

ISSN 2305-414X

ГЛОБАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ



Научно-практический журнал
№ 4(13) 2014

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

ГЛОБАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

№ 4(13) 2014

Основан в ноябре 2011 г.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – 10647

Выходит 4 раза в год

ISSN2305-414X

Главный редактор:

М.Н. Стриханов, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Редакционный совет:

М.Н. Стриханов (главный редактор, д-р физ.-мат. наук, проф. (Россия)),
В.А. Руденко (заместитель главного редактора, д-р соц. наук, проф. (Россия)),
М.К. Скаков (д.ф.-м.н., проф. (Казахстан)), В.В. Кривин (д-р техн. наук, проф. (Россия)),
А.В. Паламарчук (к-т техн. наук (Россия)), И.А. Бубликова (к-т техн. наук, доц. (Россия))
А.М. Агапов (д-р техн. наук, проф. (Россия)), П.Д. Кравченко (д-р техн. наук, проф. (Россия))

Редакционная коллегия:

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

Учредитель:

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

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.

Москва
ВИТИ(ф) НИЯУ МИФИ

СОДЕРЖАНИЕ

Номер 4, 2014

ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
О влиянии загрязнения малых рек Ростовской области на показатели активности щелочной фосфатазы и эстераз сестона <i>О.И. Бейсуг</i>	5
Качество воды в водоемах 30-километровой зоны Ростовской АЭС <i>В.В. Сахаров, Ю.Н. Фоменко, М.С. Говорина, Н.В. Осканян</i>	10
ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС	
Научно-исследовательский центр по определению физико-механических свойств конструкционных материалов <i>В.А. Борисёнок, Е.Е. Ломтева, А.Л. Михайлов, М.А. Пухов, А.Г. Сироткина, В.В. Алексеев, Ю.В. Батсков, Е.Н. Богданов, В.А. Волгин, К.И. Евланов, А.М. Подурец, В.Г. Симаков</i>	15
Расчет крутящего момента электроприводной арматуры по сигналам тока и напряжения <i>П.В. Синельщиков, Р.Г. Бабенко</i>	28
Анализ причин заклинивания и обрывов штоков трубопроводной электроприводной арматуры <i>И.С. Подрезова, Л.В. Шутова, Ю.Е. Ульянова, О.Ю. Пугачева, Ю.Н. Елжов</i>	32
Оценка скольжения ходовой части мостовых кранов кругового действия <i>Ю.И. Пимшин, В.А. Наугольников</i>	38
Расширение программного обеспечения станков с ЧПУ на операциях фрезерования при изготовлении изделий атомного машиностроения <i>Ю.Н. Кудриков, Ю.Н. Казеннов, С.А. Томлин, Р.А. Ольховская</i>	45
Диагностический паспорт как инструмент управления жизненным циклом оборудования <i>И.Н. Веселова, В.Г. Бекетов</i>	53
ЭКСПЛУАТАЦИЯ АЭС	
Алгоритм поиска течи теплоносителя первого контура ВВЭР-1000 <i>Е.А. Абидова, О.Ю. Пугачёва, А.К. Пугачёв</i>	62
Пассивная беспроводная метка-датчик для измерения температуры при контроле технических параметров физической защиты АЭС <i>В.Ф. Катаев, В.И. Ратушный, А.Ф. Черножукова, Ж.А. Хван</i>	68
Оценка вероятности обнаружения дефектов при диагностике оборудования виброакустическим методом <i>Р.Г. Бабенко, В.Н. Никифоров, О.Ю. Пугачева, В.И. Сиротина, А.В. Чернов</i>	74
Анализ выполнения персоналом действующих АЭС РФ технических и организационных мероприятий, направленных на обеспечение работоспособного состояния электроприводной арматуры производства ЗАО «Энергомаш (Чехов) – ЧЗЭМ» <i>Ю.Е. Ульянова, О.Ю. Пугачева, Ю.Н. Елжов, Р.Г. Бабенко, Д.В. Сиротин, С.В. Василенко</i>	79
Методика приёмочного контроля секций подкранового пути крана кругового действия <i>В.А. Наугольников, И.Ю. Пимшин</i>	86
Анализ влияния переходного процесса двигательной нагрузки с целью повышения надежности и экономичности электродвигателей собственных нужд ЭС с использованием учебно-лабораторного оборудования <i>О.В. Фоменко</i>	90
СОЦИАЛЬНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ АЭС	
Конкурентные преимущества России на мировом рынке отработанного ядерного топлива <i>Н.А. Ефименко, И.А. Ухалина</i>	96
Анализ системы управления качеством на Ростовской АЭС <i>В.Е. Довбыш</i>	99
Роль самостоятельной работы студентов в воспитании культуры ядерной безопасности в процессе обучения иностранному языку <i>Л.А. Гунина, Л.В. Захарова</i>	106
Применение презентаций в процессе чтения лекций по математическим дисциплинам в профильных вузах ядерной отрасли <i>М.А. Алексеева</i>	113
Самостоятельная работа как средство реализации компетентного подхода при обучении студентов в профильных вузах атомной отрасли <i>А.И. Замыслова</i>	117
Авторский указатель номера 4, 2014.....	128

Сдано в набор 19.12.2014 г.
Усл. печ. л. 14,52
Тираж 300 экз.

Подписано к печати 22.12.2014 г.
Уч.-изд. л. 10,03

Формат 84 x 108/16
Печ. л. 9,39

CONTENTS

Number 4, 2014

THE PROBLEMS OF NUCLEAR, RADIATION AND ECOLOGICAL SAFETY

About Pollution Influence of the Rostov region Small Rivers on Indicators of Alkaline Phosphatase and Esterases of Sestons Activity <i>O.I. Beisug</i>	5
Quality of Water in Reservoirs of a 30-Kilometer Zone of the Rostov NPP <i>V.V. Sakharov, Y.N. Fomenko, M.S. Govorina, N.V. Oskanian</i>	10

SEARCH, PROJECTING, CONSTRUCTION AND ASSEMBLY OF NPP MANUFACTURING EQUIPMENT

Scientific – Research Center for Determination of the Physical and Mechanical Characteristics of Constructional Materials <i>V.A. Borisenok, E.E. Lomteva, A.L. Mikhailov, M.A. Pukhov, A.G. Sirotkina, V.V. Alexeev, Y.V. Butkov, E.N. Bogdanov, V.A. Volgin, K.I. Evlanov, A.M. Podurets, V.G. Simakov</i>	15
The Calculation of the Motorized Fittings Torque by Current and Voltage Signals <i>P.V. Sinelshchikov, R.G. Babenko</i>	28
Analysis of the Reasons of Jamming and Rods Breaking of Pipeline Motorized Fittings <i>I.S. Podrezova, L.V. Shutova, Yu.E. Ulyanova, O.Yu. Pugacheva, Yu.N. Elzhov</i>	32
Assessment of the Running Gear Slippage of Bridge Cranes Circular Action <i>Y.I. Pimshin, V.A. Naugolnov</i>	38
Extension of the CNC Machines Software During Milling Operations When Producing Power Machine Building Goods <i>Yu.N. Kudrikov, Yu.N. Kazennov, S.A. Tomilin, R.A. Olkhovskaya</i>	45
Diagnostic Certificate as a Controlling Instrument of Equipment Life Cycle <i>I.N. Veselova, V.G. Beketov</i>	53

NPP EXPLOITATION

Search Algorithm of the Heat Carrier Leak of PWR First Contour <i>O.J. Pugachyova, A.K. Pugachyov, E.A. Abidova</i>	62
Passive Wireless Tag-Sensor for Temperature Measurement at Technical Parameters Control of the NPP Physical Protection <i>V.F. Kataev, V.I. Ratushnyj, A.F. Chernozhukova, Zh.A. Khvan</i>	68
Estimating the Probability of Defect Detection In the Equipment Diagnosis by Vibroacoustic Method <i>R.G. Babenko, V.N. Nikiforov, O.Yu. Pugacheva, V.I. Sirotkina, D.V. Sirotin, J.E. Ulyanova</i>	74
The Analysis of Technical and Organizational Actions Made by the Staff of the Operating Russian NPPs to Provide Operating State of Motorized Fittings Produced by JSC «Energomach (Chekhov)» <i>Yu.E. Ulyanova, O.Yu. Pugacheva, Yu.N. Elzhov, R.G. Babenko, D.V. Sirotin, S.V. Vasilenko</i>	79
Technique of Subcrane Way Sections Acceptance Control of Circular Action Crane <i>V.A. Naugolnov, I.Y. Pimshin</i>	86
The Analysis of Motor Loading Transition Process Influence to Increase the Reliability and Profitability of Electric Motors of Own Needs at the Electric Station using Laboratory Equipment <i>O.V. Fomenko</i>	90

SOCIO-LEGAL ASPECTS OF DEVELOPMENT OF NPP TERRITORIES

Competitive Advantages of Russia in the Nuclear Fuel Waste World Market <i>N.A. Efimenko, I.A. Uhalina</i>	96
Control System Analysis of the Quality at the Rostov NPP <i>V.E. Dovbysh</i>	99
Technical University Students' Independent Work in the Process of Training a Foreign Language <i>L.A. Gumina, L.V. Zakharova</i>	106
Usage of Presentations in the Mathematical Lecturing Course in Cross-Sectional Higher Education Institutions of Nuclear Industry <i>M.A. Alekseeva</i>	113
Independent Work as Means of Competence-Based Approach When Training Students in Cross-Sectional Higher Education Institutions of Nuclear Branch <i>A.I. Zamyslova</i>	117

Author Index of vol. 4, 2014.....	128
-----------------------------------	-----

**О ВЛИЯНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МАЛЫХ РЕК РОСТОВСКОЙ
ОБЛАСТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ АКТИВНОСТИ ЩЕЛОЧНОЙ
ФОСФАТАЗЫ И ЭСТЕРАЗ СЕСТОНА**

© 2014 г. О.И. Бейсуг

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

В данной работе рассмотрены взаимосвязи между уровнем загрязнения и показателями активности щелочной фосфатазы в малых реках Ростовской области. Сделаны выводы о том, что показатели активности щелочной фосфатазы и внеклеточных эстераз являются информативными показателями, в особенности СФА для оценки загрязненности речных вод в первую очередь органическими и биогенными веществами, а также некоторыми тяжелыми металлами; повышенный уровень активности ферментов отражает не только загрязненность воды на момент отбора пробы, но и отдаленные эффекты загрязняющих веществ, что имеет чрезвычайно важное значение в условиях дискретного отбора проб, который осуществляется в мониторинге поверхностных вод суши.

Ключевые слова: активность щелочной фосфатазы, активность внеклеточных эстераз, метаболизм, гидробиоценозы, интенсивность метаболизма биоценозов, экологический мониторинг, загрязняющие вещества, водные экосистемы, гидробиологический контроль, ПДК (предельно допустимая концентрация).

Поступила в редакцию 01.12.2014 г.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных механизмов, поддерживающих сбалансированность биогеохимического круговорота веществ в водных экосистемах при антропогенном загрязнении, является изменение скорости процессов образования и деструкции веществ или, иначе, интенсивности метаболизма гидробиоценозов [1]. В случае загрязнения биогенными и органическими веществами интенсивность метаболизма гидробиоценозов, как правило, возрастает, способствуя увеличению самоочищающей способности воды. Иными словами, существует определенное соотношение между уровнем загрязненности вод биогенными и органическими веществами и интенсивностью метаболизма гидробиоценозов, при котором экосистема способна справляться с антропогенной нагрузкой.

В случае тяжелого загрязнения вод токсичными веществами, угнетающими процессы продукции и деструкции веществ, интенсивность метаболизма гидробиоценозов снижается, что ведет к накоплению в воде загрязняющих веществ и, в конечном итоге, к деградации экосистем.

Процессы превращения веществ в водных экосистемах обеспечиваются, главным образом, мультиферментными системами, которые функционируют как внутри клеток организмов, так и вне клеток, используя в качестве субстратов растворенные в воде вещества. Эти системы осуществляют непрерывный обмен веществом и энергией между биоценозом и средой обитания и обеспечивают гомеостаз водных экосистем.

Таким образом, по активности некоторых ключевых ферментов, участвующих в трансформации веществ, можно судить об интенсивности метаболизма гидробиоценозов, а, следовательно, и степени загрязненности вод. С позиций информативности ферментативных показателей для оценки интенсивности метаболизма гидробиоценозов следует рассматривать, по-видимому, в первую очередь внеклеточные ферменты, секретируемые планктонными организмами и участвующие в круговороте важнейших биогенных элементов, в том числе щелочную фосфатазу (КФ 3.1.3.1) и неспецифичные эстеразы (КФ 3.1.1.1 и 3.1.1.2). Щелочная фосфатаза связана с энергетикой клетки, участвуя в круговороте фосфора. Этот фермент гидролизует фосфомоноэфирные связи у широкого круга фосфорорганических веществ как автохтонного, так и аллохтонного происхождения с образованием ортофосфата. Неспецифичные эстеразы гидролизуют сложноэфирные связи, являясь неотъемлемым звеном круговорота углерода.

Цель – установить влияние загрязнения и показатели активности щелочной фосфатазы и эстераз сестона в малых реках Ростовской области.

МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одновременно с активностью ферментов определяли численность фитопланктона, бактериопланктона, БПК₅, содержание различных форм азота, фосфора и некоторых загрязняющих веществ. Данные по бактериопланктону, БПК₅, содержанию различных форм фосфора и азота, ртути, нефтепродуктов в малых реках получены в Гидрохимическом институте. Пробы воды отбирались на стационарных пунктах и створах гидрохимической сети мониторинга поверхностных вод суши.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ

Внеклеточные ферменты в водных объектах продуцируются, в основном, фитопланктоном и бактериопланктоном и попадают в водную среду в результате секреции через клеточные мембраны [3]. Некоторая часть ферментативных молекул отрывается от клеток и переходит в растворенное состояние, другая – остается связанной с клетками, прикрепляясь к клеточной стенке или мембране. При проведении исследований определяли активность связанных ферментов, т.к. они более адекватно отражают функциональное состояние планктонных организмов в момент отбора проб воды. Для этого 0,5 – 1,0 л (в зависимости от сезона) пробы воды фильтровали через мембранный фильтр с диаметром пор 0,3 мкм, который задерживает клетки фитопланктона и бактериопланктона. Осевший на фильтре сестон смывали 6-ю мл фильтрата. Активность щелочной фосфатазы и эстераз определяли во взвеси сестона, используя в качестве субстратов соответственно α -нафтилфосфат и α -нафтилацетат [2]. Ферментативный гидролиз α -нафтилфосфата проводили при рН 10,0, α -нафтилацетата – при рН 7,4. Образовавшийся в результате ферментативных реакций α -нафтол связывали в реакции азосочетания с РР-солью для получения окрашенных комплексов, количество которых определяли фотометрически при $\lambda=530$ и 450 нм соответственно для щелочной фосфатазы и эстераз. Активность ферментов выражали в микромолях α -нафтола, образовавшегося в результате ферментативного гидролиза в 1 л воды в течение 1 ч [2].

Исследования, проведенные на реках Ростовской области – Большая Крепкая, Тузлов, Темерник, а также на ручье балки Калиновой выявили значительные отличия активности обоих ферментов на каждом из перечисленных водных объектов. На реках Б. Крепкая (х.Атамано-Власовка), Тузлов (ниже впадения р. Б. Крепкая) и ручье балки

Калиновой (вблизи истока) пробы отбирали в июле 1997, 2004 и 2008 годах. Определяли концентрации нефтепродуктов и некоторые гидрохимические показатели качества вод, включая БПК₅ и анионные синтетические поверхностно активные вещества (АСПАВ), а также активность ферментов – щелочной фосфатазы и эстераз. В р. Темерник пробы отбирали в разные сезоны 2003, 2004, 2006, 2008 годов у Пригородного автовокзала.

Значения активности обоих ферментов на каждой из изученных рек в разные годы были близкими. Наиболее низкие значения АЩФ и АЭ выявлены в р. Б. Крепкая, наиболее высокие – в р. Темерник, куда сбрасываются недостаточно очищенные хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды г. Ростова-на-Дону.

Сопоставление активности ферментов с концентрациями загрязняющих веществ на этих реках показало наличие корреляционных связей фосфатазной и эстеразной активности с содержанием АСПАВ, нитритного азота и значениями БПК₅ (табл. 1).

Таблица 1. – Коэффициенты корреляции между активностью ферментов и гидрохимическими показателями качества вод в малых реках Ростовской области

Показатели активности ферментов	БПК ₅	АСПАВ	NO ₂ ⁻
АЩФ	0,88	0,96	0,68
АЭ	0,68	0,97	0,47
СФА	0,85	0,98	0,66

Высокие коэффициенты корреляции с БПК₅, АСПАВ и нитритами выявлены также для показателя суммарной ферментативной активности (СФА), который получали суммированием АЩФ и АЭ. Этот показатель оказался более чувствительным к загрязнению органическими веществами, суммируя особенности влияния отдельных веществ на фосфатазную и эстеразную активность. В таблице представлено сопоставление показателей активности ферментов с концентрациями некоторых загрязняющих веществ и значениями БПК₅ на изученных водных объектах. Наиболее четко значения СФА соотносятся с БПК₅. Более высокий уровень показателя СФА в р. Тузлов и ручье балки Калиновой обусловлен, по-видимому, повышенными концентрациями АСПАВ, а увеличение СФА в р. Дон, возможно, связано с повышением концентраций нефтепродуктов. На изученном участке р. Дон наиболее высокие значения активности ферментов и СФА наблюдались на створах, расположенных ниже впадения грязных вод р. Темерник и сбросов очистных сооружений г. Ростова-на-Дону. При ранжировании водных объектов по возрастанию одного из ферментов, несмотря на высокие коэффициенты корреляции каждого из них с БПК₅, результаты получались различными, вследствие разной чувствительности щелочной фосфатазы и эстераз к загрязняющим веществам.

По значениям активности ферментов наиболее благополучное состояние планктонных сообществ наблюдалось в р. Б. Крепкая, где не отмечено превышений ПДК АСПАВ, биогенных веществ и предельных значений БПК₅. В отдельных пробах воды регистрировались незначительные (в 1,2 раза) превышения ПДК нефтепродуктов. Однако, по данным [5] вода в этой реке оценивается как грязная вследствие 9-кратного превышения ПДК сульфатных ионов, а также превышений ПДК меди, марганца, алюминия, никеля и железа общего. Высокое содержание сульфатов в р. Б. Крепкая имеет скорее природное, чем антропогенное происхождение, вследствие чего, по-видимому, в отношении сульфатов необходимо применять иные критерии. Что касается

общего железа, то по данным наших исследований концентрации растворенных форм железа изменялись в реке от 0,041 до 0,066 мг/л, что значительно ниже ПДК. Содержание взвешенных форм железа, которое в настоящее время не нормируется, было достаточно высоким и варьировало в пределах 1,4 –2,2 мг/л. Однако, вопрос о критериях оценок для рек, подобных Б. Крепкой, требует отдельного разговора.

Таблица 2. – Активность щелочной фосфатазы (АЩФ), эстераз (АЭ) и показателя суммарной ферментативной активности (СФА) в водных объектах Ростовской области

Водный объект, створ	СФА, мкмоль / (л·ч) α-нафтола	АЩФ, мкмоль / (л·ч) α-нафтола	АЭ, мкмоль / (л·ч) α-нафтола	Сu, мкг/л	Нефтепродукты, мг/л	БПК ₅ , мг/л O ₂	СПАВ, мг/л
р. Большая Крепкая (х. Атаманов-Власовка) n=8	<u>1,33 - 2,14</u> 1,44	<u>0,22 - 0,40</u> 0,31	<u>1,02 - 1,92</u> 1,30	6,0-7,0	<u>0,04-0,06</u> 0,05	<u>0,97-1,69</u> 1,20	<u>0,03-0,05</u> 0,04
р. Тузлов, ниже впадения р. Б. Крепкая n=3	2,15	0,62	1,54	6,0-7,0	0,06	3,17	0,12
р. Дон, у Ростовского водозабора n=5	<u>2,0 - 3,4</u> 2,98	<u>0,30 - 0,54</u> 0,35	<u>1,69 - 2,97</u> 2,63	<u>2,0-10,0</u> 4,6	<u>0,12-0,25</u> 0,18	<u>1,24-2,58</u> 1,93	<u>0,02-0,05</u> 0,04
р. Дон, ниже впадения р. Темерник n=5	<u>2,08 - 5,74</u> 3,8	<u>0,30 - 1,14</u> 0,60	<u>1,78 - 4,6</u> 3,2	<u>1,0-9,0</u> 5,0	<u>0,12-0,24</u> 0,18	<u>1,85-2,35</u> 2,14	<u>0,02-0,06</u> 0,04
р. Дон, у водосброса очистных сооружений Ростова-на-Дону, л.б. n=5	<u>3,78 - 7,10</u> 4,98	<u>0,27 - 2,26</u> 1,02	<u>2,8 - 5,3</u> 3,96	<u>2,0-7,0</u> 3,8	<u>0,06-0,12</u> 0,08	<u>1,89-3,56</u> 3,21	<u>0,03-0,05</u> 0,04
р. Дон, участок от г. Аксая до г. Азова n=50	<u>1,70 - 7,07</u> 3,81	<u>0,18 - 2,26</u> 0,54	<u>1,52 - 5,5</u> 3,27	<u>1,0-12,0</u> 4,1	<u>0,06-0,25</u> 0,13	<u>1,24-4,48</u> 2,48	<u>0,02-0,06</u> 0,04
Ручей балки Калиновой, исток n=2	5,30	2,90	2,24	–	0,05	6,74	0,23
р. Темерник n=4	<u>12,5 - 32,5</u> 21,5	<u>6,8 - 14,5</u> 10,5	<u>5,7 - 18,0</u> 11,0	<u>5,0-7,0</u> 6,0	–	<u>7,65-14,67</u> 11,8	–

Примечание: n - число определений, знак (–) означает отсутствие данных

ВЫВОДЫ

Анализ результатов исследований, проведенных на некоторых водотоках Ростовской области, свидетельствует об информативности показателей АЩФ, АЭ и, в особенности, СФА для оценки загрязненности речных вод, в первую очередь, органическими и биогенными веществами, а также некоторыми тяжелыми металлами.

Следуя из выше изложенного, изменение активности ферментов является одним из механизмов адаптации организмов разных трофических уровней к токсическому

воздействию загрязняющих веществ. Если на ранних этапах токсических эффектов активность ферментов, как правило, снижается, то в более поздние периоды, напротив, повышается, свидетельствуя о стимуляции механизмов детоксикации, сопровождающихся увеличением энергетических затрат клетки [6]. При этом повышенный уровень активности ферментов может сохраняться длительное время и после того как концентрации загрязняющих веществ уменьшатся до фоновых значений [4].

Таким образом, повышенный уровень активности ферментов отражает не только загрязненность воды на момент отбора пробы, но и отдаленные эффекты загрязняющих веществ, что имеет чрезвычайно важное значение в условиях дискретного отбора проб, который осуществляется в мониторинге поверхностных вод суши.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абакумов, В.А.* Экологические модификации и развитие биоценозов [Текст] / В.А. Абакумов // Экологические модификации и критерии экологического нормирования. Тр. междунар. симпозиум., Нальчик, 1-12 июня 1990 г. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 18–51.
2. *Бейсуг, О.И.* Биоиндикация экологического состояния водных экосистем территории воздействия Ростовской АЭС с использованием ферментативных показателей [Текст] / О.И. Бейсуг // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – №1(6). – С. 29.
3. *Безбородов, А.И. и др.* Секрция ферментов у микроорганизмов [Текст] / А.И. Безбородов, Н.И. Астапович. – М.: Наука, 1984. – 70 с.
4. *Предеина, Л.М. и др.* Особенности влияния тяжелых металлов на показатели активности внеклеточных эстераз и щелочной фосфатазы в водных экосистемах [Текст] / Л.М. Предеина, Ю.А. Федоров, О.И. Бейсуг, М.Н. Предеин // Научная конференция по результатам исследований в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды в государствах-участниках СНГ, посвященная 10-летию образования Межгосударственного совета по гидрометеорологии. Секция 5. Мониторинг загрязнения окружающей природной среды / Тез. докл. на науч. конф., Санкт-Петербург, 23-26 апр. 2002 г. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – С. 119–121.
5. *Даллакян, Г.А. и др.* Влияние меди на продукционные процессы в Балтийском море [Текст] / Г.А. Даллакян, М.Н. Корсак, С.А. Мошаров // Вестн. Моск. ун-та. Сер.16. Биология. – 2002. – №1. – С. 42–45.
6. *Саванина, Я.В. и др.* Микроводоросли и цианобактерии: устойчивость к действию тяжелых металлов [Текст] / Я.В. Саванина, А.Ф. Лебедева, М.В. Гусев // Вест. Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. – 2001. – №3. – С. 14–23.

About Pollution Influence of the Rostov region Small Rivers on Indicators of Alkaline Phosphatase and Esterases of Sestons Activity

O.I. Beisug

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

Abstract – In this work we considered the relationship between pollution and indicators of alkaline phosphatase activity in the small rivers of the Rostov region. The conclusions that the performance of alkaline phosphatase activity and extracellular esterases are informative indicators, especially SFA for pollution of river waters primarily organic and nutrients and some heavy metals; increased level of enzyme activity reflects not only the contaminated water at the time of sampling, but also the distant effects of pollutants, which is extremely important in terms of discrete sampling, carried out monitoring of surface waters.

Keywords: alkaline phosphatase activity, extracellular esterases activity, metabolism, hydrobiocenosis, the intensity of the biocenoses metabolism, ecological monitoring, pollutant, aquatic ecosystems, hydrobiological control, MAC (maximum allowable concentration).

**ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

УДК 556.5.072

**КАЧЕСТВО ВОДЫ В ВОДОЕМАХ 30-КИЛОМЕТРОВОЙ ЗОНЫ
РОСТОВСКОЙ АЭС**

© 2014 г. В.В. Сахаров, Ю.Н. Фоменко, М.С. Говорина, Н.В. Оскания

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

Статья посвящена исследованию параметров воды в водоемах 30-километровой зоны Ростовской АЭС. На основе анализа полученных результатов показаны различия в качестве воды рассматриваемых водных объектов, которые формируются под влиянием как природных, так и техногенных факторов.

Ключевые слова: Цимлянское водохранилище, солесодержание, биоиндикация, БПК₅, Rostov NPP.

Поступила в редакцию 02.12.2014 г.

Источником поступления воды для технических нужд Ростовской АЭС является Цимлянское водохранилище (ЦВ), поэтому атомная станция заинтересована в качестве воды в водохранилище. При этом в 30-километровой зоне Ростовской АЭС проживает более 200 тыс. человек, основным источником водоснабжения которых также является ЦВ и река Дон, и для которых эти водоемы во многом определяют их уровень экологического благополучия.

Качество воды – это характеристика состава и свойств воды, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования. Качество воды оценивается комплексом разнообразных показателей. Важнейшими из них являются: жесткость, солесодержание, концентрация сульфатов, водородный показатель и биохимическое потребление кислорода.

В данной работе представлены результаты физико-химического анализа проб воды, отобранных из различных участков ЦВ, в том числе из притока ЦВ (река Цимла), Сухо-Соленовского залива (МОУ ДОД ЦДОД «Радуга»), рекреационной зоны г. Волгодонска (ТРЦ), реки Дон и судоходного канала, вытекающих из ЦВ. Точки отбора проб отображены на рисунке 1. Отбор проб и анализ осуществлялся в ходе мониторинговых исследований, проводимых на кафедре «Атомные электростанции и техносферная безопасность» Волгодонского инженерно-технического института Филиала Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» в марте 2014 г.

Жесткость воды определяли с помощью комплексонометрического титрования; солесодержание – методом кондуктометрического титрования, который основан на определении концентрации вещества или химического состава в межэлектродном пространстве; сульфаты – титрометрическим методом, основанном на осаждении сульфат-ионов хлоридом бария с последующим титрованием избытка ионов бария раствором трилона Б; водородный показатель (рН) измеряли потенциометрическим методом с помощью кондуктометра HANNA серии HI 9033.

Степень загрязнения воды органическими соединениями определяли как количество кислорода, необходимое для их окисления микроорганизмами в аэробных

условиях. Для измерения биохимического потребления кислорода (БПК₅) в приготовленной водной вытяжке сразу замерялось содержание кислорода с помощью прибора Эксперт-001 в режиме БПК-термооксиметр. Затем герметично закрытая проба воды помещалась в темное место на 5 дней, по истечению которых вновь замеряется содержание кислорода. Величина БПК₅ находится по формуле:

$$\text{БПК}_5 = n_0 - n,$$

где n_0 – значение БПК, измеренное после приготовления водной вытяжки;
 n – значение БПК, измеренное спустя 5 суток.



Рис. 1. – Точки отбора проб

В дополнение к определению химических параметров был использован метод биоиндикации, который позволяет оценить качество среды по чувствительности компонентов биологических сообществ. В данном исследовании в качестве биоиндикатора был использован кресс-салат, семена которого помещались на одинаковый субстрат и находились в идентичных условиях, так как все составляющие анализа должны быть однотипными кроме одного. Единственное различие в условиях прорастания семян была вода для полива, которая была ранее отобрана на рассматриваемых участках водоемов. При этом семена кресс-салата в количестве 20 штук помещали в емкость на салфетку, на которую воду наливали до уровня 0,5 см. Каждый вариант дублировался в 3 пробах. По истечении трех суток оценивали прорастание семян и высоту проростков.

Результаты исследования представлены в таблице 1.

Жесткость воды – это свойство природной воды, которое зависит от присутствия в ней растворенных солей, главным образом, солей кальция и магния. Жесткость поверхностных вод колеблется в зависимости от сезона: наибольшее значение – в конце зимы; наименьшее – в период половодья [5]. Так как отбор проб проводился весной, были получены низкие значения жесткости – вода мягкая и средней жесткости.

Таблица 1. – Характеристики образцов воды

№ п/п	Точки отбора проб	$\Sigma\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$	Солесодержание	$\text{C}(\text{SO}_4)^{2-}$	рН	БПК ₅
		(ммольэкв/л)	(мг/л)	(мг/л)		(мгО/л)
1.	р. Цимла	2,4 мягкая	1500 солончатая	250	7,74	0,96 Очень чистые
2.	Сухо- Соленовский залив (МОУ ДОД ЦДОД «Радуга»)	2,4 мягкая	2000 солончатая	360	7,75	0,72 Очень чистые
3.	ТРЦ	2,8 мягкая	760 Воды с относительно повышенной минерализацией	140	8	0,83 Очень чистые
4.	Цимлянское водохранилище (пляж)	4 Средней жесткости	560 Воды с относительно повышенной минерализацией	115	8,01	0,07 Очень чистые
5.	р. Дон (дачи)	3 мягкая	580 Воды с относительно повышенной минерализацией	110	7,06	0,21 Очень чистые
6.	р. Дон (ст.Романовская)	2,4 мягкая	570 Воды с относительно повышенной минерализацией	110	7,96	0,04 Очень чистые
7	Судоходный канал	3,6 мягкая	580 Воды с относительно повышенной минерализацией	111	7,55	0,56 Очень чистые

Величина рН воды – один из важнейших показателей качества вод, он имеет большое значение для биологических и химических процессов, которые происходят в природных водах. От его величины зависит развитие и жизнедеятельность гидробионтов, миграция элементов. Полученные значения рН соответствуют требованиям к составу и свойствам, воды водоемов рыбохозяйственного назначения.

Из представленных результатов можно сделать вывод, что река Цимла, которая является притоком Цимлянского водохранилища, и Сухо-Соленовский залив отличаются повышенным солесодержанием (солончатые) и относительно большим содержанием органических веществ. Высокое содержание солей в р. Цимла и Сухо-Соленовском заливе связано с фактором природного характера, а именно близким расположением грунтовых вод и наличием солончаков по берегам [2]. Качество воды из притоков ЦВ может оказывать воздействие на характеристики воды, потребляемой РоАЭС из водохранилища.

Показатели воды в рекреационных зонах города Цимлянска и Волгодонска резко отличается. Солесодержание в ЦВ (пляж Цимлянска) почти в 1,5 раза меньше, чем в

ЦВ (ТРЦ). Отличия имеются также и по содержанию органики. Значение БПК₅ в районе ТРЦ более чем в десять раз отличается от значения аналогичного параметра в районе пляжа Цимлянска. Это может быть связано с фактором техногенного характера, поскольку рассматриваемая рекреационная зона г. Волгодонска находится в непосредственной близости от места сброса неочищенных ливневых стоков г. Волгодонска.

Вода в реке Дон в районе ст. Романовская наиболее чистая из всех рассмотренных образцов. При этом относительно высокое содержание органических веществ (БПК₅) в воде судоходного канала, реки Дон (дачи) свидетельствует о наличии локальных источников загрязнения.

Результаты биоиндикации (таблица 2) показывают, что вода из реки Дон (дачи) позволяет получить наибольшие всходы индикатора, а это значит, что она более высокого качества по совокупности параметров. Вода, отобранная в районе ТРЦ, самого низкого качества, об этом свидетельствует число ростков семян кресс-салата.

Таблица 2. – Результаты биоиндикации

№ п/п	Название объекта	Число проростков, шт.			
		Проба №1	Проба № 2	Проба № 3	Среднее значение
1	р. Цимла	19	15	16	16,7
2	Сухо-Соленовский залив (МОУ ДОД ЦДОД «Радуга»)	19	18	17	18
3	ТРЦ	17	18	15	16,3
4	Цимлянское водохранилище (пляж)	19	18	18	18,3
5	р.Дон (дачи)	19	17	20	18,7
6	р. Дон (ст.Романовская)	16	19	17	17,3
7	Судоходный канал	18	15	17	16,7

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о наличии как природных, так и техногенных факторов, формирующих качество воды поверхностных водоемов рассматриваемой территории. Природные водные объекты характеризуются повышенным солесодержанием. Роль техногенных факторов сказывается на ухудшении качества воды в рекреационной зоне г. Волгодонска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрохимический институт. Нормативные документы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.ghi.aaanet.ru/normative_docs – 09.03.2014.
2. Засоленные почвы и солончаки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://racechron.ru/pohcvovedenie/2941-zasolenie-pochvy-i-solonchaki-chast-3.html> – 10.04.2014.
3. Методика определения общей жесткости в природных и сточных водах. ПНДФ 14.1:2:98-97 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: www.normacs.ru/Doclist/doc/V73G.html – 10.03.2014.
4. Методика определения водородного показателя в природных и сточных водах. ПНДФ 14.1:2:3:4. 121-97 [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: www.normacs.ru/Doclist/doc/UPEG.html – 10.03.2014.
5. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы [Текст] / Под ред. Т.В. Гусевой. – М.:ФОРУМ: ИНФРА, 2007. – 192 с.

Quality of Water in Reservoirs of a 30-Kilometer Zone of the Rostov NPP

V.V. Sakharov, Y.N. Fomenko, M.S. Govorina, N.V. Oskanian

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

Abstract – Article is devoted to research of parameters of water in reservoirs of a 30-kilometer zone of the Rostov NPP. On the basis of the analysis of the received results distinction in water quality of the considered water bodies which is formed under influence of both natural and man-made factors is shown.

Keywords: Tsimlyansk reservoir, salinity, bioindication, BOD5, Rostov NPP.

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

УДК 621.7

**НАУЧНО–ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ
ФИЗИКО–МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

© 2014 г. В.А. Борисёнок¹, Е.Е. Ломтева¹, А.Л. Михайлов^{1,2}, М.А. Пухов^{1,2},
А.Г. Сироткина¹, В.В. Алексеев¹, Ю.В. Батьков¹, Е.Н. Богданов², В.А. Волгин¹,
К.И. Евланов¹, А.М. Подурец^{1,2}, В.Г. Симаков²

¹ Саровский физико-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ

² Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»

В статье приведены цели и задачи стратегического плана развития НИЯУ МИФИ в отношении формирования учебно-научного комплекса для осуществления качественной подготовки специалистов для ядерно-оружейного и ядерно-энергетического комплекса Российской Федерации и для других приоритетных областей техники и технологий. Это достигается глубокой интеграцией причастных отраслей науки и образования на примере интеграции НИЯУ МИФИ и федеральных ядерных центров. Как результат такой интеграции – создание научных образовательных центров (НОЦ).

В настоящей статье приведены описания основных испытательных установок и измерительных методик научно-исследовательского центра. Названы характеристики материалов, которые можно определить с помощью каждой установки. Дан ряд экспериментальных результатов, призванных показать экспериментальный потенциал центра.

Ключевые слова: учебно-научный комплекс, оружейный комплекс, ядерный комплекс, научно-образовательный центр, конструкционные материалы, испытательная машина, диаграмма напряжение-деформация, измерение скорости деформации образца, генератор плоской ударной волны, оптическая металлография, рентгеноструктурный анализ, измерение микротвёрдости, НИЯУ МИФИ, Саровский физико-технический институт, Российский федеральный ядерный центр.

Поступила в редакцию 10.12.2014 г.

ВВЕДЕНИЕ

Цель стратегического плана развития национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (НИЯУ МИФИ) – формирование учебно – научного комплекса, обеспечивающего качественную многоуровневую подготовку инновационно ориентированных специалистов в приоритетных фундаментальных и прикладных направлениях ядерно – оружейного и ядерно – энергетического комплексов (ЯОК и ЯЭК), прорывных областях техники и технологии на основе наукоемких технологий обучения. Одним из путей достижения этой цели служит глубокая интеграция науки и образования, в частности, интеграция НИЯУ МИФИ и Федеральных ядерных центров: РФЯЦ – ВНИИЭФ и РФЯЦ – ВНИИТФ. Одним из результатов такой интеграции явилось создание научно – образовательных центров (НОЦ), объединяющих профилирующие и базовые кафедры, учебные и научные лаборатории НИЯУ МИФИ и Федеральных ядерных центров. Основная задача НОЦ – целевая индивидуальная подготовка специалистов и научных работников ключевых

профессий ЯОК и ЯЭК на базе наукоемких технологий обучения, проведение фундаментальных и прикладных исследований, внедрение разработанных технологий в производство.

Саровским физико-техническим институтом (СарФТИ) – филиалом НИЯУ МИФИ совместно с РФЯЦ – ВНИИЭФ создан ряд НОЦ, соответствующих некоторым из основных направлений деятельности РФЯЦ – ВНИИЭФ. Среди них одним из ведущих является НОЦ «Физика экстремальных динамических состояний вещества», организованных СарФТИ и Институтом физики взрыва (ИФВ) РФЯЦ – ВНИИЭФ. В состав НОЦ входят три научных лаборатории СарФТИ и несколько научно-исследовательских отделов и лабораторий ИФВ. Возглавляет центр директор ИФВ, доктор технических наук А.Л. Михайлов.

Конструкционные материалы, входящие в состав различных объектов и изделий гражданского и военного назначения, при эксплуатации последних испытывают статические и динамические воздействия различной природы. Для оптимального проектирования устройств и конструкций необходимо знание характеристик материалов при нагрузках, которые они испытывают в процессе эксплуатации. Поэтому исследование свойств материалов было, есть и будет важной и актуальной проблемой, имеющей большое практическое значение для современной техники. Для участия в решении этой проблемы в научном плане и в плане подготовки специалистов, в составе НОЦ создан и действует «Научно-исследовательский центр по определению физико-механических характеристик конструкционных материалов» (НИЦ). НИЦ обладает испытательным оборудованием для статического и динамического нагружения образцов материала, позволяющим проводить исследования в диапазоне скоростей деформирования 10^{-3} – 10^7 с⁻¹, и методическим обеспечением, включающим как классические (тензометрия, фотохронография и т.п.), так и современные (лазерная и радиоинтерферометрия, пьезополимерный датчик давления) методики, что позволяет проводить комплексные исследования материалов.

В настоящей статье приведены описания основных испытательных установок и измерительных методик НИЦ. Названы характеристики материалов, которые можно определить с помощью каждой установки. Дан ряд экспериментальных результатов, призванных показать экспериментальный потенциал центра.

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ МАШИНА SHIMADZU

Для исследования материалов при статическом нагружении используется испытательная машина Shimadzu серии Autograph AJS01 [1]. Деформирование исследуемых образцов происходит посредством движения траверсы. Машина позволяет развивать усилие до 100 кН [1]. Диапазон скорости траверсы составляет 0,0005-1000 мм/мин (скорость деформации в опытах на одноосное растяжение или сжатие $\dot{\epsilon}=10^1$ - 10^3 с⁻¹). Управление испытанием, а так же обработка результатов экспериментов: построение диаграмм напряжение–деформация производится с помощью программного комплекса Autograph TrapeziumX.

Испытательная машина Shimadzu AG-X в классическом варианте комплектации позволяет проводить испытания образцов из исследуемых материалов на одноосное растяжение и сжатие, однако, с применением пуансонов и упоров, а также зажимных устройств определенного типа, машина дополнительно позволяет проводить исследования на изгиб и кручение. При этом конструктивные особенности испытательной машины предусматривают проведение температурных испытаний образцов из исследуемых материалов. Результатом испытаний в классическом варианте исполнения машины является определение пределов

прочности (σ_B) и текучести материалов ($\sigma_{0.2}$), модуля Юнга и деформационного упрочнения а так же истинные и условные диаграммы деформирования, построенные разными методами.

На испытательной машине проведены исследования ряда металлов и сплавов. Для примера на рисунке 1 приведены фото образца гантельного типа с захватами при испытании на растяжение и диаграмма растяжения трубной стали. Эксплуатация машины Shimadzu показала ее высокую эффективность.

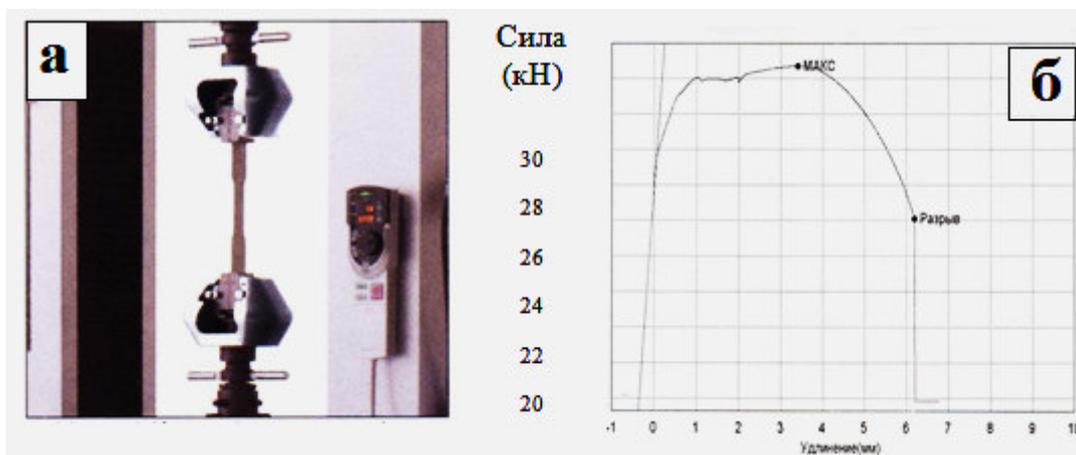


Рис. 1. – Фото образца с захватами в испытании на растяжение (а) и диаграмма растяжения трубной стали (б)

УСТАНОВКА НА ОСНОВЕ СОСТАВНОГО СТЕРЖНЯ ГОПКИНСОНА

Одним из самых распространенных методов исследования свойств материалов при скоростях деформирования $10^2 - 10^4 \text{ c}^{-1}$ является метод составного стержня Гопкинсона (ССГ) [3]. Метод основан на следующем: образец из исследуемого материала помещается между нагружающим и опорным стержнями. При взаимодействии ударника и нагружающего стержня в обоих возбуждаются импульсы сжатия постоянной амплитуды. Длительность импульса сжатия в нагружающем стержне равна двойному времени прохождения упругой волны в ударнике, а его величина пропорциональна скорости ударника. Когда импульс сжатия, распространяющийся по нагружающему стержню, достигает образца, часть его проходит в образец, а часть отражается вследствие разницы в площадях сечений и акустических импедансах стержня и образца.

Форма прошедшего и отраженного импульса определяется величиной площади сечения и механическими характеристиками материала. По импульсам деформации, зарегистрированным тензометрическими датчиками на стержнях, можно определить деформирование концов стержней во времени или смещение торцов стержней друг относительно друга.

Для исследования прочности и трещиностойкости материалов разработана и внедрена экспериментальная установка, реализующая метод ССГ, в которой для создания нагрузочных импульсов применено пневматическое нагружающее устройство (газовая пушка). Установка включает в себя, кроме газовой пушки, систему управления, комплекс измерительно-регистрирующей аппаратуры и сменные комплекты составных стержней. Схема установки приведена на рисунке 2.

