует «серьезной коррекции целей и задач образования, средств, содержания учебного процесса, уровня компетентности профессорско-преподавательского состава, внедрения компетентностных технологий, формирующих более глубокие и разносторонние компетенции будущих специалистов. [10]

Литература

1. Девисилов В.А. Культура безопасности – важнейший фактор устойчивого развития России (проект концепции национальной образовательной политики в области безопасности). URL:<http://www.mhts.ru>
2. Машин В.А. Культура безопасности и система сбора, учета, классификации и анализа событий низкого уровня // Электрические станции. 2012. № 8. С. 20-28.
3. Ненашев Д.В. Коучинг как эффективная технология формирования эмоциональной компетентности будущих менеджеров. Автореф. – М.: 2009.
4. Коучинг в образовании. URL:<http://www.piskunovskaya.ru>
5. Культура безопасности как приоритетное направление деятельности.

URL: <http://vosafety.ru/publications/safety/>

6. Психологос/Энциклопедия практической психологии.

URL: <http://www.psychologos.ru/articles/view/attityud>

7. Рыбина О. С. Образовательный коучинг для личной эффективности и профессиональной компетентности студентов// Актуальные вопросы современной педагогики: материалы междунар. заоч. науч. конф. (г. Уфа, июнь 2011 г.). – Уфа: Лето, 2011. – С. 112-114.

8. Стаурсет Б. Политика ФАУ США в области культуры безопасности полетов. 4-й Международный семинар "Культура безопасности полетов и система предоставления сообщений". – Москва: 2010.

9. Человеческий фактор: критерии оценки профдеятельности в культуре безопасности/И.В.Волкова, Е.В.Калинина, О.Н.Осадчая, Е.Ю.Витвинская.URL:<http://www.proatom.ru/modules.php?name>

10. Шереги Ф.Э., Стриханов М.Н., Арефьев А.Л. Спрос на компетенции и квалификации в условиях кооперации производственных компаний, вузов и НИИ//Перспективы взаимодействия производства и науки. Выпуск третий. – М.: 2012. С.14-15.

Руденко Валентина Анатольевна – доктор социологических наук, профессор, руководитель, Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ».

Василенко Надежда Петровна – кандидат педагогических наук, начальник учебно-методического управления, Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

Roudenko Valentina A. – Doctor of Sociology, full professor, the head of Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI».

Vasilenko Nadezhda P. – candidate of Pedagogy, the head of *academic* board, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»

Правила для авторов

1) Полный текст статьи, предназначенной для опубликования, должен сопровождаться представлением от учреждения, в котором выполнена работа, и подписан авторами.

2) Комплект должен содержать экспертное заключение о возможности опубликования.

3) К статье прилагаются:

- сведения об авторах на русском и английском языках (фамилия, имя, отчество, место работы, должность, ученая степень, звание, домашний, служебный и электронный адреса, телефоны. Если авторов несколько, указать, с кем вести переписку);
- аннотация на русском и английском языках;
- название статьи и фамилии авторов на английском языке;
- индекс УДК;
- ключевые слова на русском и английском языках.

4) Объем статьи должен быть не более 8 страниц машинописного текста, включая таблицы, список литературы (не больше 15 источников) и рисунки (не более 5).

5) Статья должна быть набрана в соответствии с правилами компьютерного набора. В одном файле помещается только одна статья (в случае подачи двух статей и более). Сведения из пункта 3 являются частью статьи и должны быть также представлены в электронном виде.

Статья должна быть оформлена в формате Microsoft Office 97-2003 Word 7.0, через 1,5 интервала, шрифтом Times New Roman размером 14 пт. Поля со всех сторон - 2,5 см. Использование любых других шрифтов возможно только в виде исключения, если они внесены в код файла. Не следует использовать знаки принудительного переноса и дополнительных пробелов. Векторные величины выделяются полужирным шрифтом.

Для записи формул применять только редактор формул Equation 3.0. Большие формулы необходимо разбить на несколько строк, причем каждая новая строка – новый объект. Запрещается масштабировать формулы. При наборе формул необходимо придерживаться следующих размеров: текст – 11 пт, крупный индекс – 8 пт, мелкий индекс – 6 пт, крупный символ – 12 пт, мелкий символ – 10 пт. Формулы не должны включать в состав знаки пунктуации и нумерацию.