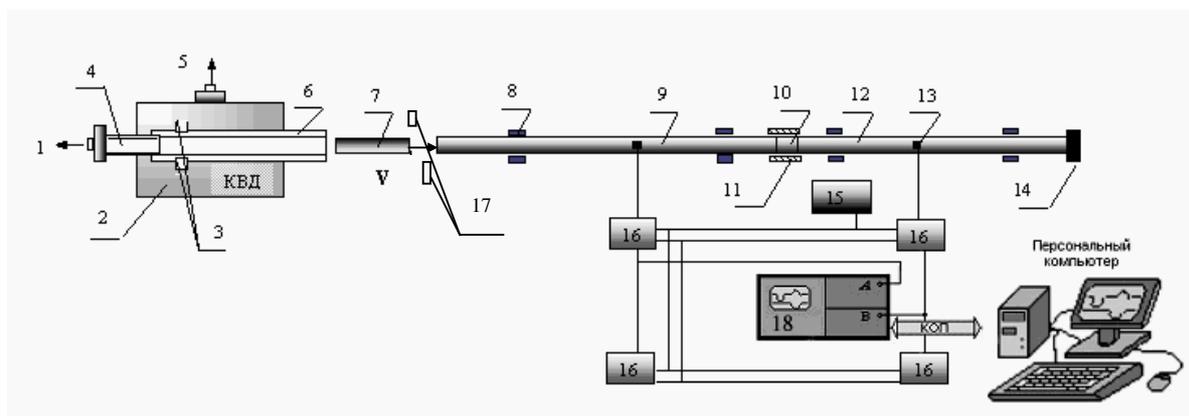


Рис. 2. – Схема установки для проведения динамических испытаний материалов методом ССГ
 1 – пусковое устройство, 2 – камера высокого давления, 3 – отверстия сброса, 4 – пусковая камера, 5 – магистраль к компрессору, 6 – ствол, 7 – ударник, 8 – втулки скольжения, 9 – нагружающий стержень, 10 – образец, 11 – ограничительная обойма, 12 – опорный стержень, 13 – тензодатчики, 14 – упор, 15 – источник питания, 16 – схемы питания и калибровки, 17 – датчики для измерения скорости ударника (контактные и оптические); 18 – цифровой регистратор

Стержни закрепляются и центрируются в текстолитовых подшипниках скольжения, позволяющих с помощью регулировочных элементов производить юстировку положения стержней для обеспечения соосности стержней между собой и с летящим ударником. В качестве ударников используются стержни (из стали или титана) длиной от 50 до 500 мм, разгоняемые в диапазоне скоростей от 5 до 50 м/с. Использование такой системы нагружения позволяет получать при испытаниях скорости деформации от $2 \cdot 10^2$ до $6 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$ и нагружающие импульсы длительностью до 200 мкс и амплитудой до 1500 МПа.

Основные схемные решения ССГ для различных типов испытаний образцов и узлы их крепления представлены на рисунке 3. Наиболее простую форму (в виде цилиндра) имеют образцы для испытаний при сжатии (рис. 3а).

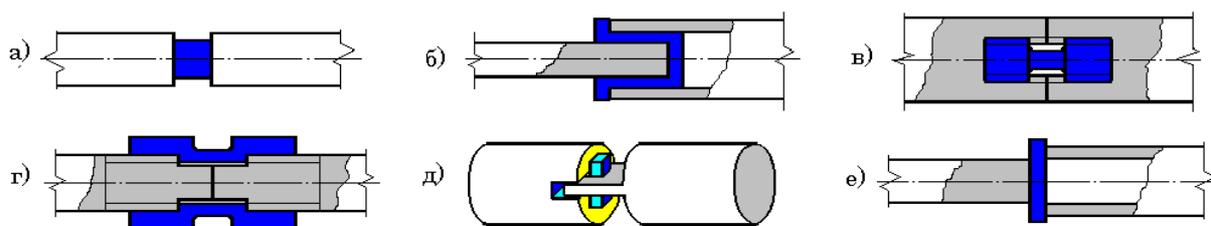


Рис. 3. – Основные схемные решения ССГ:
 а) – сжатие; б), в), г) – растяжение; д), е) – сдвиг

Испытания выполняются как при комнатной температуре, так и при повышенной (до $+300^{\circ}\text{C}$) и пониженной (до -60°C) температурах. Для нагрева испытуемых образцов используется малогабаритная печка, надеваемая на концы мерных стержней с размещенным между ними образцом, а для их охлаждения используется разъемный контейнер из пенопласта с жидким азотом.

Комплекс измерительно-регистрающей аппаратуры включает приборы для измерения параметров нагружения, аппаратуру регистрации параметров деформирования и систему синхронизации запуска регистрирующих устройств. Из параметров нагружения измеряется только скорость ударника. Для этого используется оптический измеритель скорости 17, размещенный на дульном срезе ствола и

включающий два точечных источника света, два фотодиода со схемой питания и формирования импульсов и цифровой осциллограф. Для дублирования применяются также контактные датчики – скорость определяется по интервалу времени замыкания двух контактов, установленных на известной базе.

Измерение деформаций производится с помощью наклеенных на боковую поверхность стержней на значительном расстоянии от образца малобазных тензорезисторов 13. Причем для компенсации изгибных колебаний в стержнях и увеличения амплитуды полезного сигнала в рабочих сечениях наклеено по 4 соединенных последовательно тензорезистора. Сигналы с датчиков регистрируются с помощью цифрового осциллографа. Для питания тензорезисторов выбрана потенциометрическая схема ввиду ее простоты и возможности питания нескольких измерительных каналов от одного источника. Обе группы тензорезисторов питаются постоянным током от стандартного стабилизированного блока питания 15 через схемы питания и калибровки 16.

Для запуска регистрирующей аппаратуры используется сигнал от одного из фотодиодов, использующихся для измерения скорости ударника.

На рисунке 4 приведены, как пример, осциллограммы импульсов информации при испытаниях на сжатие. На верхнем луче зарегистрированы падающий $\epsilon_i(t)$ и отраженный $\epsilon_r(t)$ импульсы деформации, на нижнем луче – прошедший через образец импульс $\epsilon_t(t)$.

На их основе с помощью метода Кольского [4] строится динамическая диаграмма деформирования исследуемого материала при одноосном сжатии и соответствующая ей история изменения скорости деформации. По полученным диаграммам определяются такие характеристики изучаемого материала как модули нагрузочной и разгрузочной ветвей, условный предел текучести, разрушающее напряжение, работа деформирования и т.д.

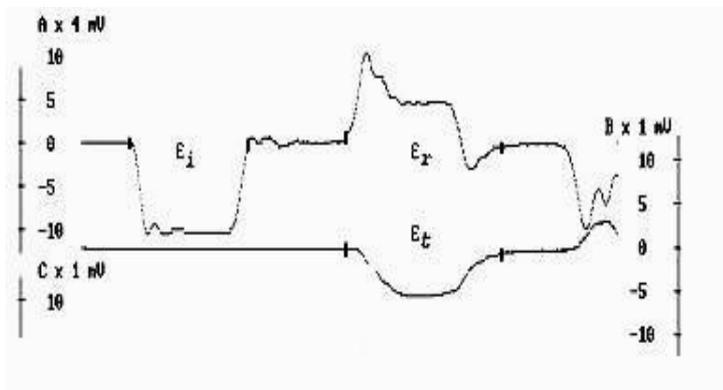


Рис. 4. – Исходная экспериментальная информация (импульсы деформаций в мерных стержнях)

С целью повышения информативности эксперимента при испытаниях на сжатие при необходимости дополнительно используются пьезополимерные датчики давления на основе сегнетоэлектрика поливинилидена (ПВДФ) [5]. Постановка опыта по испытанию на сжатие хрупкого материала и результаты измерений показаны на рисунке 7. толщина датчиков 20-30 мкм, так что они практически не влияют на процесс деформирования образца.

Эксперименты проведены при двух значениях амплитуды нагружающего импульса. Результаты измерений показывают, что в обоих случаях разрушение образца начинается после достижения в материале критического давления. Динамика процесса

разрушения в обоих экспериментах одинакова, но время, требующееся на разрушение образца, уменьшается с ростом амплитуды нагружения.

БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ УДАРНЫЕ ТРУБЫ

Более высокие, чем указанные выше, скорости деформирования могут быть достигнуты при использовании для нагружения образцов исследуемого материала баллистических ударных труб (БУТ). БУТ является разгонным устройством, в котором метаемое тело (снаряд, ударник) перемещается в трубе под действием изначального сжатия газа. Несмотря на конструктивные отличия различных ударных труб, все они имеют одну и ту же принципиальную схему: любая БУТ состоит из камеры высокого давления (КВД), ствола, мишенной камеры и тормозного отсека. КВД отделяется от остальной части установки диафрагмой, за которой в стволе размещается снаряд. Камера высокого давления заполняется рабочим газом до давления, обычно, не превышающего 10 МПа, ствол и мишенная камера вакуумируются. При разрушении диафрагмы происходит разгон снаряда расширяющимся рабочим газом. Снаряд нагружает образец исследуемого материала, размещенный в мишенной камере. Максимальная скорость метания с помощью БУТ около 2 км/с [6].

Баллистические ударные трубы безопасны в эксплуатации и просты в обслуживании, что позволяет использовать их в условиях обычной научно-исследовательской лаборатории.

НИЦ располагает двумя баллистическими ударными трубами калибрами 76,2 и 38 мм, которые обеспечивают скорость деформирования 10^3 - 10^5 с⁻¹. В первой из них рабочий газ – воздух, максимальная масса снаряда ~ 700г. Скорость движения снаряда такой массы при начальном давлении в воздухе 10 МПа составляет $W \approx 0,5$ км/с [6,7].

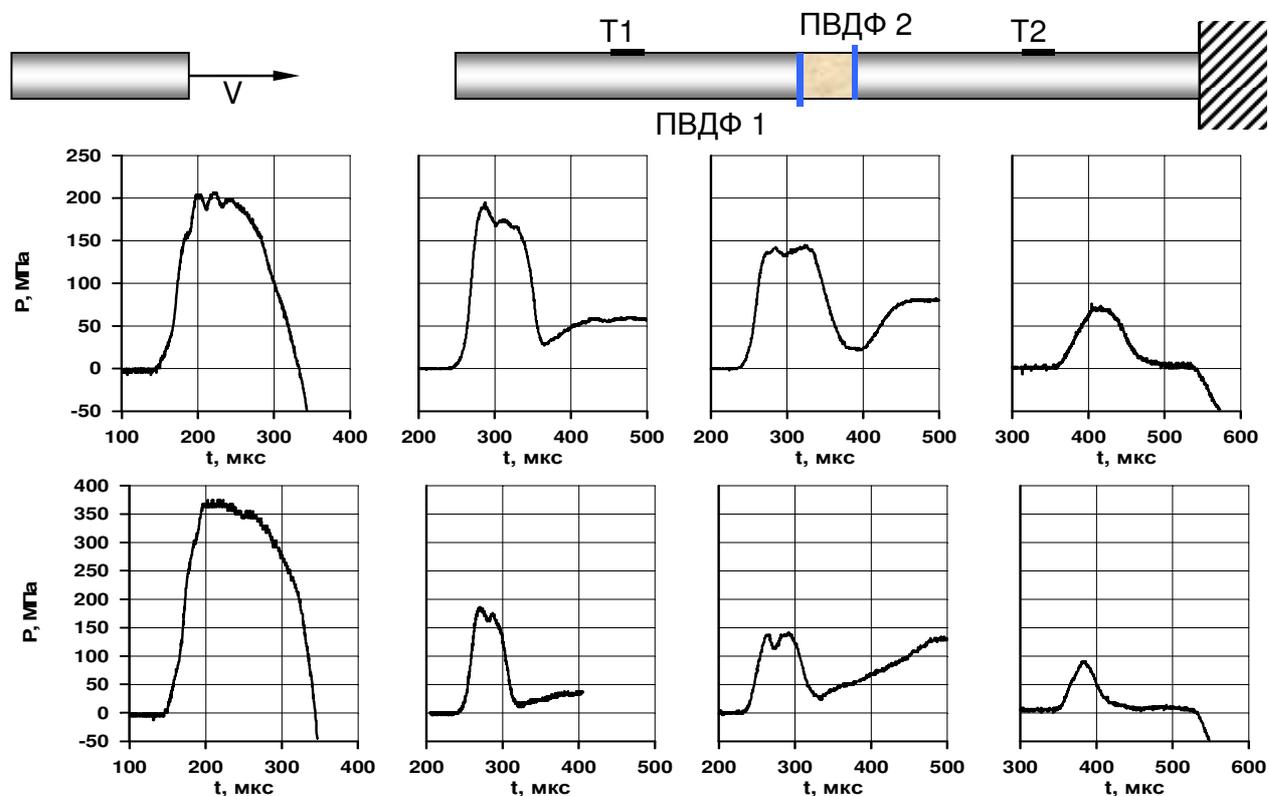


Рис. 5. – Результаты опыта по разрушению хрупкого материала, T1, T2 – тензодатчики, ПВДФ1, ПВДФ2 – пьезополимерные датчики давления

Во второй БУТ в качестве рабочего газа используется гелий. Масса снаряда не превышает 50 г. Его скорость при давлении в КВД 5 МПа $W \approx 0,7$ км/с.

Обе БУТ оснащены системами автоматического управления выстрелом, устройствами для измерения скорости снаряда (электроконтакты или оптика) и измерительными методиками состояния вещества. В качестве последних, в основном, применяются методики манганинового [6] и пьезополимерного [5] датчиков динамического давления и лазерная интерферометрия [6]. Эти экспериментальные установки используются сегодня для определения характеристик ударнонагруженного твердого вещества. Как пример, на рисунке 6 приведены профили давления $p(t)$, зарегистрированные пьезополимерным датчиком (ПВДФ – датчик) в оргстекле.

В принципе по измеренным скоростям снаряда и зависимости $p(t)$ в каждом опыте могут быть определены массовая скорость вещества, давление, продольная и объемная скорости звука, откольная прочность материала. На основе этих величин могут быть рассчитаны волновая скорость, модули всестороннего сжатия, модуль Юнга, коэффициент Пуассона, динамический предел текучести и некоторые другие характеристики.

ВЗРЫВНЫЕ НАГРУЖАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Для исследования свойств материалов в широком диапазоне нагружающих давлений и скоростей деформирования интенсивно используют взрывные метательные устройства. Разгон ударника в этих устройствах производится газообразными продуктами детонации конденсированных взрывчатых веществ (ВВ). На этом принципе в ИФВ РФЯЦ – ВНИИЭФ разработаны разнообразные устройства, формирующие в исследуемом веществе плоские, цилиндрические и сферические ударные волны и позволяющие получить в образцах давления вплоть до 1-2 ТПа [6].

В настоящей работе рассмотрим только наиболее часто используемый генератор плоской ударной волны. Схема устройства приведена на рисунке 7.

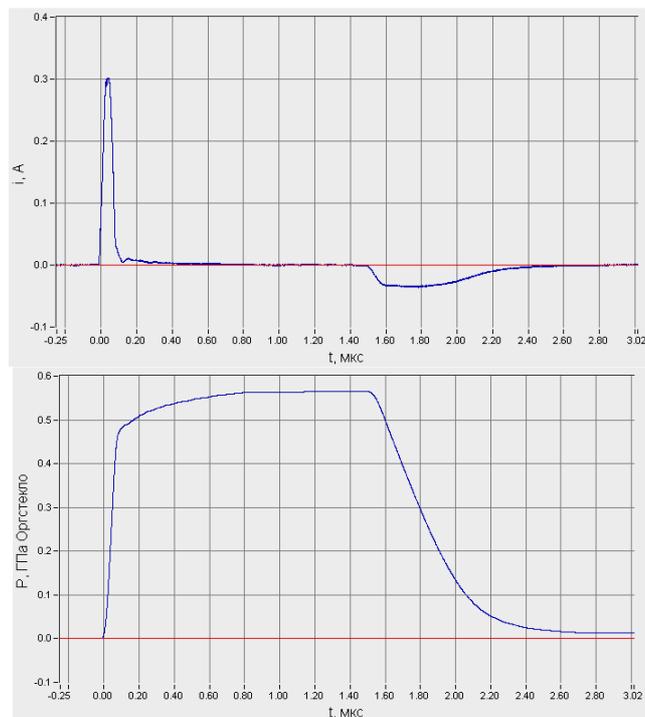


Рис. 6. – Профиль давления $p(t)$, зарегистрированный пьезополимерным датчиком в оргстекле

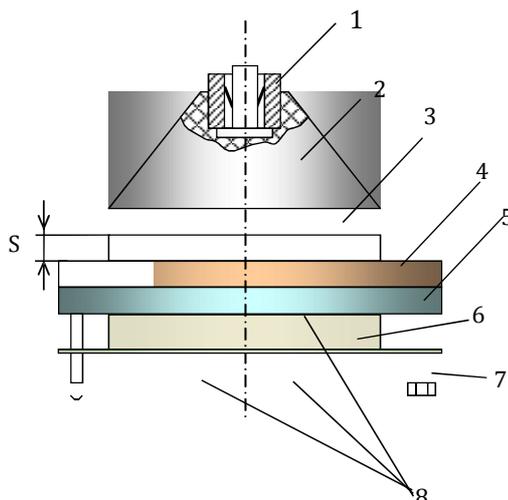


Рис. 7. – Генератор плоской ударной волны. 1–электродетонатор; 2–линза из УВ; 3–шашка из ВВ; 4,5–экран; 6–исследуемое вещество; 7–монтажная пена; 8–датчики; S–воздушный зазор

Оно состоит из линзы из ВВ, которая инициируется с помощью электродетонатора, цилиндрической детали (шашки) из ВВ, в которой с помощью линзы формируется плоская детонационная волна от экрана. Вместо линзы может быть использовано устройство, обеспечивающее многоточечное инициирование. В качестве экрана, обычно, применяют пластину из алюминия или меди толщиной ≈ 10 мм, на которой размещают образцы исследуемого материала. Важным элементом генератора является воздушный зазор (~ 5 мм) между шашкой и экраном, который обеспечивает формирование в экране ударной волны П-образного профиля. Устройства рассматриваемого типа позволяют за счет использования разных взрывчатых веществ (обычно, это тринитротолуол и составы на основе гексогена и октогена), изменения высоты шашки и введения дополнительных прокладок между экраном и исследуемым образцом из материалов с меньшей, чем у экрана, акустической жесткостью варьировать давление нагружения от нескольких десятых до ~ 40 ГПа [6].

Рассмотренные устройства используются для исследования состояния вещества при скоростях деформирования до 10^7 с⁻¹. Для этого используются разнообразные измерительные методики: электроконтактная, манганинового и пьезополимерного датчика, лазерная и радиоинтерферометрия. Измеряются волновая и массовые скорости вещества, скорости звука в сжатом веществе, сжатие и другие характеристики конденсированного вещества в таких экстремальных условиях нагружения. Исследуются детонация конденсированных взрывчатых веществ, агрегатные и структурные фазовые превращения материалов.

В качестве примера на рисунке 8 приведен профиль давления, формирующийся в железе в результате полиморфного $\alpha - \epsilon$ фазового превращения.

Давление нагружения ≈ 33 ГПа. Измерения проведены с помощью ПВДФ – датчика динамического давления. Структура профиля следующая: упругий предвестник (1); отраженный от первой пластической волны упругий предвестник (2); первая пластическая волна, амплитуда которой соответствует началу $\alpha - \epsilon$ перехода; отраженный от второй пластической волны упругий предвестник (4); вторая пластическая волна, которая переводит железо из α в ϵ фазу (5); волна 5, отраженная от границы раздела фаз (6). В целом результаты эксперимента дают достаточно полную информацию о фазовом превращении.

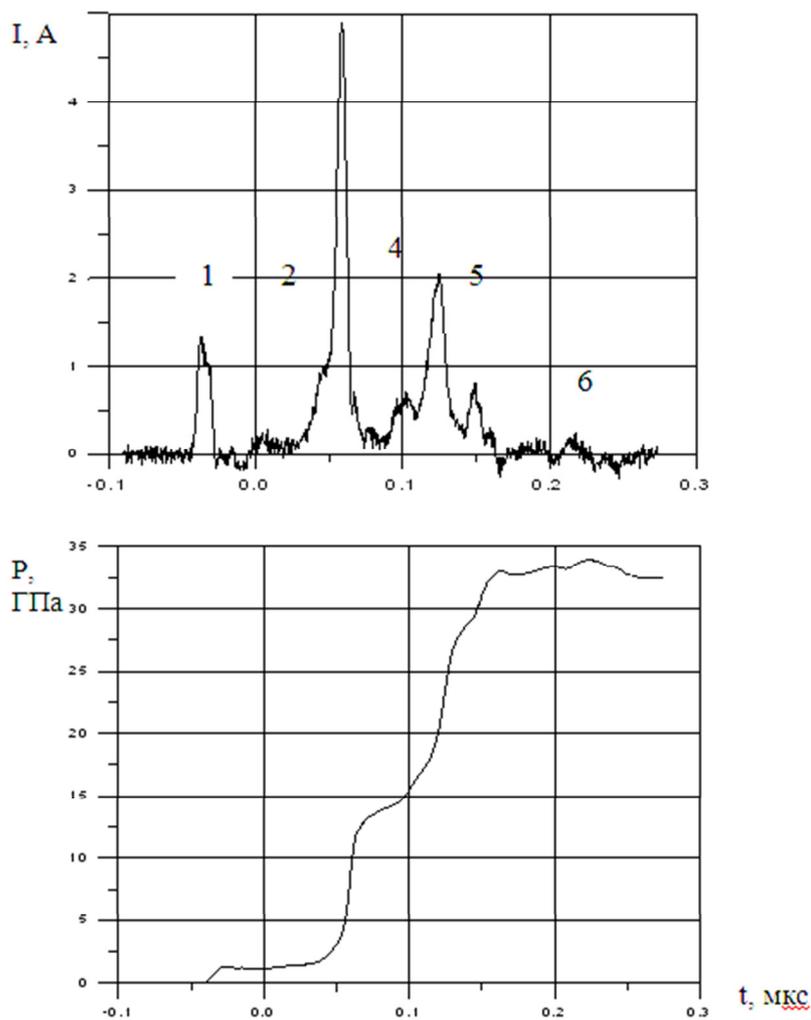


Рис. 8. – Профиль давления, формирующийся в железе в результате полиморфного $\alpha - \epsilon$ фазового превращения

На рисунке 9 приведены зависимости скорости инициирующей ударной волны в образцах из взрывчатого состава на основе триаминотринитробензола, полученные с использованием радиоинтерферометра [8] с длиной волны зондирующего излучения 3,2 мм. Инициирование исследованных образцов производилось плоскими ударными волнами прямоугольного профиля с давлениями на фронте 8.4, 11.2, 13.0, 16.6, 19.1 и 23,4 ГПа. Особенностью радиоинтерферометра является то, что с его помощью можно проводить измерения в объеме радиопрозрачных материалов.

Из рисунка видно, что по мере распространения инициирующей ударной волны по образцу взрывчатого вещества ее скорость непрерывно увеличивается, при этом переход к детонации происходит практически скачком. Следует заметить, что чем выше давление на фронте инициирующей ударной волны, тем раньше происходит переход к детонации.

ОПТИЧЕСКАЯ МЕТАЛЛОГРАФИЯ И РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ

После динамического или ударноволнового воздействия сохраненные образцы могут быть подвергнуты подробному лабораторному исследованию с целью анализа изменений в их структуре, вызванных высокоскоростным нагружением. Для этого в настоящее время используются методики рентгеноструктурного анализа

(рентгеновские дифрактометры XRD-7000 и ДРОН-УМ1), оптической металлографии (микроскопы МЕТАМ-ЛВ31 и АХИОVERT 40МАТ и полный комплекс оборудования для пробоподготовки), измерения микротвердости (микротвердомер IndentaMet 5104).

РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ

Применительно к исследованию сохранных образцов с помощью рентгеноструктурного анализа решаются, в основном, следующие задачи:

- Определение фазового состава (качественный и количественный).
- Анализ текстур (преимущественных ориентировок).
- Определение размеров зерна (областей когерентного рассеяния).
- Определение плотности дислокаций.
- Определение параметров элементарной ячейки.

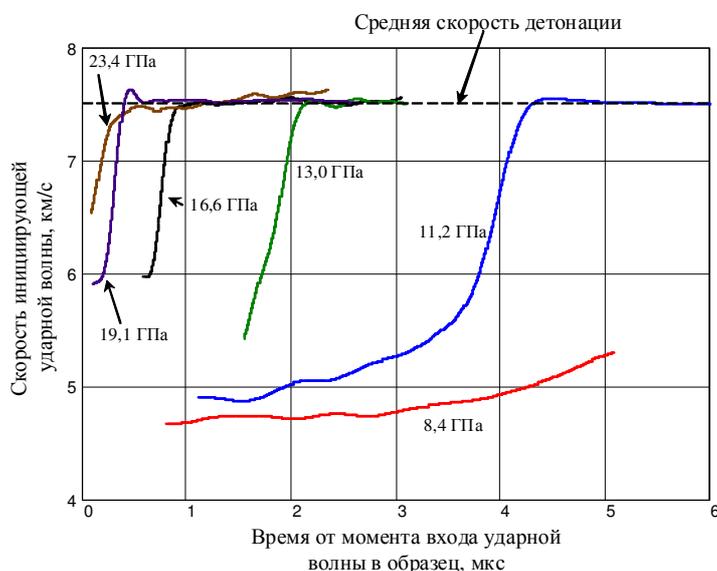


Рис. 9. – Зависимости скорости инициирующей ударной волны

Наиболее современным из используемых приборов является рентгеновский дифрактометр XRD-7000 производства фирмы Шимадзу (Япония). XRD-7000 имеет θ - θ гониометр, юстировка и съёмка происходят в автоматическом режиме, управление параметрами работы прибора и детектирование происходят при помощи компьютерных программ. Прибор обладает точностью измерения дифракционных углов $0,0001^\circ$, что позволяет качественно решать задачи рентгеноструктурного анализа. Дифрактометр снабжён международной рентгеноструктурной базой данных PDF-2, позволяющей проводить качественный фазовый анализ всех известных кристаллических веществ.

В качестве примера использования рентгеноструктурной методики можно привести измерения плотности дислокаций в ударно нагруженной меди с различным размером зерна. На рисунке 10 приведены рентгенограммы одной и той же дифракционной линии (311) до (а) и после (б) нагружения. По уширению линии можно вычислить величину внутренних напряжений в материале, вызванных повышенной плотностью дислокаций. Зависимость плотности дислокаций ρ от давления нагружения приведены на рисунке 11. Эти экспериментальные данные используются для создания и тестирования дислокационных моделей прочности при высокоскоростной деформации.

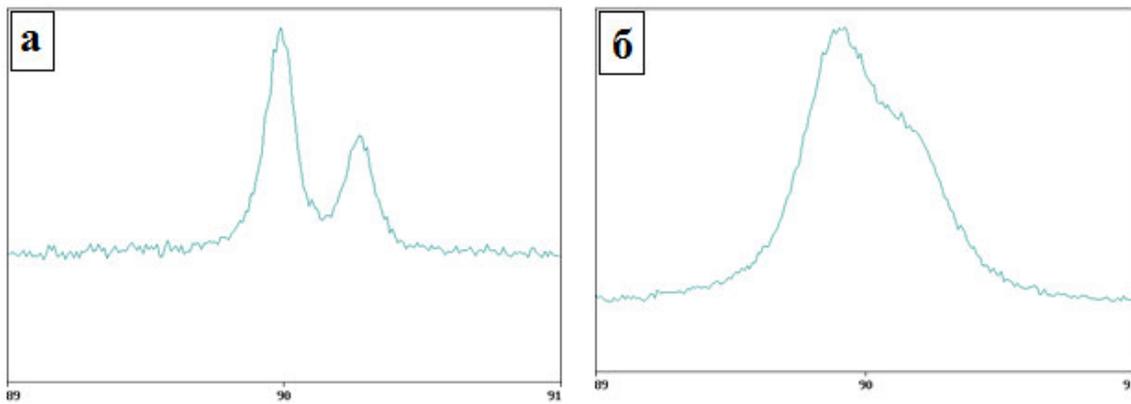


Рис. 10. – Рентгенограммы линии (311) Si до (а) и после (б) ударного нагружения до $P=11$ ГПа

ОПТИЧЕСКАЯ МЕТАЛЛОГРАФИЯ

С помощью металлографии можно исследовать микроструктуру материалов после ударной обработки, а именно:

- фазовый состав;
- размер и форму зёрен;
- распределение зерен по размерам;
- наличие и плотность дефектов, вызванных деформацией (полосы сдвига, двойники, тензогенные мартенситные фазы и т.п.);
- эффекты, вызванные термическим воздействием ударного нагружения (зоны рекристаллизации, плавления, отжига дефектов);
- следы разрушения, в т.ч. откольного: микротрещины, поры.

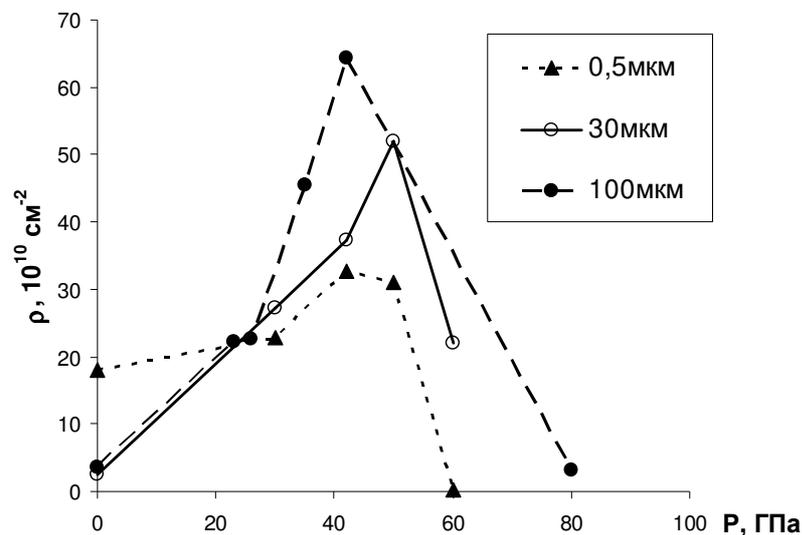


Рис. 11. – Зависимость плотности дислокаций в меди от давления ударного нагружения при разном начальном размере зерна: 0,5, 30 и 100 мкм

В качестве примера на рисунке 12 приведены фотографии микроструктуры тантала после ударноволнового воздействия. Фотографии получены на микроскопе AXIOVERT 40MAT (производство Carl Zeiss, Германия).

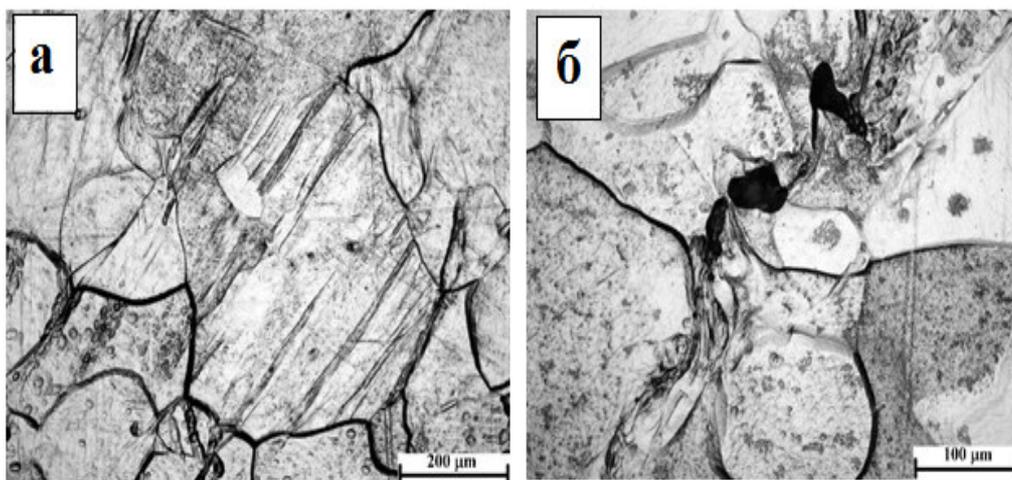


Рис. 12. – Примеры микроструктуры тантала после ударного воздействия: а – полосы локализованной деформации внутри зерна; б - поры, возникшие при воздействии растягивающих напряжений и соединяющие их деформационные полосы

ИЗМЕРЕНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ

Измерение такой локальной механической характеристика, как микротвердость, бывает информативным при исследовании различных явлений, сопровождающих высокоскоростную деформацию. В частности, при изучении локализации деформации, имеющей место при адиабатическом сдвиге (рис. 13). Измерения проведены на микротвердомере IndentaMet 5104 (производство Buehler, Германия).

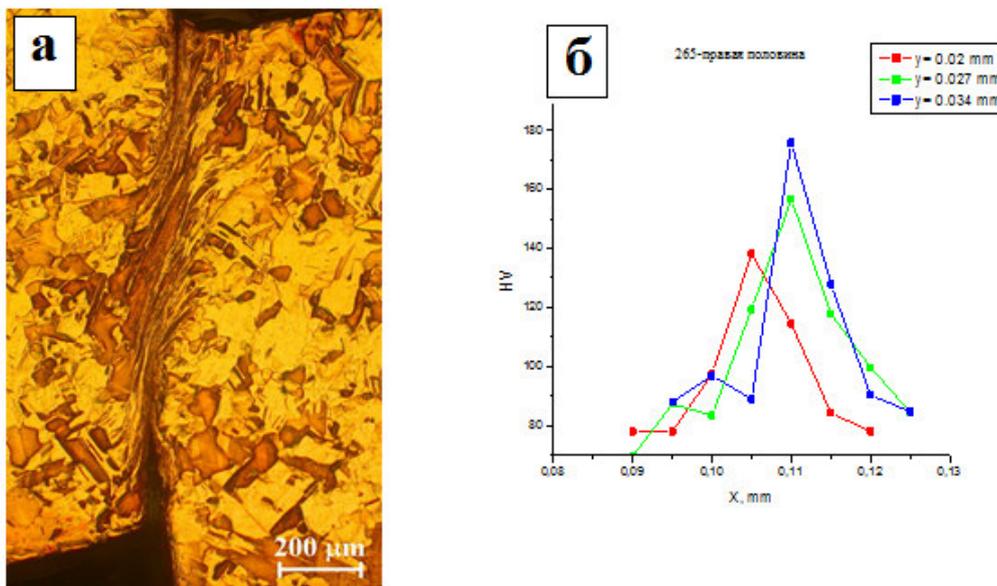


Рис. 13. – Локализованный сдвиг при высокоскоростной деформации меди: а – микрофотография; б – микротвердость сечения полосы сдвига (зависимость от координаты x)

Получаемые при помощи металлографической методики и измерения микротвердости как качественные, так и количественные данные используются при моделировании процесса высокоскоростной деформации металлов, их сдвиговой и откольной прочности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паспорт на испытательную машину Shimadzu серии Autograph AJSOJ [Текст]. – [Б.м., б.г.].
2. Новиков, С.А. и др. Исследование эффекта Баушингер при динамическом нагружении [Текст] / С.А. Новиков, В.А. Пушков, В.А. Синицын, П.А. Цой // ПМТФ. – 1995. – Т.36. – №4. – С. 136–169.
3. Зукас, Дж.А. и др. Динамика удара [Текст] / Дж.А. Зукас, Т. Николас, Х.Ф. Свифт. – М.: Мир, 1985.
4. Кольский Г. Исследование механических свойств материалов при больших скоростях нагружения [Текст] / Г. Кольский // Механика. – 1950. – Вып. 4. - С. 108–128.
5. Борисёнок, В.А. и др. ПВДФ – датчик динамического давления [Текст] / В.А. Борисёнок, В.Г. Симаков, В.Г. Куропаткин // ПТЭ. – 2008. – №4. – С. 113–121.
6. Методы исследования свойств материалов при интенсивных динамических нагрузках [Текст] / Под редакцией М.В. Жерноклетова. – Саров: РФЯЦ – ВНИИЭФ, 2003.
7. Минеев, В.Н. и др. Установка для исследования поведения материалов и конструкций при динамических нагрузках [Текст] / В.Н. Минеев, В.П. Погорелов, А.Г. Иванов // ФГВ. – 1975. – Т. 14. – №3. – С. 129–133.
8. Cook M.A., Doran R.L. and Moris G.J. Measurements of detonation velocity by Doppler effect at three-centimeter wavelength // J. Appl. Phys., 1955, v. 26, № 3.

Scientific – Research Center for Determination of the Physical and Mechanical Characteristics of Constructional Materials

V.A. Borisenok¹, E.E. Lomteva¹, A.L. Mikhailov^{1,2}, M.A. Pukhov^{1,2}, A.G. Sirotkina¹,
V.V. Alexeev¹, Y.V. Butkov¹, E.N. Bogdanov², V.A. Volgin¹, K.I. Evlanov¹,
A.M. Podurets^{1,2}, V.G. Simakov²

¹ Sarov Physics and Engineering Institute
the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»
6 Duhova St., Sarov, Nizhegorodskaya region, Russia 607186
e-mail: sarfti@mephi.ru

² Federal state unitary enterprise «The Russian Federal Nuclear Center – the All-Russian Research
Institution of Experimental Physics»,
37 Mira Avenue, Sarov, Nizhegorodskaya region, Russia 607188
e-mail: staff@vniief.ru

Abstract – The purposes and tasks of the strategic development plan of NRNU MEPhI concerning formation of an educational and scientific complex for high-quality training of specialists for a nuclear and weapon and nuclear and power complex of the Russian Federation and for other main areas of equipment and technologies are given in article. It is reached by deep integration of involved branches of science and educations on the example of integration of NRNU MEPhI and the federal nuclear centers. The result of such integration is creation of the scientific educational centers (SEC).

Descriptions of the main test facilities and measuring techniques of the research center are provided in the article. Characteristics of materials which can be defined by each installation are called. A number of the experimental results is given to show the experimental capacity of the center.

Keywords: educational and scientific complex, weapon complex, nuclear complex, scientific educational center, constructional materials, test machine, chart tension – deformation, speed measurement of sample deformation, generator of a flat shock wave, optical metallography, X-ray diffraction analysis, microhardness measurement, NRNU MEPhI, Sarov Physics and Engineering Institute, Russian federal nuclear center.

ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

УДК 621.311.25:621.039

РАСЧЕТ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ЭЛЕКТРОПРИВОДНОЙ
АРМАТУРЫ ПО СИГНАЛАМ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

© 2014 г. П.В. Синельщиков, Р.Г. Бабенко

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

В статье показаны этапы расчета крутящего момента электроприводной арматуры по сигналам тока и напряжения. Приведено сравнение с существующим подходом на АЭС.

Ключевые слова: настройка электроприводной арматура, расчет крутящего момента, непрерывное вейвлет-преобразование.

Поступила в редакцию 16.11.2014 г.

Поддержание проектного уровня эксплуатационной надежности технологического оборудования атомной электростанции (АЭС), максимальное использование его рабочего ресурса и сведение к минимуму аварийных отказов связаны с необходимостью поддержания работоспособного состояния электроприводной арматуры (ЭПА).

Согласно статистике отказов ЭПА Ростовской АЭС, Нововоронежской АЭС и Балаковской АЭС больше половины всех неисправностей связаны с неправильной настройкой концевых выключателей, для калибровки которых необходимо проводить измерение крутящего момента электропривода.

Неправильная настройка моментных (концевых) выключателей приводит к избыточному или недостаточному давлению на запорный орган электроприводной арматуры, что в свою очередь может привести к обрыву штока или пропуску среды.

Существующие подходы для регистрации крутящего момента предполагают установку на электропривод дополнительного измерительного устройства, что требует проведения сложных операций по разборке и сборке самого механизма. На рисунке 1 показаны устройства для проведения измерения крутящего момента электропривода ЭПА.



а)



б)

Рис. 1. – Устройство измерения крутящего момента: а) «Медведь-07»; б) «Медведь-10»

Другим подходом является получение крутящего момента расчетным путем. В ГОСТе 7217-87 изложен «метод отдельных потерь», согласно которому, крутящий

момент в Н·м вычисляют по формуле:

$$M = 9550 \frac{P_2}{n} \quad (1)$$

где P_2 – мощность, отдаваемая валом двигателя, кВт;

n – частота вращения вала, мин⁻¹.

Отдаваемую мощность P_2 определяют как разность между подводимой активной мощностью P_1 и суммой всех потерь $\sum P$: $P_2 = P_1 - \sum P$.

Сумма потерь мощности определяется:

$$\sum P = P_{M1} + P_{CT} + P_{MECH} + P_{M2} + P_{ДОБ}$$

где P_{M1} – потери в обмотке статора, кВт;

P_{CT} , P_{MECH} – потери в стали и механические, кВт, определенные из опыта холостого хода;

P_{M2} – потери в контурах ротора, кВт;

$P_{ДОБ}$ – добавочные потери, кВт.

Таким образом, для расчета крутящего момента необходимо получить аддитивную смесь всех потерь при работе электропривода, а так же получить мгновенную скорость вращения вала электропривода.

В работе [1] был предложен метод, основанный на использовании непрерывного вейвлет-преобразования, который позволяет анализировать изменения частотных составляющих сигнала во времени. После выбора для каждого электропривода границ частотных диапазонов, и проведя фильтрацию путем обнуления коэффициентов в вейвлет-спектре, получим мощность, отдаваемую валом двигателя (P_2).

Для получения мгновенной скорости вращения, воспользуемся алгоритмом построения огибающей токового сигнала электроприводной арматуры [2]. Для частотных полос 1 или 2 (рисунок 2), найдем время контакта между зубьями червячного колеса и червяка или зубьями шестерен. Полученный результат представлен на рисунке 3. Зная количество зубьев передачи, можно рассчитать мгновенную скорость вращения n .

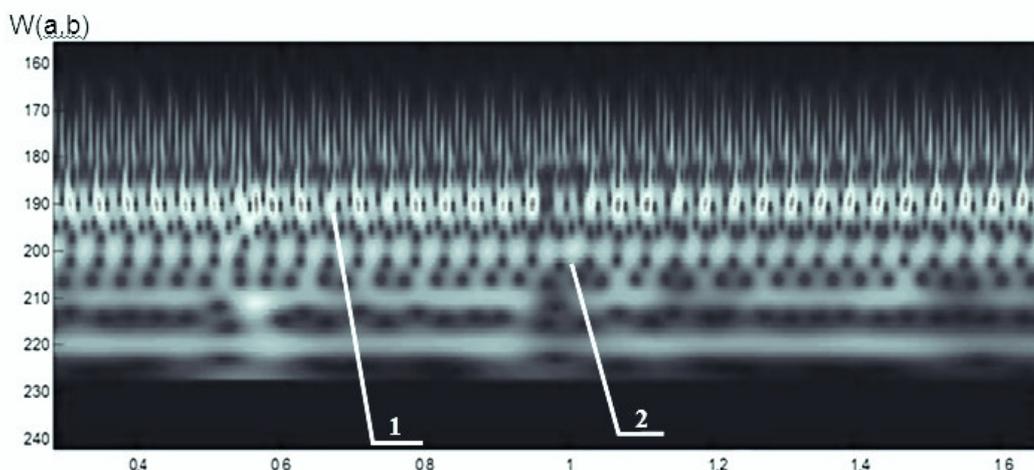


Рис. 2. – Вейвлет-спектр токового сигнала без сетевой составляющей
1 – контакт зубьев червячного колеса; 2 – контакт зубьев шестерни зубчатого колеса

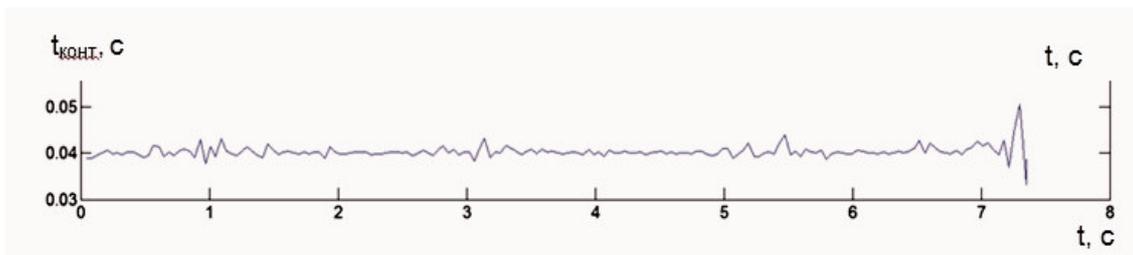


Рис. 3. – Время между контактами зубьев червячного колеса и червяка

Для оценки точности крутящего момента, полученного расчетным путем, была выполнена регистрация сигналов тока, напряжения и крутящего момента электропривода ПВ-02У2. Запись велась с использованием «Медведь-10». Полученный сигнал крутящего момента, при выполнении операции «закрытие», показан на рисунке 4.

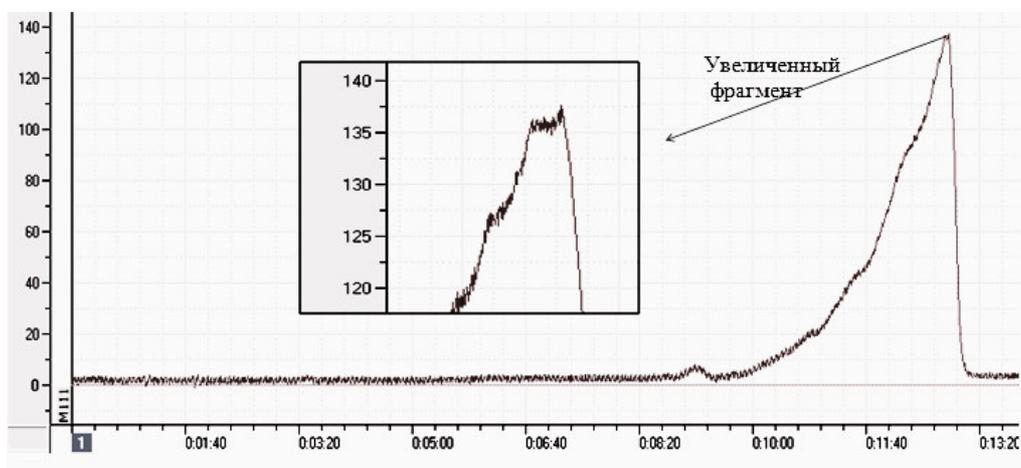


Рис. 4. – Крутящий момент, регистрация выполнена на измерительном стенде «Медведь-10» (Экранная форма программы PowerGraph, по осям: абсцисс – t , с, ординат – M , Н·м)

Подставляя в формулу (1) полученные значения P_2 и n получим крутящий момент электропривода ЭПА в процессе выполнения технологической операции «закрытие» (рисунок 5).

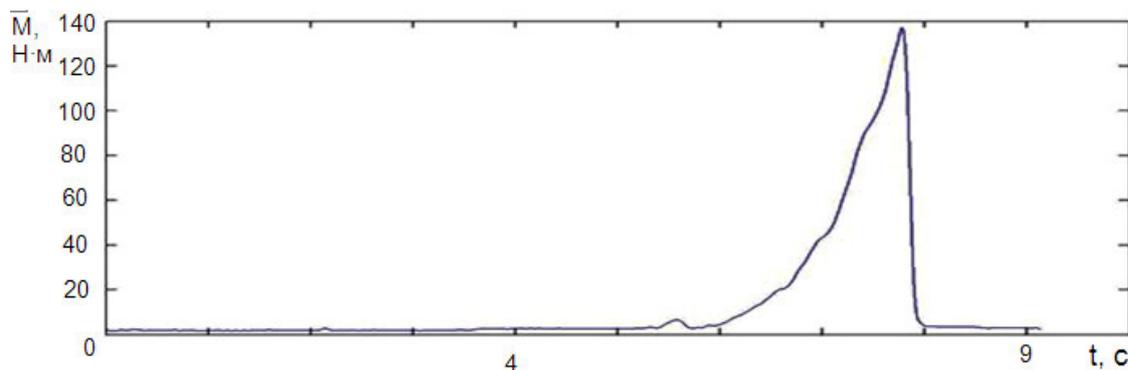


Рис. 5. – График изменения крутящего момента, полученный расчетным путем

Разница между максимальными значениями крутящего момента, полученными на стенде (137,63) и расчетным путем (137,07), незначительна. Следует отметить, что сигнал, показанный на рисунке 4, имеет дополнительную шумовую компоненту, что хорошо видно на увеличенном фрагменте.

Проведенные исследования показали, что за счет разложения токового сигнала по вейвлет-базису, возможно получить изменение мгновенной скорости выходного вала электропривода, а путем выбора определенных фильтров для частотных составляющих в вейвлет-спектре, возможно учесть электромеханические потери.

Использование предлагаемого подхода позволит существенно снизить затраты, так как при настройке не нужно снимать привод и проводить его настройку на стенде. Упростится процедура контроля крутящего момента для ЭПА, находящихся в труднодоступных местах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синельщиков, П.В. Анализ изменения частотных составляющих токового сигнала электроприводной арматуры методом непрерывного вейвлет преобразования. Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики [Текст] / П.В. Синельщиков: Материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 29 сент. 2008 г. / Юж.-Рос. Гос. Техн. Ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2008. – 67 с.
2. Синельщиков, П.В. и др. Алгоритм построения огибающей токового сигнала электроприводной арматуры / П.В. Синельщиков, А.В. Чернов, В.Н. Никифоров// Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики [Текст]: Материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 28 сент. 2007 г. / Юж.-Рос. гос. техн. Ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2007. – С. 83–88.

The Calculation of the Motorized Fittings Torque by Current and Voltage Signals

P.V. Sinelshchikov, R.G. Babenko

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

Abstract – The steps of calculating of motorized fittings torque by the current and voltage signals are shown in the article. The comparison with the existing approach used in nuclear power plants is given.

Keywords: motorized fittings setting, torque calculation, the continuous wavelet transformation.

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

УДК 621.311.25:621.039

**АНАЛИЗ ПРИЧИН ЗАКЛИНИВАНИЯ И ОБРЫВОВ ШТОКОВ
ТРУБОПРОВОДНОЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДНОЙ АРМАТУРЫ**

**© 2014 г. И.С. Подрезова, Л.В. Шутова, Ю.Е. Ульянова,
О.Ю. Пугачева, Ю.Н. Елжов**

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

В статье представлен анализ причин заклинивания и обрывов штоков трубопроводной электроприводной арматуры, которые могут привести к отказам задвижек, эксплуатируемых в составе ответственных технологических систем предприятий атомной отрасли.

Дополнительным фактором, способствующим разрушению штока является невыполнение муфтой ограничения крутящего момента своих функций и усталостных трещин в узле крепления затвора. Планирование мероприятий по исключению обрывов и заклиниванию штоков предполагает предотвращение термоопрессовки, организацию байпасов, настройку муфт ограничения крутящего момента, организация работ по настройке привода арматуры с помощью специализированного стенда.

При эксплуатации арматуры целесообразно организовать сбор статистической информации об отказах и дефектах арматуры для определения показателей ее надежности, ремонтпригодности и восстанавливаемости с целью выработки и обоснования приоритетов в планировании и проведении мероприятий по повышению надежности арматуры.

Ключевые слова: отказ ответственной арматуры, заклинивание запорного органа, обрыв штока, термоопрессовка, усталостные трещины, ремонт задвижки, монтаж обводной линии (байпас), разгрузка, настройка муфты ограничения крутящего момента, проверка работоспособности.

Поступила в редакцию 22.11.2014 г.

Анализ результатов проведенных исследований по фактам отказа ответственной электроприводной арматуры позволил установить, что место и характер обрывов штоков электроприводной арматуры во всех случаях одинаковы – разрушение крепления штока к затвору усилием, превышающим допустимые нагрузки на детали узла крепления. Обрыв штоков арматуры обычно происходил при попытке открыть задвижку дистанционно с помощью электропривода с пульта управления в процессе разогрева трубопровода после плановых остановов на ремонт оборудования.

Все обрывы связаны с заклиниванием запорного органа в корпусе арматуры. На основании анализа организационно-распорядительных и отчетных документов, сопровождавших эти события, можно сделать выводы об основных причинах заклинивания запорных органов:

– термоопрессовка внутренней полости корпуса задвижки – возрастание давления в корпусе задвижки при ее быстром прогреве в закрытом положении, приводящее к заклиниванию запорного органа и чрезмерному усилию при его открытии. Причина – в наличии воды во внутренних полостях задвижки, оставшейся после гидроиспытаний. Быстрый нагрев воды в замкнутой полости резко повышает давление и приводит к расклиниванию затвора;

– «переобжатие» (перезатяг) арматуры – закрытие задвижки усилием, существенно превышающим усилие, достаточное для обеспечения ее герметичности. Это может вызвать появление пластических деформаций, т.е. разрушение деталей задвижки. Перезатяг может быть обусловлен неправильной установкой концевых выключателей или настройкой муфты ограничения крутящего момента, не соответствующей перепаду давления рабочей среды в реальных условиях эксплуатации;

– неравномерный разогрев седла и клина при высокой скорости разогрева трубопровода;

– силовое воздействие рабочей среды на детали затвора при открытии.

Само по себе заклинивание запорного органа не является достаточным условием его разрушения. Дополнительными факторами, способствующими разрушению, являются:

– невыполнение муфтой ограничения крутящего момента своих функций (как результат конструктивных недостатков или неправильной настройки);

– усталостные трещины в узле крепления затвора.

При расследовании случаев отказа электроприводной арматуры установлено, что фактором, приведшим к повреждению байонетных соединений шпинделя с обоймой клиньев при эксплуатации задвижек типа 895-400ГА, явились конструктивные особенности электропривода задвижек. Устройство механизма блока моментных выключателей этого электропривода (тип «Д» Б099.91-06 производства ЗАО «Тулаэлектропривод») таково, что муфта занимает рабочее положение (взводится) в течение примерно 20 секунд после команды на открытие запорного органа. В течение этого времени муфта не выполняет своих функций по отключению привода, который развивает в этот промежуток времени максимальный момент, достаточный для среза металла в узле крепления запорного органа.

Другим фактором, приводящим к обрывам запорного органа, является усталостные трещины в металле. Так по результатам расследования в нарушении работы задвижек констатируется следующий факт: «..произошел вырыв металла из клыков обоймы, которому предшествовало образование усталостных трещин в теле обоймы». Усталостные трещины образовались в результате повторно-переменных напряжений, причиной которых явилась «...вибрация обоймы клина в потоке рабочей среды во время нормальной эксплуатации». В этом же документе констатируется: «Требования к проведению дефектации узлов и деталей задвижки при ремонте со вскрытием корпуса, изложенные в разделе 7 технологического процесса на ремонт задвижек типоразмера 895-400ГА, предусматривают визуальный осмотр наружных и внутренних поверхностей деталей на предмет выявления возможных дефектов, а также измерительный контроль глубины коррозионных и иных повреждений, проверку правильности геометрических форм деталей и отсутствия их износа. В технологических процессах отсутствуют требования по инструментальному контролю металла замкового узла обоймы клина паровой задвижки».

Таким образом, планирование мероприятий по исключению обрывов штоков задвижек должно проводиться по двум направлениям:

– исключение заклинивания затвора в закрытом положении;

– исключение обрывов штоков в случае заклинивания затвора.

В результате анализа организационно-распорядительных документов по событиям, связанным с обрывами штоков, можно сделать вывод, что одной из основных причин заклинивания затвора в закрытом положении является термоопрессовка. При быстром разогреве оставшаяся внутри арматуры вода при условии двухсторонней плотности затвора вызывает резкое повышение внутреннего

давления, что приводит к расклиниванию запорного органа. Дополнительными факторами, способствующими заклиниванию, являются:

- разная скорость разогрева деталей затвора (клина и седла), приводящая к температурным деформациям;
- большой перепад давления на закрытом затворе из-за одностороннего воздействия рабочей среды.

Следовательно мерами предотвращения термопрессовки должны быть мероприятия по предотвращению повышения давления во внутренней полости задвижки и выравниванию температурных нагрузок на детали затвора в процессе разогрева.

Согласно техническим решениям в этом направлении на предприятиях, эксплуатирующих в важных для безопасности системах задвижки, были проведены следующие технические мероприятия:

- разгрузка корпусов арматуры от термопрессовки методом байпасирования – монтажа обводной линии (рисунок 1). При этом в процессе прогрева вентиль со стороны подвода среды должен быть открыт, а с другой стороны закрыт, благодаря чему давление во внутренней полости задвижки уравнивается с давлением с напорной стороны;

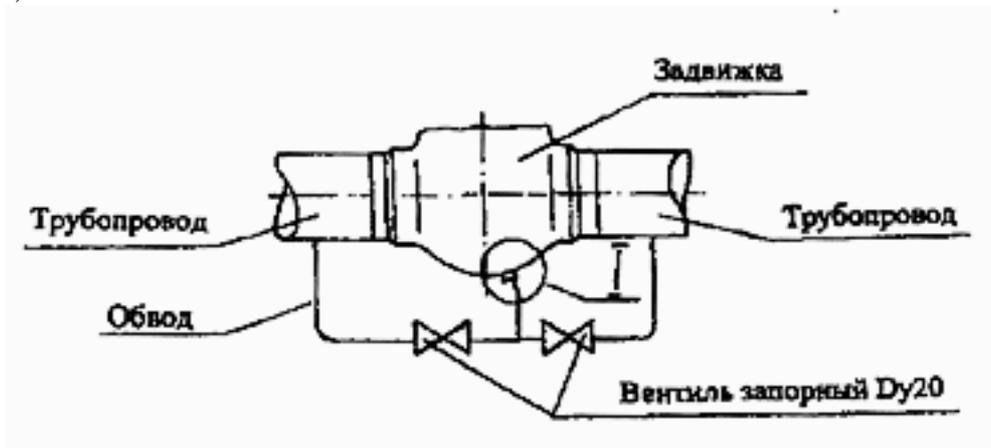


Рис. 1. – Схема разгрузки способом монтажа обводной линии (байпаса)

- разгрузка корпусов арматуры от термопрессовки методом сверления отверстия $\text{Ø}5$ мм в тарелке затвора со стороны подвода среды (рисунок 2). Наряду с выравниванием давления во внутренней полости задвижки это способствует и выравниванию температур, снижая температурные деформации в затворе;

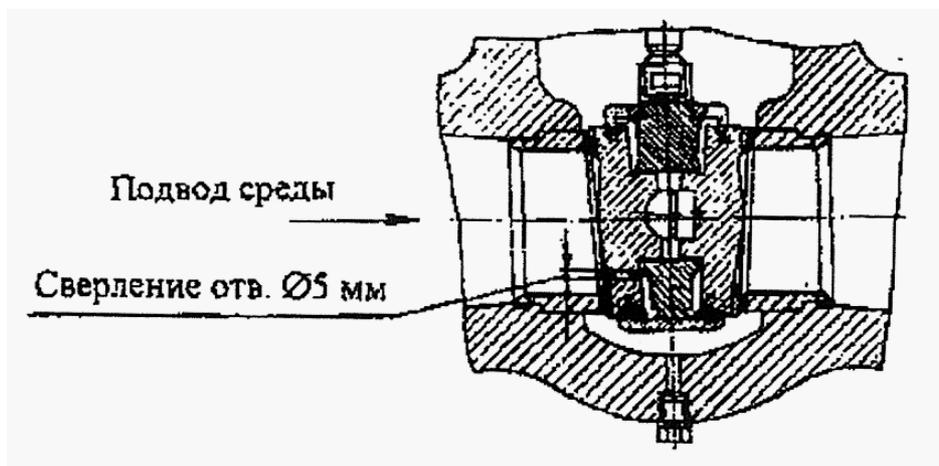


Рис. 2. – Схема разгрузки способом сверления отверстия в тарелке

Разновидностью данного метода разгрузки от термоопрессовки является врезка в тарелку затвора со стороны подвода среды обратного клапана в виде шарика с пружинной мембраной (рисунок 3). Данная конструкция была предложена и опробована и, в дальнейшем, рекомендована ЗАО «Энергомаш (Чехов) – ЧЗЭМ» для модернизации задвижек на АЭС.

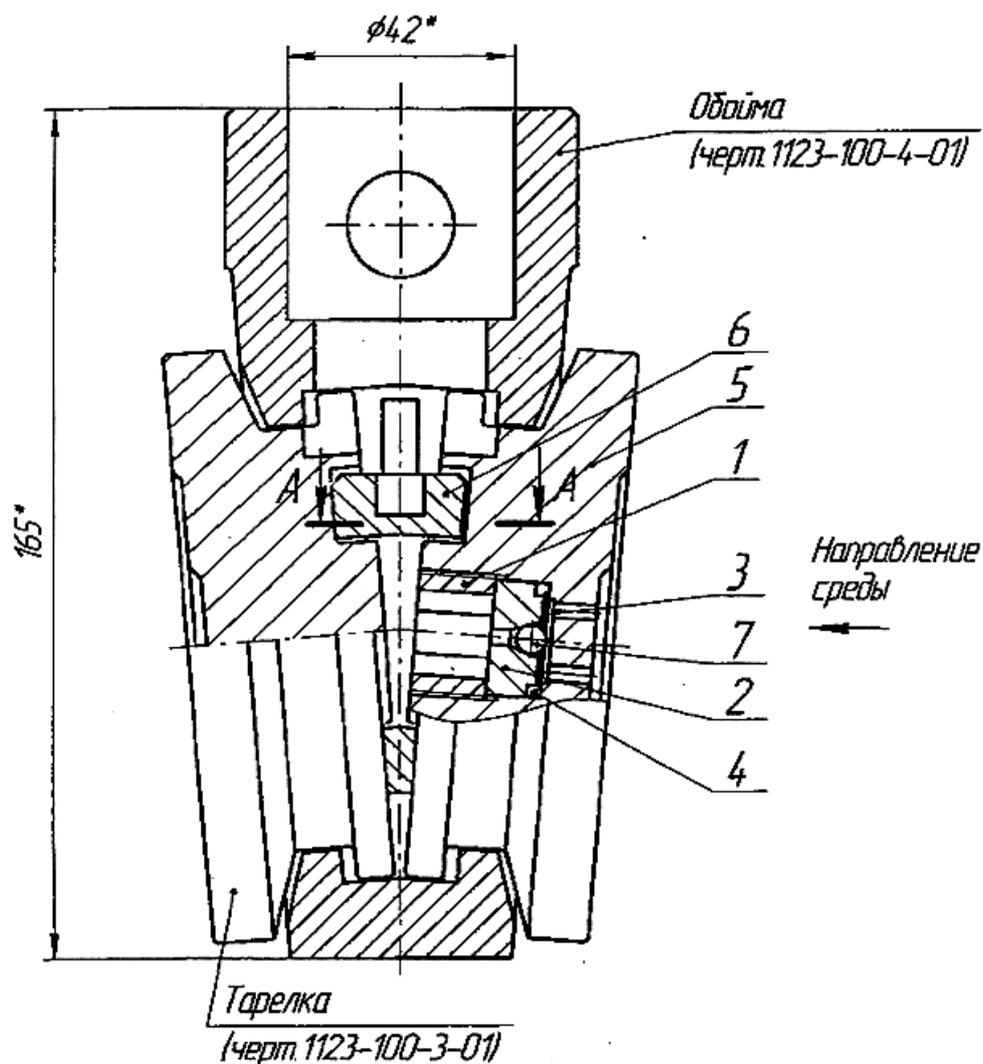


Рис. 3. – Схема разгрузки способом установки обратного клапана

Наряду с внесением изменений в конструкцию арматуры, для защиты от термоопрессовки используются организационно-технические мероприятия:

- дренирование корпусов арматуры после гидроиспытаний;
- предварительный подрыв арматуры вручную перед открытием ее от электропривода;
- ручной подрыв арматуры при разогреве трубопроводов через каждые 30°C.

Так, в соответствии с перечнем регламентных работ, выполняемых при пусках энергоблоков, и бланками переключений производится открытие на часть хода электроприводной арматуры, а также отжатие задвижек до лёгкого хода через каждые 30°C повышения температуры трубопроводов.

Другой существенной причиной заклинивания запорного органа является эксплуатация задвижки с неправильно настроенной муфтой ограничения предельного момента (токового реле или концевых выключателей). Величина устанавливаемого

предельного момента на закрытие зависит от перепада давления рабочей среды до и после задвижки в закрытом положении. «Переобжатие» может иметь место, если задвижка эксплуатируется при перепадах давления меньше расчетных. В частности, по сложившейся практике проверка срабатывания муфт ограничения предельного момента электропривода в сборе с задвижкой проводится на «пустом трубопроводе», то есть, при нулевом перепаде. Это приводит к существенному превышению допустимого усилия затяга, что, в свою очередь, способствует появлению пластических деформаций в деталях кинематической цепи «выходной вал электропривода – пара трения тарелка-седло», и как следствие – к поломке или, как минимум, снижению ресурса задвижки.

Данная проблема усугубляется тем фактом, что в технической документации на электроприводную арматуру зачастую отсутствуют настроечные значения для срабатывания муфты ограничения предельного момента. Так, в документе в качестве одной из причин, способствовавших нарушению (разрушению замкового узла обоймы клина), указывается, что «...в заводской и технологической ремонтной документации по ТОиР задвижек отсутствуют сведения о значениях максимальных моментов. Например, в техническом паспорте задвижки черт.895-400ГА указан только номинальный крутящий момент для данной арматуры – 250 кгс·м».

В качестве мер, используемых в настоящее время на предприятиях для исключения «переобжатия», можно отметить следующие:

- выполнение настройки концевых выключателей и муфт электроприводов арматуры на стенде с привлечением специализированных организаций;
- настройка муфт электроприводов арматуры «без дожатия».

Для исключения «переобжатия» могут быть рекомендованы также следующие дополнительные меры:

- в технической документации на электропривод должен быть приведен график зависимости настройки муфты ограничения крутящего момента (при открытии и закрытии) от величины перепада давления в задвижке, а также график зависимости величины прилагаемого усилия на рукоятке ручного дублера от величины перепада давления в задвижке;

- для проверки работоспособности задвижки без среды в конструкторских документах необходимо указывать соответствующие этому значения настройки муфты ограничения крутящего момента при открытии и закрытии.

Как сказано выше, непосредственной причиной разрушения деталей запорных органов задвижек является возникновение усталостных трещин в металле. Фрактографический анализ одной из разрушенных обойм ЭПА показал, что площадь усталостных трещин составляла около 95 % всей поверхности излома на захватах. При этом загрязненность металла обоймы неметаллическими включениями не превышала установленных требований, химический состав и свойства металла обоймы соответствуют требованиям для стали Ст20 ГОСТ 1050, размер зерен металла также соответствует требованиям. Установлено, что образование усталостных трещин произошло вследствие появления в металле надрывов и микротрещин. Трещины носят многоочаговый характер. Развитие их происходило по механизму циклической усталости под воздействием нормальных повторно-переменных напряжений, причиной которых явилась вибрация обоймы клина в потоке рабочей среды во время нормальной эксплуатации задвижки (в открытом положении).

Обобщая вышеизложенное, для обеспечения безотказной работы электроприводной арматуры, рекомендуется выполнить следующие организационно-технические мероприятия:

- разработать и внедрить стенды для обкатки электроприводов арматуры после ремонта и проверки правильности настройки муфты ограничения крутящего момента

или токового реле при входном контроле и после ремонт;

– обеспечить неснижаемый запас отремонтированных и откалиброванных электроприводов арматуры в соответствии с утверждённым перечнем в количестве не менее двух электроприводов каждого типоразмера;

– осуществлять оценку технического состояния до выхода в ремонт и после ремонта каждой единицы электроприводной арматуры, а также настройку электропривода;

– организовать сбор статистической информации об отказах и дефектах арматуры для определения фактических величин показателей ее надёжности, в том числе показателей ремонтпригодности и восстанавливаемости, с целью выработки обоснованных приоритетов в планировании и проведении мероприятий по повышению надёжности арматуры и выбора изготовителя арматуры при покупке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Какузин, В.Б. и др. Проблемы настройки электроприводов задвижек [Текст] / В.Б. Какузин, Н.Г. Филиппов // АС. – 2008. – №4(55).
2. МТ1.2.3.02.999.0085-2010 «Диагностирование трубопроводной электропроводной арматуры. Методика» [Текст]. – [Б.м., б.г.].
3. РД ЭО 1.1.2.01.769-2008. Организация ремонта оборудования атомных станций по техническому состоянию. Основные положения [Текст]. – [Б.м., б.г.].
4. ЭМТД 66-069-2014. Методические рекомендации «Определение и обеспечение работоспособного технического состояния электроприводной арматуры. Технические предложения по модернизации и замене устаревших электроприводов [Текст]. – [Б.м.], 2014.

Analysis of the Reasons of Jamming and Rods Breaking of Pipeline Motorized Fittings

I.S. Podrezova, L.V. Shutova, Yu.E. Ulyanova, O.Yu. Pugacheva, Yu.N. Elzhov

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

Abstract – The analysis of the reasons of jamming and rods breaking of pipeline motorized fittings, which can lead to valves refusals operated as a part of responsible technological systems of the nuclear branch enterprises is presented in article.

The clutch failure to function of the torque restriction and fatigue cracks in the valve attachment is the additional factor promoting collapse of a rod. Planning of actions for an exception of breaking and rods jamming assumes prevention of thermopressure testing, the organization of bypass, clutches control of torque restriction, the organization of works on control of a drive gear of fittings by means of the specialized stand of lock fastening.

During fittings operation of the fittings it is expedient to collect statistical information about the failures and defects of the fittings for determining of its reliability, maintainability and restorability to develop and justify priorities in the planning and carrying out actions to improve the reliability of the fittings.

Keywords: main fitting refusal, rod jamming, rod breaking, thermopressure, fatigue cracks, repair valves, installation of the bypass line (bypass), unloading, setting a torque limiting clutch, function check.

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

УДК 621.86

**ОЦЕНКА СКОЛЬЖЕНИЯ ХОДОВОЙ ЧАСТИ
МОСТОВЫХ КРАНОВ КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ**

© 2014 г. Ю.И. Пимшин, В.А. Наугольников

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

В работе определены геометрические параметры ходовой части крана, в том числе параметры ходовых колес, параметры установки колес в системе балансиров: радиусы, диаметры и углы перекоса при установке колёс в ходовой части. В качестве основных критериев, определяющих качество геометрии колес и ходовой части в целом, приняты поперечное и продольное скольжение колес и параметры курсовой устойчивости крана.

Ключевые слова: рельсовый путь, мостовой кран кругового действия, ходовая часть, электронный тахеометр.

Поступила в редакцию 29.11.2014 г.

Вопросы технической диагностики мостовых кранов кругового действия рассматривались в некоторых работах [1,2].

На протяжении длительного времени на Ростовской и Балаковской АЭС коллективом сотрудников под руководством профессора Ю.И. Пимшина выполнялись циклы работ по технической диагностике специальных мостовых электрических кранов кругового действия (полярных кранов). На основе накопленных экспериментальных данных и выполненных теоретических работ были созданы и запатентованы способы диагностики геометрических параметров ходовой части мостовых кранов [3-5].

При контроле геометрических параметров ходовой части мостового крана, изготовленного заводом ОАО «Балткран» г. Калининград, были выполнены работы по определению геометрических параметров колес, углы перекоса радиусов и диаметров их установки в ходовой системе крана, параметры их взаимного положения и параметры устойчивости колес на подкрановом пути, рисунок 1. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Теоретические геометрические параметры колеса

$d_{\text{внеш}}$	$d_{\text{внутр}}$	$d_{\text{к}}$	$R_{\text{вн}}$	$H_{\text{к}}$	β	$R_{\text{п/п}}$	$d_{\text{п/п}}$
745,2	738,0	210	21395	21391,82	59'17,63"	21500	140

Скольжение – непрерывный процесс взаимодействия колеса и рельса, при котором длина пройденного пути, отсчитанная по головке рельса, не равна длине пути, отсчитанного по образующей колеса. Проскальзывание – процесс мгновенного изменения взаимного положения колеса и рельса с разгрузкой накопленных напряжений в металлоконструкциях крана. При этом скольжение может происходить как в продольном направлении (совпадающем с направлением движения) так и в поперечном направлении (перпендикулярном направлению движения), для кранов кругового действия в радиальном направлении. Проскальзывание реализуется

исключительно в поперечном направлении. Следствием скольжений и проскальзывания является срабатывание головки рельса с одной стороны и потерей курсовой устойчивости при движении крана.

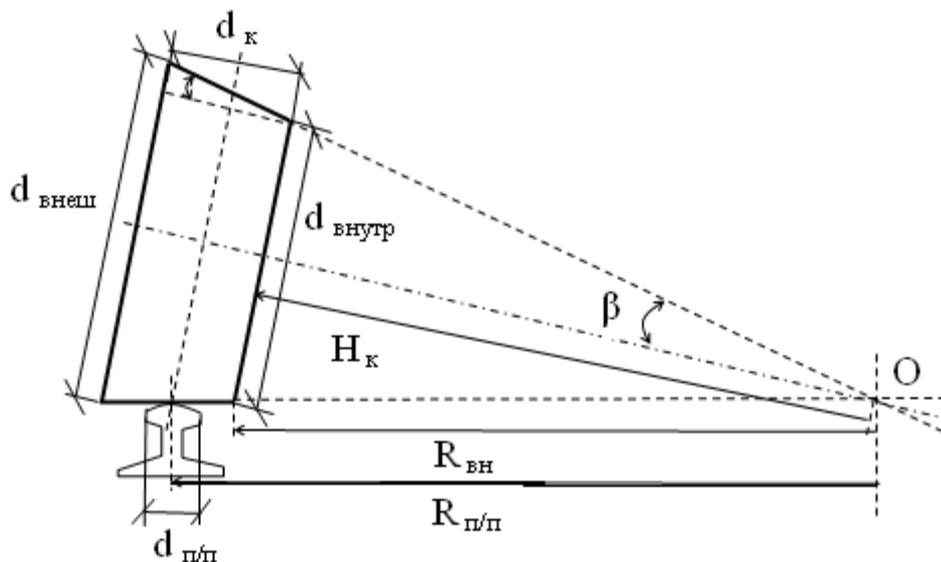


Рис. 1. – Схема теоретических геометрических параметров колеса

Данные параметры являются основными эксплуатационными характеристиками, которые должны быть нормированы и в абсолютном отношении должны быть минимальны.

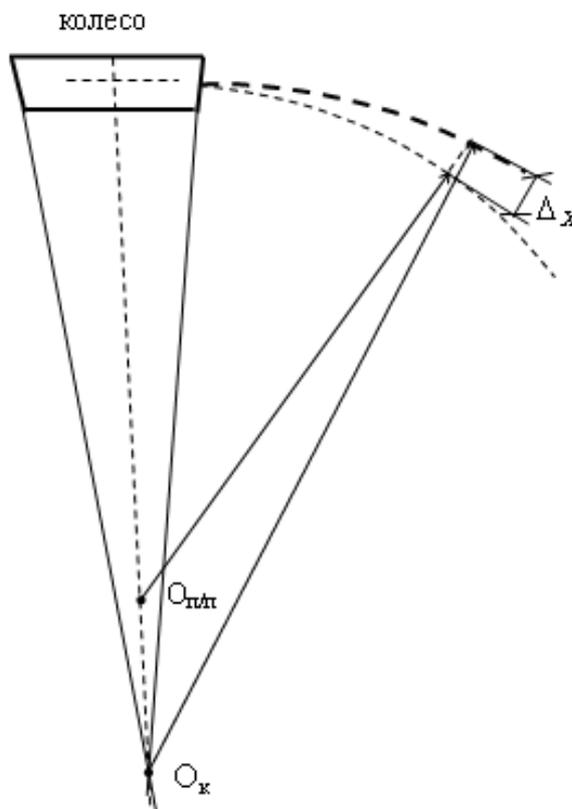


Рис. 2. – Схема взаимного расположения окружности подкранового пути и окружности теоретического катания колеса

При движении крана в случае, когда $R_{п/п}$ не равен R_k , тогда колесо стремится двигаться по своей окружности, соответствующей его геометрическим параметрам. Однако, находясь в ходовой системе колес крана оно, остается на окружности подкранового пути. Таким образом, происходит постоянное скольжение колеса в радиальном направлении на величину Δ_x при прокатывании колеса на каждом полном обороте C_k :

$$\Delta_x = \left[R_{п/п}^2 + 4 \cdot \sin^2 \left(\frac{r_k \cdot \pi}{R_k} \right) \cdot (R_k^2 - R_k \cdot R_{п/п}) \right]^{1/2} - R_{п/п}; \quad (1)$$

Коэффициент относительного поперечного скольжения вычисляется по формуле:

$$K_{\Delta_x} = \frac{\Delta_x}{C_k}. \quad (2)$$

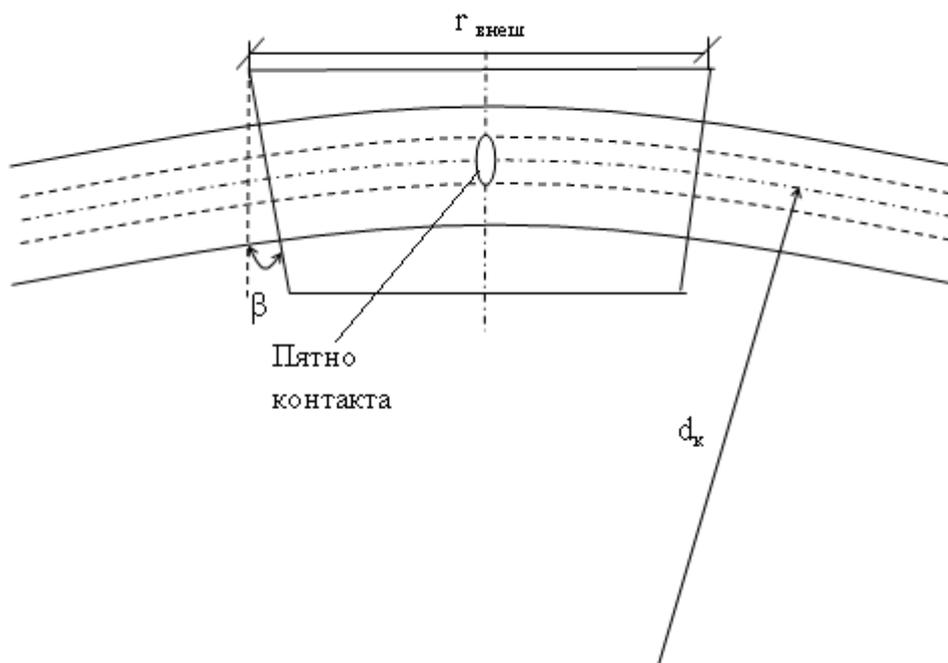


Рис. 3. – Схема расположения колеса на рельсе

При установке колеса на рельс в зоне их соприкосновения формируется так называемое «пятно контакта», форма которого зависит от формы образующей колеса и формы верхней поверхности головки рельса. При этом если рельс в плане имеет радиальную форму, то при качении колеса по этому рельсу в пятне контакта реализуется процесс продольного скольжения Δ_c . Если колесо коническое и $R_{п/п} = R$ (катания колеса) то $\Delta_c = 0$. В любом другом случае в пятне контакта реализуется процесс продольного скольжения, параметр которого определяется по формуле:

$$\Delta_c = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_{\text{внеш}}}{2} - d_i \right) \cdot \left(\frac{d_{\text{внеш}}}{R_k} - \frac{\frac{d_{\text{внеш}}}{2} + R_k}{R_k} \cdot \text{tg}(\beta) \right). \quad (3)$$

Коэффициент относительного продольного скольжения вычисляется по формуле:

$$K_{\Delta_c} = \frac{\Delta_c}{C_k}. \quad (4)$$

Вычисленные значения продольного и поперечного скольжения представлены в

таблице 1.

Важнейшими характеристиками геометрических параметров ходовой части крана являются параметры взаимного расположения ходовых колес в малых балансирах. Взаимное расположение колес определяет движение крана по окружности, рисунок 4.

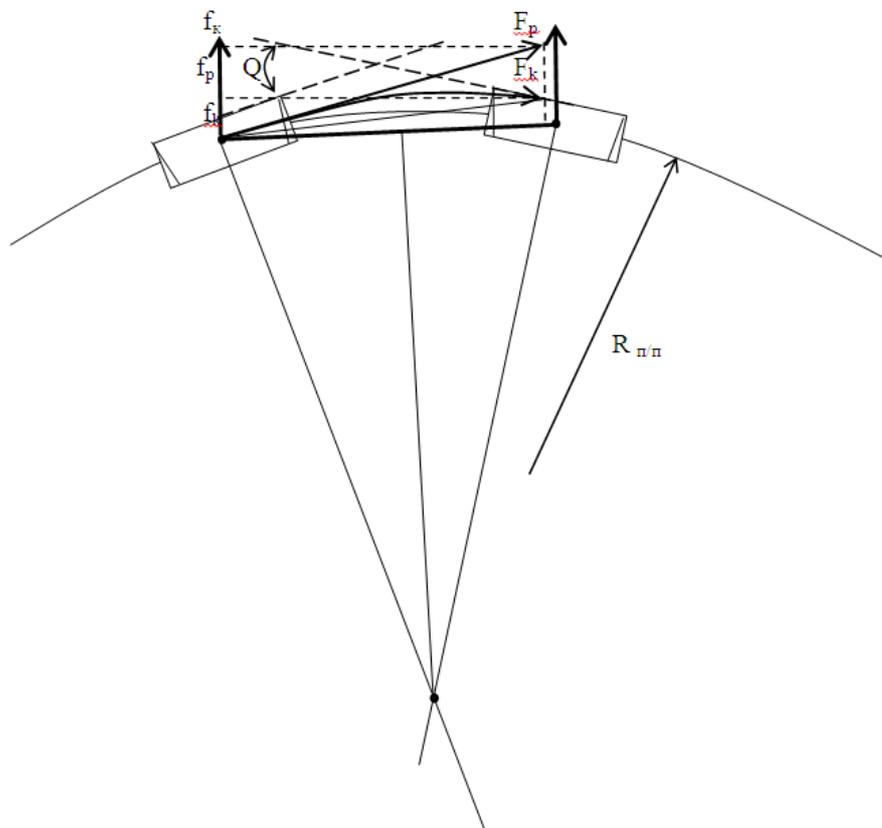


Рис. 4. – Схема взаимного положения ходовых колес в малых балансирах

Вопросы технической диагностики и курсовой устойчивости с цилиндрическими и коническими колёсами рассматривались в работах [6-10].

Если в ходовой части крана используются конические колеса с радиусом качения, соответствующем радиусу подкранового пути, и вершины конусов этих колес совмещены в едином центре, то тогда силы взаимного влияния колес равны нулю $f_k=0$. Кран, без возникновения усилий в малых балансирах движется по расчетной окружности с радиусом, равном $R_{n/n}$. В любом другом случае, например, когда радиусы конических колес не равны расчетному $R_{n/n}$ или их вершины не совмещены в едином центре, в малых балансирах возникают силы f_k взаимного влияния колес, которые характеризуют условия движения по окружности (R_i не равно $R_{n/n}$), геометрические параметры которой определяются величинами данных сил.

Не рассматривая теоретические основы данных положений детально, отметим то, что в конечном итоге любую пару колес объединенных в малых балансирах можно заменить виртуальным коническим колесом. Параметры данного колеса аналогичны параметрам реальных цилиндрических колес при одном исключении, заключающемся в том, что для виртуального колеса отсутствует понятие продольного скольжения. Виртуальное колесо формирует лишь поперечное скольжение в ходовой системе крана.

Таблица 1. – Геометрические параметры колес крана*

№ п/п	Диаметры		Радиус катания мм	Поперечное скольжение			Продольное скольжение		
	Внутр. мм	Внешн. мм		один оборот мм	коэф. относ. скольж.	скольж. на полном круге мм	один оборот мм	коэф. относ. скольж.	скольж. на полном круге мм
K1	736,9985	744,5801	20518,91	-1,46831	-0,00063	-85,2296	-0,0256	-3,9E-07	-0,05268
K2	738,2829	745,5847	21338,02	3,603726	0,001546	208,8599	0,104711	1,54E-06	0,207388
K3	738,2829	745,154	22668,75	11,06171	0,004747	641,286	0,296302	4,09E-06	0,552963
K4	738,5684	745,4411	22672,59	11,09053	0,004758	642,7084	0,296938	4,1E-06	0,554053
K5	737,7119	744,867	21756,48	6,039012	0,002593	350,3051	0,167367	2,41E-06	0,325221
K6	737,4265	745,4411	19427,11	-8,89377	-0,00382	-515,801	-0,21632	-3,5E-06	-0,46979
K7	736,9985	744,867	19774,46	-6,43454	-0,00276	-373,428	-0,15326	-2,4E-06	-0,32711
K8	737,9973	745,7282	20151,74	-3,8818	-0,00167	-224,998	-0,08749	-1,4E-06	-0,18331
K9	737,4265	745,2976	19779,48	-6,40716	-0,00275	-371,624	-0,15246	-2,4E-06	-0,3253
K10	738,2829	744,867	23652,33	16,02935	0,00688	929,4572	0,423996	5,62E-06	0,758876
K11	737,9973	744,867	22664,91	11,03293	0,004737	639,8644	0,295668	4,09E-06	0,551874
K12	737,8546	745,4411	20529,35	-1,40453	-0,0006	-81,4335	-0,0239	-3,6E-07	-0,04917
K13	737,4265	745,2976	19779,48	-6,40716	-0,00275	-371,624	-0,15246	-2,4E-06	-0,3253
K14	736,7132	744,867	19079,01	-11,4193	-0,00491	-662,849	-0,28146	-4,6E-06	-0,62221
K15	737,4265	745,2976	19779,48	-6,40716	-0,00275	-371,624	-0,15246	-2,4E-06	-0,3253
K16	737,4265	745,7282	18758,81	-13,8695	-0,00595	-804,214	-0,34407	-5,7E-06	-0,77332
Ср.	737,6763	745,2079	20673,28	-0,48468	-0,00021	-28,1092	-0,00028	-4,2E-09	-0,00057
Проект.	737,5	745,0	20645	-0,6639	-0,00029	-38,5128	0,012977	1,97E-07	0,02655

* Примечание: ошибка определения радиусов (внешнего $r_{\text{внеш}}$ и внутреннего $r_{\text{внутр}}$) колеса равна величине $m_{\text{колеса}} = \pm 0,25$ мм

Натурные измерения были выполнены на кране, изготовленном заводом ОАО «Балткран» г. Калининград.

Геометрические параметры виртуальных колес приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Геометрические параметры малых балансиров

№ п/п	Угол взаимного разворота колес в малом балансире (практич.) "	Угол взаимного разворота (теор.) "	Пр.-теор. "	Хорды м	Радиус качения виртуального колеса образованного парой колес в малых балансирах м	Поперечное скольжение, на один оборот колеса мм	Коэф. относ. скольж	Скольж. на полном обороте крана мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
k1								
k2	11999,7	11978,5411	21,1210851	1,19876	20,71367	1,135588	0,000302	39,24421
				0,999475				
k3								
k4	11722,7	11536,3013	186,407979	1,196456	21,15989	8,302708	0,002209	293,6746
				3,96559				
k5								
k6	11956,5	11490,3256	466,192075	1,191689	20,6601	0,247419	6,61E-05	8,578936
				1,007974				

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
k7								
k8	12171,5	11515,8066	655,674386	1,194331	20,34776	-4,96725	-0,00132	-169,254
k9								
k10	11257,2	11566,5274	-309,36681	1,19959	22,0878	22,40219	0,005944	824,9744
				0,995787				
k11								
k12	12073,9	11927,1856	146,759099	1,193622	20,4991	-2,41659	-0,00064	-83,0046
				3,980241				
k13								
k14	12029,6	11787,2132	242,343214	1,179618	20,3342	-5,0704	-0,00137	-174,807
				1,023346				
k15								
k16	11891,2	11862,6166	28,5958805	1,187162	20,7004	0,89848	0,000241	31,33332

Измерения геометрических параметров выполнялись высокоточным электронным тахеометром *Elta S-10 № 400396*. Инструмент в установленном порядке поверен и имеет сертификат метрологической аттестации.

Вывод: выполненные натурные измерения подтвердили важность влияния геометрических параметров ходовой части мостового крана кругового действия на параметры скольжения и курсовой устойчивости обследованного крана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шеховцов, Г.А.* Современные методы геодезического контроля ходовой части и путей мостовых кранов [Текст] / Г.А. Шеховцов – Н. Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 1999. – 164 с.
2. *Сероштан, В.И. и др.* Диагностирование грузоподъемных машин [Текст] / В.И. Сероштан, Ю.С. Огарь, А.И. Головин и др. – М.: Машиностроение, 1992. – 192 с.
3. Пат. № 2382347 Российская Федерация, МПК G01M 17/06, B66C 13/16. Способ диагностики геометрических параметров ходовой части мостовых кранов [Текст] / Ю.И. Пимшин, И.Ю. Пимшин, В.А. Наугольнов; заявитель и патентообладатель Ю.И. Пимшин, И.Ю. Пимшин, В.А. Наугольнов – №2008145829/11; заявл. 19.11.08; опубл. 20.02.2010, Бюл. № 5. – 7 с. : ил.
4. Пат. № 2425348 Российская Федерация, МПК G01M 17/06, B66C 13/16. Способ диагностики геометрических параметров ходовой части мостового крана кругового действия [Текст] / Ю.И. Пимшин, И.Ю. Пимшин, В.А. Наугольнов; заявитель и патентообладатель Ю.И. Пимшин, И.Ю. Пимшин, В.А. Наугольнов. – №2008145829/11; заявл. 15.02.10; опубл. 27.07.2011, Бюл. № 21. – 8 с. : ил.
5. Пат. № 2384831 Российская Федерация, МПК G01M 17/06, B66C 13/16. Способ диагностики геометрических параметров ходовой части мостовых кранов радиального действия [Текст] / Ю.И. Пимшин, И.Ю. Пимшин, В.А. Наугольнов; заявитель и патентообладатель Ю.И. Пимшин, И.Ю. Пимшин, В.А. Наугольнов. – №2008145825/11; заявл. 19.11.08; опубл. 20.03.2010, Бюл. №21. – 8 с. : ил.
6. *Наугольнов, В.А.* Анализ ходовой части кранов кругового действия, имеющих цилиндрические колёса [Текст] / В.А. Наугольнов // Бюл. Союза геодезистов. Ростов н/Д. – 2010. – №3. – С. 21–24.

8. Пимшин, Ю.И. и др. Особенности движения кранов мостового типа с коническими колёсами [Текст] / Ю.И. Пимшин, В.А. Наугольников, И.Ю. Пимшин // Глобальная ядерная безопасность. – 2011. – №1. – С. 71–78.
9. Пимшин, Ю.И. и др. Общие принципы технической диагностики мостовых кранов // Инженерный вестник Дона : электрон. науч. журн [Электронный ресурс]. – 2012. – №4/2. – Режим доступа: URL: <http://www.ivdon.ru> – 20.11.2014.
10. Пимшин, Ю.И. и др. Способ диагностики геометрических параметров ходовой части мостовых кранов радиального действия [Электронный ресурс] / Ю.И. Пимшин, В.А. Наугольников, И.Ю. Пимшин // Инженерный вестник Дона : электрон. науч. журн. – 2012. – № 4/2. – Режим доступа: URL: <http://www.ivdon.ru> – 20.11.2014.
11. Пимшин, Ю.И. и др. Методологические основы технической диагностики кранов мостового типа [Текст] / Ю.И. Пимшин, В.А. Наугольников, И.Ю. Пимшин // Изв. вузов. Сев.- Кавк. регион. Техн. науки. – 2008. – Спец. вып. – С. 135–137.

Assessment of the Running Gear Slippage of Bridge Cranes Circular Action

Y.I. Pimshin*, V.A. Naugolnov**

*Volgodonsk Engineering Technical Institute
the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
* e-mail: geodez@aanet.ru ; ** e-mail: naugolnov53@mail.ru*

Abstract – In work geometrical parameters of a crane running gear, including parameters of running wheels, parameters of the wheels in system of balancers are determined: radiuses, diameters and corners of a sideways at installation of wheels in a running gear. As the main criteria of the wheels defining quality of geometry and a running gear in general cross and longitudinal slippage of wheels and parameters of crane road-holding ability are accepted.

Keywords: track, bridge crane of circular action, running gear, electronic tachymeter.