Статья должна содержать лишь самые необходимые формулы, от промежуточных выкладок желательно отказаться. Нумеруются только те формулы, на которые имеются ссылки. Нумерация формул должна быть сквозная по всей статье. Таблицы должны иметь заголовки и нумерацию, в них допускаются только общепринятые сокращения.

Желательно, чтобы таблицы не превышали одной страницы текста. Количество таблиц не должно превышать количество страниц.

Рисунки и схемы должны быть черно-белыми и представлены в формате *.psx, размером 800x600, с подписями. Графики должны быть оформлены в формате Microsoft Office 97-2003 Word 7.0 и только отдельным файлом (каждый график на новом листе, либо в новом файле).

Единицы измерения следует давать в соответствии с Международной системой (СИ).

6) Литература приводится в порядке упоминания в конце статьи. В тексте должны быть ссылки в квадратных скобках только на опубликованные материалы.

Ссылки на иностранные источники даются на языке оригинала и сопровождаются, в случае перевода на русский язык, с указанием на перевод.

Рекомендуется проверка статей через программу Антиплагиат на сайте <http://www.antiplagiat.ru>

Библиография должна быть оформлена согласно ГОСТу 7.1-2003 «Библиографическая запись и библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

ВНИМАНИЕ! В случае расхождения бумажной и электронной версий Издательство руководствуется бумажной версией.

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ ЛИТЕРАТУРЫ:

Для книг: Энджел, Д. Поведение потребителей [Текст] / Д. Энджел. – М.: Физматлит, 1972. – 272 с.

Для журналов: Петров, Н.Н. Принципы построения образовательных программ и личностное развитие учащихся [Текст]/ Н.Н. Петров // Вопросы психологии. – 1999. – №3. – С. 39.

Для диссертаций: Дзякович, Е.В. Стилистический аспект современной пунктуации: автореф. дис. канд. филол. наук[Текст]/ Е.В. Дзякович – М., 1984. – 30 с.

Для депонированных работ: Кондраш, А.Н. Пропаганда книг[Текст]/ А. Н. Кондраш. – М., 1984. – 21 с. – Деп. в НИЦ «Информпечать» 25.07.84. ФН 176.

Описание архивных материалов: Гущин, Б.П. Журнальный ключ [Текст]// НРЛИ. Ф. 209. Оп. 1. Д. 460. Л. 9.

Материалы конференций: Шишков, Ю. Россия и мировой рынок: структурный аспект [Текст]/ Ю. Шишков // Социальные приоритеты и механизмы преобразований в России: материалы междунар. конф. Москва, 12-13 мая 1998 г. – М. : Магма, 1993. – С. 19-25.

Для патентов: Пат. 2187888 Российская Федерация, МПК⁷ Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Приемопередающее устройство [Текст] / Чугаева В. И. ; заявитель и патентообладатель Воронеж. науч.-ислед. ин-т связи. – № 2000131736/09 ; заявл. 18.12.00 ; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с. : ил.

Для авторских свидетельств: А. с. 1007970 СССР, МКИ³ В 25 J 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / В. С. Ваулин, В. Г. Кемайкин (СССР). – № 3360585/25–08; заявл. 23.11.81; опубл. 30.03.83, Бюл. № 12. – 2 с.

Для электронных ресурсов: Дирина, А.И. Право военнослужащих РФ на свободу ассоциаций [Электронный ресурс]/ А.И. Дирина // Военное право: сетевой журн. – 2010. – Режим доступа: URL: <http://военноеправо.ru/node/2149> – 19.02.2011.

Комплект документов отправляется в редакцию журнала по адресу:
347360, Россия, Ростовская область, г. Волгодонск, ул. Ленина, 73/94. Редакция журнала «Глобальная ядерная безопасность».

E-mail: oni-viti@mephi.ru

Тел.: 8(8639)222717.

ГЛОБАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

№ 2-3 (4) 2012 СЕНТЯБРЬ

Главный редактор – **М.Н. Стриханов**, доктор физико-математических наук, профессор

Сдано в набор 25.10.2012 г.

Компьютерная вёрстка Вишнёва М.М.

Корректор Вишнёва М.М. ИПО ВИТИ НИЯУ МИФИ

Подписано к печати 25.10.2012 г.

Бумага «SvetoCору» 80 г/м². Объем 17.28 усл.печ.л.

Гарнитура «TimesNewRoman»,

Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии ИПО ВИТИ НИЯУ МИФИ

г. Волгодонск, ул. Ленина, 73/94