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

УДК 621.9.06-529:681.3/5

**РАСШИРЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
СТАНКОВ С ЧПУ НА ОПЕРАЦИЯХ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПРИ
ИЗГОТОВЛЕНИИ ИЗДЕЛИЙ АТОМНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ**

© 2014 г. Ю.Н. Кудриков*, Ю.Н. Казеннов *, С.А. Томилин**, Р.А. Ольховская**

* Филиал ОАО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск

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

В работе предложены G-функции, созданные посредством параметрического программирования, расширяющие программное обеспечение станков с числовым программным управлением, оснащенных FMS-3000(3200), при выполнении операций фрезерования в процессе изготовления изделий атомного машиностроения.

Ключевые слова: система управления FMS-3000(3200); станок с числовым программным управлением (ЧПУ); фрезерование; параметрическое программирование; G-функции; изделия атомного машиностроения.

Поступила в редакцию 25.11.2014 г.

Развитие современной компьютерной техники привело к тому, что при достаточно низкой стоимости компьютеры по своим характеристикам превзошли традиционные стойки станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Несмотря на то, что применяемые в компьютерах операционные системы, строго говоря, не функционируют в режиме реального времени, высокая тактовая частота работы процессора позволяет пренебречь этим при обработке процессов длительностью более 0,1 мс. Поскольку компьютер изначально оснащен оперативным запоминающим устройством, постоянной памятью, устройствами ввода и вывода информации, то при дополнении его PCI-адаптером ввода-вывода, соответствующим математическим программным обеспечением, а также при определенной адаптации программы электроавтоматики, можно получить аналог стойки управления станком ЧПУ. Примером такой «трансформации» служит Нижегородская система управления FMS-3000(3200), выполненная на платформе обычного персонального компьютера. Постоянное совершенствование математического программного обеспечения такой системы обеспечивает обновление набора функций для реализации все возрастающих по сложности производственных задач. [1]

Целью данной работы является расширение программного обеспечения станков, оснащенных системой FMS-3000(3200), при выполнении фрезерных операций посредством создания G-функций на основе применения параметрического программирования.

Первоначально параметрическое программирование на станках с ЧПУ использовалось для упрощения написания и сокращения длины управляющей программы при изготовлении деталей:

– сложной формы, поверхность которых можно описать математически с помощью системы параметров;

- с повторяющимися формами поверхностей с некоторыми изменениями форм или изменением пространственного положения этих форм на поверхности детали;
- сложных сечения или формы, если при этом требуется применение инструмента с переменным радиусом.

Сегодня большинство разработчиков систем ЧПУ кроме решения указанных выше основных задач, предоставляют и другие возможности:

- создание новых G-функций с целью расширения базового программно-математического обеспечения ЧПУ;
- вариантность вычисления в процессе выполнения программы с помощью применения логических операторов;
- контроль ресурса работоспособности инструмента;
- при работе с проходами инструмента, как с объектами, открываются возможности организации сложных циклов для 3D-обработки;
- создание циклов измерения и контроля;
- обращение к определенным параметрам системы ЧПУ в процессе выполнения программы с целью внесения или считывания данных (текущее положение рабочих органов станка в системе координат; коррекция на размер инструмента; текущее значение G или M-кода);
- доступ к системным переменным и определенным ячейкам электроавтоматики.

Рассматриваемая система управления FMS-3000(3200) является сегодня одной из наиболее передовых и перспективных. Она позволяет решать все перечисленные выше задачи, кроме контроля ресурса работоспособности инструмента. При этом важно отметить, что далеко не каждая система ЧПУ имеет такие обширные возможности в плане расширения своего функционала. Система FMS-3000(3200) позволяет, например:

- выполнять вычислительные операции получения новых опорных точек сложных контуров для построения программы во время ее выполнения;
- производить расчет опорных точек при обработке фрезерованием поверхностей тел вращения;
- составлять параметрические подпрограммы, глобальные модальные циклы, специализированные параметрические циклы под определенные виды обработки или типовые детали с помощью системных, глобальных и локальных параметров и переменных и т.д.;
- определять требуемый текущий переменный радиус инструмента при изготовлении изделий со сложным сечением профиля;
- создавать циклы для работы с датчиком касания в автоматическом режиме.

Рассмотрим одну из этих возможностей. В качестве примера используем цикл фрезерования фаски в отверстии обечайки с переменным углом к оси отверстия. Обработка такой совокупности поверхностей широко распространена на предприятиях при изготовлении изделий атомного машиностроения. Важно отметить, что такие изделия, учитывая высокие требования к качеству их изготовления и стоимости заготовок, например, для крупногабаритных корпусных изделий, предполагают проведение значительного по времени и трудозатратам подготовительного этапа, который может предусматривать и создание специальных G-функций для управляющих программ станков с ЧПУ.

Итак, в основной части управляющей программы станочник в кадре вызова цикла с помощью буквенных параметров задает минимум необходимой исходной информации:

G292 H1600 D800 S70 R40 A40 B80 K240 V7 F500.

Здесь G292 – номер G-функции (цикла); H1600 – диаметр обечайки (1600 мм); D800 – диаметр отверстия (800 мм); S70 – толщина стенки обечайки (70 мм); R40 –

радиус инструмента (40 мм); A40 – начальный угол фаски (40°); B80 – срединный угол фаски (80°); K240 – количество строчек на полный круг; V7 – глубина строчки при фрезеровании предварительной выборки; F500 – рабочая подача (500 мм/мин).

В итоге основная часть программы получается весьма компактной и имеет следующий вид:

N1 G54 S800 M3

N2 G292 H1600 D800 S70 R40 A40 B80 K240 V7 F500

N3 G0 Z100 M5

N99 M30

В кадре N1 управляющей программы ЧПУ активирует группу смещения нулей G54, включает вращение шпинделя по командам S800 M3 (в данном случае, скорость вращения 800 об/мин, M3 – вращение по часовой стрелке). В кадре N2 активируется функция G292, которая по своей сути является параметрической подпрограммой, с ее помощью и производится обработка фаски (краткое описание подпрограммы G292 приведено ниже). В кадре N3 основной части управляющей программы командой G0 Z100 производится отвод инструмента от изделия на безопасное расстояние (в данном случае это 100 мм) и осуществляется выключение вращения инструмента по команде M5. В кадре N99 командой M30 объявляется конец программы.

Рассмотрим теперь описание подпрограммы G292. С помощью функций `paramactive` и `getparameter` производится проверка наличия и считывание требуемых параметров из кадра вызова подпрограммы. Эти параметры трансформируются в переменные, необходимые для последующего расчета траектории движения инструмента. Далее производится расчет и выполнение выборки для более легкого начала чистового фрезерования. Если предварительная обработка не требуется, то в кадре вызова подпрограммы параметр V не указывается. В этом случае с помощью оператора условного перехода `if then goto` производится логический обход этой части подпрограммы.

Чистовая обработка делится на 4 части, что обусловлено выбором более простого метода расчета опорных точек по четвертям (квадрантам) окружности. Соответственно эта часть подпрограммы содержит 4 идентичных цикла повторов кадров, организованных с помощью операторов повтора `for to` и `next`. При вычислениях используются алгебраические и тригонометрические функции `frac`, `abs`, `int`, `sqrt`, `sin`, `cos`, `tan`. При отработке циклов повтора для каждой строчки определяются опорные точки, по которым строится траектория перемещений.

На рисунке 1 приведен фрагмент текста рассмотренной подпрограммы G292.

При использовании традиционных методов создания управляющих программ имеется ряд неудобств, а именно:

- расчет программы осуществляется инженером-программистом предварительно (т.е. заранее);

- длина управляющей программы превышает программу из приведенного примера многократно (в 50 и более раз);

- требуется перевод программы на перфоленту или дискету для переноса ее в ЧПУ станка и в случае потребности корректировки программы неизбежен простой оборудования;

- требуется содержать библиотеку отработанных программ.

Предложенный в настоящей работе подход к подготовке управляющих программ имеет целый ряд существенных преимуществ:

- программа готова практически в течение нескольких минут;

- не требуется привлечение инженерного состава, достаточно только рабочего высокой квалификации;
- отсутствует необходимость хранения отдельных программ в виде файлов на компьютере или в виде рулонов недолговечной и весьма уязвимой перфоленты;
- программа быстро корректируется в случае внесения изменений в рабочий чертеж;
- программа быстро корректируется в случае замены обрабатывающего инструмента;
- с помощью одного цикла, хранящегося в библиотеке станка, можно создать бесконечное множество вариантов подобных программ.

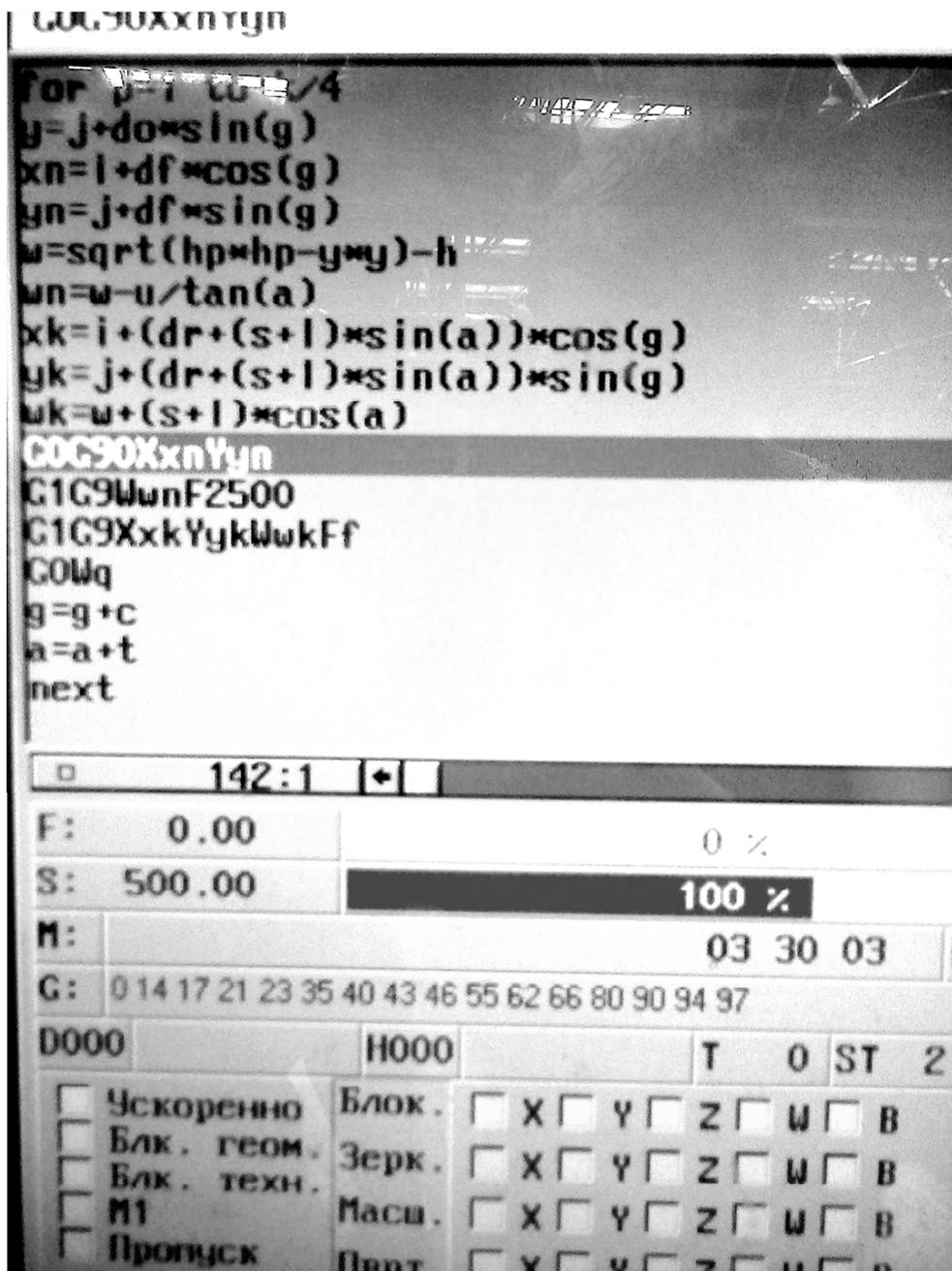


Рис. 1. – Фрагмент текста подпрограммы G292

Таблица 1. – Перечень авторских G-функций

Код	Содержание функции
G12	геликоидальная интерполяция с автоматическим расчетом требуемых данных
G70	модальный цикл фрезерования произвольно расположенных отверстий в семи вариантах исполнений
G71	модальный цикл фрезерования произвольно расположенных пазов в шести вариантах исполнений, возможен поворот оси обработки
G89	модальный комбинированный цикл глубокого сверления в четырех вариантах исполнения
G181	специализированный модальный цикл обработки отверстий развертками и зенкерами
G184	модальный цикл нарезки резьбы метчиками с автоматическим расчетом подачи в зависимости от скорости вращения шпинделя и заданного шага резьбы
G200	функция плавного приращения подачи до заданной в процессе отработки кадра
G291-G294	циклы фрезерования фаски на отверстиях в обечайке под приварку патрубка
G296,G298,G299	циклы фрезерования фаски на патрубках
G360	цикл фрезерования фаски на кромке с дуговой боковой образующей в четырех вариантах исполнения
G364	цикл обработки шестигранных поверхностей (спецболты)
G365	цикл построчной обработки плоскостей и уступов на цилиндрических поверхностях
G366	цикл обработки контура эллипса
G367	цикл обработки канавки по спирали (торцевая резьба)
G371	модальный цикл обработки произвольно расположенных пазов и отверстий с помощью подпрограммы P, возможен поворот оси обработки, (программирование двумя кадрами)
G372	цикл расчета начальных точек, расположенных на окружности, под последующую обработку циклами G70 и G71, (программирование двумя кадрами)
G373	цикл расчета точек, расположенных на окружности под последующую обработку циклами G81-G89, G181 и G184, (программирование двумя кадрами)
G374	цикл обработки поля отверстий циклами G81-G89, G181
G375	цикл обработки поля пазов или отверстий с помощью циклов G70 и G71
G376	цикл обработки поля пазов или отверстий с помощью подпрограммы P
G750-G755	циклы расчета координат центров отверстий под последующую обработку циклами G81-G89, G70 и G181 при изготовлении трубных досок

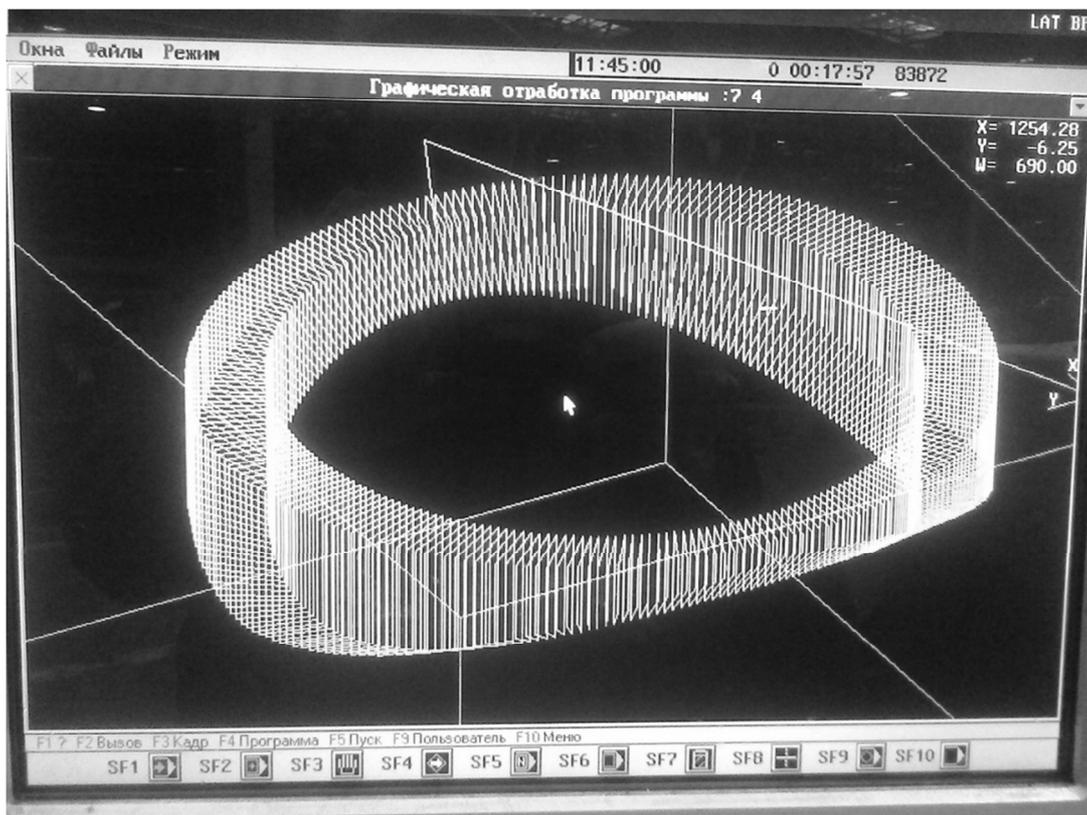


Рис. 2. – Графическая прорисовка обрабатываемой программы в изометрии

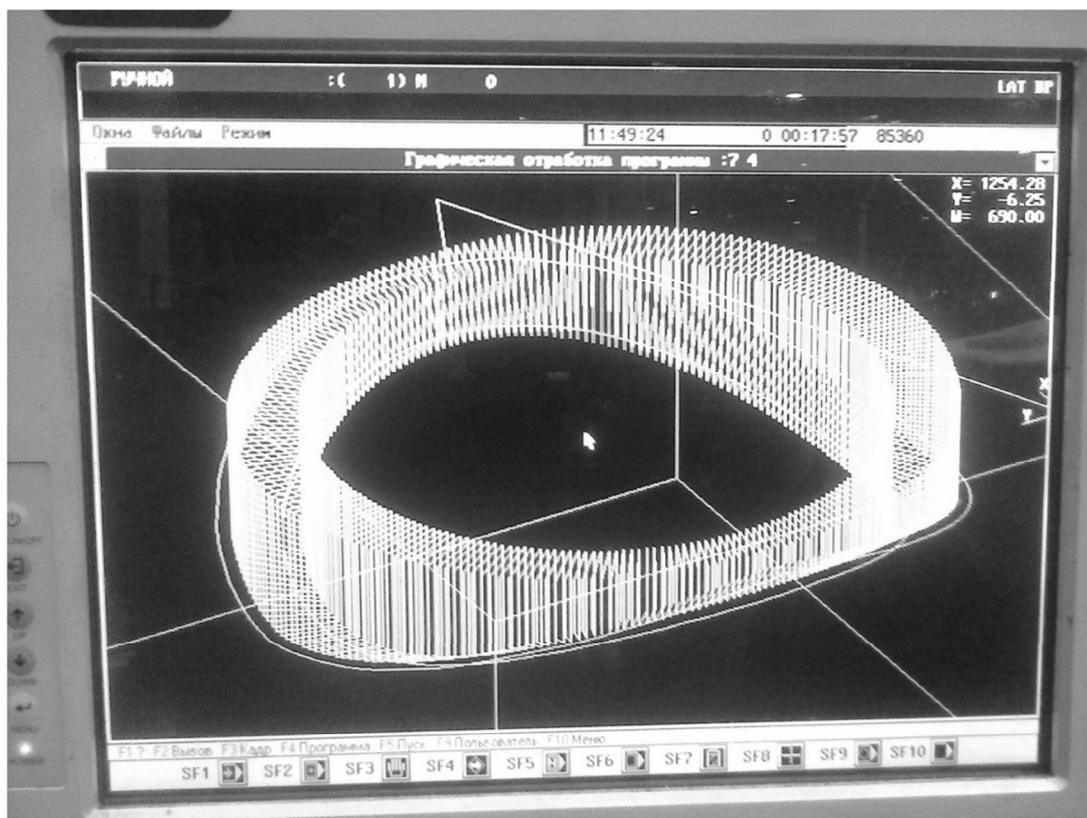


Рис. 3. – Совместная графическая прорисовка обрабатываемой программы и контура фаски

В таблице 1 приведен перечень авторских G-функций, аналогов большинству из которых у ведущих мировых производителей систем ЧПУ на текущий момент не найдено.

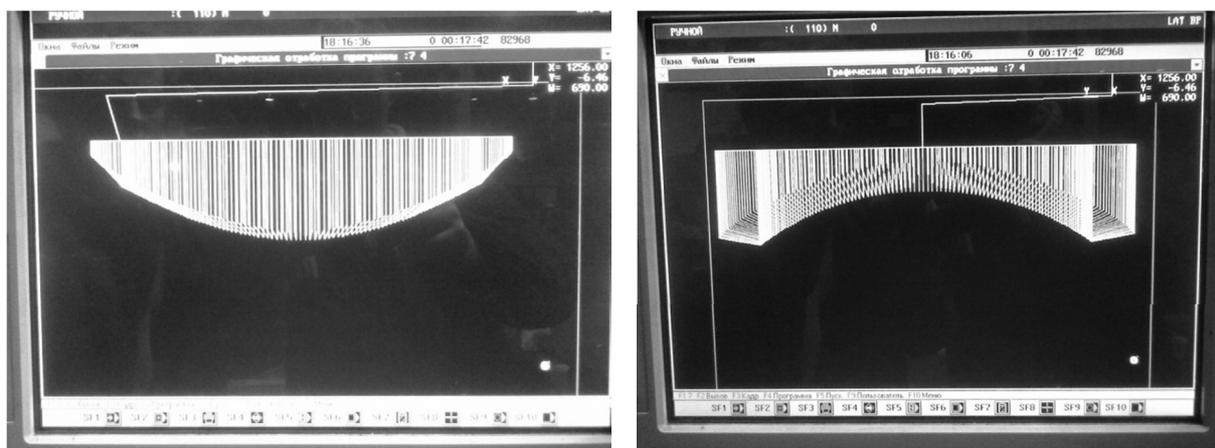


Рис. 4. – Графическая прорисовка обрабатываемой программы:
а) – фронтальная проекция; б) – профильная проекция

На рисунках 2–4 показана графическая прорисовка работы, выполняемой на станке с ЧПУ при фрезеровании фасок в отверстиях на номинально цилиндрических поверхностях детали. На рисунке 5 приведены фотографии имитаторов, изготовленных для проверки подпрограмм (циклов) G292, G298.

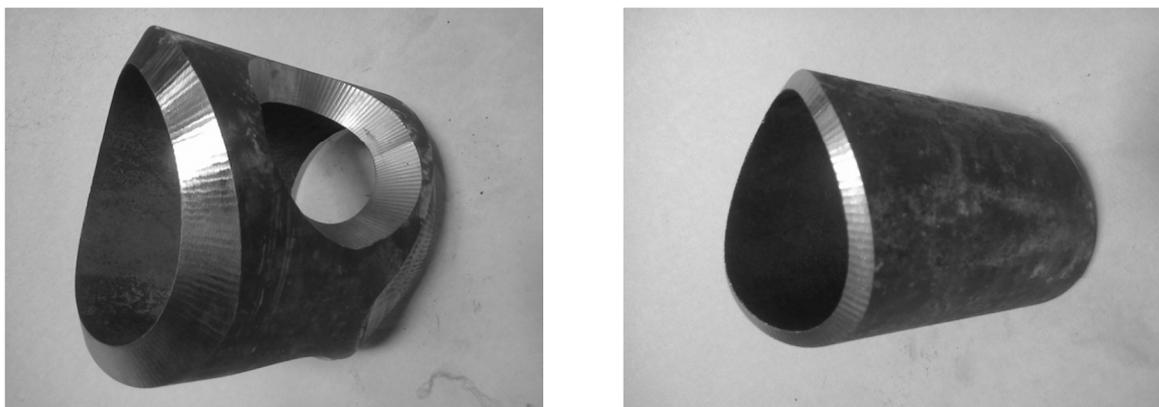


Рис. 5. – Имитаторы для проверки подпрограмм

Описанный подход к программированию наиболее целесообразен, по мнению авторов, при изготовлении патрубков сосудов высокого давления, а также при обработке других ответственных изделий атомного машиностроения с аналогичными поверхностями. В заключение, необходимо отметить, что из мировых лидеров по производству систем ЧПУ возможности, подобные описанным в настоящей работе, предоставляют концерны FANUC в некоторых системах ЧПУ и Siemens (Sinumerik-840(840D)).

По мнению авторов настоящей работы, данные подходы к программированию станков с ЧПУ являются весьма перспективными и могут иметь различное применение, несмотря на то, что сегодня им уделяется недостаточное внимание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. G-код. Основы CNC (ЧПУ) программирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://cnsexpert.ru/CNC-milling/CNC-programming.php> – 20.08.2014.

Extension of the CNC Machines Software During Milling Operations When Producing Power Machine Building Goods

Yu.N. Kudrikov*¹, Yu.N. Kazennov*, S.A. Tomilin², R.A. Olkhovskaya**³**

** A branch of JSC "AEM-technologies" Atommash, Volgodonsk*

¹ e-mail: kng_2997@mail.ru

*** Volgodonsk Engineering Technical Institute*

the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,

73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360

² e-mail: SATomilin@mephi.ru ; ³ e-mail: RAOlkhovskaya@mephi.ru

Abstract – In work the G-functions created by means of parametrical programming, expanding the CNC machines software equipped with FMS-3000(3200) during milling operations when producing power machine building goods are offered.

Keywords: FMS-3000(3200) control system, computer numerical control (CNC) machine, milling, parametrical programming, G-functions, power machine building goods.

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

УДК 621.039:621.64:621.181

**ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ КАК ИНСТРУМЕНТ
УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБОРУДОВАНИЯ**

© 2014 г. И.Н. Веселова, В.Г. Бекетов

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

В статье предложен инструмент для оптимизации системы управления жизненным циклом оборудования. В качестве инструмента предложен диагностический паспорт, который должен заполняться на всех стадиях жизненного цикла оборудования. Для примера показана структура и состав диагностического паспорта электроприводной арматуры для АС.

Ключевые слова: управление жизненным циклом, диагностическое сопровождение, диагностический паспорт, электроприводная арматура, диагностические параметры.

Поступила в редакцию 30.11.2014 г.

Задачи управления жизненным циклом (УЖЦ) оборудования систем АС, как и для всей АС в целом, являются в настоящее время одними из главных, и проходящими через все компетенции системы «Росатом». Данные компетенции объединяют всех участников жизненного цикла АЭС – это проектирование-изготовление-монтаж-наладка-эксплуатация – вывод из эксплуатации. Непрерывная поддержка жизненного цикла заключается в оптимизации процессов обслуживания, ремонта, снабжения запасными частями и модернизации. Поскольку затраты на поддержку сложного оборудования в работоспособном состоянии часто равны или превышают затраты на его приобретение, то принципиальное сокращение «стоимости владения» обеспечивается инвестициями в создание системы поддержки жизненного цикла [1].

В качестве инструмента системы поддержки жизненного цикла АЭС предлагается диагностическое сопровождение, которое позволит способствовать решению (с большей эффективностью и с меньшими издержками) следующих основных задач:

- корректировка графиков обслуживания оборудования с учетом истории эксплуатации, тенденций изменения производительности, текущего состояния, внезапных изменений состояния;
- формирование заданий на ремонт с перечнем операций и назначением на каждую операцию необходимых материалов, запчастей;
- мониторинг состояния оборудования при эксплуатации;
- планирование, учет, контроль, анализ и регулирование регламентных ремонтных работ и/или ремонтов по состоянию объектов;
- управление конфигурацией оборудования;
- учет затрат по всем видам работ в привязке к конкретному оборудованию;
- назначение в задании требуемой квалификации персонала или конкретных сотрудников по каждой операции;
- определение параметров контроля качества при выполнении задания и автоматическое принятие управляющих воздействий в случае выхода контрольных параметров за установленные границы;

– просчет всех затрат, которые могут возникнуть в течение жизненного цикла оборудования, до его покупки.

Основным элементом диагностического сопровождения УЖЦ на всех стадиях является диагностический паспорт оборудования, основные принципы формирования которого изложены в статье [2,3,4].

При разработке диагностического паспорта за основу приняты нормативные требования регулирующих органов, которые позволяют выполнять эти разработки на межотраслевом уровне. В типовой форме диагностического паспорта на электроприводную арматуру приведены данные, выполненные на основе диагностирования, которые используются при оценке ее технического состояния.

Диагностический паспорт составлен на основании требований [5], где определено, что «Вновь разрабатываемая арматура по требованию эксплуатирующей организации должна быть приспособленной для подключения внешних средств технического диагностирования для непрерывного или периодического контроля технического состояния (в том числе состояния внутренних поверхностей). К классификационному обозначению арматуры, оснащенной встроенными средствами технического диагностирования, должна добавляться буква «D». В паспорте на изделие изготовитель должен указывать предельные значения диагностических параметров».

В данной статье приведены основные требования по составлению диагностического паспорта.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В таблицу 1 заносятся общие сведения об арматуре, при этом поля «xxxxx» заполняются на заводе-изготовителе, поля «zzzzz» – на предприятии (АЭС). Также в паспорт заносятся общий вид и основные размеры арматуры (рис. 1).

Таблица 1. – Общие сведения об арматуре

Объект диагностирования	Арматура электроприводная	Примечание
Наименование	Задвижка клиновья с выдвижным шпинделем	
Технологическая позиция	zzzzzzzz	Графа заполняется Заказчиком
Типоразмер	ПТ11075-600М-01	Графа заполняется Изготовителем
Тип привода	ПГ 06У2	Графа заполняется Изготовителем
Тип электродвигателя	МАП 122-4С	Графа заполняется Изготовителем
Предприятие-изготовитель арматуры	ОАО	Графа заполняется Изготовителем
ТУ на изготовление	26-07-1488-89	Графа заполняется Изготовителем
Дата изготовления	xxxxxx	Графа заполняется Изготовителем
Дата ввода в эксплуатацию	xxxxxx	Графа заполняется Заказчиком
Предприятие-владелец	zzzzzzzz	Графа заполняется Заказчиком
Цех	zzzzzzzz	Графа заполняется Заказчиком
Технологическая система	zzzzzzzz	Графа заполняется Заказчиком
Место установки	zzzzzzzz	Графа заполняется Заказчиком
Встроенные средства технического диагностирования	xxxxxxx	Графа заполняется Изготовителем

2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ И ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

В таблице 2 фиксируются основные технические характеристики, используемые при оценке технического состояния арматуры с электроприводом как комплектного изделия, прошедшего испытания и готового к эксплуатации.

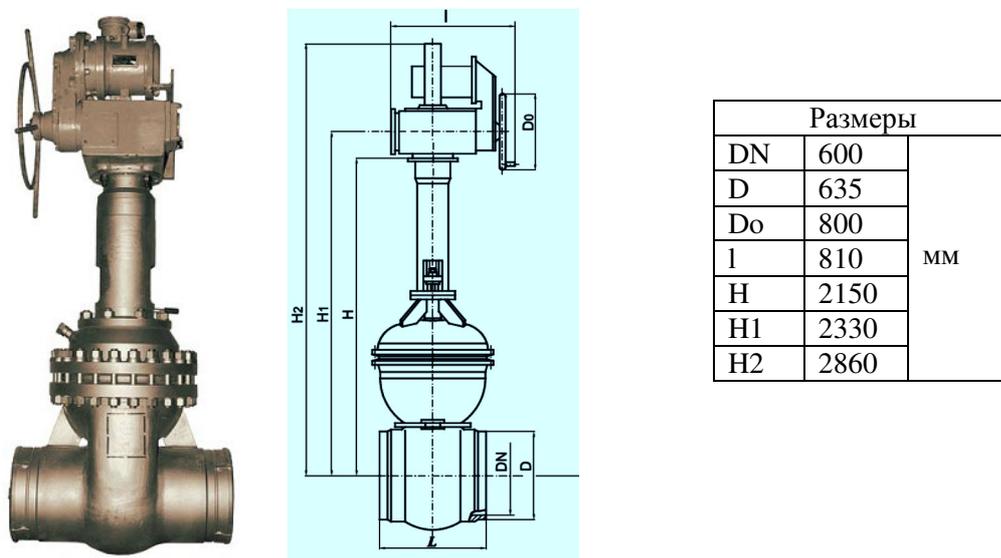


Рис. 1. – Общий вид арматуры и основные размеры

Таблица 2. – Основные технические характеристики арматуры

Арматура ПТ11075-600М-01		Примечание
Класс безопасности по НП-001-97	2	
....		
Допустимая величина протечки, л/час	xxx	
Электропривод ПГ 06У2		
Пределы регулирования крутящего момента/мощности (тока), Н·м/кВт(А)	от 1000 до 2500	Графа заполняется изготовителем по данным испытаний
Величина крутящего момента/мощности (тока) отключения моментного выключателя при ходе на «открытие», Нм/кВт(А)		
Величина крутящего момента/мощности (тока) отключения моментного выключателя при ходе на «закрытие», Нм/кВт(А)		
....		
Электродвигатель МАП 12		
Номинальная мощность, кВт	7,5	
...		

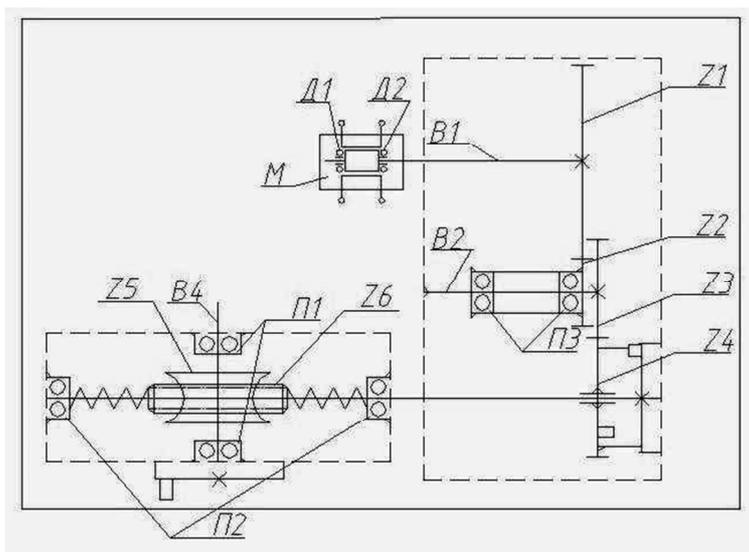
В таблицу 3 заносятся диагностические данные арматуры с электроприводом, графики измерений сопровождаются файлами для возможности последующего контроля.

Таблица 3. – Диагностические данные арматуры

Арматура ПТ11075-600М-01 с электроприводом ПГ 06У2	
Опорные (эталонные) сигналы токовой (мощностной) при сухой прокрутке и номинальном P_p	Прикладываются в виде графика и файла измерений (Раздел 5)
Опорный спектр токового (мощностного) сигнала	Прикладываются в виде графика и файла измерений (Раздел 6)
Калибровочная кривая зависимости активной мощности и крутящего момента	Прикладывается в виде графика и таблицы измерений (Раздел 7)
Данные измерений работы конечных выключателей	Прикладывается в виде графика, таблицы измерений, файла измерений (Раздел 7)

3. КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Приводится кинематическая схема электропривода (рис. 2), фиксируются типоразмеры подшипников (табл. 4).

**Рис. 2.** – Кинематическая схема электропривода

М – электродвигатель; Д1, Д2 – подшипники электродвигателя; П1, П2, П3 – подшипники редуктора электропривода; В1, В2, В4 – валы; Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6 – зубчатые колеса редуктора электропривода.

Таблица 4. – Типоразмеры подшипников

Обозначение подшипника	П1	П2	П3	Д1, Д2
Тип подшипника	130	7510	204	306
НД	ГОСТ 8338-75	ТУ 37.006.162-89	ГОСТ 8338-75	ГОСТ 8338-75

Дополнительно определяются параметры зубозацепления редуктора (табл. 5). На основании табличных данных производится расчет характерных частот элементов электропривода [6].

Таблица 5. – Параметры зубозацепления редуктора

Обозначение зубчатого колеса	Z1	Z2	Z3	Z4	Z6	Z7
Число зубьев в колесе	25	35	43	42	28	1
Модуль	4	4	4	4	10	10

4. ЧАСТОТНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Вычисляются расчетные значения частотных составляющих элементов привода, определяемые для номинальных (паспортных) параметров и для фактических, с учетом частоты скольжения (табл. 6).

Таблица 6. – Частотные составляющие кинематической схемы электропривода

Наименование параметров		Частота, Гц	
		Расчетная	Фактическая
Элементы эл/двигателя	Наружное кольцо подшипника Д1, Д2	9,5	8,8
	Внутреннее кольцо подшипника Д1, Д2	75,9	70,8
	Тела качения подшипника Д1, Д2	124,1	115,8
	Сепаратор подшипника Д1, Д2	48,8	45,6
Элементы привода		

В дальнейшем, значения частотных составляющих оцениваются при спектральном анализе токовых (мощностных) сигналов, в сравнении с опорным спектром (раздел 6).

5. ОПОРНЫЕ СИГНАЛЫ ТОКОВОЙ (МОЩНОСТНОЙ) НАГРУЗКИ

Приводятся опорные сигналы токовой (мощностной) нагрузки, полученные при регистрации параметров питающей сети при прокрутке арматуры по циклу открытие-закрытие на стенде завода-изготовителя. На кривых определяются реперные точки (рис. 3).

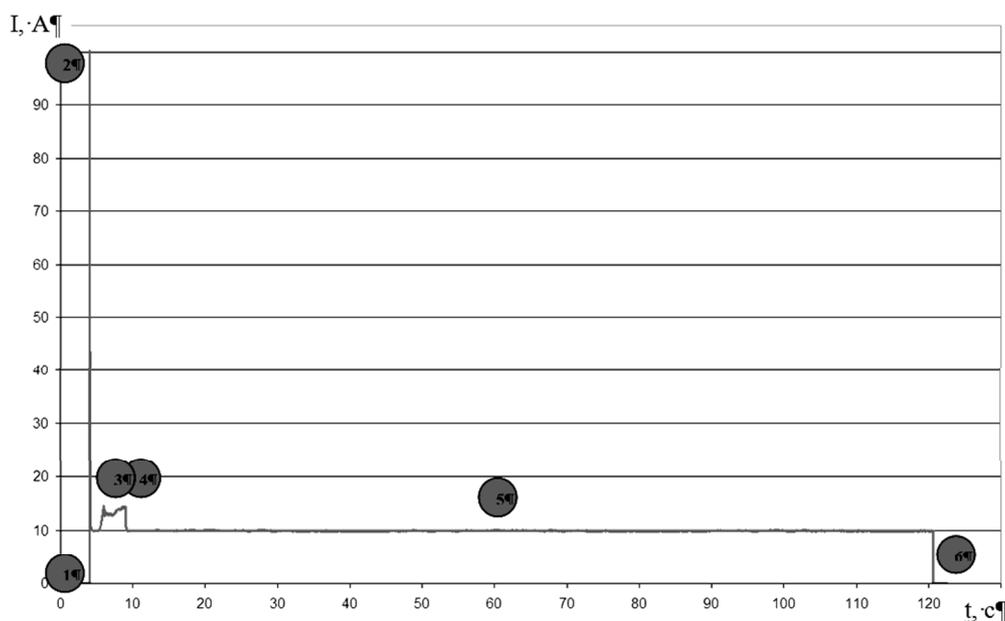


Рис. 3. – Опорный сигнал токовой нагрузки при работе арматуры на открытие
 1 – начало работы привода; 2 – максимум пускового тока; 3 – начало разуплотнения затвора (срыв);
 4 – начало открытия проходного сечения арматуры; 5 – участок установившегося движения;
 6 – окончание работы привода

Рабочий ход на открытие – определение реперных значений на кривой токовой нагрузки.

При прокрутке арматуры на стенде завода-изготовителя фиксируются значения контрольных точек, данные заносятся в таблицу 7, и назначаются эталонными точками для данной арматуры при работе на открытие. Аналогично фиксируются значения контрольных точек на закрытие.

Таблица 7. – Значения контрольных точек

Параметр	Диагностические параметры	Ед. измерения	Значение	Примеч.
Время рабочего хода на открытие	$t_6 - t_1$	с	116,6	Таблица может быть заполнена заказчиком на основании заводских сигналов
Пусковой ток	I_2	А	100,2	
Ток «срыва» запорного органа	I_3	А	14,6	
Время разуплотнения	$t_4 - t_3$	с	2,9	
Рабочий ток	I_5	А	10,2	

6. ОПОРНЫЙ СПЕКТР ТОКОВОГО (МОЩНОСТНОГО) СИГНАЛА

Приводится опорный спектр токового (мощностного) сигнала на закрытие (открытие) арматуры. На спектре, с использованием данных таблицы 4, определяются реперные точки, характеризующие работу элементов электропривода (рис.4). Значения частоты и амплитуды реперных точек заносятся в таблицу 8. Зафиксированные на опорном спектре значения амплитуд реперных точек назначаются эталонными для данной арматуры.

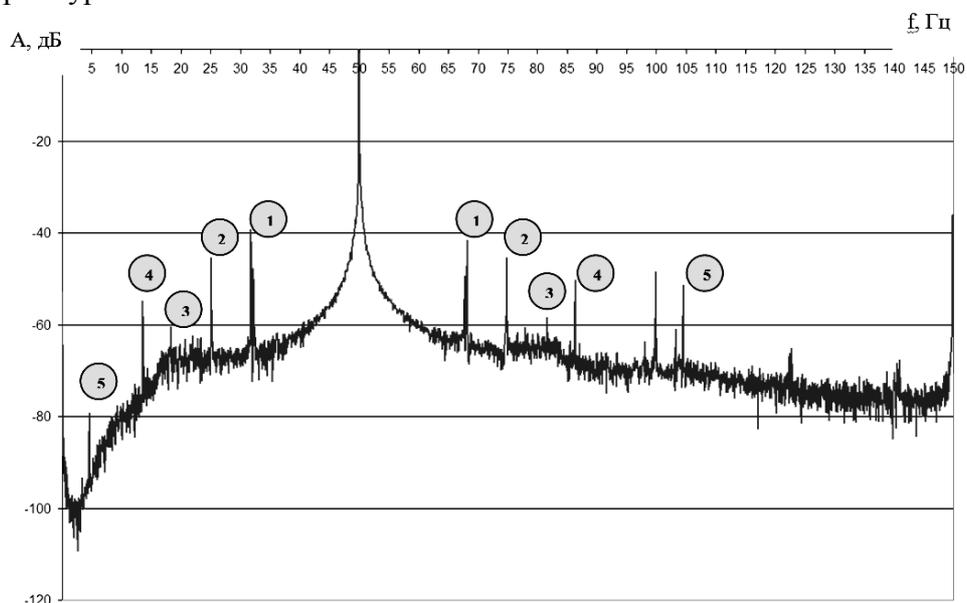


Рис. 4. – Опорный спектр мощностного сигнала

1 – частота зацепления червяк-червячный вал; 2 – частота вращения вала электродвигателя;
3 – двойная оборотная частоты зацепления червяк-червячный вал; 4, 5 – частота работы подшипника ПЗ

Отсутствие в спектре других частот, характеризующих работу остальных элементов привода, указывает на то, что эти элементы работают без аномальных

нагрузок. Элементы, частоты которых зафиксированы, работают в допустимой, на момент испытаний, рабочей зоне. В дальнейшем, при регистрации сигналов питающей сети при управлении арматурой, будут оцениваться изменения (увеличение) величины амплитуды реперных точек.

Таблица 8. – Значения частоты и амплитуды реперных точек

Параметр	Точка	Значение				Примеч.
		Ед.изм	Частота	Ед.изм	Ампл.	
Частота зацепления червяк-червячный вал	1	Гц	18,2	Дб	- 42,4	Таблица может быть заполнена заказчиком на основании заводских сигналов
Частота вращения вала электродвигателя	2		24,9		- 45,4	
Двойная оборотная частоты зацепления червяк-червячный вал	3		36,4		- 50,2	
Частота работы подшипника ПЗ	4, 5		53,3 – 54,5		- 51,4	

7. ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

1) Для определения взаимосвязи между электрическими и механическими величинами, производится измерение характеристик крутящего момента электропривода и соответствующих характеристик параметров питающей сети (активная и реактивная мощность, $\cos(\varphi)$, сила тока).

2) Результаты измерений производятся для ряда из не менее пяти точек, включающих минимальное и максимальное значение крутящего момента электропривода, измеренных на стенде, задающим момент на фланце электропривода, в обоих направлениях «открытие» и «закрытие».

3) Результаты используются для получения зависимости $M_{кр} = f(P_{акт})$, где функционал f представлен кусочно-линейной функцией. Данный функционал в табличном виде фиксируется в протоколе испытаний и применяется через специализированное программное обеспечение для получения $M_{кр}$ по результатам измерений $P_{акт}$ (рис. 5).

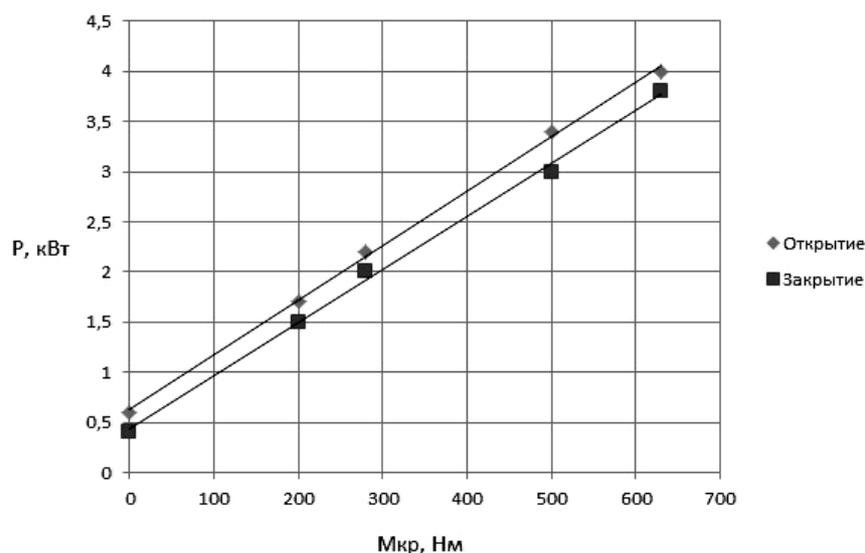


Рис. 5. – Параметрическая кривая зависимости $M_{кр} = f(P_{акт})$ (определяется для направлений «открытие» и «закрытие» отдельно)

4) Для контроля диаграммы (рис. 6) работы концевых выключателей и проверки настройки выключателей в соответствии с ТУ на арматуру, используются данные работы концевых выключателей, полученных при измерении переносными средствами или (при наличии) – данных из систем АСУ.

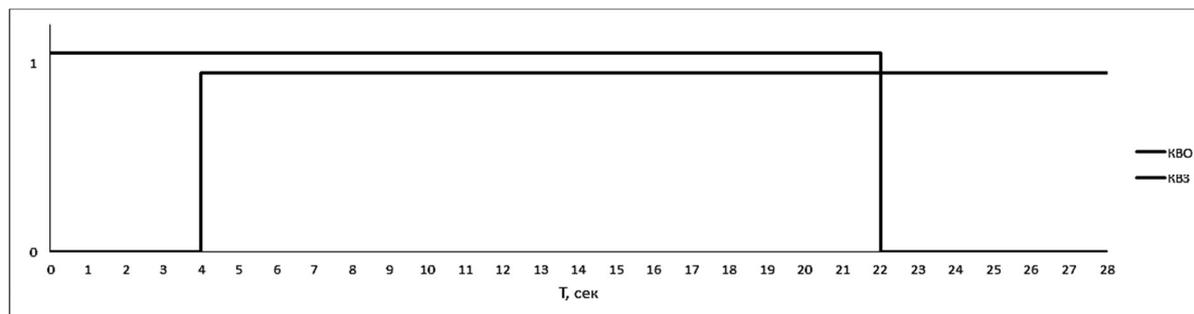


Рис. 6. – Диаграмма срабатывания концевых выключателей, регистрируемых в дискретном виде

8. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ФОРМИРОВАНИЮ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПАСПОРТА

1) Регистрацию сигналов питающей сети выполнять при прокрутке арматуры на полный ход не менее 5 циклов. Открытие-закрытие выполнять на специализированном стенде, при наличии среды, с параметрами (среда, давление, температура, расход), аналогичными эксплуатационным.

2) Регистрацию сигналов осуществлять с использованием программно-технических средств.

3) К диагностическому паспорту должен быть приложен файловый архив на USB-носителе (CD-диске), содержащий зарегистрированные в ходе испытаний сигналы параметров питающей сети в формате, поддерживаемом техническими средствами диагностирования заказчика.

4) Метрологическое обеспечение средств технического диагностирования должно соответствовать требованиям ГОСТ Р 8.565, ГОСТ Р 8.596 и РД ЭО 0318.

5) Оценку герметичности проводить в соответствии с ГОСТ Р 53402-2009, ГОСТ Р 54808-2011 или иным, аттестованным в установленном порядке методикам. Данные заносить в паспорт.

ВЫВОД

Диагностический паспорт, разрабатываемый на этапе проектирования и постоянно обновляемый по результатам диагностических обследований на этапах изготовления, монтажа и эксплуатации будет являться действительным документальным подтверждением эксплуатационной готовности оборудования на всех этапах его жизненного цикла.

При использовании такого инструмента, как диагностический паспорт, проектировщики, изготовители, монтажники, наладчики и эксплуатирующие организации получают следующие преимущества:

- накопление данных и возможность их анализа по результатам монтажа, наладки и работы оборудования;
- на основе выявленных недостатков, своевременное улучшение конструкции и технологии изготовления, монтажа, наладки и эксплуатации оборудования;
- сокращение сроков проведения ремонтов и, соответственно, уменьшение денежных затрат на их проведение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садовская, Т.Г. и др. Системы управления жизненным циклом изделий и возможности их применения в отрасли энергетики. [Текст] / Т.Г. Садовская, Т.Н. Чернышова // Аудит и финансовый анализ. – 2010. – №6. – С. 1–14.
2. Веселова, И.Н. и др. Разработка диагностического паспорта электроприводной арматуры. [Текст] / И.Н. Веселова, А.К. Адаменков // Изв. вузов Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2006. – Прил. №16. – С. 71–76.
3. Веселова, И.Н. и др. Диагностика технического состояния электроприводной арматуры. [Текст] / Веселова И.Н., А.К. Адаменков // Электр. станции. – 2007. – №2. – С. 53–56.
4. Веселова, И.Н. и др. Метод выбора трубопроводной арматуры АЭС, подлежащей ремонту по техническому состоянию [Текст] / И.Н. Веселова, А.К. Адаменков // Тяжелое машиностроение. – 2008. – №10. – С. 8–11.
5. НП-068-05. Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования [Текст]. – [Б.м., б.г.].
6. Розенберг, Г.Ш. и др. Вибродиагностика [Текст] / Г.Ш. Розенберг, Е.З. Мадорский, Е.С. Голуб. – СПб.: ПЭИПК, 2003. – 284 с.

Diagnostic Certificate as a Controlling Instrument of Equipment Life Cycle

I.N. Veselova*, V.G. Beketov**

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

Abstract – The instrument for optimization of a control system of equipment life cycle is offered in article. The diagnostic certificate which has to be filled in at all stages of equipment life cycle is offered as the instrument. The structure of the diagnostic certificate of NPP motorized fittings is shown as an example.

Keywords: life cycle control, diagnostic support, diagnostic certificate, motorized fittings, diagnostic parameters.

УДК 004.047

АЛГОРИТМ ПОИСКА ТЕЧИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПЕРВОГО КОНТУРА ВВЭР-1000

© 2014 г. Е.А. Абидова, О.Ю. Пугачёва, А.К. Пугачёв

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

Акустическая система поиска течи теплоносителя первого контура (САКТ) обеспечивает обнаружение течи теплоносителя по первому контуру с расходом от 3,8 л/мин. Время запаздывания информации при обнаружении течи не более 3 минут. Основным путем повышения эффективности и надежности системы САКТ является совершенствование алгоритма поиска течи. Авторами статьи предложены подходы к обработке данных САКТ: нормирование показаний датчиков, вычисление секвент, мажорирование. Большое внимание в статье уделяется компенсации фоновых шумов помещения первого контура и шумов измерительного тракта. Предлагаемые авторами методы должны обеспечить выявление течи расходом менее 3,8 л/мин.

Ключевые слова: барьеры защиты АЭС, поиск течи, акустический датчик, нормирование данных, метод секвент, мажоритарная функция.

Поступила в редакцию 10.11.2014 г.

Ключевым фактором развития атомной энергетики является обеспечение радиационной безопасности при производстве электроэнергии на АЭС. Для этой цели на АЭС предусмотрены четыре барьера защиты, одним из которых является граница первого контура, препятствующая проникновению продуктов деления в окружающую среду.

Опыт эксплуатации АЭС показывает, что невозможно полностью исключить возникновение течи трубопроводов и оборудования [1]. Своевременное обнаружение течи позволяет предотвратить возможное разрушение в системе трубопроводов или оборудования реакторной установки и, таким образом, повысить эксплуатационную безопасность АЭС.

Для обнаружения течи первого контура используется три системы: система акустического контроля течи (САКТ); система, использующая влажностный метод контроля (СКТВ); автоматизированная система обнаружения течей теплоносителя по аэрозольной активности АСОТТ-А.

Проведя сопоставление используемых систем обнаружения течи с использованием САКТ, СКТВ, АСОТТ, можно заключить, что системы взаимно дополняют друг друга. При этом САКТ за счет возможности решения широкого круга задач – выявление течи, локализация местоположения, оценка размеров – является наиболее универсальной системой. САКТ, СКТВ проигрывает с точки зрения возможности локализации течи и оценки размеров. Таким образом, развитие системы САКТ является перспективной и востребованной задачей.

Существующий алгоритм предполагает поочередный опрос датчиков и определяет течь по превышению сигналом датчика уставки. Данный алгоритм имеет ряд недостатков:

1) «Не одновременность» (т.е. поочередность) опроса датчиков не позволяет скомпенсировать высокие уровни фоновых шумов.

2) При последовательном опросе в процессе измерений теряется информация о расположении датчика и его взаимосвязи с соседними датчиками.

3) Сигналом течи считается сигнал, превышающий фоновый уровень (уставку) в определенное число раз. При изменении фоновой обстановки уставки необходимо перестраивать, а при изменении режимов (маневрирование мощностью, опрессовка и т.п.) система становится не работоспособной.

Помимо ложных срабатываний, такой алгоритм увеличивает время реакции системы и снижает чувствительность. Подходы к решению данных проблем были предложены ВНИИ АЭС для системы, установленной на ВВЭР-440. Мы распространили данные подходы и на ВВЭР-1000 [2].

Особенностями предлагаемого алгоритма является: объединение датчиков системы в группы, работающие в одинаковых условиях; выполнение операций нормирования данных; вычисление разностей показаний датчиков; сравнение разностей показаний датчиков с единой уставкой «превышение над уровнем шума».

Следует учитывать, что нормирование данных обеспечивает компенсацию неодинаковых коэффициентов передачи измерительного тракта, шумов усилителя в группе контролируемых датчиков. Вычисление разностей значений датчиков обеспечивает компенсацию фоновых шумов, которые должны быть примерно одинаковы для однородной группы датчиков; использование разностей показаний датчиков для сравнения с уставкой, устраняет необходимость коррекции уставки для разных режимов работы блока.

На рисунке 1 приведен вариант объединения шестнадцати датчиков САКТ ВВЭР-1000 в группы по четыре штуки [3]. В этих группах показания датчиков вычитаются. При возникновении течи разница в показаниях может превысить уставку, и течь будет выявлена.

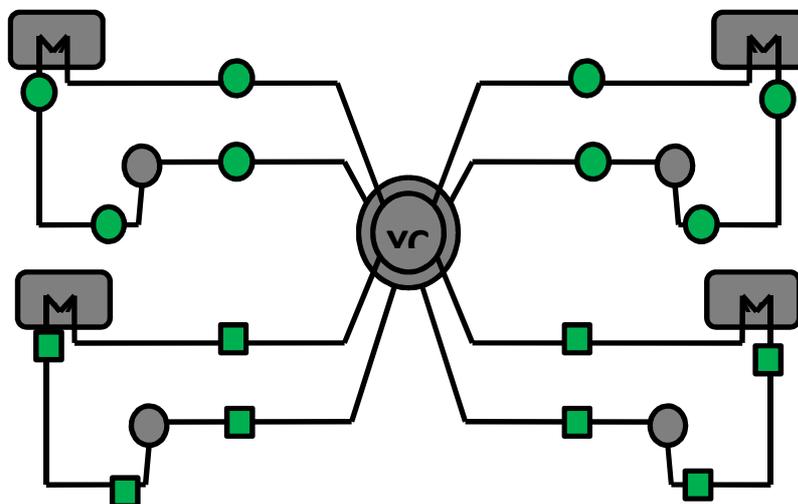


Рис. 1. – Вариант объединения датчиков системы САКТ в группы

Рассмотрим сигнал на датчике, ближайшем к течи:

$$D = k (N + N_a + \Delta)$$

где k – коэффициент передачи канала;

N – фоновый шум помещения;

N_a – шум усилителя;

Δ – увеличение показаний канала, зарегистрировавшего течь, вызванное появлением течи (полезный сигнал).

Сигнал на любом другом датчике:

$$D = k (N + N_a)$$

Таким образом, диагностический параметр представляет сумму трех членов:

- первый – связан с различием коэффициентов передачи тактов;
- второй – связан с неодинаковостью значений фонового шума, регистрируемого отдельными датчиками;
- третий – зависит только от сигнала течи, причем первые два члена суммы «маскируют» полезный сигнал, содержащийся в третьем члене.

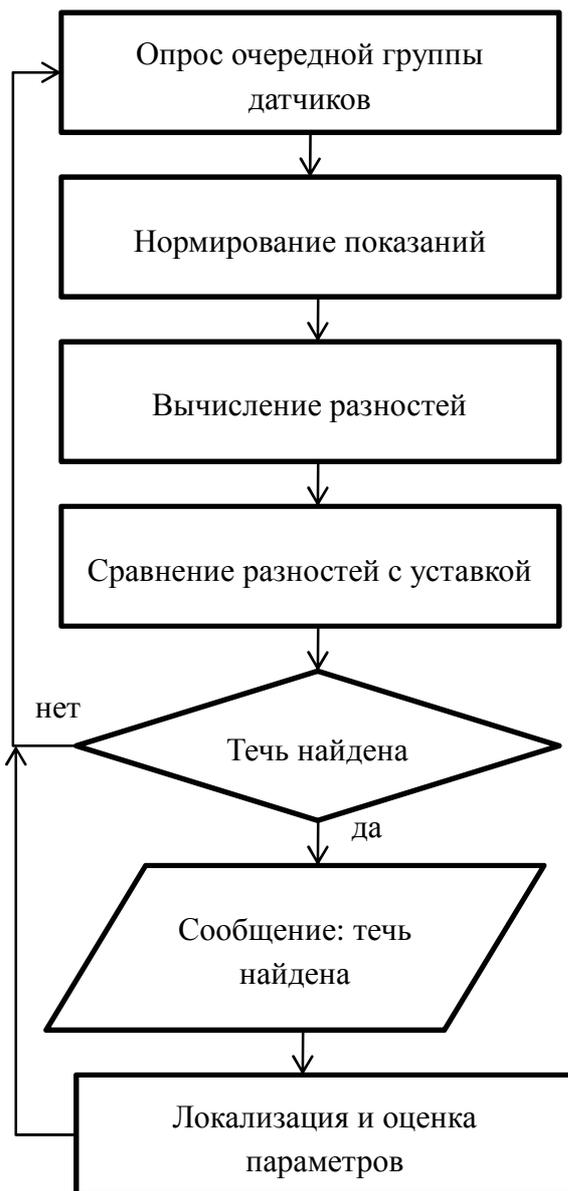


Рис. 2. – Алгоритм поиска течи в системе САКТ

Благодаря тому, что с уставкой сравнивается не абсолютное значение, а разность, ожидается повышение чувствительности системы, и снижение числа ложных срабатываний системы ALARM.

Задачей нормирования данных является минимизация первых двух членов для

снижения зависимости параметра от изменения уровня фоновых шумов и увеличения чувствительности к возникновению течи.

$$D_n = \frac{D}{k} - N_a$$

Полученное значение D_n определяется фоновыми шумами (которые должны быть примерно одинаковыми для всех датчиков) помещения и сигналом течи, если она присутствует.

При вычислении разностей нормированных показаний датчиков уровни фоновых шумов вычитаются и, следовательно, сигнал течи заметнее. В суммах «участвуют» показания всех датчиков, т.е. каждый датчик, влияет на параметр и, следовательно, все датчики одновременно находятся под контролем. Например, для первой группы датчиков (рис. 1) вычисляются четыре разности:

$$M_1 = D_1 - D_2; M_2 = D_1 - D_3; M_3 = D_2 - D_4; M_4 = D_3 - D_4 \quad (1)$$

Полученные разности сравниваются с уставкой. Такой подход позволяет сформировать единый параметр, информирующего оператора о возникновении течи, нечувствительного к изменению уровня фоновых шумов.

Во избежание маскирующего влияния второй течи вывод о наличии течи делается на основании сравнения с уставкой N_u двух разностей:

$$\left\{ \begin{array}{ll} M_1 = D_1 - D_2 > N_u \text{ U } M_2 = D_1 - D_3 > N_u & \text{– течь вблизи первого датчика;} \\ -M_1 = D_2 - D_1 > N_u \text{ U } M_3 = D_2 - D_4 > N_u & \text{– течь вблизи второго датчика;} \\ -M_2 = D_3 - D_1 > N_u \text{ U } M_4 = D_3 - D_4 > N_u & \text{– течь вблизи третьего датчика;} \\ -M_3 = D_4 - D_2 > N_u \text{ U } -M_4 = D_4 - D_3 > N_u & \text{– течь вблизи четвертого датчика.} \end{array} \right. \quad (2)$$

Алгоритм, с помощью которого предлагается обрабатывать данные в системе САКТ, был реализован с помощью программы LabVIEW.

Алгоритм был реализован для четырех датчиков, работающих в одинаковых условиях, в то время как в САКТ предусмотрена установка более сорока датчиков. Однако, используя предложенные подходы, можно, при необходимости, легко доработать алгоритм и интерфейс пользователя для контроля за несколькими группами, состоящими из четырех датчиков.

При реализации алгоритма было произведено моделирование сигналов датчиков. Предполагалось, что исследуемый сигнал прошел фильтрацию, усиление и сдвиг, дискретизацию и квантование (что является факторами потери информации о состоянии трубопровода).

На основании анализа форм графиков сигналов и частотных спектров, представленных в открытых источниках, предполагалось, что сигнал определяется постоянной составляющей, величина которой зависит от режима работы блока. На основании исследований, проведенных в Центре материаловедения и ресурса ВНИИАЭС, примем, что сигнал течи должен превышать уровень фоновых шумов на 10 дБ, внешний фоновый составит около 50 дБ. В этом случае уровень шума минимального гарантированно обнаруживаемого сигнала течи в акустической камере составит около 60 дБ. Также в сигнале содержится шумовая компонента, определяемая шумом измерительного тракта. Из анализа спектров доступных акустических сигналов можно предположить наличие периодической составляющей, частота которой определяется вращением рабочего колеса ГЦН. Обобщая, информацию о характере

акустического сигнала течи, опишем модель сигнала аналитической формулой [4]:

$$Y(t) = C + A_T * \sin 2\pi f_T t + A_r * \sin 2\pi f_r + \gamma(t),$$

где C – постоянная составляющая;

A_T и f_T – амплитуда и частота периодической составляющей, характеризующей наличие течи;

A_r и f_r – амплитуда и частота периодической составляющей, характеризующей работу оборудования первого контура, прежде всего ГЦН;

$\gamma(t)$ – случайная компонента.

Параметры модели могут быть откорректированы по результатам измерений в промышленных условиях.

Смоделированные сигналы от различных датчиков подвергаются нормировке. Значения коэффициента усиления тракта и ориентировочной величины шума усилителя определяются из паспортных данных измерительной системы. Затуханием акустического сигнала на пути от течи к датчику можно пренебречь из-за малости расстояния между источником сигнала и датчиком. Коэффициент усиления тракта и величина шума усилителя задаются как константы.

С целью проверки исправности датчиков их показания сравниваются со значениями, при которых регистрируется отказ параметров. Нулевой или недостоверно большой сигнал однозначно свидетельствуют о явной неисправности датчика.

Вычисление разностей производится согласно предложенным ранее схемам (1) и (2). Полученные значения разностей проверяются на достоверность. Для этого они сравниваются с недостоверно большим значением, которое может получаться при отказе одного из датчиков. Проверка производится с целью недопущения ложного срабатывания системы ALARM. Достоверные значения разностей сравниваются с уставкой.

На рисунке 3 показана лицевая панель предлагаемого интерфейса пользователя системы поиска течи первого контура. Она содержит схему первого контура, включая реактор, четыре парогенератора, четыре ГЦН, четыре циркуляционные петли.

На схеме обозначено расположение двенадцати акустических датчиков системы САКТ. Сигналы четырех датчиков, подвергнутые кондиционированию (нормировке) выводятся в графическом окне. Также на лицевую панель выводятся среднеквадратичные значения, значения максимальной разности, информация об исправности датчиков системы САКТ. Пользователем вводится уставка по значению мажоритарной функции, при достижении которой пользователь получает уведомление о наличии течи.

Сигнализация наличия течи (рисунок 3) производится:

- свечением диода у номера датчика;
- миганием диода у места установки датчика, вблизи которого зафиксирована течь теплоносителя.

Сигнализация об отказе датчика осуществляется свечением диода, соответствующего номеру неисправного датчика.

Таким образом, предлагается реализация алгоритма поиска течи теплоносителя первого контура, в котором благодаря нормированию данных, компенсации шумов и введению единой уставки для всех режимов ожидается повышение чувствительности системы, и одновременно снижение числа ложных срабатываний системы ALARM.

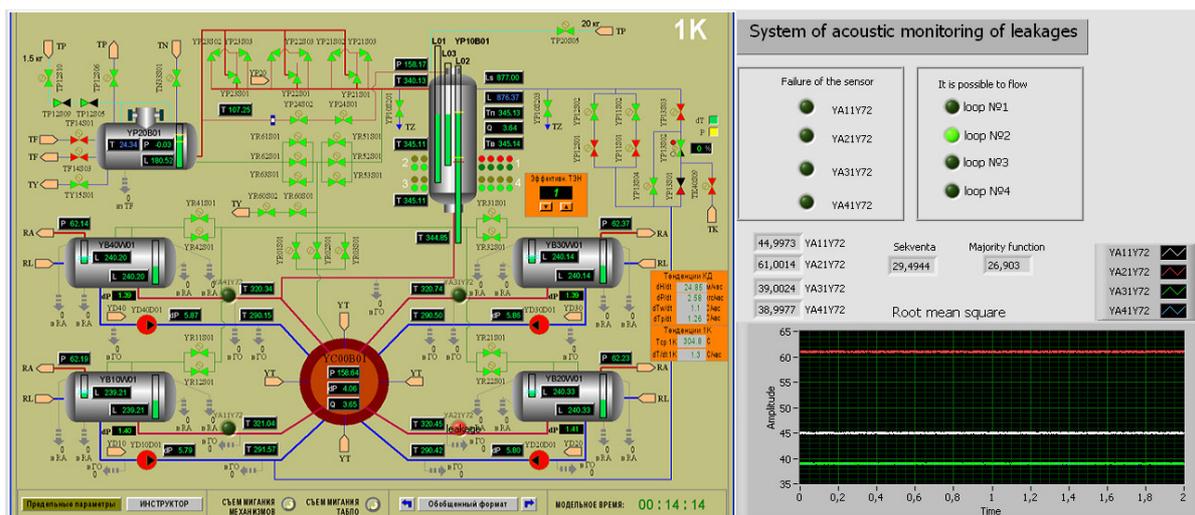


Рис. 3. – Лицевая панель интерфейса пользователя системы поиска течи первого контура в режиме тестирования: течь в горячей нитке второй петли

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Министерство Российской Федерации по атомной энергии. Концерн «Росэнергоатом». Балаковская атомная станция. Центр подготовки персонала. Основное оборудование реакторного отделения [Текст]. – [Б.м.], 2000. – 178 с.
2. Бакиров, М.Б. и др. Внедрение концепции ТПР для АЭС с ВВЭР-440, оптимизация систем контроля течей [Текст] / М.Б. Бакиров, А.А. Афонсов, И.Ю. Иванченко, Н.Ю. Забрусков, А.В. Богачев, В.И. Левчук. – ОАО «ВНИИАЭС», НТЦ Ростехнадзор, [Б.г.] – 22 с.
3. Маркосян, Г.Р. Совершенствование диагностической системы «АЛЮС» для определения течи теплоносителя из первого контура ВВЭР-440 [Текст] / Г.Р. Маркосян // Теплоэнергетика. – 2000. – №5.
4. Гетман, А.Ф. Концепция безопасности «Течь перед разрушением» для сосудов и трубопроводов давления АЭС [Текст] / А.Ф. Гетман. – М. : Энергоатомиздат, 1999. – 258 с.

Search Algorithm of the Heat Carrier Leak of PWR First Contour

O.J. Pugachyova, A.K. Pugachyov, E.A. Abidova

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

Abstract – Search acoustic system of the heat carrier leak in the first contour (SLHD) provides the detection of the heat carrier leak of the first contour with an expense from 3,8 l/min. Time of information delay in case of leak detection is no more than 3 minutes. The main way of increase of efficiency and reliability of system of SLHD is enhancement of leak search algorithm. Authors of article offered approaches to SLHD data processing: regulation of sensors indications, calculation sequent, majorization. In the article much attention is paid to compensation of background noise of the first contour premises and measuring path noise. Offered methods have to provide leak identification by an expense less than 3,8 l/min.

Keywords: barriers protection of the nuclear power plant, leak detection, acoustic sensor, data regulation, method of sequent, majority function.

УДК 621.3.049.779

ПАССИВНАЯ БЕСПРОВОДНАЯ МЕТКА-ДАТЧИК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ КОНТРОЛЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ АЭС

© 2014 г. В.Ф. Катаев, В.И. Ратушный, А.Ф. Черножукова, Ж.А. Хван

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

В работе рассмотрен датчик температуры на поверхностно-акустических волнах (ПАВ), принцип его работы, возможности уменьшения погрешности измерения, рассматривается разработка датчиков температуры с совмещенной системой идентификации. Датчики могут быть использованы для контроля технических параметров физической защиты АЭС.

Ключевые слова: поверхностно акустические волны, встречно штыревой преобразователь, пассивный датчик температуры, АЭС.

Поступила в редакцию 30.11.2014 г.

Все возрастающие требования к контролю параметров современных технологических процессов и режимов работы различных устройств и оборудования АЭС ставят задачу по разработке датчиков с новыми функциональными возможностями. Здесь особое место занимают технологии автоматизированных систем дистанционного беспроводного мониторинга физических параметров технических систем. Рассматриваемая в настоящей работе технология изготовления датчиков на поверхностных акустических волнах (ПАВ) существенно отличается от уже применяемых.

В условиях сильных нестационарных помех амплитуда сигнала может сильно зависеть от времени измерения, даже если проводить усреднение, что может привести к существенному понижению точности измерения. Однако если измерять не амплитуду сигнала, а задержку сигнала между опорным и отражательным ВШП, то точность определения амплитуды не будет сказываться на результатах измерений. Более того можно между опорным и отражательным ВШП расположить кодовые отражатели, которые для каждого датчика будут иметь разные положения. Тогда датчик можно рассматривать как радиочастотную идентификационную метку, в которой расстояние между импульсами будет зависеть от измеряемой физической величины.

Для примера рассмотрим датчик температуры. В этом случае из-за отличного от нуля температурного коэффициента задержки расстояние между отраженными импульсами будет зависеть от температуры, причем, чем задержка между импульсами больше, тем сильнее будут сдвигаться импульсы относительно друг друга с изменением температуры.

На рисунке 1 показана конструкция датчика температуры. Он расположен на подложке из LiNbO_3 размером $1,42 \times 14 \times 0,5$ мм. Первый отражатель расположен на расстоянии 1,89 мм от приемо-передающего ВШП. Это позволяет при приеме отраженных импульсов от датчика исключить отраженные сигналы от различных металлических поверхностей в зоне считывателя [1]. Эти отраженные сигналы придут на считыватель значительно раньше, чем отраженные импульсы от датчика, поскольку при расстоянии 1,89 мм отраженные от датчика импульсы придут примерно через

1 мкс, что соответствует отражателям, находящимся на расстоянии 300 м. При таком расстоянии отраженные импульсы значительно ослабнут и не будут мешать приему отраженных от датчика импульсов. Информационные отражательные ВШП находятся в 4-х лотах, в каждом из которых предусмотрено 4 положения (слоты). Расстояние между слотами равно 0,8 мм, а расстояние между лотами равно 1,6 мм. В каждом лоте предусмотрен только один отражатель, который располагается в одном из 4-х слотов [2].



Рис. 1. – Конструкция датчика температуры

Приемопередающий встречно-штыревой преобразователь (ВШП) выполнен, как и в предыдущих случаях, однонаправленным с внутренними отражателями [3]. Ширина электродов в нем выбрана равной 2–1 мкм, а межэлектродные зазоры равны 0,8 мкм. При этом ВШП эффективно излучает поверхностные акустические волны (ПАВ) только вправо в диапазон частот 860–880 МГц (центральная частота равна 870 МГц). Отражатели состоят из двух ВШП с числом электродов, равным 3. Расстояние между этими ВШП выбирается таким образом, чтобы суммарный коэффициент отражения от них возрастал по мере удаления от приемо-передающего ВШП. Это позволяет сделать отраженные импульсы близкими по амплитуде, так как по мере распространения амплитуда ПАВ убывает из-за отражения от предыдущих отражателей [4].

Подложка LiNbO_3 с выполненными на ней ВШП и отражателями располагается на поликоровой подложке с размерами 19,9x23,9x0,5 мм [1]. Как показано на рисунке 2 подложка располагается таким образом, чтобы обеспечить минимальную длину золотых проводников, соединяющих шины ВШП с выводами для антенны. К выводам антенны припаиваются проводники из медной проволоки диаметром 0,5 мм и длиной 8 см, чтобы получилась антенна в виде полуволнового вибратора, длина которого равна половине длины электромагнитной волны [5]. В данном случае это составляет 16 см. Для уменьшения размеров антенны необходимо будет использовать более сложные виды антенн, выбор которых составляет достаточно сложную задачу, которая должна стать предметом отдельной разработки.

Для герметизации подложки используется металлическая крышка размером 20x6, которая приклеивается к поликоровой подложке таким образом, чтобы углы корпуса совпали бы с маленькими прямоугольниками, выполненными на поликоровой подложке. Так как клей является изолятором, то крышка не сможет замкнуть выводы антенны. Высота крышки должна быть не менее 1 мм, чтобы не замкнуть золотые проводники.

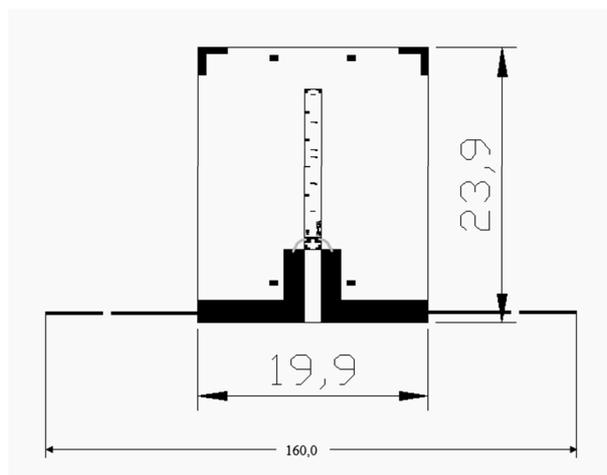


Рис. 2. – Датчик на плате с антенной

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

На рисунке 3 показана фотография такого датчика, из которой видно, что датчик герметично закрыт металлической крышкой, которая приклеена к плате из поликора. Таким образом, что между крышкой и токопроводящими шинами имеется слой клея, чтобы не замыкать их. Импульсные отклики получались в результате преобразования частотных характеристик параметра S_{11} антенны в виде полуволнового вибратора на центральную частоту 870 МГц с длиной четверть волновых вибраторов по 8 см. Корпусированные датчики-метки с аналогичной антенной располагались параллельно антенне, подсоединенной к измерительному прибору на расстоянии 2 см. В этом случае сигнал от прибора излучается антенной, подсоединенной к прибору, и принимается антенной датчика-метки. Так как эта антенна подсоединена к приемо-излучательному ВШП датчика-метки, то он преобразовывается в ПАВ и, отражаясь от ПАВ отражателей, с определенной задержкой попадает опять на приемо-передающий ВШП и излучается антенной датчика-метки, попадая на антенну, подсоединенную к измерительному прибору. Задержанные сигналы интерферируют с основным сигналом на этой антенне, что и приводит к изрезанности частотной зависимости параметра S_{11} как показано на рисунке 4. Число точек в приборе ИККП «обзор-103» было выбрано равным 2097, что вполне достаточно, чтобы не пропустить все максимумы и минимумы на частотной зависимости параметра S_{11} .

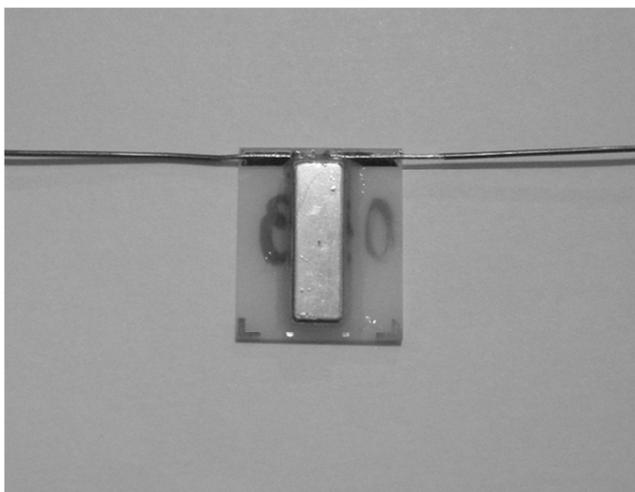


Рис. 3. – Фотография корпусированной метки с антенной

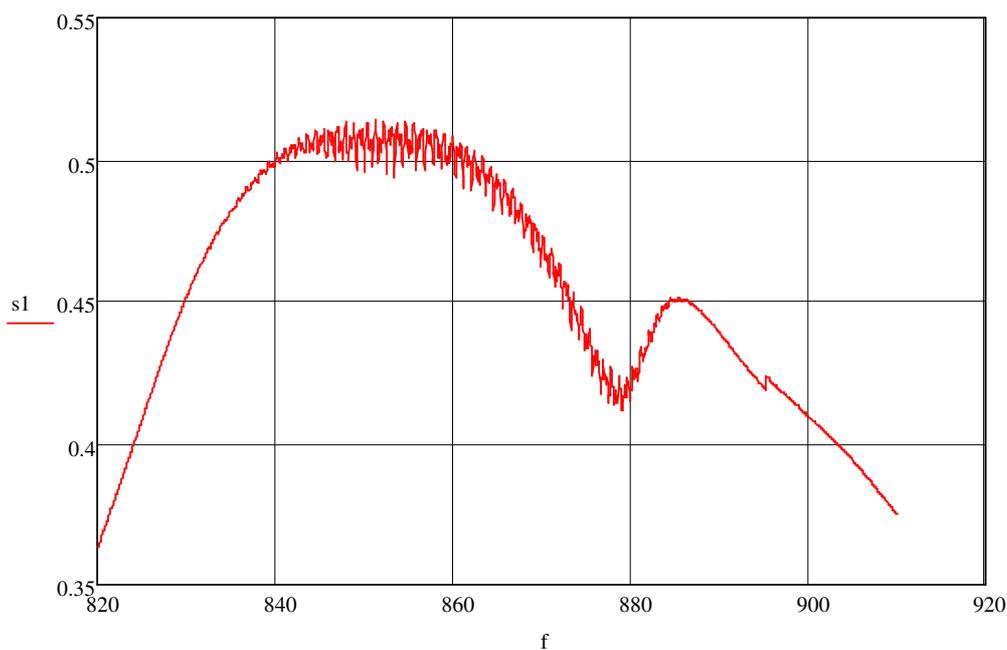


Рис. 4. – Частотная зависимость параметра S_{11} антенны в виде полуволнового вибратора, подсоединенной к измерительному прибору

На рисунке 5 показаны импульсные отклики датчика-метки при разных температурах. По горизонтальной оси отложено число отсчетов, причем один отсчет равен 6 нс. Видно, что при нагревании отклик от последнего отражателя смещен вправо относительно отклика, измеренного при комнатной температуре, на 8 отсчетов. При расстоянии между опорным и последним импульсами в 860 отсчетов. На рисунке 6 показан фрагмент импульсного отклика. Таким образом, при изменении температуры на 50 градусов задержка изменилась на 0,9%. Для повышения точности необходимо увеличить число отсчетов между отраженными импульсами. Так, например, при числе между импульсами равном 1200 смещение отраженного импульса может возрасти до 12 отсчетов. Такое число отсчетов соответствует расстоянию между отражателями равному 15 мм, что дает возможность поместить такой датчик метку в корпус длиной 20 мм.

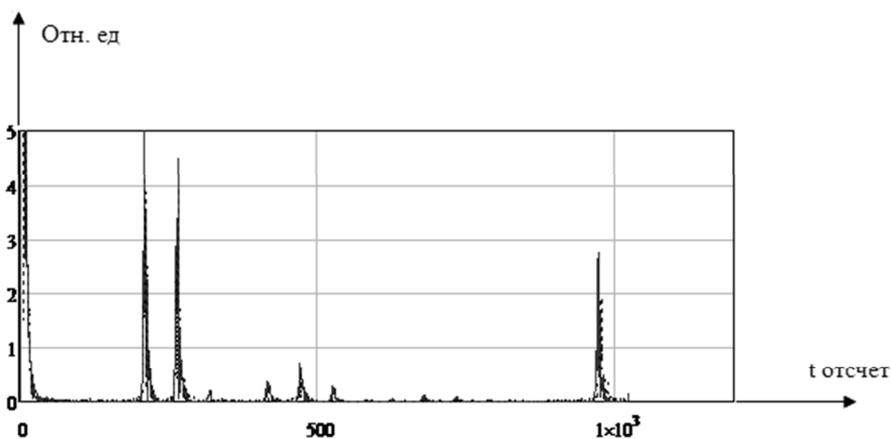


Рис. 5. – Импульсные отклики датчика-метки при комнатной температуре -20°C (сплошная кривая) и при температуре 70°C (пунктирная кривая)

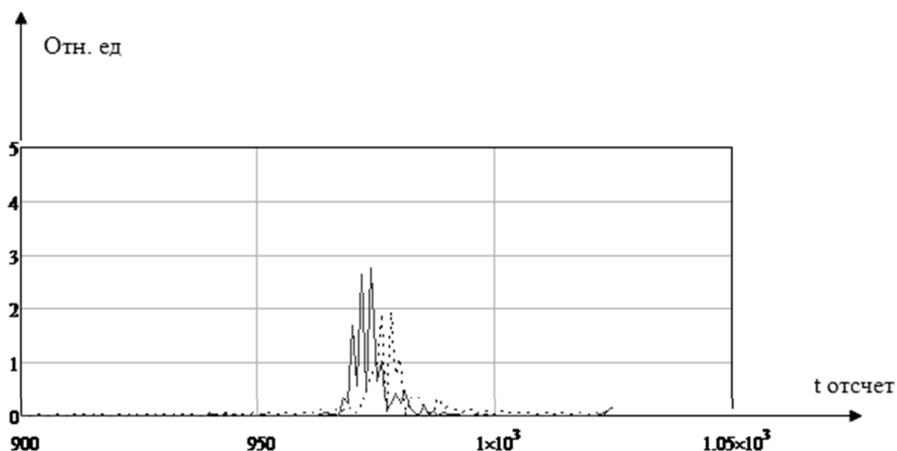


Рис. 6. – Фрагмент импульсного отклика датчика-метки с кодом 98 при комнатной температуре -20°C (сплошная кривая) и при температуре 70°C (пунктирная кривая)

На рисунке 7 показан импульсный отклик датчика метки, когда расстояние между датчиком и антенной прибора равно 30 см.

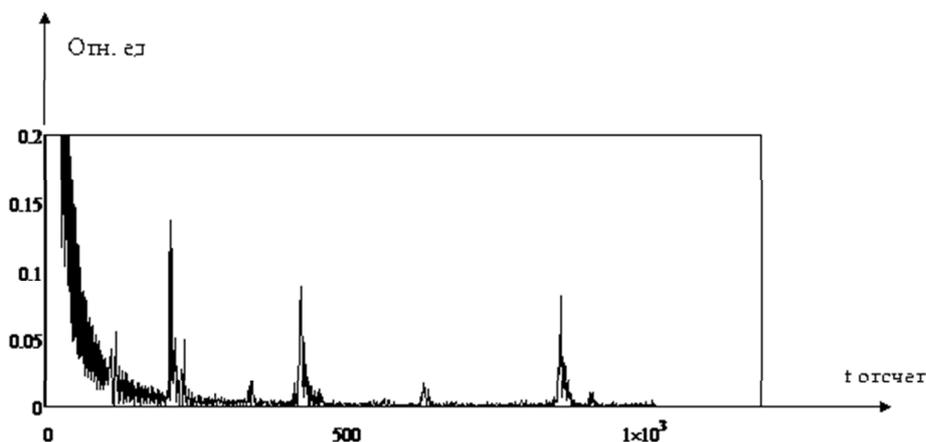


Рис. 7. – Импульсные отклики датчика-метки при комнатной температуре на расстоянии 30 см от антенны

Таким образом, в ходе выполнения работы были получены следующие результаты: амплитуда сигнала уменьшилась в 33 раза по сравнению с амплитудой отраженного сигнала при расстоянии 2 см между антенной прибора и датчиком; мощность на выходе прибора равна 2,5 мВт, что соответствует при сопротивлении 50 Ом 0,33 В., таким образом, при мощности на выходе прибора в 250 мВт дальность может вырасти в 10 раз и достичь 3м, а при использовании антенны в виде полуволнового вибратора это расстояние может быть увеличено еще в 3–4 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. №2195069 Российская Федерация Однонаправленный преобразователь поверхностных акустических волн, на изобретение [Текст] / Г.Я. Карапетьян, С.А. Багдасарян, Н.А. Багдасарян – опубл. 20.12.2002. – Бюл. №35.
2. Технология полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники. В 10 кн.: Учеб. пособие для ПТУ. Кн. 2. Материалы [Текст] / А.И. Курносов. — М.: Высш. шк., 1989. – 96с.:ил.
3. Джексон, Р. Г. Новейшие датчики [Текст] / Р.Г. Джексон; перевод с английского под ред. В.В. Лучаника. – М.: Изд-во «Техносфера», 2007.

4. Фильтры на поверхностных акустических волнах (расчет, технология и применение): Пер. с англ. [Текст] / Под ред. Г. Мэттьюза. – М.: Радио и связь, 1981. – 472 с.: ил.
5. *Алексеев, А. и др.* Субмикронная контактная металлизация / А. Алексеев, С Александров // Выбор технологии: сетевой журн. – 2009. – Режим доступа: URL: <http://www.nanometer.ru> – 19.02.2014.

Passive Wireless Tag-Sensor for Temperature Measurement at Technical Parameters Control of the NPP Physical Protection

V.F. Kataev, V.I. Ratushnyj, A.F. Chernozhukova, Zh.A. Khvan

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

Abstract – In work the temperature detector on the superficial and acoustic waves (SAW), the principle of its work, possibility of reduction of an error in measurement is considered, development of temperature detectors with the combined system of identification is carried out. Sensors can be used for technical parameters control of the NPP physical protection.

Keywords: superficial and acoustic waves, interdigital transducer counter, passive temperature sensor, NPP.

УДК 621.311.25:621.039

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ОБОРУДОВАНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

© 2014 г. Р.Г. Бабенко, В.Н. Никифоров, О.Ю. Пугачева,
В.И. Сиротина, А.В. Чернов

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

В данной статье рассмотрен подход к диагностированию оборудования с точки зрения теории обнаружения, оценок и модуляции дефектов в виброакустическом сигнале. Приведены результаты экспериментального исследования вероятности обнаружения дефектов подшипников виброакустическим методом. Предложены возможные варианты применения теории обнаружения, оценок и модуляции в диагностических системах.

Ключевые слова: вероятность обнаружения дефектов, виброакустический сигнал, диагностирование оборудования АЭС.

Поступила в редакцию 17.11.2014 г.

Одна из задач диагностирования – выявление неисправностей – может быть тесно связана со статистической задачей обнаружения (рис. 1).



Рис. 1. – Элементы задачи теории обнаружения

Первым элементом является объект исследования или источник, который задает некоторую выходную величину, принимающую одно из M значений $H_0, H_1, H_2, \dots, H_{M-1}$.

Вторым элементом является вероятностный механизм перехода, а третьим – пространство наблюдений. Механизм перехода может быть рассмотрен как блок, который способен различить, какая из гипотез является истинной. Основываясь на этом значении, он формирует некоторую точку в пространстве наблюдений в соответствии с некоторым вероятностным законом.

В задаче диагностики оборудования H_1 может соответствовать наличию неисправности, а H_0 ее отсутствию. Какая именно гипотеза является истинной заранее не известно. Известно, что верна либо гипотеза H_0 , либо гипотеза H_1 .

Проиллюстрируем эти представления примером (рис. 2).

Для решения статистической задачи обнаружения применяют критерии принятия решения. Для каждого критерия возможен один из четырех исходов:

- 1) верна H_0 , выбираем H_0 ;
- 2) верна H_0 , выбираем H_1 ;
- 3) верна H_1 , выбираем H_1 ;
- 4) верна H_1 , выбираем H_0 .

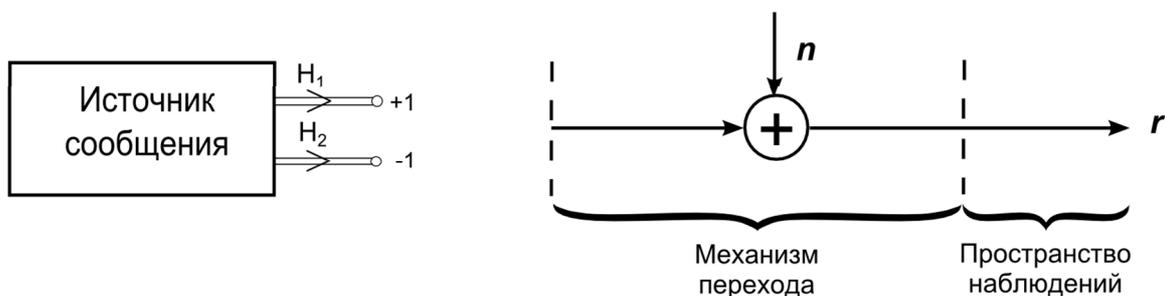


Рис. 2. – Модель принятия решения

Первый и третий исходы соответствуют правильным выборам, а второй и четвертый – ошибочным. Смысл критерия решения состоит в том, что каждому из четырех возможных исходов придается некоторое относительное значение.

Качество обнаружения характеризуется двумя ошибками и, соответственно, двумя вероятностями: ложной тревоги (ошибка первого рода) и пропуска цели (ошибка второго рода) (рис. 3) [2].

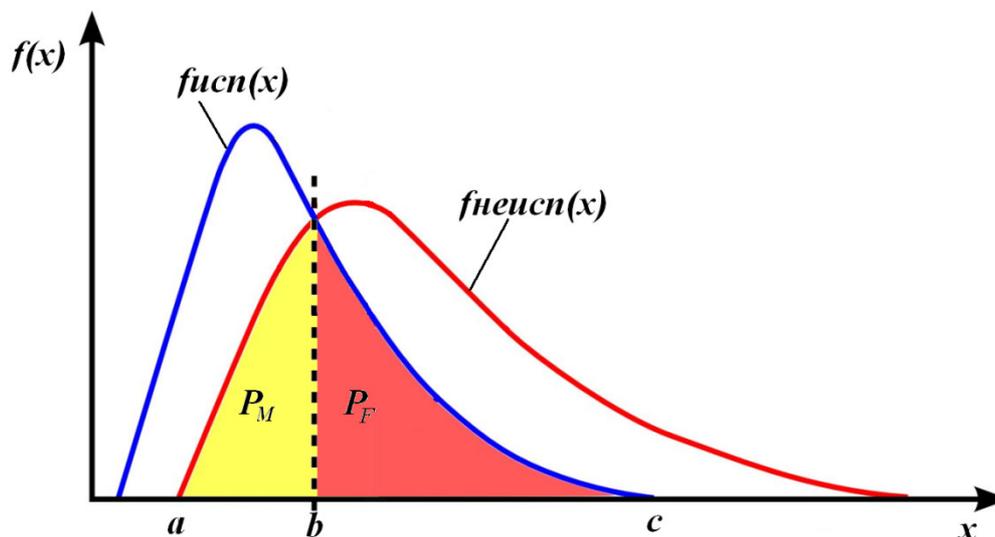


Рис. 3. – Плотности распределения диагностического признака при наличии и отсутствии неисправности

Вероятности пропуска неисправности P_M и ложной тревоги P_F могут быть вычислены, как площади под соответствующими участками кривых:

$$P_M = \int_a^b f_{\text{неисп}}(x) dx,$$

$$P_F = \int_b^c f_{\text{исп}}(x) dx$$

В идеале, диагностический признак должен быть сформирован так, чтобы не пересекались его кривые распределения при наличии и отсутствии неисправностей. Тогда диагностический порог можно выставить так, чтобы соответствующие интегралы под кривыми распределения, характеризующие ошибки обнаружения, были равны нулю (т.е. качество диагностирования было абсолютным). В диагностической практике

эта цель не достигается практически никогда, так как никогда не известны параметры фона для выбранного диагностического признака. Они всегда зависят от места установки датчика и, как правило, нестационарные. Иными словами, левая кривая на рисунке 3 определяется «по месту», после проведения пусконаладочных работ по данной системе диагностики. Правая кривая может быть получена после того, как наберется достаточная статистика по исследуемой неисправности. Для некоторых систем диагностики неисправность моделируется на стендах или проводится ее имитация на объекте [2].

С целью оценки вероятности обнаружения дефектов при диагностике оборудования виброакустическими методами в лаборатории НИИ «Атомного энергетического машиностроения» были проведены экспериментальные исследования неисправностей подшипников качения на стенде входного контроля СВК-А. Стенд состоит из электропривода 1, вращающего вал 3 с испытуемым подшипником 4 через клиноременную передачу 2 со скоростью 2750 об/мин (рис. 4). Подшипник нагружен механизмом радиальной нагрузки 5 на величину 150 Нм. На внешнюю обойму подшипника с помощью магнита и воска установлен датчик виброускорения 6.

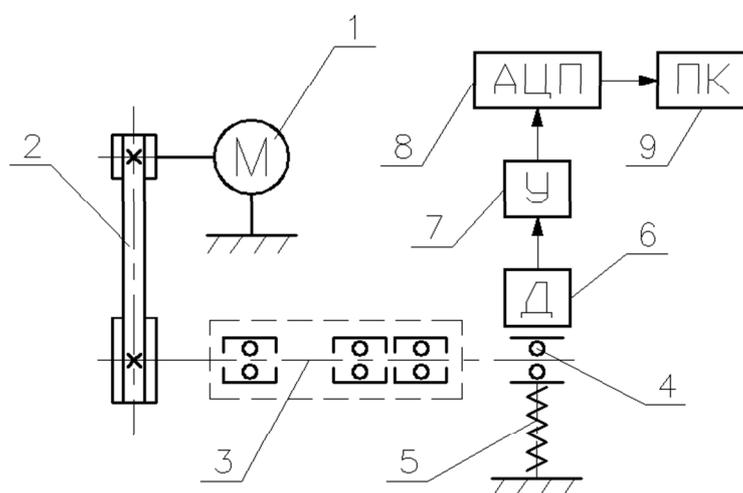


Рис. 4. – Кинематическая схема испытательного стенда:

- 1 – электродвигатель; 2 – ременная передача; 3 – вал на подшипниковых опорах; 4 – испытуемый подшипник; 5 – механизм радиальной нагрузки; 6 – виброакустический датчик; 7 – усилитель; 8 – аналого-цифровой преобразователь; 9 – персональный компьютер

В качестве объектов диагностирования были выбраны подшипники типоразмера 208 (рис. 5) в различном техническом состоянии: новые исправные подшипники со смазкой и без нее; подшипники с дефектами сепаратора, наружного и внутреннего кольца.



Рис. 5. – Объект диагностирования

В процессе эксперимента с помощью измерительного комплекса (поз. 6-9 рис. 4) были зарегистрированы вибрационные сигналы при вращении под нагрузкой исправного и неисправных подшипников.

Основные технические характеристики измерительного комплекса приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Технические характеристики измерительного комплекса

Наименование характеристики	Значение
Диапазон регистрируемых частот	0,5-20000 Гц
Коэффициент чувствительности	40 мВ/мс ²
Частота дискретизации регистрируемых сигналов	до 20000 Гц
Разрядность АЦП измерительной системы	14 бит

Далее полученные вибрационные сигналы подверглись цифровой обработке с целью выделения диагностического параметра (в данном случае огибающей сигнала выделенной с помощью преобразования Гильберта) и построения графиков плотностей распределения вероятностей. Результат обработки сигналов показан на графике (рис. 6).

Из математического анализа известно, что при интегрировании $F(x) = P\{a < x < b\} = \int_a^b f(x)dx$ функции сглаживаются, а при дифференцировании

$f(x) = F'(x)$, их особенности проявляются сильнее. Поэтому функция плотности распределения вероятности $f(x)$ содержит больше информации, чем функция распределения $F(x)$.

Для установленного диагностического порога (пунктирная линия b на графике) рассчитаны вероятности обнаружения и пропуска неисправностей (табл. 2).

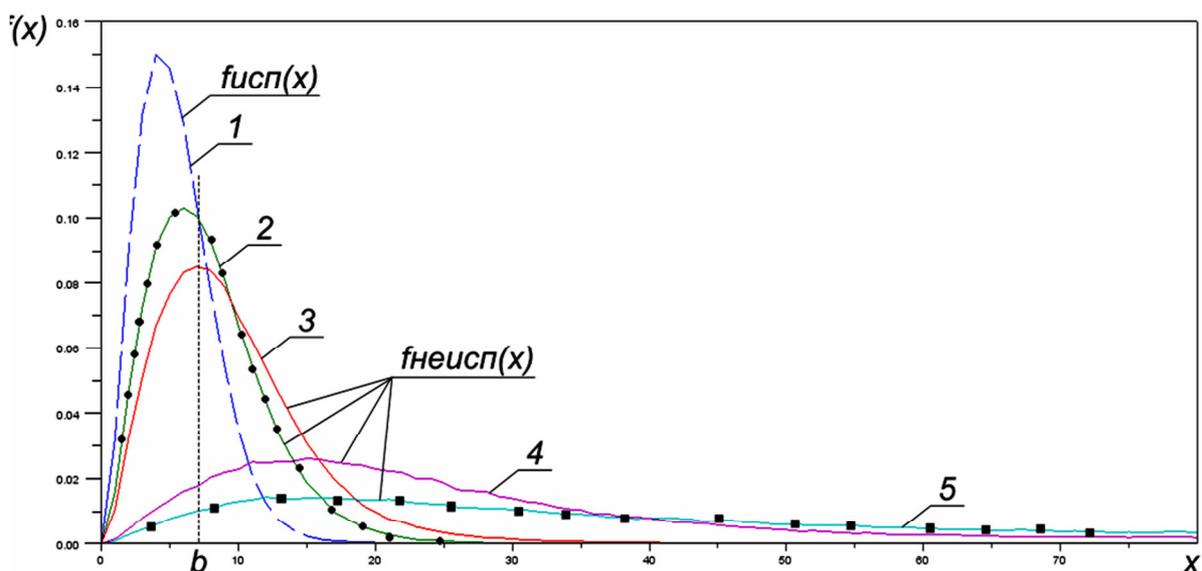


Рис. 6. – Графики плотностей распределения огибающих вибрационных сигналов:
1 – исправный подшипник; 2 – подшипник без смазки; 3 – поврежден сепаратор; 4 – раковина на внутреннем кольце; 5 – раковина на внешнем кольце

Таблица 2. – Вероятностные оценки обнаружения неисправности

Неисправность подшипника	Вероятность обнаружения неисправности, %	Вероятность пропуска неисправности, %	Вероятность ложной тревоги, %
Без смазки	50	50	30,5
Поврежден сепаратор	58,3	41,7	30,5
Раковина на внутреннем кольце	86,1	13,9	30,5
Раковина на наружном кольце	88,8	11,2	30,5

В результате проведенных экспериментов можно сделать вывод о том, что применение теории обнаружения и оценок в диагностических системах позволяет:

- Оценить качество и эффективность диагностирования с помощью вероятностного анализа ошибок пропуска неисправности и ложной тревоги.
- Произвести настройку диагностической системы с помощью подбора диагностического признака по критериям минимизации ошибок обнаружения.
- Проанализировать информационное содержание сигнала на выходе измерительной системы. Рассчитать влияние погрешности измерений и шумов на диагностическую систему.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции. Том I. Теория обнаружения, оценок и линейной модуляции. Нью-Йорк, 1968 [Текст] / Г. Трис Ван ; пер. с англ., под ред. проф. В.И. Тихонова. – М.: «Советское радио», 1972. – 744 с.
2. Аркадов, Г.В. и др. Системы диагностирования ВВЭР [Текст] / Г.В. Аркадов, В.И. Павелко, Б.М. Финкель. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 391 с.
3. Абидова Е.А., Чернов А.В. Методы обработки информации в диагностических системах: Учебное пособие. – ВИТИ НИЯУ МИФИ. – Волгодонск, 2013. – 72 с.

Estimating the Probability of Defect Detection In the Equipment Diagnosis by Vibroacoustic Method

**R.G. Babenko, V.N. Nikiforov, O.Yu. Pugacheva, V.I. Sirotina,
A.V. Chernov**

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

Abstract – In this article the approach to equipment diagnosis in terms of the theory of detection, evaluation and modulation of defects in vibroacoustic signal is considered. The results of experimental studies of detection probability of bearings defects by vibroacoustic method are given. The possible options of application of the theory of detection, evaluation and modulation in diagnostic systems are offered.

Keywords: probability of defects detection, vibroacoustic signal, diagnosing of the NPP equipment.

УДК 621.311.25:621.039

АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ДЕЙСТВУЮЩИХ АЭС РФ ТЕХНИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДНОЙ АРМАТУРЫ ПРОИЗВОДСТВА ЗАО «ЭНЕРГОМАШ (ЧЕХОВ) – ЧЗЭМ»

**© 2014 г. Ю.Е. Ульянова, О.Ю. Пугачева, Ю.Н. Елжов, Р.Г. Бабенко,
Д.В. Сиротин, С.В. Василенко**

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

В статье представлено обследование электроприводной арматуры «Чеховского завода энергетического машиностроения» в системах острого пара и питательной воды на действующих АЭС РФ, с разработкой программы организационных и технических мер по обеспечению его работоспособного состояния.

Ключевые слова: электроприводная арматура, информационные карты, анализ, обследование.

Поступила в редакцию 15.11.2014 г.

За последние 10 лет на действующих АЭС имели место 12 остановов и разгрузок энергоблоков из-за отказов задвижек острого пара и питательной воды производства ЗАО «Энергомаш (Чехов) – ЧЗЭМ». Причиной отказов являлись обрывы штоков либо заплечиков обойм электроприводной арматуры (ЭПА) типа 895-400, 973-500, 973-600, 1117-500, 1117-600. Как показало расследование причин отказов, ими стали проектные и конструктивные недостатки ЭПА, а также неисполнение персоналом АЭС мероприятий, разработанных по предыдущим аналогичным нарушениям.

В целях обеспечения надежности электроприводной арматуры острого пара и питательной воды на совещании по теме «Диагностирование тепломеханического оборудования АЭС» (Концерн «Росэнергоатом», 2013 год) было принято решение о проведении комплексного обследования действующих АЭС. Исполнителем этой работы на конкурсной основе был определен НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ.

1. ОБЪЕКТ ОБСЛЕДОВАНИЯ

Согласно Рабочей программе объектом обследования являются технические и организационные меры по обеспечению работоспособного состояния ЭПА типов 848-400, 895-400, 973-500, 973-600, 1080-400, 1117-500, 1117-600 ЗАО «Энергомаш (Чехов) – ЧЗЭМ» в системах острого пара и питательной воды на действующих АЭС РФ.

При этом:

- задвижки типов 847-400, 848-400, 1080-400, 973-500, 973-600, 1117-500, 1117-600, используются в качестве запорной арматуры на трубопроводах пара и питательной воды 2-го контура АЭС с реакторами типа ВВЭР-1000 и ВВЭР-440;
- задвижки типа 895-400, используются в РУ с РБМК-1000 в системах

питательной воды и острого пара, САОР, ПЭН;

– задвижки типа 970-850 установлены в качестве запорных устройств на горячей и холодной нитках циркуляционных петель 1 контура АЭС с реактором ВВЭР-1000.

Главной причиной нарушения работы представленной арматуры является разрушение и обрыв запорного органа и, как следствие, отказ и невозможность выполнять «запорную» функцию. Основными повреждающими факторами при этом считаются малоцикловая усталость материала, напряженно-деформированное состояние конструкции в местах концентрации напряжений, повышенная температура, давление и коррозионное влияние среды.

2. МЕТОДИКА ОБСЛЕДОВАНИЯ

В рамках выполнения данной работы специалистами НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ была разработана Рабочая программа обследования, в которой определены его цели:

– изучение и обобщение опыта обеспечения работоспособного состояния ЭПА производства ЗАО «Энергомаш (Чехов) – ЧЗЭМ» на действующих АЭС;

– выявление причин нарушений в работе указанной арматуры, включая обрывы штоков и запечиков ответственной ЭПА, с целью последующей выдачи рекомендаций по их устранению.

В этом же документе определялись задачи, которые необходимо решить для достижения указанных целей, главными из которых являлись сбор данных, их анализ и обобщение, выявление недостатков и выработка рекомендаций по их устранению.

В рамках первого этапа работы специалистами НИИ АЭМ было проведено комплексное обследование Балаковской, Белоярской, Калининской, Кольской, Курской, Ленинградской, Нововоронежской, Ростовской и Смоленской АЭС. Сбор данных на Билибинской АЭС предполагалось выполнять дистанционно, однако станция письмом уведомила об отсутствии у нее арматуры указанных типов.

Кураторами работ со стороны станций были определены представители подразделений технической диагностики АЭС. Работы по сбору информации проводились с цехами-владельцами арматуры (РЦ, ТЦ, РТЦ), службами инженерной поддержки АЭС (ОТД, ЛТД, ОМиПР, КТО), ремонтными службами АЭС (ОППР, ЦЦР, ОУР), ЦТАИ.

По результатам обследования на каждой станции были составлены протоколы, в которых фиксировались:

- общее количество обследованной арматуры;
- технологические обозначения арматуры (технологические позиции);
- распределение арматуры по типам;
- распределение арматуры по энергоблокам;
- распределение арматуры по цехам-владельцам;
- перечень технологических систем;
- объемы полученных данных и обязательства станций по срокам предоставления недостающих данных.

Полученные в ходе проведения обследования материалы были обработаны и использованы для составления информационных карт в соответствии с Рабочей программой обследования. При составлении информационных карт использовалась информация о технических характеристиках ЭПА, полученная из других открытых источников (справочников, каталогов и т.п.), а также из базы данных оборудования АЭС НИИ АЭМ. Информационные карты содержат следующие данные (сведения):

– карта №1 содержит перечень ЭПА, представленной АЭС к обследованию.

Перечень включает сведения о типе, месте размещения арматуры, технических характеристиках арматуры и электропривода, характеристиках рабочей среды;

- карта №2 содержит перечни имеющейся в наличии на АЭС эксплуатационной и ремонтной документации на ЭПА, подлежащей обследованию;
- карта №3 содержит сведения о проведенных обследованиях с целью продления срока эксплуатации, модернизациях ЭПА;
- карта №4 содержит сведения об организационной структуре диагностических подразделений, квалификации персонала, оснащении их техническими и программными средствами диагностики, методическим обеспечением;
- карта №5 содержит сведения о проведенных диагностических обследованиях ЭПА, выявленных дефектах, выданных рекомендациях по устранению дефектов (предложенных ремонтах) и выводы о техническом состоянии обследуемой арматуры;
- карта №6 содержит сведения о реализованных на АЭС графиках ремонта и обслуживания, видах ремонта ответственной ЭПА;
- карта №7 содержит сведения о нарушениях в работе ЭПА, подлежащей обследованию, их причинах и корректирующих мероприятиях;
- карта №8 содержит сведения об организационных и технических мероприятиях, планируемых и выполняемых, по обеспечению работоспособного состояния ЭПА.

Пример заполнения информационных карт приведен на рисунке 1.

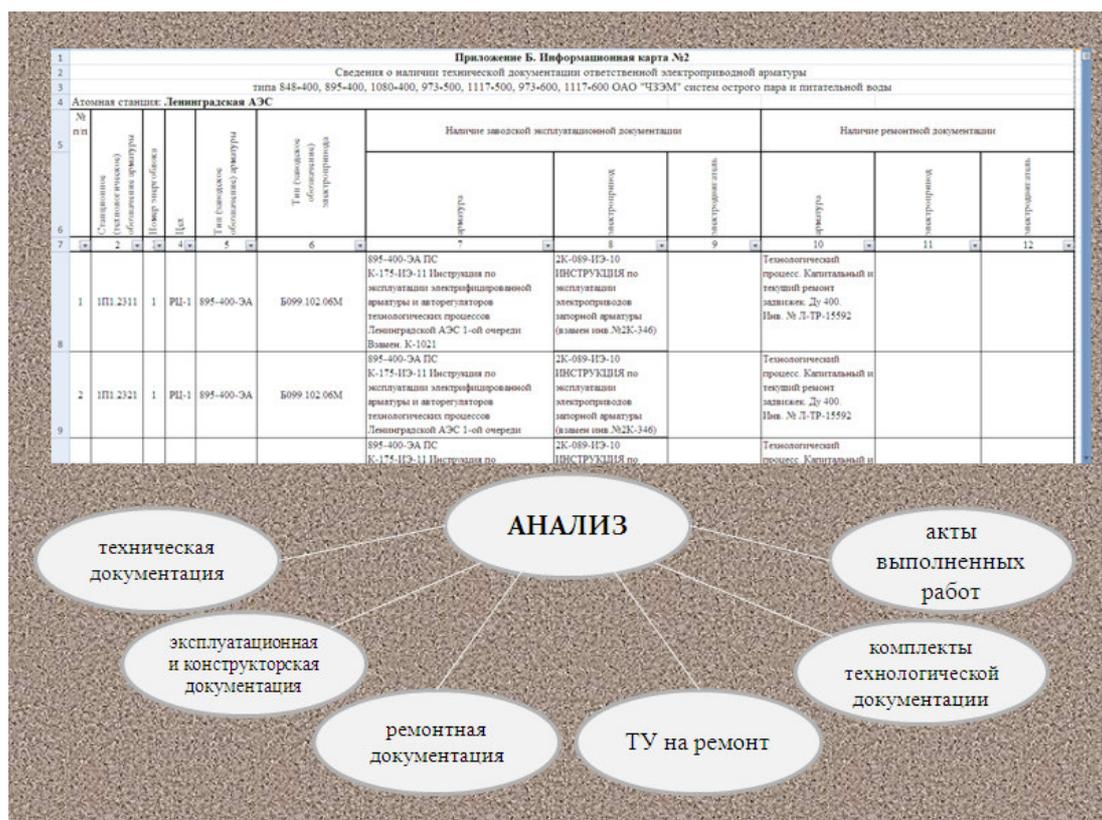


Рис. 1. – Пример заполнения информационных карт

3. ОБЪЕМ ОБСЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с данными протоколов обследования было обследовано всего 1186 единиц электроприводной арматуры. Распределение количества обследованной арматуры по АЭС представлено на рисунке 2.



Рис. 2. – Распределение ЭПА по станциям

Наибольшее число обследованных единиц (276) приходится на Ленинградскую АЭС. Это связано с большой насыщенностью РУ с РБМК-1000 арматурой производства ЗАО «Энергомаш (Чехов) – ЧЗЭМ».

Наименьше число обследованных единиц – на Белоярской АЭС (6 единиц, 1 блок, РУ с БН-600). Такое количество обусловлено тем, что к настоящему времени практически вся арматура ЗАО «Энергомаш (Чехов) – ЧЗЭМ» на 3 блоке БАЭС заменена на более современную арматуру фирмы «Sempell» (Германия) в рамках международной программы TACIS.

Распределение количества обследованной арматуры по типам ЭПА представлено на рисунке 3.



Рис. 3. – Распределение ЭПА по типам

Из диаграммы на рисунке следует, что почти половина из обследованных единиц (590) – ЭПА типа 895-400 (в различных вариантах исполнения). Эта арматура используется исключительно в РУ с РБМК-1000, в основном, в системах острого пара и

питательной воды. Второе место по распространенности имеет ЭПА типа 1080-400 (169), используемая в РУ с ВВЭР-1000 преимущественно в системах питательной воды. Из указанных в Рабочей программе обследования типов ЭПА наименьшую распространенность на АЭС РФ имеет задвижка типа 1117-600 – 6 единиц (КлнАЭС, РоАЭС).

Комплексное обследование Балаковской, Белоярской, Калининской, Кольской, Курской, Ленинградской, Нововоронежской, Ростовской, Смоленской АЭС, проводилось специалистами НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ путем командирования на обследуемые АЭС и сбора данных, характеризующих мероприятия, выполняемые каждой из обследуемых станций по поддержанию эксплуатационной готовности ответственной арматуры производства ЗАО «Энергомаш (Чехов) – ЧЗЭМ».

Анализ технической, конструкторской и технологической ремонтной документации, ремонтных регламентов на системы, в состав которых входит арматура производства «Энергомаш (Чехов) – ЧЗЭМ», графиков ремонтов, представленных подразделениями АЭС для анализа, определил необходимость выполнения корректировок и дополнений, заключающихся в доработке и переработке ремонтной документации. Предлагается в технические условия и технологические процессы на ремонт ответственной ЭПА ввести обязательный капиллярный контроль шпинделя и обоймы при среднем и капитальном ремонте в зонах конструктивных концентраторов напряжений. Контроль проводить по ПНАЭ Г-7-018-89, класс чувствительности II по ГОСТ 18442-80. Нормы оценки качества – на отсутствие трещин.

Участки капиллярного контроля должны включать зону сальника шпинделя, поверхности головки и шейки шпинделя, Т-образного паза под замковое соединение шпинделя и обоймы, а также зоны, вызывающие сомнение по результатам визуально-измерительного контроля (ВИК).

Важное место в обеспечении безопасной эксплуатации ответственной арматуры занимает организация процесса ее диагностирования. По результатам анализа организации диагностирования электроприводной арматуры на обследуемых АЭС сделан ряд выводов:

1) Наиболее эффективно работают диагностические подразделения АЭС, которые производят многократное диагностическое обследование арматуры (пред- и послеремонтное диагностирование, диагностирование по специальному графику в межремонтный период, по требованию цехов-владельцев арматуры).

2) Необходимо разработать общий методический подход к диагностированию арматуры, входящей в системы безопасности и арматуры, входящей в состав систем важных для безопасности с организацией обучения персонала диагностических подразделений АЭС.

3) Необходима разработка и внедрение новых методов диагностики, повышающих глубину поиска дефекта и позволяющих однозначно определять дефекты запорного органа.

4) Рекомендуется организовать общестанционную базу данных, содержащую необходимую информацию для диагностирования арматуры.

Практически все энергоблоки обследуемых АЭС (кроме Ростовской АЭС) находятся в эксплуатации 30 и более лет. В связи с этим на АЭС проводятся комплекс организационных и технических мероприятий по оценке технического состояния, определению остаточного ресурса и продлению срока эксплуатации энергоблоков. При продлении срока эксплуатации энергоблока АЭС предлагаются компенсирующие мероприятия, направленные на поддержание эксплуатационной надежности оборудования энергоблока на весь продляемый период, разрабатывается программа управления ресурсными характеристиками (УРХ) оборудования и, в частности,

арматуры производства «Энергомаш (Чехов) – ЧЗЭМ». Анализ мероприятий, проводимых обследуемыми АЭС при продлении срока эксплуатации энергоблоков, в составе которых эксплуатируется арматура производства «Энергомаш (Чехов) – ЧЗЭМ», позволил сделать следующие выводы и предложения по дополнению действующих программ УРХ:

– при восстановлении утраченных паспортов на арматуру следует восстанавливать паспорта на электропривод и электродвигатель, если они утрачены и не были заменены в ходе модернизации энергоблока;

– следует обобщить опыт АЭС, на которых прошли модернизации с заменами электроприводов на привода производства АУМА и «Тулаэлектропривод», соответствующие требованиям действующей нормативной документации (НП-068-05).

Оценкой эффективности мероприятий, выполняемых на каждой из обследуемых АЭС, является отсутствие простоев энергоблоков АЭС по причине выхода из строя ответственной арматуры.

Результаты комплексного обследования АЭС РФ, в составе энергоблоков которых эксплуатируется арматура производства «Энергомаш (Чехов) – ЧЗЭМ», проанализированы и обобщены специалистами НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ, что позволит разработать программу комплексных мероприятий (организационных и технических), с учетом особенностей каждой атомной станции.

Следует отметить, что полученная при выполнении комплексного обследования АЭС РФ информация существенно дополняет существующую в НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ общестанционную базу данных по арматуре АЭС.

По результатам анализа полученных материалов, а также на основе накопленного опыта по диагностированию электроприводной арматуры, разработке ремонтной конструкторской и технологической документации, специалистами НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ совместно со специалистами ОАО «Концерн Росэнергоатом», разрабатываются комплексные рекомендации и мероприятия, направленные на предупреждение отказов арматуры производства ЗАО «Энергомаш (Чехов) – ЧЗЭМ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Календарный план. Приложение №2 к договору №4/АЭМ-14/2010590016/Б2013/10/2014-КА от 18.02.2014 г. на выполнение работ «Повышение надежности, эффективности, безопасности тепломеханического оборудования» по теме: «Проведение обследования АЭС в части выполняемых в настоящее время испытаний арматуры и привода, применения технических средств, периодичности и объема испытаний» [Текст]. – ОАО «Концерн Росэнергоатом», 2014.
2. Договор №4/АЭМ-14/2010590016/Б2013/10/2014-КА от 18.02.2014 г. на выполнение работ «Повышение надежности, эффективности, безопасности тепломеханического оборудования» по теме: «Проведение обследования АЭС в части выполняемых в настоящее время испытаний арматуры и привода, применения технических средств, периодичности и объема испытаний» [Текст]. – ОАО «Концерн Росэнергоатом», 2014.
3. РБ 030-04 Анализ опыта эксплуатации при продлении срока эксплуатации блока атомной станции [Текст]. – [Б.м.], 2009.
4. ПНАЭ Г-7-008-89 Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок [Текст]. – [Б.м., б.г.].
5. ОПБ-88/97 НП-001-97 (ПНАЭГ-01-011-97) Общие положения обеспечения безопасности атомных станций [Текст]. – [Б.м., б.г.].
6. НП-068-05 Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования [Текст]. – [Б.м., б.г.].
7. РД ЭО 0648-2005 Положение о техническом диагностировании электроприводной трубопроводной промышленной арматуры на энергоблоках атомных станций [Текст]. – [Б.м., б.г.].
8. МТ1.2.3.02.999.0085-2010 Диагностирование трубопроводной электропроводной арматуры. Методика [Текст]. – [Б.м., б.г.].

The Analysis of Technical and Organizational Actions Made by the Staff of the Operating Russian NPPs to Provide Operating State of Motorized Fittings Produced by JSC «Energomach (Chekhov)»

**Yu.E. Ulyanova, O.Yu. Pugacheva, Yu.N. Elzhov, R.G. Babenko,
D.V. Sirotin, S.V. Vasilenko**

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

Abstract – Inspection of motorized fittings of "Chekhov power machine building plant" in systems of acute steam and feed water at the operating Russian NPPs, and developing of the program of organizational and technical measures for providing its operating state is presented in article.

Keywords: motorized fittings, information charts, analysis, inspection.

УДК 621.86

МЕТОДИКА ПРИЁМОЧНОГО КОНТРОЛЯ СЕКЦИЙ ПОДКРАНОВОГО ПУТИ КРАНА КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ

© 2014 г. В.А. Наугольников, И.Ю. Пимшин

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

В работе описана методика контроля геометрических параметров секций рельсового пути специального мостового электрического крана кругового действия. Предложенная методика обеспечивает геометрию рельсового пути согласно нормативным требованиям.

Ключевые слова: рельсовый путь, мостовой кран кругового действия, электронный тахеометр.

Поступила в редакцию 29.11.2014 г.

Наиболее важным из кранов, используемых на АЭС, служит мостовой кран кругового действия. Контроль геометрии рельсового пути выполнялся оборудованием с низкой точностью измерения или по несовершенным методикам [1-3]. Для технической диагностики [4] и обеспечению безопасности и безотказности работы крана кругового действия АЭС за счёт обеспечения нормативной геометрии ходовой части кранов и рельсового пути посвящено значительное число работ [5-14].

Рельсовый путь специального мостового электрического крана кругового действия – полярного крана это окружность проектного диаметра. Паспорт рельсового пути завода «Тяжмаш» регламентирует максимальное отклонение для диаметрально противоположных точек пути от проектного диаметра – не более 5 мм. Для обеспечения этого и других требований к геометрическим параметрам рельсового пути выполняют контроль всех секций дважды. Первый раз на заводе производителе секций, где на каждую секцию наносят номер, определяющий порядок сборки пути, второй – на стройплощадке АЭС после транспортировки.

Методика контроля секций рельса первой операцией (предварительный контроль) предусматривает контроль общей геометрии каждой секции. Для этого рулеткой измеряют длины внешней дуги и внутренней хорды рисунок 1.

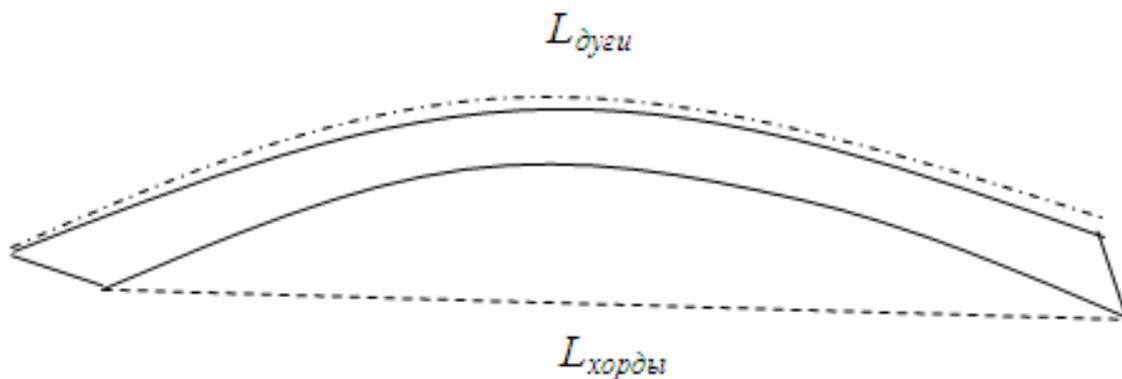


Рис. 1. – Схема измерений дуги и хорды

По результатам измерений оценивают соответствие длин дуг и хорд каждой секции:

$$Q = \frac{L_{\text{дуги}} \cdot 180}{R_{\text{проект}} \cdot \pi};$$

где Q – центральный угол;
 $R_{\text{проектн}}$ – проектный радиус дуги.

Вычисляют длину внутренней хорды $L^1_{\text{хорды}}$

$$L^1_{\text{хорды}} = R^1_{\text{проектн}} \cdot (\sin(Q/2));$$

$R^1_{\text{проектн}}$ – проектный радиус, соответствующий данной хорде, и определяют расхождение между фактическим и теоретическим значением:

$$\Delta L_{\text{хорды}} = L_{\text{хорды}} - L^1_{\text{хорды}}.$$

Второй операцией методики предусмотрен контроль параметров плановой формы (радиальности) секций. Для этого электронным тахеометром *Elta S-10* были закоординированы контрольные точки равномерно расположенные на внутренней образующей каждой секции (рис. 2). По совокупности измеренных величин определены фактические стрелы прогиба ($A_{\text{пр}}$) от главной хорды секции. Для этих же контрольных точек были вычислены теоретические значения ($A_{\text{теор}}$) тех же стрел прогиба. Затем определяют:

$$\Delta A = A_{\text{пр}} - A_{\text{теор}}.$$

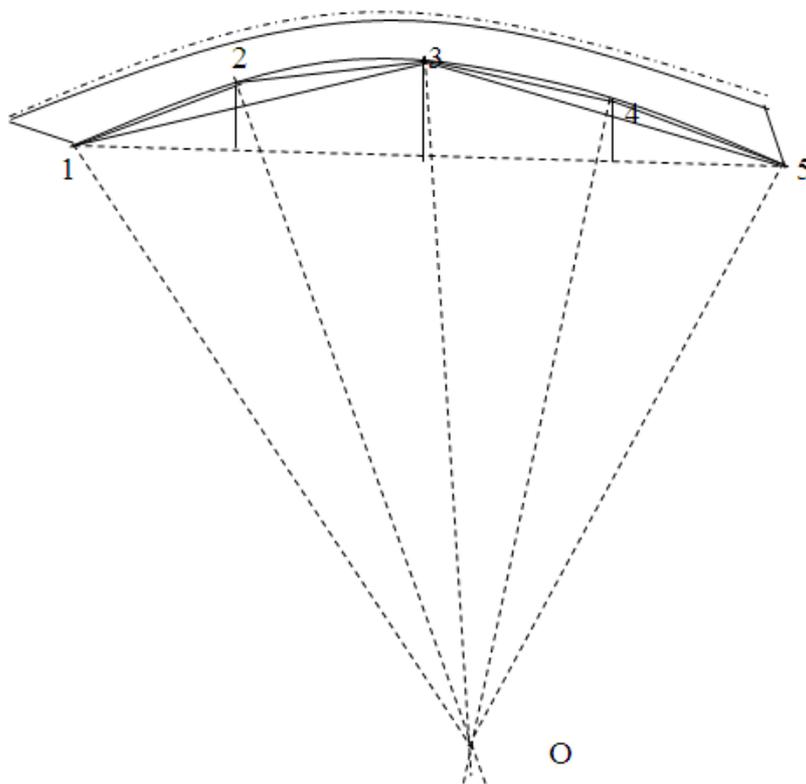


Рис. 2. – Схема расположения контролируемых точек

По этой методике был выполнен приёмочный контроль рельсового пути на стройплощадке энергоблока №3 Ростовской АЭС. В результате измерений было установлено, что для некоторых секций ограничение в 5 мм не было выдержано. Процесса рихтовки секций удалось избежать за счёт рациональной перестановки секций. В результате данный рельсовый путь стал удовлетворять нормативным требованиям.

Практическая ценность методики позволила сократить время сборки пути и снизить его стоимость.

ВЫВОДЫ

1) Многочисленные натурные измерения на мостовых кранах Ростовской и Балаковской АЭС подтвердили наличие отклонений в геометрических параметрах, как рельсовых путей, так и в металлоконструкциях кранов, обусловленных ошибками изготовления, монтажа и возникших из-за износа;

2) Опыт контроля геометрических параметров на этапе производства (завод «Тяжмаш», г. Сызрань), выпускающем полярные краны в настоящее время, также подтвердил наличие отклонений в геометрических параметрах секций рельсового пути.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурак, К.Е. О контроле за состоянием подкранового пути полярного крана реакторного отделения АЭС [Текст] / К.Е. Бурак. // Геодезия и картография. – 1993. – № 5. – С. 20–22.
2. Бурак, К.Е. и др. Геодезические работы для расчёта рихтовки пути полярных кранов АЭС [Текст] / К.Е. Бурак, П.Ф. Шпаковский, В.П. Молов // Геодезия и картография. – 1996. – № 12. – С. 22–25.
3. Шеховцов, Г.А. Современные методы геодезического контроля ходовой части и путей мостовых кранов [Текст] / Г.А. Шеховцов – Н. Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 1999. – 164 с.
4. Сероштан, В.И. и др. Диагностирование грузоподъёмных машин [Текст] / В.И. Сероштан, Ю.С. Огарь, Головин А.И. и др. – М.: Машиностроение, 1992. – 192 с.
5. Наугольников В.А. и др. Моделирование системы металлическая подкрановая балочная конструкция - мостовой полярный кран [Текст] / В.А. Наугольников, В.М. Козловцев // Математические методы в технике и технологиях: материалы междунар. конф. ММТТ-19 Воронеж, 30 мая-2 июня 2006г. – Воронеж: Воронеж. гос. технол. Акад., 2006. – Т. 5. – С. 122–125.
6. Пат. № 2382347 Российская Федерация, МПК G01M 17/06, B66C 13/16. Способ диагностики геометрических параметров ходовой части мостовых кранов [Текст] / Ю.И. Пимшин, И.Ю. Пимшин, В.А. Наугольников; заявитель и патентообладатель Ю.И. Пимшин, И.Ю. Пимшин, В.А. Наугольников – № 2008145829/11; заявл. 19.11.08; опубл. 20.02.2010, Бюл. № 5. – 7 с. : ил.
7. Пат. № 2425348 Российская Федерация, МПК G01M 17/06, B66C 13/16. Способ диагностики геометрических параметров ходовой части мостового крана кругового действия [Текст] / Ю.И. Пимшин, И.Ю. Пимшин, В.А. Наугольников; заявитель и патентообладатель Ю.И. Пимшин, И.Ю. Пимшин, В.А. Наугольников – №2008145829/11; заявл. 15.02.10; опубл. 27.07.2011, Бюл. № 21. – 8 с. : ил.
8. Пат. № 2384831 Российская Федерация, МПК G01M 17/06, B66C 13/16. Способ диагностики геометрических параметров ходовой части мостовых кранов радиального действия [Текст] / Ю.И. Пимшин, И.Ю. Пимшин, В.А. Наугольников; заявитель и патентообладатель Ю.И. Пимшин, И.Ю. Пимшин, В.А. Наугольников. – №2008145825/11; заявл. 19.11.08; опубл. 20.03.2010, Бюл. №21. – 8 с. : ил.
9. Наугольников, В.А. Анализ ходовой части кранов кругового действия, имеющих цилиндрические колёса [Текст] / В.А. Наугольников // Бюл. Союза геодезистов. Ростов н/Д. – 2010. – №3. – С. 21–24.

11. Пимшин, Ю.И. и др. Особенности движения кранов мостового типа с коническими колёсами [Текст] / Ю.И. Пимшин, В.А. Наугольников, И.Ю. Пимшин // Глобальная ядерная безопасность. – 2011. – №1. – С. 71–78.
12. Пимшин, Ю.И. и др. Общие принципы технической диагностики мостовых кранов // Инженерный вестник Дона : электрон. науч. журн [Электронный ресурс]. – 2012. – №4/2. – Режим доступа: URL: <http://www.ivdon.ru> – 20.11.2014.
13. Пимшин, Ю.И. и др. Способ диагностики геометрических параметров ходовой части мостовых кранов радиального действия [Электронный ресурс] / Ю.И. Пимшин, В.А. Наугольников, И.Ю. Пимшин // Инженерный вестник Дона : электрон. науч. журн. – 2012. – № 4/2. – Режим доступа: URL: <http://www.ivdon.ru> – 20.11.2014.
14. Пимшин, Ю.И. и др. Методологические основы технической диагностики кранов мостового типа [Текст] / Ю.И. Пимшин, В.А. Наугольников, И.Ю. Пимшин // Изв. вузов. Сев.- Кавк. регион. Техн. науки. – 2008. – Спец. вып. – С. 135–137.
15. Пимшин, Ю.И. и др. Анализ ходовой части кранов радиального действия при движении их по окружности [Текст] / Ю.И. Пимшин, В.А. Наугольников, И.Ю. Пимшин // Изв. вузов. Сев.- Кавк. регион. Техн. науки. – 2009. – Спец. вып. – С. 95–100.

Technique of Subcrane Way Sections Acceptance Control of Circular Action Crane

V.A. Naugolnov*I.Y. Pimshin**

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

** e-mail: naugolnov53@mail.ru ; ** e-mail: geodez@aanet.ru*

Abstract – The technique of geometrical parameters control of track sections of the special bridge electric crane of circular operation is described in work. The proposed technique provides the geometry of the track in accordance with regulatory requirements.

Keywords: track, bridge crane of circular operation, the electronic instrument.

УДК 621.313: 62-83

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

© 2014 г. О.В. Фоменко

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

В статье представлены вопросы повышения надежности и экономичности двигательной нагрузки в системе собственных нужд на электрических станциях с точки зрения анализа переходных процессов с использованием учебно-лабораторного оборудования кафедры «Атомные электрические станции» ВИТИ НИЯУ МИФИ.

Ключевые слова: самозапуск, асинхронный электродвигатель, высоковольтный частотный преобразователь, частотное регулирование.

Поступила в редакцию 20.11.2014 г.

На тепловых электроцентралях (ТЭЦ) непрерывность технологического процесса преобразования химической энергии топлива в электрическую и тепловую обеспечивают важнейшие механизмы собственных нужд (с.н.). К ним относятся питательные, конденсатные, циркуляционные, сетевые насосы, дымососы, дутьевые вентиляторы и т.д. Режимы работы этих механизмов с точки зрения нагрева отдельных частей является продолжительность. Поэтому нарушение работы хотя бы одного из механизмов с.н. приводит к нарушению нормальной работы всего энергоблока. Этим объясняется необходимость анализа их возможного временного отключения без значительного влияния на основной технологический режим. Значительного повышения надежности работы ТЭЦ можно достигнуть, если при возможных коротких замыканиях (КЗ), вызванных, чаще всего, кратковременным снижением или даже полным исчезновением напряжения на шинах с.н., не отключать АД от сети [4]. Подобные утверждения можно приводить, имитируя подобные нарушения и анализируя возникшие переходные процессы в возникших режимах с использованием учебно-лабораторного оборудования кафедры «Атомные электрические станции» (рис.1) [5].



Рис. 1. – Общий вид учебно-лабораторного оборудования кафедры «Атомные электрические станции» ВИТИ НИЯУ МИФИ

В настоящее время управление механизмами с.н. на ТЭЦ осуществляется электроприводами переменного тока (ЭПТ), в составе которых в основном используются трехфазные асинхронные электродвигатели переменного тока с короткозамкнутым ротором (АД), поскольку их отличает достаточно высокая надежность в эксплуатации при простоте конструкции. При этом необходимо учитывать, что непрерывность технологического процесса обеспечивает режим самозапуска электродвигателей (ЭД), который относится к переходным, т.е. режим, когда ЭД, снизившие свою скорость либо при кратковременном отсутствии питания в сети либо за время переключения на резервный источник питания, не отключаются защитой [1]. При восстановлении напряжения их скорость достигает нормальной скорости. Именно режим самозапуска очень важен для ЭД ответственных механизмов с.н., поскольку происходит, как правило, при нагруженных механизмах. Поэтому его можно рассматривать как групповой пуск, начинающийся с промежуточной частоты вращения, до той, при которой успели затормозиться АД в аварийном режиме.

После восстановления нормального напряжения начинается их самозапуск. При этом необходимо учесть, что к моменту восстановления питания, когда еще вращаются все ЭД или их часть, в начальный момент самозапуска их вращающий момент достаточно велик даже с учетом того, что начальное напряжение при самозапуске ниже нормального значения. С одной стороны это облегчает самозапуск. С другой стороны, вследствие больших пусковых токов, групповой самозапуск происходит при пониженных напряжениях на зажимах АД, что приводит к увеличению длительности самозапуска. Поэтому необходимо учитывать, что он может быть успешным или неуспешным. Несомненно, что для нормального технологического процесса он должен быть успешным, т.е. таким, при котором остаточное напряжение на шинах с.н. обеспечивает ускорение АД до номинальной частоты вращения за время, допустимое по условиям их нагрева и сохранения устойчивости технологического режима станции. А на это, в первую очередь, влияет длительность самозапуска [2].

Необходимо отметить, что эта величина зависит от многих факторов: времени перерыва питания (паузы), параметров силового оборудования (питающих трансформаторов, реакторов), шин и кабельных линий, мощности ЭД, участвующих в самозапуске, механических характеристик механизмов, типа регуляторов возбуждения. Все перечисленные величины влияют на качество переходного процесса, с точки зрения длительности, поскольку решение этой задачи и влияет на осуществление успешного самозапуска. При этом нужно учесть следующее:

1) кратковременное глубокое снижение напряжения возможно при близких КЗ, которые отключаются действием релейной защиты, например при КЗ на одном из электродвигателей данной секции;

2) кратковременный перерыв питания происходит при любом отключении рабочего источника питания и переходе на резервный источник питания в результате автоматического включения резерва (АВР);

3) после отключения питания (или недопустимого снижения напряжения) ЭД под действием момента сопротивления приводимых ими в движение механизмов начинают тормозиться, а затем после восстановления питания вновь разворачиваются.

С целью анализа влияния переходного процесса двигательной нагрузки для повышения надежности работы ЭД с.н. ТЭЦ на учебно-лабораторном оборудовании кафедры «АЭС» был смоделирован процесс самозапуска АД (рис.2), паспортные данные которого представлены в таблице 1[5].

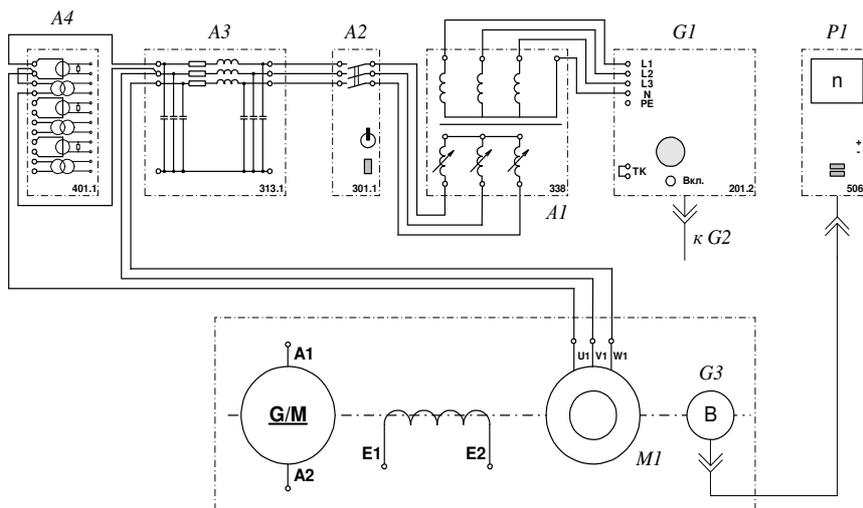


Рис. 2. – Электрическая схема соединений

Таблица 1. – Паспортные данные двигателя АИР56А4У3

Параметр двигателя	Значения параметра
Номинальная мощность P_n , кВт.	0,12
Номинальное напряжение U_n , В.	380
Номинальный ток I_n , А.	0,42
Число оборотов n , об/мин.	1500
Коэффициент мощности $\cos \varphi$.	0,66
КПД, %.	63

Поскольку непрерывность технологического процесса производства электроэнергии во многом зависит от быстроты вхождения ЭД в режим нормальной работы, то режим самозапуска является более предпочтительным, с точки зрения переходного процесса, чем разворот ЭД. Это подтверждают полученные осциллограммы в ходе исследования, которые позволили провести анализ переходного процесса запуска АД в работу в нескольких режимах: полный останов (рис.2) и непосредственно самозапуск с различной продолжительностью отсутствия подачи питания от 0,1 до 0,6 сек (рис. 3).

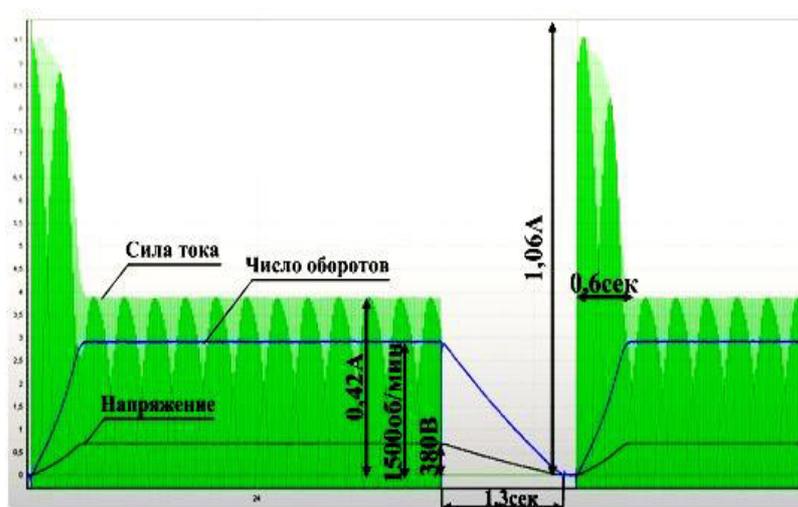


Рис. 3. – Полный останов АД

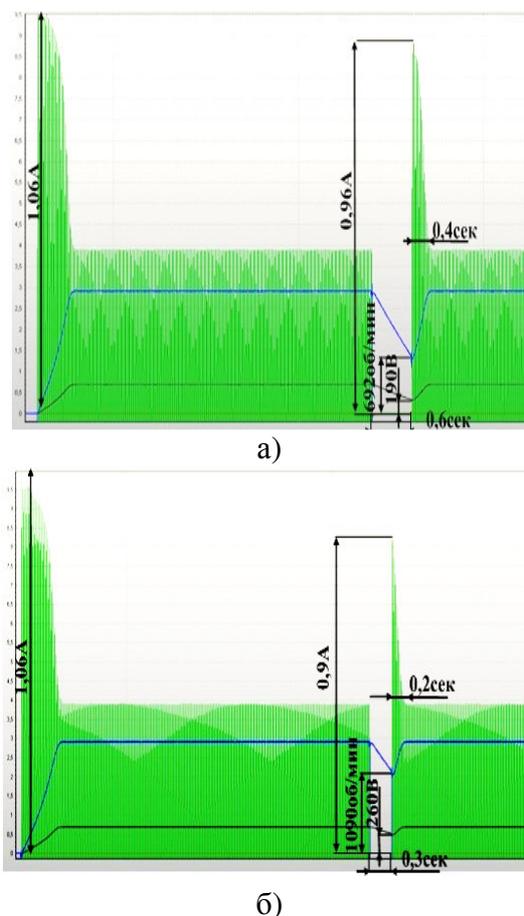


Рис. 4. – Самозапуск при отсутствии подачи питания в течение:
а) 0,6сек; б) 0,3сек.

Анализируя полученные данные можно заключить, что с уменьшением паузы АД меньше тормозятся. При этом ограничиваются токи самопуска, повышается напряжение на шинах в момент подключения источника питания. Следовательно, возрастает динамический момент и ускоряется восстановление номинальной частоты вращения. Это значит, чем быстрее будет возобновлена подача питания, тем меньше длительность переходного процесса двигательной нагрузки, АД быстрее войдет в номинальный режим работы.

Если пауза вызвана отключением источника питания с.н., то необходимо иметь в виду, что на шинах нагрузки сохраняется остаточное напряжение, генерируемое двигателями, перешедшими в генераторный режим. Напряжение на сборных шинах практически полностью затухает через 2 сек., после чего взаимное влияние двигателей прекращается и начинается их независимый индивидуальный выбег. Если пауза связана с КЗ на сборных шинах собственных нужд с.н. или вблизи них, то выбег всех подключенных к ним ЭД происходит независимо друг от друга.

Таким образом, успешность самопуска и его длительность в значительной степени зависят от продолжительности перерыва питания.

Но при всех своих достоинствах перед пуском, необходимо учитывать, что в процессе самопуска, в особенности затяжного, отклонения технологических параметров от нормируемых значений (уменьшение общего расхода питательной воды и уровня воды в барабане котла; снижение напора различных насосов (питательных, конденсатных); уменьшение расхода циркуляционной воды через конденсаторы турбин

и т.д.) представляют наибольшую опасность. Поэтому ряд мероприятий, таких как правильный выбор уставок технологических защит и их согласование с уставками электрических защит [3], могут также позволить в большинстве случаев предотвратить отключение технологического оборудования и сохранить неизменной нагрузку турбогенератора после успешного самозапуска ЭД. Несомненно, действенным средством повышения надежности работы оборудования в с.н. в режиме самозапуска для ЭД является уменьшение перерыва в питании. Это может быть обеспечено также рациональными уставками релейной защиты и системной автоматики.

Проводя исследования переходного процесса в режиме самозапуска необходимо оценивать и показатели повышения экономичности двигательной нагрузки в системе с.н. станции.

Поскольку значительная доля потребления электроэнергии промышленных комплексов приходится на АД напряжением 6000В и 10000 В, то значительную экономию энергии и повышение ресурса механической части технологического оборудования, можно достичь путем внедрения устройств частотного регулирования (УЧР) ЭД, которые являются одним из основных потребителей электрической энергии на предприятии.

Высоковольтные частотные преобразователи (ВЧПР), предназначенные для частотного пуска и регулирования скорости вращения АД с короткозамкнутым ротором мощностью 250 – 7600 кВт, с номинальным напряжением 3, 6, 10 кВ и обеспечивающих работу технологических устройств различного назначения [3] могут обеспечить значительное энергосбережение (до 60%), надежность работы и продление ресурса работы как ЭД, так и приводимых ими в движение агрегатов и механизмов, снижение аварийности оборудования, сокращение аварийных простоев производства, уменьшение затрат на ремонт и обслуживание, а также интегрирование в автоматическую систему управления технологическими процессами предприятия.

ВЫВОДЫ

Анализ качества переходного процесса в результате влияния двигательной нагрузки на изменение параметров технологического процесса производства электроэнергии, осуществленный на учебно-лабораторном оборудовании кафедры АЭС ВИТИ НИЯУ МИФИ, позволяет выявить приоритетные направления для повышения надежности (исследование самозапуска) и экономичности работы (использование высоковольтных частотных преобразователей) ответственных механизмов собственных нужд в рамках реального производства, в частности ТЭЦ-2 г. Волгодонска Ростовской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов, Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: учеб. пособие [Текст] / Ю.А. Куликов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 286 с.
2. Крючков, И.П. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: учебное пособие для вузов [Текст] / И.П. Крючков. – М.: Издательство МЭИ, 2000.
3. Крючков, И.П. и др. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений [Текст] / И.П. Крючков, Б.Н. Неклепаев, В.А. Старшинов; под ред. Крюčkова И.П. и Старшинова В.А. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 416 с.
4. Правила технической эксплуатации электроустановок ЭС и ПС [Текст]. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2003. – 304 с.
5. Сенигов, П.Н. и др. Переходные процессы в электроэнергетических системах. Руководство по выполнению базовых экспериментов. ППЭС.001 РБЭ (932) [Текст] / П.Н. Сенигов, М.А. Карпеш. – Челябинск: Иженерно-производственный центр «Учебная техника», 2007. – 139 с.

The Analysis of Motor Loading Transition Process Influence to Increase the Reliability and Profitability of Electric Motors of Own Needs at the Electric Station using Laboratory Equipment

O.V. Fomenko

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

Abstract – The article covers the questions of increasing of reliability and economy of motor loading in the system of own needs at the electric station. These questions are considered on the base of transition process analysis with the help of laboratory equipment of nuclear power plants department, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI".

Keywords: self-triggering, induction motor, high-voltage frequency converter, frequency regulation.

**СОЦИАЛЬНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ
ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ АЭС**

УДК 621.039.7:339.9

**КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА РОССИИ НА МИРОВОМ
РЫНКЕ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА**

© 2014 г. Н.А. Ефименко, И.А. Ухалина

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

В статье анализируются конкурентные преимущества России в использовании новейших технологий по переработке отработанных ядерных отходов, безопасных способах захоронения ядерного топлива, создания новых реакторов.

Ключевые слова: отработанное ядерное топливо, конкурентные преимущества, замкнутый ядерный топливный цикл, безопасное захоронение радиоактивных отходов.

Поступила в редакцию 21.11.2014 г.

Обращение с отработанным ядерным топливом (ОЯТ) является центральной проблемой, определяющей будущее атомной энергетики в мире, которая концентрирует вопросы безопасного развития атомной энергетики, обеспечения благоприятной окружающей среды, использование ресурсов топлива, имеющихся в ОЯТ, и экономических выгод.

Значительное количество стран, развивающих атомную отрасль, в том числе Канада, Финляндия, Федеративная Республика Германия, Италия, Нидерланды, Швеция, Швейцария, Испания, США и Китай предпочитают открытый (разомкнутый) вид ядерного топливного цикла, предполагающий поступление отработанного ядерного топлива с атомных электрических станций на хранение, а затем на захоронение, пока не будет найден эффективный метод переработки, либо передают ОЯТ на переработку другим странам.

Из 32 государств, которые развивают ядерную энергетику, в настоящее время 5 государств – Индия, Япония, Англия, Россия, Франция реализуют замкнутый ядерный топливный цикл, предполагающий переработку выгруженного из реактора отработанного радиоактивного топлива для получения урана и плутония, которые в последствие используют для изготовления ядерного топлива повторно.

Из 252 тыс. тонн накопленного в мире радиоактивного топлива, переработано только 35%. Согласно имеющимся прогнозам, к 2040 г. количество ОЯТ увеличится в 2 раза.

Переработка отработанного радиоактивного топлива, поступающего с реакторов атомных станций экономически целесообразна необходимость всех стран, развивающих ядерную отрасль. Значительно, на одну шестую, сокращаются потребности в природном уране как за счет возврата ²³⁵-го изотопа урана, не сгоревшего в реакторе, так и в результате образования нового ядерного горючего – плутония. Переработанное ядерное топливо можно использовать для производства тепловыделяющих элементов, также с использованием смеси оксидов плутония и урана (МОХ-топлива). Ядерной энергетике с замкнутым уран – плутониевым (в будущем, вероятно, и ториевым) циклом нет альтернатив. Замкнутый ядерный топливный цикл снижает опасность распространения ядерного оружия и дает возможность применения его в мирных целях. В разомкнутом же ЯТЦ необходим жесткий контроль при хранении ОЯТ [1].

На сегодняшний день 3 страны кроме собственного перерабатывают отработанное ядерное топливо других государств. Франция является лидером на данном рынке, затем идет Англия и Россия. Следует отметить, что уровень российских технологий переработки ОЯТ сопоставим с французским.

Расширение производственных мощностей зарубежными фирмами, приводит к росту конкуренции на международном рынке переработки ядерного топлива. Французскими компаниями предполагается переработка 24000 тонн ядерного топлива, в том числе 75% зарубежного. Британская компания ядерной энергетики и топлива должна переработать 9700 тонн ОЯТ, в том числе 6000 тонн зарубежных ядерных отходов. В Японии вводится в эксплуатацию завод по переработке ОЯТ производительностью 1200 тонн в год.

Инфраструктура обращения с отработанным ядерным топливом включает хранилища ОЯТ, безаварийную систему транспортировки ОЯТ, перерабатывающие заводы, установки обращения с радиоактивными отходами, которые образуются в результате переработки топлива. Все это создавалось еще во времена Советского Союза, а в настоящее время наша страна продолжает выполнять межправительственные соглашения по поставке и возврату топлива, а так же расширяет географию поставщиков. В 2001 году были приняты поправки к закону «Об охране окружающей природной среды» после чего в Россию стали ввозить ОЯТ из Украины, Словакии, Болгарии, Германии и Голландии [2].

Наряду с конкурентами Россия активно развивает и наращивает производственные мощности в сфере переработки ядерного топлива. На территории Железнодорожного горно-химического комбината осуществляется проект по строительству уникального научно-производственного комплекса по созданию замкнутого ядерно-топливного цикла российских АЭС на основе инновационных технологий третьего поколения. Переработка ОЯТ реакторов на тепловых нейтронах позволит выделять из них ценные компоненты и повторно использовать их в качестве топлива на атомных электростанциях, что даст возможность нашей стране не только кардинально решить проблему с отходами, но и обеспечить себя практически на неограниченное время ядерным топливом. Кроме того, создание опытно-демонстрационного центра и производства МОХ-топлива в Железнодорожном открывает путь для строительства энергетических реакторов на быстрых нейтронах большой мощности – свыше 1 ГВт. А это – совершенно новые возможности для контролируемого экспорта российских ядерных технологий за рубеж.

В частности в Китае уделяется первоочередное внимание развитию атомной отрасли. В долгосрочной перспективе КНР предусматривает строительство к 2050 году от 70 до 200 ГВт электрической мощности на «быстрых реакторах». Собственных технологий по производству реакторов на быстрых нейтронах и по замыканию ядерного топливного цикла в целом Китай не имеет. Использование технологий третьего поколения позволят России иметь преимущества в соперничестве с конкурентами, в первую очередь, французскими [3].

Большинство АЭС в РФ работает на реакторах типа ВВЭР-1000. Самым подходящим реактором для замыкания ЯТЦ в России является реактор БН-1200, его запуск в эксплуатацию планируется в 2020 году в качестве головного в серии из шести энергоблоков. Сокращение планируемого числа водо-водяных реакторов и строительство шести блоков БН-1200 прибавит более 7 ГВт мощности российской энергосистеме, что даст российской ядерной отрасли уникальный шанс закрепить свое историческое первенство на мировом рынке [4].

Строительство в Железнодорожном опытно-демонстрационного центра по переработке отработанного ядерного топлива и создание полноценного завода по

переработке ОЯТ позволит российской ядерной энергетике выйти на новую ступень развития, сделав Сибирь центром новых ядерных технологий.

Что касается безопасного захоронения, то этой проблеме в РФ уделяется особое значение. Российские ученые создали наногибридный материал, не имеющий по функциональным возможностям аналогов в мире. Это вещество, сочетающее и ионообменные, и восстановительные свойства, способно поглощать более 50 химических элементов, является уникальным адсорбентом для удаления радионуклидов и других элементов из жидких радиоактивных отходов. Значительно продвинувшись в решении проблемы захоронения отработанных ядерных отходов позволит его использование [5].

В перспективе радиоактивные могильники будут представлять искусственные месторождения ядерных материалов, к переработке которых можно вернуться при появлении новых технологий переработки ОЯТ.

Таким образом, возможность использования безопасных способов захоронения, увеличение мощностей по переработке ОЯТ, создание новых реакторов позволит поднять страну на новую ступеньку экономического развития, увеличить конкурентоспособность ядерной отрасли и выйти на лидирующие позиции на международном рынке ОЯТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крупнов, Ю.В. Ядерная доктрина России [Электронный ресурс] / Ю.В. Крупнов. – М.: Институт мирового развития, 2005. – Режим доступа: URL: http://www.proektnoegosudarstvo.ru/project/zamikanie_yadernogo_toplivnogo_tcikla – 17.04.2014.
2. Солонин, М.И. Обращение с облучённым ядерным топливом 2002: новые инициативы России: тез. [Электронный ресурс] / М.И. Солонин // [Б.м.], 2002 – Режим доступа: URL: http://www.metal-profi.ru/library/ecology/t_dokladov_mej.htm – 17.04.2014.
3. Экономика и новости атомного рынка: еженедельник событий [Электронный ресурс] // Факультет управления и экономики высоких технологий Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», СКЦ Росатома, Издательский дом «Руда и Металлы», 21-27 января 2013 г. – Режим доступа: URL: mephi.ru/upload/economika_novosti/21-27_13.doc – 08.07.2014.
4. Васильев, Б. Технология БН показала свою надежность и возможности совершенствования [Электронный ресурс] / Б. Васильев // Российское атомное сообщество. – [Б.м.], 11 сентября 2012. – Режим доступа: URL: <http://www.atomic-energy.ru/interviews/2012/09/11/35926> – 19.08.2014.
5. Муравьева, М. Радиоотходы – в керамические матрицы [Электронный ресурс] / М. Муравьева // Наука и техника: сетевой журн. – 25.02.2013. – Режим доступа: URL: http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=222&d_no=52343#U_RWOfl_svs – 20.08.2014.

Competitive Advantages of Russia in the Nuclear Fuel Waste World Market

N.A. Efimenko*, I.A. Uhalina**

*Volgodonsk Engineering Technical Institute
the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
* e-mail: A2919@yandex.ru ; **e-mail: uhalina@yandex.ru*

Abstract – The competitive advantages of Russia in the use of advanced technologies for recycling nuclear waste, safe ways of nuclear fuel burial, creation of new reactors are analyzed in the article.

Keywords: nuclear fuel waste, competitive advantages, closed nuclear fuel cycle, safe radioactive waste burial.

**СОЦИАЛЬНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ
ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ АЭС**

УДК 621.039.7:339.9

**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
НА РОСТОВСКОЙ АЭС**

© 2014 г. В.Е. Довбыш

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

В статье приводится общая характеристика деятельности филиала ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция» (Ростовская АЭС) в области качества, рассматривается Общая программа обеспечения качества на РоАЭС, дается оценка эффективности функционирования системы менеджмента качества на Ростовской АЭС.

Ключевые слова: программа обеспечения качества, Ростовская АЭС, ПОКАС, системы обеспечения качества, ОАО «Концерн Росэнергоатом».

Поступила в редакцию 25.11.2014 г.

Ростовская АЭС является одним из крупнейших предприятий энергетики Юга России, обеспечивающим около 15% годовой выработки электроэнергии в этом регионе. Электроэнергия Ростовской АЭС передается потребителям по пяти линиям электропередачи напряжением 500 кВ на Шахты (Ростовская область), Тихорецк (Краснодарский край), Невинномысск, Буденновск (Ставропольский край) и Южная (Волгоградская область). Выработка электроэнергии составляет свыше 25млн.кВт*час в сутки и около 8 миллиардов кВт*час в год. С момента пуска (2001) выработала свыше 60 млрд кВт*час электроэнергии.

Прирост электроэнергии, выработанной сверхпланово с начала 2014 года, составил 1,149 млрд кВт.ч. Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) в октябре 2014 года составил 100,42% при плане 88,05%. На 2014 год Федеральная служба по тарифам утвердила для Ростовской АЭС план по выработке электроэнергии в объеме 14,52 млрд кВт.ч электроэнергии. Проект Ростовской АЭС относится к серии унифицированных проектов с реакторами ВВЭР-1000. Каждый из энергоблоков мощностью по 1000 МВт размещается в отдельно стоящем главном корпусе.

На Ростовской АЭС разработана и внедрена политика в области качества, которая документально утверждена в ПЛ.00.02. Политика в области качества на РоАЭС полностью соответствует Приказу ОАО «Концерн Росэнергоатом» «О политике в области качества» № 9/1030-П от 08.11.2012. Реализация политики в области качества при эксплуатации энергоблоков Ростовской АЭС, обеспечение функционирования программы обеспечения качества и оценка ее эффективности возлагается на главного инженера Ростовской АЭС.

Реализация политики качества при размещении, сооружении и вводе в эксплуатацию энергоблоков Ростовской АЭС, обеспечение функционирования программы обеспечения качества и оценка ее эффективности возлагается на заместителя директора по капитальному строительству – начальника управления капитального строительства Ростовской АЭС. Для достижения поставленных целей руководство Ростовской АЭС, обязуется: довести принятую политику в области

качества до всего персонала станции; осуществлять выделение необходимых финансовых, материально-технических и людских ресурсов для выполнения работ в части обеспечения качества; обеспечивать качественное выполнение каждым работником своих обязанностей; разрабатывать с учетом требований НД по безопасности необходимую документацию, для осуществления технологического процесса; обеспечить моральное и материальное стимулирование деятельности работников Ростовской АЭС; решать социальные вопросы работников, а также вопросы охраны труда и охраны окружающей среды; постоянно осуществлять работу с персоналом в части поддержания и повышения его квалификации; информировать работников АС в необходимом объеме о состоянии эксплуатации и строительства; обеспечивать взаимодействие с общественностью по вопросам безопасности и охраны окружающей среды.

Запланированные меры в области обеспечения качества дадут положительный эффект при их систематическом и планомерном выполнении, при осознании каждым участником этого процесса важности задачи и ответственности своей роли на всех уровнях управления качеством от руководителей до рядовых исполнителей. Реализация принятой политики в области качества позволит добиться соблюдения необходимого уровня безопасности, надежности и эффективности работы АС, повысит доверие населения к атомной энергетике.

Согласно политике в области качества на Ростовской АЭС уделяется большое внимание системе документации. Система обеспечения качества Ростовской АЭС документирована и функционирует на основе документов станции, которые имеют структуру, приведенную на рисунке 1.



Рис. 1. – Структура документации системы обеспечения качества Ростовской АЭС

Документированная система обеспечения качества АС позволяет: организовать работу качественно, безопасным способом и эффективно; обеспечить хорошее взаимодействие сторон; обеспечить эффективное функционирование системы обеспечения качества; осуществлять контроль, проверки, анализ в необходимом

объеме. Документированные процедуры системы обеспечения качества включены в отдельный перечень ПР.00.05. Перечни регулярно анализируются, пересматриваются и обновляются. Изменения и дополнения в перечни вносятся и учитываются в установленном порядке. Планирование разработки недостающих процедур системы обеспечения качества осуществляется по результатам проверок функционирования ПОКАС(О), проводящихся в соответствии с АИ.07, П.141.03.

I уровень. Политика в области качества и Общая программа обеспечения качества АС и частные программы обеспечения качества АС при вводе в эксплуатацию, при эксплуатации и при выводе из эксплуатации.

II уровень. Стандарты предприятия, регулирующие все виды деятельности АС (управление документацией, поддержание квалификации персонала, устанавливающие критерии по различным направлениям деятельности), положения о подразделениях, должностные инструкции руководства и специалистов АС.

III уровень. Процедуры контроля и исполнения (программы проверок, инспекций, положения об организации контроля, заключения договоров, и др., методики расчета, оценки и др., рабочие инструкции, инструкции по делопроизводству, формы актов, протоколов, карт контроля, учета и отчетности, и др.), организационно-распорядительные документы, техническая документация: чертежи, спецификации, технические условия.

«Общая программа обеспечения качества Ростовской АЭС» (ПОКАС(О)) представляет собой стандарт организации, который организует и координирует деятельность эксплуатирующей организации, атомной станции и организаций, выполняющих работы и оказывающих услуги эксплуатирующей организации и АС и определяет политику администрации филиала ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция» в области обеспечения качества. Данная программа разработана с учетом требований, норм и правил в области использования атомной энергии, НП-011-99, СТО 1.1.1.04.004.0214-2009, РД ЭО 0655-2006, действующих нормативных документов ОАО «Концерн Росэнергоатом», стандартов МАГАТЭ по безопасности № GS-R-3.

ПОКАС(О) Ростовской АЭС охватывает следующие этапы жизненного цикла атомной станции: выбор площадки; проектирование; строительство; ввод в эксплуатацию; эксплуатацию; вывод из эксплуатации.

В соответствующих приложениях ПОКАС(О) определены требования к частным программам обеспечения качества деятельности по вышеуказанным этапам. Эти требования должны применяться также к деятельности поставщиков (подрядчиков) и субпоставщиков (субподрядчиков) продукции, услуг при выполнении на этих этапах отдельных видов работ (проектное сопровождение строительства, строительно-монтажные работы, монтаж, наладка, обучение, ремонт и др.). ПОКАС(О) входит в состав комплекта документов, на основании которых Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору выдает лицензии на осуществление заявленной деятельности эксплуатирующей организации на соответствующих этапах жизненного цикла Ростовской АЭС.

Реализация ПОКАС(О) и частных программ обеспечения качества должна основываться на следующих принципах: ответственность за обеспечение качества при выполнении конкретной работы или услуги возлагается, прежде всего, на тех, кто выполняет эту работу, а не на тех, кто посредством проверки обеспечивает качество ее выполнения; четкое разграничение обязанностей и ответственности между всеми исполнителями работ; предупреждение возникновения дефектов и несоответствий, а не выявление и их устранение; регулярный контроль за соблюдением нормативных требований и четкое документирование результатов этого контроля; систематический

контроль за внесением в установленном порядке изменений во всю действующую документацию; методы обеспечения качества учитывают, установленную нормами и правилами в области использования атомной энергии, классификацию оборудования, систем и сооружений по влиянию на безопасность Ростовской АЭС; выполнение ПОКАС(О) на основе планов-графиков работ по видам деятельности, влияющим на качество.

Необходимость знания настоящей ПОКАС(О) соответствующими работниками Центрального аппарата ОАО «Концерн Росэнергоатом», Ростовский АЭС, обеспечивающих предприятий и организаций определяется руководством в должностных инструкциях работников этих предприятий в установленном порядке. Данная ПОКАС(О) должна быть доступна для всего персонала Ростовской АЭС.

Деятельность ОАО «Концерн Росэнергоатом» по управлению качеством основывается на действующем законодательстве Российской Федерации, нормах и правилах, государственных и отраслевых стандартах и других нормативных документах, действующих в атомной энергетике, договорах с атомными станциями на оперативное управление атомными станциями, лицензиях на эксплуатацию и сооружение энергоблоков АС и деятельность предприятий и организаций, положениях о структурных подразделениях ОАО «Концерн Росэнергоатом» и должностных инструкциях.

Система обеспечения качества ОАО «Концерн Росэнергоатом» представляет собой совокупность элементов: организационной структуры (центрального аппарата и филиалов), полномочий и ответственности работников, процессов и процедур, материальных, людских и финансовых ресурсов, необходимых для обеспечения безопасного и эффективного функционирования Концерна. Требования к элементам системы обеспечения качества учитывают классификацию оборудования, систем и сооружений по влиянию на безопасность АС.

Система обеспечения качества Ростовской АЭС структурно представляет собой совокупность элементов:

- а) политика в области качества;
- б) организационная структура Ростовской АЭС и ответственности, включающей: директора Ростовской АЭС, ответственного за эксплуатацию энергоблоков № 1, 2; заместителя директора по капитальному строительству – начальника УКС, ответственного за деятельность при сооружении и вводе в эксплуатации энергоблоков № 3, 4 Ростовской АЭС; главного инженера Ростовской АЭС, реализующего принятую политику в области качества при эксплуатации энергоблоков № 1, 2; главного инженера УКС, реализующего принятую политику в области качества при сооружении и вводе в эксплуатацию энергоблоков № 3, 4; заместителя главного инженера Ростовской АЭС по производственно-техническому обеспечению и качеству и подчиненных ему подразделений по организации и контролю качества при эксплуатации энергоблоков № 1, 2; заместителей главного инженера УКС и подчиненных им подразделений, отвечающих за организацию и контроль качества на площадке строительства энергоблоков № 3, 4 Ростовской АЭС; обязанности и полномочия в области обеспечения качества остальных специалистов Ростовской АЭС;
- в) технологические и административные процессы;
- г) сооружения и оборудование, предназначенные для выработки электрической энергии энергоблоками № 1, 2 и для строительства энергоблоков № 3, 4;
- д) система документации Ростовской АЭС;
- е) ресурсы Ростовской АЭС в составе: квалифицированного оперативного, эксплуатационного и инженерно-технического персонала, имеющего необходимые знания в области строительства, техники, технологии, эксплуатации и управления

качеством; финансовых средств; материальных средств, в том числе: информационные системы, необходимые специализированные средства, включающие компьютерные программы, для учета и обработки информации по качеству, оборудованные надлежащим образом рабочие места.

Для обеспечения качества при сооружении энергоблоков № 3, 4 Ростовской АЭС в структуре УКС создано и функционируют подразделение, наделенное контролирующими функциями – отдел технического надзора за строительством. Контроль соблюдения требований настоящей программы обеспечения качества на Ростовской АЭС при эксплуатации энергоблоков № 1, 2 осуществляет отдел управления качеством (ОУК). Задачи отдела управления качеством (ОУК):

- разработка и внедрение программ, стандартов предприятия и других документов по обеспечению качества при эксплуатации Ростовской АЭС;
- проведение внутренних аудитов выполнения подразделениями Ростовской АЭС действующих программ обеспечения качества при эксплуатации АС;
- контроль работы подрядных организаций в рамках действующих программ обеспечения качества при эксплуатации АС;
- организация обучения персонала АС аспектам и методологии обеспечения качества, культуре безопасности;
- методическая помощь подразделениям в оценке эффективности процессов сертифицированной системы качества Ростовской АЭС;
- разработка организационных процедур в рамках международных программ по качеству. Организация внедрения и контроль производства работ на АС в системе «Порядок в доме»;
- разработка и своевременная подготовка обязательной отчетности Ростовской АЭС по качеству, выполнению УДЛ перед надзорными органами, эксплуатирующей организацией;
- разработка и реализация планов и долгосрочной стратегии по обеспечению качества производственной и административной деятельности при эксплуатации Ростовской АЭС.

Все многообразие производственной деятельности, выполняемой на Ростовской АЭС в целях обеспечения управления и контроля качества выполняемых работ разделено по направлениям деятельности, в которых различные виды работ объединены по общим или специфическим признакам или целям. Для каждой работы определяются меры безопасности и методы обеспечения качества в соответствии с классификационным подходом, соответствующие виду и степени потенциальной опасности данной работы. При этом, в формировании и реализации классификационного подхода определяющим фактором является обеспечение ядерной и радиационной безопасности на любом этапе жизненного цикла АС.

В отношении Ростовской АЭС действует двухуровневая система обеспечения качества: на уровне эксплуатирующей организации (ЭО) и на уровне АС.

На уровне ЭО осуществляется: планирование деятельности концерна по качеству; контроль и плановые проверки деятельности АС и предприятий, организаций, оказывающих услуги и выполняющих работы на всех этапах жизненного цикла АС в части обеспечения качества; периодический анализ состояния уровня качества АС; опыта проектирования, изготовления, строительства, эксплуатации; разработка по выявленным отклонениям и несоответствиям в работе необходимых корректирующих мер, контроль за выполнением корректирующих мер на АС, а при необходимости и у поставщиков оборудования и услуг.

На уровне Ростовской АЭС осуществляется:

- 1) планирование деятельности по качеству, в том числе: текущее/долгосрочное

планирование: осуществляется в форме годового плана мероприятий по обеспечению качества в составе приказа №1 АЭС, а так же мероприятий по качеству в составе ежемесячного плана – отчета подразделений; оперативное планирование осуществляется в форме мероприятий по обеспечению качества, которые вводят в действие соответствующими распорядительными документами (приказами, указаниями, распоряжениями);

2) контроль и анализ достижения показателей качества деятельности Ростовской АЭС при эксплуатации энергоблоков № 1, 2, в том числе: выработка электроэнергии; отпуск электроэнергии; недовыработка электроэнергии; себестоимость 1 кВт.час; КИУМ; срабатывание АЗ; количество нарушений в работе;

3) контроль и анализ достижения деятельности Ростовской АЭС по показателям качества ВАО АЭС, в том числе: коэффициент готовности, связанный с возможностью несения номинальной электрической нагрузки; коэффициент неготовности, связанный с неплановой недовыработкой; количество неплановых автоматических остановов реактора в критическом состоянии; коллективная доза радиационного облучения персонала; объем твердых радиоактивных отходов низкого уровня; показатель тепловой экономичности; работоспособность систем безопасности; показатель надежности ядерного топлива; химический показатель; показатель потерь рабочего времени в результате несчастных случаев;

4) контроль и анализ по показателям качества деятельности при сооружении энергоблоков № 3, 4 Ростовской АЭС: освоение капитальных вложений при строительстве; выполнение работ по инженерным изысканиям, предпроектной и проектной подготовке сооружения энергоблоков № 3, 4 Ростовской АЭС; выполнение графиков сооружения и ввода в эксплуатацию энергоблоков № 3, 4 Ростовской АЭС; выполнение строительно-монтажных и пуско-наладочных работ в установленные сроки и с требуемым качеством;

5) поддержание необходимой квалификации персонала и контроль его знаний;

6) организация закупок и управление поставками оборудования, материалов, комплектующих изделий, работ, услуг. Деятельность по управлению закупками продукции, а также предоставляемыми услугами проводится с целью получения уверенности в том, что поставки материалов, оборудования и услуги выполнены в соответствии с требованиями НД, проектной и конструкторской документации, спецификаций, программ обеспечения качества и процедурных документов по вопросам осуществляемой деятельности и в установленные сроки;

7) инспекции по выполнению требований безопасности (радиационной, пожарной, технологической и экологической) и инструкций по эксплуатации;

8) контроль выполнения программ обеспечения качества и оценка их эффективности. Эффективность программ обеспечения качества определяется путем проведения внутренних и внешних проверок выполнения общей и частных программ обеспечения качества подразделениями Ростовской АЭС; поставщиками оборудования и услуг, организациями, выполняющими работы при эксплуатации и сооружении Ростовской АЭС. Аудиты проводятся в соответствии с документами. Результаты аудиторских проверок, как внешних, так и внутренних, оформляются отчетами;

9) оценка состояния системы обеспечения качества с целью определения ее эффективности осуществляется Советом по качеству, проводимым в соответствии с положением П.47.03;

10) периодический анализ состояния уровня качества проектирования, изготовления, строительства, эксплуатации;

11) разработка и реализация необходимых корректирующих мер по повышению уровня безопасности и качества, а также оценка их эффективности.

Система менеджмента качества соответствует требованиям ГОСТ Р ИСО 9001:2008 (МС ИСО 9001:2008) в отношении производства электрической энергии и сертифицирована органом по сертификации «Русский Регистр» (серт. № РОСС RU.ИСО8.К01385 от 01.11.2011г. – срок действия до 01.11.2014 г., серт. № 11.0847.026 от 19.10.2011г. – срок действия до 19.10.2014 г.). Система качества Ростовской АЭС отвечает требованиям НП-011-99 «Требования к программе обеспечения качества для атомных станций».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимов, Б.И. Управление качеством: учебное пособие [Текст] / Б.И. Герасимов, Н.В. Злобина, С.П. Спиридонов. – М.: КНОРУС, 2007. – 372 с.
2. Кудинов, В.В. Оптимизация программ техобслуживания ядерных энергоблоков [Текст] / В.В. Кудинов // Атомная техника за рубежом. – 2006. – №12. – С. 3–11.
3. Общая программа обеспечения качества Ростовской АЭС ПОКАС (О), РК 01 [Текст]. – [Б.м.], 2011.

Control System Analysis of the Quality at the Rostov NPP

V.E. Dovbysh

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

Abstract – The general characteristic of activity of Rosenergoatom Concern branch of JSC «Rostov nuclear power plant» (the Rostov NPP) in the field of quality is given in article, the General program of ensuring quality at the Rostov NPP is considered, the assessment of efficiency of functioning of quality management system at the Rostov NPP is given.

Keywords: ensuring quality program, Rostov NPP, ensuring quality systems, JSC «Rosenergoatom Concern».

**СОЦИАЛЬНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ
ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ АЭС**

УДК 802/804 : 378.01

**РОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ
В ВОСПИТАНИИ КУЛЬТУРЫ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ**

© 2014 г. Л.А. Гунина, Л.В. Захарова

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

Статья посвящена роли самостоятельной работы студентов технического вуза в воспитании культуры безопасности в процессе обучения иностранному языку в соответствии с ФГОС 3 поколения. Отмечается, что культура ядерной безопасности является приоритетной темой международного сотрудничества, а роль ядерного образования и воспитания в статье рассматривается как важнейший механизм решения этой проблемы. Рассматривается значимость человеческого фактора как важного критерия оценки уровня культуры безопасности на ядерных объектах. Подчеркивается роль иностранного языка в процессе обучения и воспитания. Представлен опыт реализации рабочих программ по дисциплинам «Иностранный язык», «Языковая коммуникация в профессиональной области». В статье положительно характеризуется кредитно-модульная система подведения итогов и оценки самостоятельной учебной работы студентов в высшей школе. Подробно рассматриваются этапы процесса организации самостоятельной работы студентов в техническом вузе.

Ключевые слова: культура безопасности, воспитание ядерной культуры безопасности, роль ядерного образования, роль иностранного языка в процессе ядерного обучения, самостоятельная работа, человеческий фактор.

Поступила в редакцию 29.11.2014 г.

Многолетний опыт эксплуатации ядерных объектов показывает, что возникновение большинства аварий связано с поведением людей, их отношением к своим обязанностям и обеспечению безопасности. Проблема человеческого фактора на ядерных объектах имеет исключительное значение. По некоторым оценкам, более 80% аварий и техногенных катастроф происходят по вине персонала [13]. Концепция человеческого фактора изначально была связана с осознанием того факта, что даже самое совершенное оборудование, инструкции и процедуры не могут гарантировать техническую компетентность персонала. Аппаратное обеспечение неэффективно, если его не эксплуатируют квалифицированные и мотивированные работники.

Как показывают последние события в Азии – в Японии, Иране и на Корейском полуострове – ядерная безопасность является самой острой и сложной проблемой широкомасштабного развития ядерной энергетики, требующей строгого соблюдения режима ядерной безопасности и воспитания в этих странах культуры ядерной безопасности.

После аварий в США, СССР и Японии проблема ядерной безопасности полностью была осознана мировым сообществом, и культура ядерной безопасности стала неотъемлемой частью ядерной деятельности, начиная от ядерного образования, разработки, строительства и контроля до полного захоронения отходов [2]. Практическое использование ядерной энергии представляет собой развивающуюся наукоёмкую, высокотехнологическую деятельность, требующую создания специализированных предприятий и компаний, всё более приобретающих характер

международной деятельности. Такие международные организации как МКРЗ, НКДАР и, особенно, МАГАТЭ, имеют целью «установление контроля за использованием делящихся материалов для предотвращения распространения ядерного оружия, обеспечения ядерной безопасности, установления и проведения в жизнь гарантий мирного сотрудничества в этой области» [15].

Сложившаяся ситуация позволяет говорить о культуре ядерной безопасности как о приоритетной теме международного сотрудничества и о роли ядерного образования и ядерного воспитания как о важнейшем механизме решения этой проблемы. Профессор НИЯУ (МИФИ-ИАТЭ) Виктор Муругов в докладе, посвящённом роли ветеранов в развитии ядерной культуры, привёл цитату из совместного заявления по вопросам роли образования в области нераспространения и разоружения на заседании главного комитета итоговой конференции по ДНЯО 11 мая 2010 года, сделанного представителем Японии от имени 40 государств (в том числе и России): «Образование является императивом для содействия разоружению и нераспространению, и, следовательно, для создания мира без ядерного оружия. Образование прививает знания и критическое мышление людям и отдельным личностям. Образование может повысить осведомлённость общественности, в особенности, будущих поколений, о трагических последствиях применения ядерного оружия. Образование может также подвигнуть людей и отдельных личностей, граждан мира внести свой вклад в дело разоружения и нераспространения» [2].

Особую актуальность понятие «культура безопасности» приобретает при подготовке специалистов для атомной отрасли. Как отмечают В.А. Руденко, Н.П. Василенко: «Культура безопасности предполагает высокую квалификационную и психологическую подготовленность специалистов атомной отрасли. При анкетировании студенты выбрали наиболее важные принципы и ценности, которые присущи приверженцу культуры безопасности. В представлении студентов работник атомной станции должен быть наделён следующими качествами: «ответственность» (35,9%); «бдительность» (24,3%); «профессионализм» (24,5%); «следование установленным правилам и процедурам» (22,5%); «умение работать в команде» (6,6%); «уверенность в себе» (6%) [14].

В данном контексте следует отметить роль изучения иностранного языка. Владение иностранным языком помогает квалифицированному специалисту в получении и обмене информацией, обучении и повышении квалификации, принятии участия в семинарах международного характера, работе в Интернете, развитии уверенности в себе, умения работать в команде и т.д. Вот почему формирование культуры безопасности является важным составным элементом в процессе обучения иностранному языку студентов ВИТИ НИЯУ МИФИ, обучающихся по направлению «Атомные станции: проектирование, эксплуатация, инжиниринг». Учитывая тот факт, что на изучение иностранных языков в техническом вузе выделяется незначительное количество часов, кафедра иностранных языков разработала рабочую программу, в которой значительное внимание уделяется роли самостоятельной работы.

Самостоятельная работа студентов в ВИТИ организуется в соответствии с приказом Министерства образования РФ № 14-55-996 ин/15 от 27.11.2002г. «Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений», в котором отмечается, что увеличение доли самостоятельной работы студентов требует соответствующей реорганизации учебного процесса, модернизации учебно-методической документации, разработки новых дидактических подходов для глубокого самостоятельного освоения учебного материала [1, С. 4].

Кафедра имеет определённый положительный опыт реализации программы по дисциплине «иностранный язык». Прделана колоссальная работа, изменились

подходы, требования, оценки и приоритеты. Есть свои успехи и достижения. Так, по результатам опроса, проведенного в ВИТИ НИЯУ МИФИ в ноябре 2013 года, на вопрос: «Какие предметы для Вас являются самыми интересными?» из предложенных 30 различных предметов 13,12% студентов выбрали иностранный язык, который занимает шестое место после математики (36,65), физики (23,98), этики (16,74), теории менеджмента (14,48), физической культуры (15,38). Для технического вуза, где иностранный язык не является профилирующей дисциплиной, это значимый результат, свидетельствующий о проявленном интересе к дисциплине. Поэтому в создавшихся условиях необходимо уделить особое внимание организации самостоятельной работы студентов (СРС), которая играет ключевую роль в процессе обучения иностранному языку, и способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней [4].

Для организации самостоятельной работы необходимы следующие условия: готовность студентов к самостоятельному труду; мотивация получения знаний; наличие и доступность всего необходимого учебно-методического и справочного материала; система регулярного контроля качества выполненной самостоятельной работы; консультационная помощь преподавателя [13, С. 11]. Самостоятельная работа является обязательной для каждого студента, а её объём определяется учебным планом. Всего на самостоятельную работу отводится 148 часов, которые распределяются следующим образом: подготовка к практическим занятиям – 70 часов, подготовка к тестовым заданиям – 20 часов, подготовка индивидуальных домашних заданий – 40 часов, подготовка к зачету – 18 часов.

Творческая самостоятельная работа включает подготовку к контрольному собеседованию, деловым и интеллектуальным играм, проектам, презентациям, викторинам по различным темам: «Я и моя семья», «Студенческая жизнь в России и за рубежом», «Я и моя страна. Я и мир», «Мир природы. Охрана окружающей среды», «Информационные технологии 21 века», «Я и моя будущая профессия», «Основные сферы деятельности в атомной энергетике» и другие.

Наиболее важными темами творческой самостоятельной работы в воспитании культуры безопасности, на наш взгляд, являются «Охрана окружающей среды», «Я и моя будущая профессия», «Основные сферы деятельности в атомной энергетике». Студенты готовят свои презентации и выступают с докладом на заседании круглого стола по проблемам окружающей среды, уделяя особое внимание основным принципам Экологической политики Госкорпорации «Росатом» в отношении экологических показателей деятельности объектов атомной энергетики:

- принципу соответствия – обеспечение соответствия законодательным и другим требованиям в области обеспечения безопасности и охраны окружающей среды, неукоснительное выполнение каждым работником норм и правил в области обеспечения безопасности персонала, населения и охраны окружающей среды;

- принципу последовательного улучшения – система действий, направленных на достижение и поддержание высокого уровня ядерной, радиационной и экологической безопасности на основе применения наилучших существующих технологий производства, способов и методов охраны окружающей среды, развития системы экологического менеджмента;

- принципу предупреждения негативного воздействия – система приоритетных действий, направленных на недопущение опасных экологических аспектов, которые могут оказать негативное воздействие на человека и окружающую среду;

- принципу готовности – постоянная готовность персонала станции к предотвращению техногенных аварий и иных чрезвычайных ситуаций и ликвидации их

последствий;

– принципу системности – системное и комплексное решение проблем обеспечения экологической безопасности и ведения природоохранной деятельности с учётом многофакторности аспектов безопасности на основе современных концепций анализа рисков и экологических ущербов;

– принципу открытости – открытость и доступность экологической информации для заинтересованных сторон, эффективная информационная работа руководства и специалистов станции с общественными организациями и населением [12].

В рамках самостоятельной работы студенту на протяжении четырёх семестров необходимо выполнить индивидуальные домашние задания (ИДЗ) №1,2. Каждое ИДЗ состоит из 10 заданий, включающих в себя работу над текстом, лексикой, знание грамматики, понимание и умение передать смысл прочитанного на иностранном языке, составление аннотации и реферата. Каждое ИДЗ содержит методические указания, разъясняющие выполнение каждого задания. Студенты ВИТИ обеспечиваются учебно-методическими материалами, предназначенными для самостоятельной работы. Важно отметить значимость электронных средств, благодаря которым акценты в организации самостоятельной деятельности смещаются в сторону организации содержания учебного материала и контроля по его усвоению. Студенты имеют оперативный доступ к учебно-методическим материалам, размещённым на Web-страницах кафедры на сайте университета.

В настоящее время компьютерная поддержка в процессе обучения иностранному языку становится абсолютно необходимой. Электронный учебный материал должен направлять обучающего, подсказывать пути продвижения в учебном материале. Не секрет, что главным фактором успешного обучения при изучении иностранного языка является мотивация. Internet позволяет организовать у себя дома «погружение» в языковую среду: сегодня технический прогресс сделал общедоступными музыку, фильмы, радио, телевидение на изучаемых языках.

Система самостоятельной работы в Internet стимулирует познавательную деятельность студентов, способствует успешному усвоению ими программы. При этом можно использовать информационные технологии, позволяющие предложить студентам соответствующие виды самостоятельной работы. Так, поиск и обработка информации требуются при подготовке к презентациям, занятиям, дискуссиям по конкретной теме; диалог в сети, как правило, при работе в списках рассылки со студентами группы; создание Web- страниц – при создании тематических индивидуальных или групповых Web- страниц [5]. На кафедре иностранных языков в нашем институте оборудован компьютерный класс, позволяющий более эффективно проводить практические занятия.

Подведение итогов и оценка самостоятельной учебной работы студентов проводится преподавателем во время индивидуальных и групповых консультаций. Баллы, набранные студентами по всем видам самостоятельной работы, учитываются при аттестации. Мы считаем, что кредитно-модульная система обучения студентов, введённая в последние годы в нашем вузе, несомненно, имеет своё положительное значение.

Данная система предполагает:

– систематичность контрольных срезов на протяжении всего курса в течение семестра или семестров, выделенных на изучение данной дисциплины по учебному плану;

– обязательную отчетность каждого студента за освоение каждого учебного модуля/темы в срок, предусмотренный учебным планом и графиком освоения учебной дисциплины по семестрам и месяцам;

- регулярность работы каждого студента, формирование должного уровня учебной дисциплины, ответственности и системности в работе;
- обеспечение быстрой обратной связи между студентами и преподавателем, учебной частью, что позволяет корректировать успешность учебно-познавательной деятельности каждого студента и способствовать повышению качества обучения;
- ответственность преподавателя за мониторинг учебной деятельности каждого студента на протяжении курса.

Следует отметить, что система заставляет ритмично работать; повышает ответственность в учёбе; повышает степень объективности при оценке уровня знаний; повышает качество знаний и умений; развивает навыки самостоятельной учебной деятельности; развивает самостоятельность мышления, способствует творчеству.

Чтобы выйти на новый уровень обучения студентов языку необходим коммуникативно-ориентированный и профессионально направленный характер изучения языка, т.к. общая цель обучения – практическое владение иностранными языками, позволяющее будущему специалисту эффективно пользоваться языком в профессиональной деятельности. Для этого на кафедре разработана и успешно действует программа по курсу «Языковая коммуникация в профессиональной области». Самостоятельная работа студентов по данной дисциплине состоит из подготовки к практическим занятиям, ролевым играм, проектам, индивидуальным домашним заданиям, зачету. СРС подразумевает под собой проработку изученного материала с использованием рекомендуемой литературы, электронных ресурсов для подготовки к занятиям в традиционной и интерактивной формах. Значительное количество времени уделяется для подготовки к практическим занятиям, которые проводятся с использованием интерактивных форм: дискуссий о мировых достижениях в науке и технике, истории и перспективах развития отраслей производства; деловых и ролевых игр: «Научная конференция», «Заседание Ассамблеи ООН по правам человека»; презентаций и проектов «Моя будущая профессия». При самостоятельной работе над материалом студентом должны использоваться знания, умения и навыки, полученные им при освоении дисциплины «Иностранный язык» [6].

В процессе подготовки к практическим занятиям у студентов появляется возможность соприкоснуться с культурой стран изучаемого языка, узнать отличия и сходства в жизни различных стран, поскольку известно, что то, что полезно для одной культуры, может быть вредно и даже опасно для другой. В настоящее время еще не существует единого понимания, почему так сильно отличаются культуры стран, называемых ядерными державами. В разных странах на ядерных объектах осуществляется различная технология, а это означает, что единой нормы поведения для персонала, возможно, и нет. Курс «Языковая коммуникация в профессиональной области» учит студентов задуматься о новом смысле, который касается поведения человека при работе с ядерными материалами, что очень влияет на уровень риска. Ведь человеческий фактор – это важный критерий оценки уровня культуры безопасности на ядерном предприятии.

В рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить домашнее задание. Для выполнения домашнего задания по дисциплине указана соответствующая литература, где даётся содержание задания, варианты и методические указания по их выполнению и оформлению. Поскольку основной целевой установкой обучения языковой коммуникации в профессиональной области является общение (коммуникация), а также получение информации из иноязычного источника, особое внимание уделяется не только чтению текстов, но и обсуждению основных проблем, изложенных в тексте, и умению высказать свое мнение по профессиональным вопросам. Для обсуждения проблем следует владеть необходимым запасом слов и

выражений, связанных с профессиональной сферой деятельности. Необходимо выделить основную идею (проблему) текста и выразить своё отношение к ней, используя содержание текста [6].

Еще один вид СРС – это самостоятельная работа студентов-заочников, на которую отводится значительное количество часов. СРС включает выполнение контрольной работы, чтение и перевод текстов, подготовку к собеседованию по прочитанным текстам, устным темам. Для студентов заочного отделения разработаны свои рекомендации по выполнению контрольной работы по иностранному языку.

Итак, мы выяснили, что в создании и поддержании высокого уровня культуры безопасности ядерных предприятий учитываются не только технологические аспекты, но и человеческие ресурсы, поскольку человеческий фактор является основной составляющей культуры безопасности. Ядерные технологии требуют высокого качества обслуживания, и такие дисциплины как «Иностранный язык» и «Языковая коммуникация в профессиональной области» помогают готовить высококлассного специалиста в области ядерной энергетики, разъясняя студентам суть ядерной энергетики, ее достоинства, риски, вопросы международной культуры безопасности. Ведь легче разрабатывать превентивные меры, чем потом пытаться устранить последствия ядерной угрозы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Василенко, Н.П. и др.* Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов: учебно-методическое пособие [Текст] / Н.П. Василенко, В.А. Руденко. – М., 2012. – 72 с.
2. Виктор Муругов: о роли ветеранов в развитии ядерной культуры [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.atominfo.ru/news/p0644.htm> – 25.11.2014.
3. *Гунина, Л.А. и др.* Роль компетенций владения языком в формировании культуры производства. [Текст] / Л.А. Гунина, Л.В. Захарова, И.В. Зарочинцева // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – №4(9). – С. 72–76.
4. *Гунина, Л.А. и др.* Проблемы совершенствования обучения иностранным языкам в техническом вузе (в свете новых требований ФРОС 3 поколения) [Текст] / Л.А. Гунина, Л.В. Захарова, И.В. Зарочинцева // Вестн. ун-та рос. акад. образования. – 2013. – №3(66). – С. 64–68.
5. Дискуссия [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.rsuh.ru/article.html?id=42899> – 25.11.2014.
6. *Зарочинцева, И.В. и др.* Опыт реализации программ уровневого высшего профессионального образования по иностранному языку в техническом вузе [Текст] / И.В. Зарочинцева, Л.А. Гунина, Л.В. Захарова // Вестн. Рос. ун-та дружбы народов. Сер. Русский и иностранные языки и методика их преподавания. – 2014. – №2. – С. 85–92.
7. *Захарова, Л.В. и др.* Языковая коммуникация в профессиональной области в техническом вузе, опыт реализации. [Текст] / Л.В. Захарова, Л.А. Гунина, И.В. Зарочинцева // Сер. Социально-гуманитарные науки. – 2014. – №1.1(49). – С. 507–520.
8. Настольная книга преподавателя иностранного языка [Текст]. – Мн., 1999. – 522 с.
9. Общеввропейские компетенции владения иностранным языком: изучение, обучение, оценка [Текст]. – Страсбург: Департамент по языковой политике, 2001. – 256 с.
10. Организация самостоятельной работы студентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://firstmanager.ru/2008/01/11/organizaciya-samostoyatelnoj-raboty-studentov/> – 25.11.2014.
11. *Орлова, С.С.* Самостоятельная деятельность студентов, методы её организации на современном этапе [Электронный ресурс] / С.С. Орлова. – Режим доступа: URL: <http://iet.hersen.spb.ru/iet/index.php?id=672> – 25.11.2014.
12. Отчёт об экологической безопасности за 2012 год [Текст]. – [Б.м., б.г.] – С. 3.
13. Положение об организации внеаудиторной самостоятельной работы студентов в Московском государственном областном университете [Текст]. – Москва. – 2007. – №1 .
14. *Руденко, В.А. и др.* Ценностная составляющая культуры безопасности [Текст] / В.А. Руденко, Н.П. Василенко // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – №4(9). – С. 82–86.

15. Рылов, М.И. Культура безопасности на объектах атомной энергии [Электронный ресурс] / М.И. Рылов, М.Н. Тихонов. – Режим доступа: URL: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4789> – 25.11.2014.
16. Тер-Минасова, С. Г. "Иностранный язык" для неязыковых вузов и факультетов: примерная программа научно-методического совета по иностранным языкам [Текст] / С.Г. Тер-Минасова, Е.Н. Соловова. – М. : М-во образования и науки РФ, 2009.
17. Хрипунов, И.А. О разработке концепции ядерного права России с учетом рекомендаций МАГАТЭ в сфере организационной культуры [Электронный ресурс] / И.А. Хрипунов. – Режим доступа: URL: www.atomic-energy.ru/articles/2011/06/28/23910 – 25.11.2014.
18. Шаламов, В.В. Организация самостоятельной работы в образовательных учреждениях [Электронный ресурс] / В.В. Шаламов. – Режим доступа: URL: http://mmj.ru/education_ahey.html – 25.11.2014.

Technical University Students' Independent Work in the Process of Training a Foreign Language

L.A. Gunina*, L.V. Zakharova**

*Volgodonsk Engineering Technical Institute
the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
*e-mail: LAGunina@mephi.ru; ** e-mail: zakharova11@mail.ru*

Abstract – The article is devoted to the role of technical university students' independent work in the education of safety culture in the process of foreign language training in accordance to the FSES 3-rd generation.

It is pointed out that nuclear safety culture is a priority subject of international cooperation, and the role of nuclear education and training is considered in the article as an essential mechanism to solve this problem. The importance of the human factor as an important criterion in assessing the level of safety culture at nuclear facilities is discussed. The role of foreign language training and education is stressed. The experience of the educational programs implementation in the disciplines of "Foreign language", "Language communication in the professional field" is described. Credit-modular system of independent work evaluation is positively characterized in the article. Steps in the process of organization of students' independent work in technical universities are described in detail.

Keywords: safety culture, nuclear safety culture education, the role of nuclear education, the role of foreign language in the process of nuclear education, independent work, the human factor.

**СОЦИАЛЬНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ
ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ АЭС**

УДК 378:51

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕЗЕНТАЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ЧТЕНИЯ ЛЕКЦИЙ
ПО МАТЕМАТИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ В ПРОФИЛЬНЫХ
ВУЗАХ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

© 2014 г. М.А. Алексеева

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

Рассмотрены особенности применения мультимедийных презентаций в преподавании математических дисциплин в профильных вузах атомной отрасли, являющиеся перспективным и высокоэффективным инструментом в образовательной области.

Ключевые слова: атомная отрасль, высшее образование, математические дисциплины, ядерный вуз, презентация, мультимедиа.

Поступила в редакцию 23.11.2014 г.

XXI век – век высоких компьютерных технологий. Современное обучение математики студентов технических вузов невозможно представить без мультимедиа, которая включает в себя совокупность компьютерных технологий, одновременно использующих несколько информационных сред: графику, текст, анимацию. По сравнению с традиционными методами обучения мультимедиа-среда много выше по информационной плотности, т.к. «лучше один раз увидеть, чем миллион раз услышать». Создавая презентации необходимо опираться на следующие принципы: научности, наглядности, доступности, системности и последовательности. При внедрении мультимедиа на лекциях мы выполняем несколько задач:

- сделать занятие интересным;
- дать студентам более полную, достоверную информацию об изучаемом материале;
- повысить роль наглядности в учебном процессе;
- сэкономить учебное время, нежели при работе у доски.

Мультимедийные обучающие презентации предназначены в помощь преподавателю, читающему курс лекций по математическим дисциплинам в технических вузах, и позволяют удобно и наглядно представить материал. Мастерски сделанная презентация может привлечь внимание студентов и пробудить интерес к учебе. Однако не следует увлекаться и злоупотреблять внешней стороной презентации, связанной со спецэффектами. Если перестараться, то снизится эффективность презентации в целом. Необходимо найти баланс между подаваемым материалом и сопровождающими его эффектами. Иными словами, успешность проведения лекции с использованием мультимедиа зависит от качества используемых материалов и конструкторских умений преподавателя.

Аудитория на презентации немного запомнит и поймет, если будет только слушать. Но, тем не менее, запомнит то, что увидит. Преимущества визуальных средств: можно быстро и доходчиво изобразить вещи, которые невозможно передать словами: сэкономить время; активизировать работу аудитории; способствовать прочному запоминанию информации.

При использовании презентации необходимо учитывать следующее:

- преподаватель должен хорошо владеть соответствующими методами обучения;
- презентация используется в качестве инструмента проведения занятия, а не занятие проводится для демонстрации презентации. Наглядность не должна подменять собой цель обучения;
- запускать на всю лекцию презентацию нецелесообразно, и тем более прочитывать текст со слайда аудитории;
- информация, предлагаемая студентам, не должна быть развернутой презентацией всей лекции, а только кратким содержанием ее наиболее важных моментов, при этом материал различных слайдов должен быть логически взаимосвязан. На рисунке 1 показан слайд лекции-презентации по курсу «Теория рядов»;
- у преподавателя должно быть достаточно времени для демонстрации презентации. Необходимо помнить, что нужно изложить намного больше информации, нежели это отражено в его презентации;
- на каждом слайде должно быть минимальное количество текста, поскольку избыток текстовой информации будет отвлекать аудиторию. Неразумно употреблять сложные формы подачи учебного материала;
- надо обращать внимание на количество слайдов: сразу много их демонстрировать не надо;
- при оформлении слайдов следует учитывать также психологические особенности (сочетание цветов, чтобы не раздражать и не утомлять);

Необходимый признак сходимости ряда

Если $\sum_{n=1}^{\infty} U_n$ - сходится, то $\lim_{n \rightarrow \infty} U_n = 0$, т.е. $U_n \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0$.

По поведению ряда на бесконечности нельзя судить о его сходимости, т.к. есть ряды сходящиеся и расходящиеся. На практике пользуются достаточным признаком расходимости.

Достаточный признак расходимости

Если $\lim_{n \rightarrow \infty} U_n \neq 0$, т.е. общий член ряда U_n не стремится к нулю на бесконечности, то ряд расходится.

Пример: Исследовать ряд на сходимость $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{5^n}{3n+2}$.

Рис. 1. – Слайд лекции-презентации по курсу «Теория рядов»

- важна и разметка слайда: он не должен нести в себе большое количество информации (например, изображения, текст, графики), чтобы не рассеивалось

внимание. На рисунке 2 показан слайд лекции презентации по курсу «Дифференциальные уравнения»;

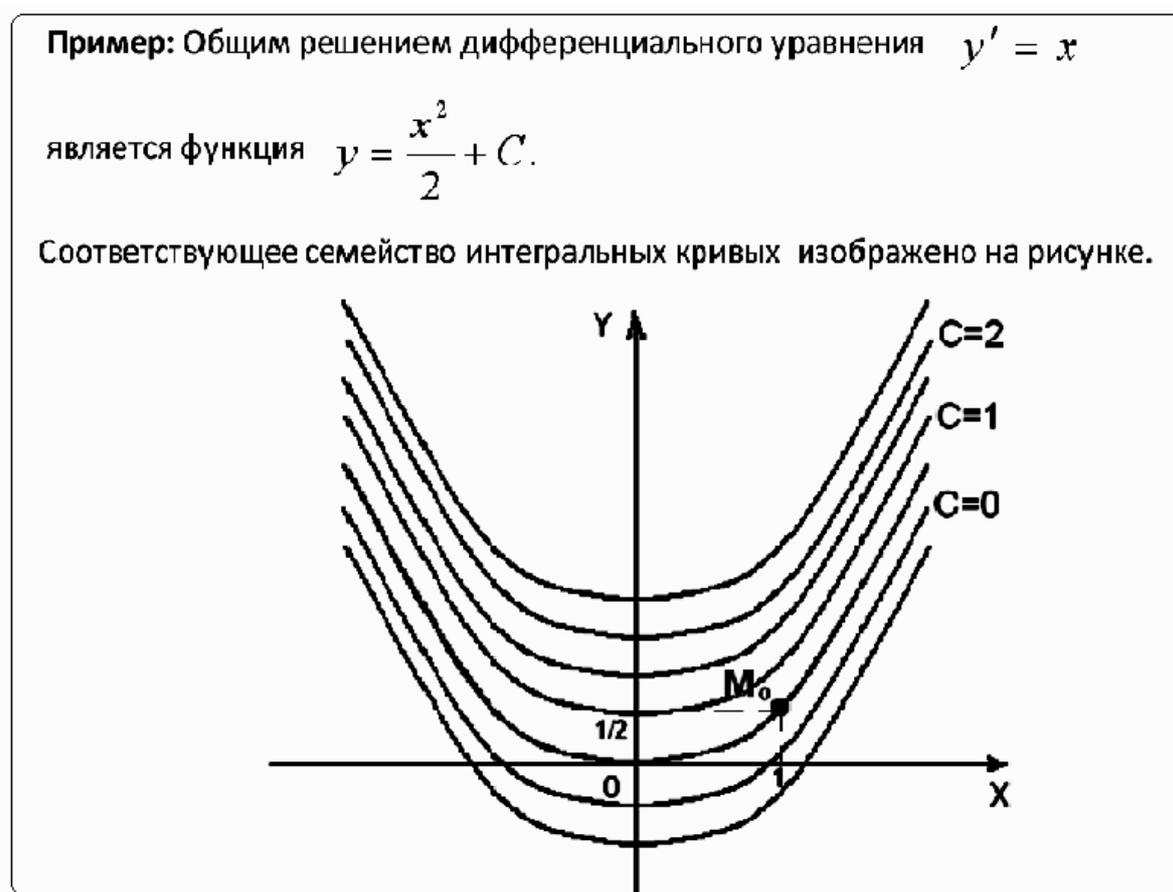


Рис. 2. – Слайд лекции-презентации по курсу «Дифференциальные уравнения»

– презентация должна быть хорошо читаема даже с последних рядов предполагаемой аудитории. Лучше использовать стандартные фоновые изображения: цвет текста – темный, оптимальный для чтения на светлом фоне; шрифт – строгий;

– с осторожностью следует использовать анимацию. При построении графиков, поверхностей, т.е. подаче графического материала анимация привлечет внимание студентов, а вот выплывающий на слайд текст, наоборот, отвлечет;

– взвешенного, продуманного подхода требует и звуковое сопровождение. Опыт показывает, что на лекциях математики звуковое сопровождение неуместно.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод: презентации на лекциях математики использовать надо, это и интересно, и полезно. Умелое использование презентаций активизирует процесс преподавания, повышает интерес студентов к математике и эффективность учебного процесса, позволяет достичь большей глубины понимания учебного материала.

В настоящее время мультимедийные ресурсы являются перспективным и высокоэффективным инструментом в образовательной области. Они предоставляют студентам массу информации в большем объеме, чем традиционные источники информации, и в более наглядной форме. Качественно разработанные мультимедийные презентации сегодня все чаще становятся не просто дополнением к лекционному материалу, но и отдельными интерактивными продуктами, без которых невозможен эффективный учебный процесс любого образовательного учреждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пискунов, Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления: учеб. пособие для вузов. В 2 т. Т.1. [Текст] / Н. С. Пискунов. – Изд., стер. – М.: Интеграл–Пресс, 2005. – 416 с.
2. Дворецкий Д.С., Иванов П.А. Создание презентаций в программе "Microsoft PowerPoint", Электронный мультимедийный учебник. [Электронный ресурс] / Д.С. Дворецкий, П.А. Иванов // Учебно-методический портал – 2014. – Режим доступа: URL: <http://www.uchmet.ru> – 22.11.2014.

Usage of Presentations in the Mathematical Lecturing Course in Cross-Sectional Higher Education Institutions of Nuclear Industry

M.A. Alekseeva

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

Abstract – The features of multimedia presentations usage in teaching mathematical disciplines in cross-sectional higher education institutions of nuclear industry which are the perspective and highly effective tool in education are considered.

Keywords: nuclear industry, the higher education, mathematical disciplines, nuclear higher education institution, presentation, multimedia.

**СОЦИАЛЬНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ
ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ АЭС**

УДК 378.1:51:621.039

**САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА КАК СРЕДСТВО РЕАЛИЗАЦИИ
КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА ПРИ ОБУЧЕНИИ
СТУДЕНТОВ В ПРОФИЛЬНЫХ ВУЗАХ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

© 2014 г. А.И. Замыслова

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

В статье рассматривается самостоятельная работа студентов технического вуза, ее сущность и проблема организации. Рассматриваются различные трактовки самостоятельности, самостоятельной работы, определенные в психолого-педагогической литературе, показаны цели, задачи и формы самостоятельной работы студентов. В качестве одного из основных условий повышения эффективности самостоятельной работы студентов предлагается ее организация на основе реализации процесса личностно–профессионального развития.

Ключевые слова: самостоятельная работа, самостоятельность, самостоятельная работа студента, контроль, компетентностный подход, компетентность, высшее образование.

Поступила в редакцию 27.11.2014 г.

Современное высшее образование характеризуется ориентацией на личность студента и процессы ее становления и развития. Присоединение России к Болонскому процессу определяется необходимостью принятия компетентностного подхода как стратегии профессионального образования, в котором востребованы высокий уровень профессионализма, академическая и социальная мобильность, готовность к самообразованию и совершенствованию. Важнейшим компонентом в системе подготовки конкурентоспособного специалиста является самостоятельная работа студентов, как необходимое условие формирования потребности в самоорганизации будущего специалиста, способности творчески решать профессиональные задачи, а также способности к постоянному обновлению своих знаний.

В настоящее время обучение в вузе не мыслится без активизации самостоятельной работы, интенсификации их самостоятельной познавательной деятельности и эффективных способов руководства ею. Это обусловлено социальными запросами общества, когда современный специалист должен иметь высокий уровень подготовки, обладать способностью и профессиональными навыками принимать самостоятельные решения, уметь выбирать в значительном объеме информацию, нужную для решения поставленной задачи и обрабатывать её. Затем, на основании полученного результата, творчески подойти к преобразованию окружающей действительности.

В Федеральном Законе РФ от 10 июля 1992 г. № 3266-1 "Об образовании" самостоятельная работа квалифицируется как форма организации учебного процесса, как объективное условие формирования познавательной, исполнительской, творческой активности и самостоятельности студентов при обучении. Самостоятельная работа студентов формирует готовность к самообразованию, создает базу непрерывного образования, возможность постоянно повышать свою квалификацию, а если нужно – переучиваться, быть сознательным и активным профессионалом.

Говоря о значении самообразования в формировании профессиональной компетентности будущих специалистов, необходимо подчеркнуть, что никакое воздействие извне, никакие инструкции, наставления, приказы, убеждения, наказания не заменят и не сравнятся по эффективности с самостоятельной деятельностью. Новыми критериями результативности и успешности образовательного процесса становятся сформированность субъектной позиции студента, способность к личностному саморазвитию, самореализации и самосовершенствованию. Субъектность студента рассматривается, как его способность проявлять активную позицию, готовность к самоуправлению, самоорганизации и саморегуляции, определению себя как субъекта деятельности. В контексте превращения студентов в субъектов образовательного процесса специалисты отмечают необходимость перехода от старой парадигмы традиционного образования: преподаватель – учебник – студент к новой, гуманистически направленной: студент – учебник – преподаватель [11, с. 30]. При таких условиях образование в вузе приобретает характер субъект-субъектного взаимодействия, в котором студент активно получает, присваивает и преобразует информацию до индивидуально нового знания в процессе самостоятельной учебно-познавательной деятельности, а преподаватель выступает в роли руководителя и координатора этого процесса.

Необходимость и важность формирования самостоятельности в студенческом возрасте рассматриваются в работах М.Е. Бронштейн, В.В. Давыдова, И.А. Зимней, И.В. Ковалевского П.В. Семашко, В.Ф. Тадиян, Г.В. Федина, В.В. Шаламова, Д.Б. Эльконина и др. Вопросами управляемой самостоятельной работы в той или иной степени занимались Г.М. Бурденюк, А.А. Вежбицкий, Л.Д. Воеводин, И.А. Гиниатуллин, Н.Ф. Коряковцева, Н.Г. Лукинова, В.В. Сергеенкова, Н.Ф. Талызина, Т.Ю. Тамбовкина и др.

Проблема самостоятельности обучающихся в образовательном процессе – одна из стержневых проблем дидактики. В исследованиях авторы различают познавательную (Б.П. Есипов, П.И. Пидкасистый), умственную (А.В. Брушлинский, А.М. Матюшкин), творческую (Н.Г. Ярошенко), организационно-техническую (Е.Я. Голант) самостоятельность.

Различные аспекты этой проблемы нашли отражение в психолого-педагогических трудах (Т.И. Бабаева, Е.Я. Голант, Б.П. Есипов, А.С. Лында, А.К. Осницкий, Т.А. Попова, М.Н. Скаткин, М.А. Федорова и др.), в которых дана общая характеристика самостоятельной деятельности, разработаны различные классификации самостоятельных работ, выделены условия организации самостоятельной деятельности и т.п.

В теоретической литературе место и роль самостоятельной работы определяется по-разному: как форма, в которой осуществляется познавательная деятельность (Л.И. Анцыферова, А.В. Даринский, В.М. Розин и др.); как компонент системы образования (Н.И. Алексеев, Л. А. Майборода, А.А. Семенов и др.); как принцип, связывающий ступени образовательного процесса, интегрирующий учебную и практическую деятельность взрослого обучающегося в единое целое (С. Г. Вершловский, В.В. Горшкова, А. Л. Загорский, Е.И. Огарев, А. И. Субетто и др.); как стержень, обуславливающий целостность образования в его различных формах (С.Б. Орлов, В.В. Сериков и др.). Под самостоятельностью как компонентом способности личности исследователями понимается: способность устанавливать основания для тех или иных поступков, т.е. выбор поведения (С.Л. Рубинштейн); способность планировать, систематизировать, регулировать и активно осуществлять свою деятельность без постоянного внешнего руководства и помощи (К.К. Платонов); способность соотносить свои стремления и возможности, адекватно оценивать процесс

и результат своей деятельности (Т.И. Бабаева).

Самостоятельность обучающегося выражается в потребности и умении самостоятельно мыслить, в способности ориентироваться в новой ситуации, самому видеть вопрос, задачу и найти подход к их решению. Она проявляется, например, в умении по-своему подойти к анализу сложных учебных задач и выполнению их без посторонней помощи, характеризуется известной критичностью ума, способностью высказывать свою собственную точку зрения, независимую от суждения других [2].

Внешними признаками самостоятельности обучающихся являются: планирование ими своей деятельности, выполнение заданий без непосредственного участия педагога, систематический самоконтроль за ходом и результатом выполняемой работы, её корректирование и совершенствование. Внутреннюю сторону самостоятельности образуют потребностно-мотивационная сфера, усилия студентов, направленные на достижение цели без посторонней помощи [6].

В качестве условий развития самостоятельности специалисты выделяют: дисциплину, самоорганизованность, самоконтроль, самооценку (О.П. Суркова); волевою целеустремленность, активность (А.И. Высоцкий); решительность, последовательность, цельность, деловитость (В.И. Похилько, А.Г. Шмелев); собранность, активный поиск информации, уверенность в правильности своих поступков, опору на свои знания и навыки, умение мобилизовать их на достижение цели (Г.С. Прыгин); инициативу, требовательность к себе и товарищам (К.Т. Оспанова); веру в свои силы, критичность, самокритичность, настойчивость, выдержку, творческие силы (П.И. Пидкасистый, Б.И. Коротяев); чувство личной ответственности за свою деятельность, поступки (П.Н. Виноградов). Многие ученые (Е.П. Ильин, С.С. Коровин, Н.В. Мишнаевский, А.А. Люблинская и др.) среди условий, способствующих формированию самостоятельности, выделяют интерес к действиям, доступность выполнения заданий, создание оптимального положительного психоэмоционального фона деятельности, своевременность контроля, самоконтроля и оценки результатов самостоятельной работы.

Исследователи, занимающиеся проблемами самостоятельной работы в высшей школе, вкладывают в термин «самостоятельная работа» различное содержание. Она трактуется как самостоятельный поиск необходимой информации, приобретение знаний, использование этих знаний для решения учебных, научных и профессиональных задач (С.И. Архангельский), как деятельность, складывающаяся из многих элементов: творческого восприятия и осмысления учебного материала в ходе лекции, подготовки к занятиям, экзаменам, зачетам, выполнения курсовых и дипломных работ (А.Г. Молибог).

Р.А. Низамов понимает под ней разнообразные виды индивидуальной, групповой познавательной деятельности студентов на занятиях или во внеаудиторное время без непосредственного руководства, но под наблюдением преподавателя. Б.Г. Иоганзен рассматривает организацию самостоятельной работы в высшей школе как систему мер по воспитанию активности и самостоятельности. Самостоятельная работа понимается также рядом авторов как система организации педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью, протекающей в отсутствие преподавателя (В. Граф, И.И. Ильясов, В.Я. Ляудис).

П.И. Пидкасистый считает, что «самостоятельная работа в высшей школе является специфическим педагогическим средством организации и управления самостоятельной деятельностью в учебном процессе» [7, с. 31].

В связи с модернизацией высшего профессионального образования проблема организации и оптимизации самостоятельной работы в настоящее время не только не потеряла своей актуальности, но и приобретает все большую приоритетную

направленность.

И.А. Зимняя определяет самостоятельную работу как высшую форму учебной деятельности, как деятельность «субъекта... по овладению обобщенными способами учебных действий и саморазвитию в процессе решения им посредством учебных действий, специально поставленных учителем учебных задач на основе внешнего контроля и оценки, переходящих в самоконтроль и самооценку самого ученика» [4, с. 93]; «самостоятельная работа должна быть осознана как свободная по выбору, внутренне мотивированная деятельность, ... предполагает выполнение обучающимся целого ряда входящих в неё действий: осознания цели своей деятельности, принятия учебной задачи, придания ей личностного смысла..., подчинение выполнению этой задачи других интересов и форм своей занятости, самоорганизации в распределении учебных действий во времени, самоконтроля в их выполнении» [4, с. 25].

Д.Б. Эльконин рассматривает учение как решение учебных задач, направленных на формирование научного теоретического мышления. В.В. Давыдов утверждает, что понятие учебной деятельности нельзя отождествлять с учением вообще, поскольку человек чему-то учится и приобретает опыт также в трудовой, игровой и других видах деятельности. В процессе освоения учебной деятельности человек воспроизводит не только знания и умения, но и саму способность учиться, возникшую на определенном этапе развития общества [3].

По определению И.И. Ильясова, деятельность учения есть самоизменение, саморазвитие субъекта. Предметом учебной деятельности выступает исходный образ мира, который уточняется, обогащается или корректируется в ходе познавательных действий [10, с. 34]. Учебная деятельность как целое включает в себя ряд специфических действий и операций разного уровня. И.И. Ильясов отмечает, что «в ситуации учения происходят два процесса: собственно учение и действие, усваиваемое в учении. Оба процесса взаимосвязаны, но не тождественны. Выполнение усваиваемого действия состоит в преобразовании объекта некоторой конкретной области действительности..., а процесс усвоения данного действия в учении состоит в преобразовании самого учащегося из субъекта, не владеющего данным действием, в субъекта, овладевшего им» [10, с. 35].

Сущность самостоятельной работы специалистами усматривается в характере познавательной деятельности по приобретению и усвоению учебной информации, степени самостоятельности и активности, способах руководства. Преподаватель должен выстраивать систему самостоятельной работы студентов собственными усилиями, отбирать учебную информацию, средства, методы и технологии обучения, которые бы не только и не столько способствовали усвоению студентом готовых знаний, сколько помогали бы ему приобретать знания самостоятельно из разных источников, формировать собственную точку зрения, уметь ее аргументировать, использовать ранее полученные знания в качестве метода для получения новых знаний [8, с. 110; с. 7, с. 30].

Анализ научной литературы позволяет констатировать, что определение нового статуса преподавателя, и его деятельности в процессе самостоятельной работы, зачастую не имеет однозначного понимания. Преподавателя вуза рассматривают как «помощника, коллегу, режиссера» в процессе становления и развития личности студента [11, с.56, с.64], «координатора, руководителя» организационной, методической и регуляционных составляющих самостоятельной работы [8, с. 110], «менеджера», управляющего всеми компонентами учебного процесса: определением целей, планированием их достижения, организацией всех видов активности студентов (контроль и оценка результатов, корректирующие действия, коммуникация, принятие решений) [9, с. 104].

Изменение статуса преподавателя не означает снижения значимости его руководства учебным процессом, и самостоятельной работой студентов, осуществляется ли оно непосредственно самим преподавателем или опосредованно через создание определенных условий для эффективной деятельности студентов. Педагогическое управление самостоятельной работой не отрицает субъектной позиции студента в обучении и необходимости самоуправления собственной деятельностью, а означает взаимодействие, при котором преподаватель создает условия, стимулирующие, ориентирующие, направляющие студента на активную самостоятельную продуктивную деятельность, в процессе которой он осуществляет саморегуляцию, самоорганизацию и самокорректировку.

Проведённое исследование по изучению особенностей самостоятельной работы студентов, позволило выявить факторы, оказывающие влияние на уровень успеваемости и готовность будущих специалистов к профессиональному и личностному развитию. Это дефицит навыков организации самостоятельной подготовки. Только 18% студентов выполняют самостоятельную работу по разработанному плану, затрудняются осуществлять самостоятельный контроль и коррекцию деятельности около 65%, недостаточно сформированные умения самостоятельной работы имеют более половины студентов, не более 32% студентов проявляют самостоятельность, независимость и инициативность в познавательной деятельности. Полученные результаты требуют изменений в организационном обеспечении самостоятельной работы студентов.

Формирование профессиональных компетенций находится в тесной связи с опытом организации самостоятельной работы. Выпускник может оказаться в трудном положении, если не научится навыкам самостоятельного приобретения знаний, навыкам повседневного самообразования.

Исследования показали, что в настоящее время знания обесцениваются очень быстро – около 15–20% в год, другими словами, через 3-5 лет выпускник учебного заведения теряет большую часть знаний, полученных за годы учёбы. Поэтому одна из основных задач вуза – научить учиться. Реализации этой задачи должны быть подчинены организация и осуществление воспитательно-образовательного процесса, все виды занятий должны строиться так, чтобы они учили студентов творческому, научному подходу к любому вопросу, приобретению умений и навыков самостоятельной работы.

Особое значение имеет организация самостоятельной работы, придающая личностный смысл получаемому образованию, учитывающая уровень подготовленности к самостоятельной работе, стимулирующая творческие силы и способности обучающихся, актуализирующая внутренние познавательные мотивы учения, способствующая развитию навыков самообразования, способности к саморазвитию и самосовершенствованию.

При организации самостоятельной работы преподаватели должны стремиться пробудить у студентов желание стать самостоятельными исследователями в овладении знаниями для своей будущей профессии. Выполнение заданий внеаудиторной самостоятельной работы позволит студентам развить и закрепить необходимые для этого качества.

Самостоятельная работа студентов отличается от других видов работы тем, что студент сам ставит себе цель, для достижения которой выбирает задание и вид работы. «Самостоятельная работа завершает задачи всех других видов учебной работы. Знания, не ставшие объектом собственной деятельности, не могут считаться подлинным достоянием человека». Навыки и умения самостоятельной работы должны сформироваться в средней школе, но чаще всего этого не происходит. Попадая в новые

условия обучения после школы, многие студенты не сразу адаптируются к ним, не владея приемами самостоятельной работы. Так, например, до 70% студентов 1-го курса не умеют систематизировать материал для его лучшего понимания. Значит, одной из задач преподавателя вуза является помощь студентам в организации их самостоятельной работы.

Важно продумать и разнообразные виды заданий, способствующих формированию необходимых будущему инженеру навыков и умений. Так, например, при работе с текстом можно дать задание не просто прочитать и пересказать его, а разнообразить задания: выделить главные мысли; что-то обосновать, сообщить, описать, охарактеризовать, определить, обсудить, объяснить, расчленив, прокомментировать, законспектировать, выписать, сравнить; составить план, тезисы, конспект; сделать вывод. Существует много разных видов работы с текстом, и все они развивают соответствующие умения, повышают внимание студентов, их активность, развивают мышление.

Конкурентоспособный выпускник должен быть самостоятельным, мобильным, иметь творческое мышление, выбирать оптимальные решения в нестандартных ситуациях, разрабатывать новые виды продукции и т.д. Профессиональная карьера – это профессиональное становление и развитие личности, основными показателями которой является:

- профессиональная самостоятельность;
- профессиональная мобильность;
- способность работать в коллективе.

Все эти качества развиваются при самостоятельной работе, которая как дидактическое явление представляет собой, с одной стороны, учебное задание, составленное для достижения определённой дидактической цели. С другой – форму проявления познавательной деятельности: памяти, мышления, творческого воображения при выполнении студентами учебного задания, которое, приводит его либо к получению совершенно нового знания, либо к углублению и расширению сферы действия уже полученных знаний.

Самостоятельная работа – это такое средство обучения, которое:

- в каждой конкретной ситуации усвоения соответствует конкретной дидактической цели и задаче;
- формирует у обучающегося необходимый объём и уровень знаний, навыков и умений для решения определённых познавательных задач на каждом этапе его движения от незнания к знанию;
- вырабатывает у студентов психологическую установку на самостоятельное систематическое пополнение своих знаний и выработку умений ориентироваться в потоке научной и общественной информации при решении новых познавательных и профессиональных задач;
- является важнейшим орудием педагогического руководства и управления самостоятельной познавательной деятельностью обучающегося в процессе профессионального обучения.

Самостоятельная работа представляет одну из форм учебного процесса и является его существенной частью. Учебно-воспитательный процесс коренным образом преобразуется: позиция «преподаватель впереди студента» должна поменяться на позицию «студент впереди». Преподаватель должен сориентировать, направить студента вводными и обзорными лекциями, а затем «пропустить его вперед» и время от времени консультировать, подправлять его в самостоятельной деятельности.

Согласно последним рекомендациям по методике обучения, студент должен 70% времени на занятиях работать самостоятельно. Самостоятельная работа имеет целью

проработку пройденного материала во время занятий, пополнение и углубление знаний, выполнение конкретных заданий (работа с книгой, подготовка докладов, выполнение курсовых работ и дипломных проектов, поиск необходимой информации, конструирование, учебная и научно-исследовательская работа). Самостоятельная работа имеет следующие достоинства:

- позволяет хорошо разобраться в изучаемом материале;
- позволяет студенту вырабатывать свои убеждения и взгляды;
- позволяет формировать у студента трудолюбие, творческий подход к делу, целеустремленность, силу воли, самостоятельность мышления и системность в распределении времени;
- у студента вырабатывается потребность в приобретении и углублении знаний;
- у студента вырабатываются навыки работы с литературой, приемы и методы общения с людьми для достижения поставленной цели.

В монографии П.И. Пидкасистого выделено пять уровней самостоятельной работы. Первый уровень – дословное и преобразующее воспроизводство информации; второй – самостоятельная работа по образцу; третий – реконструктивно-самостоятельная работа (составление кроссвордов, интервью, рассказ и т.п.); четвертый – самостоятельная эвристическая работа; пятый – творческая (исследовательская, опытническая) работа.

Каждый из этих уровней объективно существует в педагогической практике. При этом основная задача преподавателя – помочь каждому студенту найти свое место в жизни. Самостоятельная работа всегда вызывает затруднения у студентов, особенно на первом курсе, где необходимо их научить правильно ставить учебные цели, учить анализировать прочитанный материал и отбирать главное, работать с первоисточниками. Студентам необходимо научиться запоминать главное, поэтому их необходимо научить приемам запоминания, повторения, приемам смыслового конструирования, развивать мышление и функции понимания, осмысливания, нового на базе старого. Так как самостоятельная работа является важнейшей формой учебного процесса, преподавателю следует акцентировать ее преимущества по формированию параметров квалификационной характеристики.

Руководство преподавателем самостоятельной работой постепенно должно переходить в самоорганизованную работу. Для лучшей организации самостоятельной работы ее необходимо мотивировать и оценивать. Давая самостоятельные задания студентам, преподаватель должен учитывать их психологические особенности. При выдаче задания на самостоятельную работу необходимо четко поставить перед студентами цель, актуализировать и мотивировать ее, дать алгоритм выполнения задания и рекомендовать литературу, которая поможет выполнить задание, установить форму и сроки сдачи выполненной работы, определить сроки консультаций, установить критерии оценки. Желательно разработать для студентов памятку по самостоятельной работе. В основе функционирования организационной системы самостоятельной работы, в рамках цели личностно-профессионального развития студентов, может быть положено рациональное сочетание деятельности преподавателя по управляющему воздействию на личность в ситуациях учебно-профессиональной деятельности и самоуправления студентами процессом саморазвития.

В качестве одного из дидактических средств самостоятельной работы, предлагается использование индивидуальных программ личностно-профессионального саморазвития студента, в которых учитывается уровень его развития, владения профессиональными знаниями и умениями, на основе исследования которых предлагается система соответствующих заданий для самостоятельной работы.

Для внедрения организационной системы самостоятельной работы, с целью

реализации личностно–профессионального развития будущего специалиста необходимо выявить условия её эффективного функционирования:

1) Психологические: учёт индивидуального уровня развития потребностно-мотивационной, эмоциональной сферы; ориентация на индивидуально-профессиональный опыт студента.

2) Информационно-методические: обеспечение студентов индивидуальной программой самостоятельной работы обеспечивающей его системой заданий, необходимой информацией, направляющими указаниями и инструкциями, контролирующими материалами; использование современных педагогических и информационных технологий обучения в организации самостоятельной работы: когнитивное инструктирование на основе средств мультимедиа, выполнение аналитических, научно–исследовательских, прикладных проектов, решения творческих задач, тестовых тренажёрных и контрольных систем.

3) Дидактические: самостоятельное осуществление организации самостоятельной работы студентом на основе выбора содержания, методов и источников выполнения заданий; соотнесение содержания самостоятельной работы с профессиональной деятельностью обучаемых, индивидуальным уровнем профессионального и индивидуального развития; мониторинг результатов самостоятельной работы студентов, позволяющего оценивать оптимальность процесса личностного и профессионального развития будущих специалистов.

Преподаватель может эффективно управлять умственной деятельностью обучаемых как с опорой на дидактические материалы, так и путем устного индивидуального руководства каждым студентом в педагогическом процессе. Важным дидактическим средством должна явиться система дидактических средств сопровождения учебного процесса, которые позволяют дать в распоряжение студента ориентиры и организовать его эффективную самостоятельную учебную деятельность: создать субъектную значимость изучаемого материала; учесть актуальный уровень развития студента; организовать поле выбора учебных заданий; стимулировать самостоятельную образовательную деятельность.

Как фактор освоения специальности самостоятельная работа студентов может быть представлена: как средство педагогической деятельности, которое используется педагогом в целях перестройки психологических механизмов обучающихся, их опыта, внутреннего мира, которые должны быть результатами обучения; как учебная деятельность, предполагающая определенные процедуры, которые выполняют студенты в процессе учебно-познавательной, учебно-практической и учебно-профессиональной деятельности; как виды студенческой продукции; как условие обучения студентов в вузе, предполагающее самостоятельное усвоение части содержания обучения по дисциплине; как форма организации обучения; как ведущий вид деятельности в процессе исследовательской работы студентов; как высокий уровень подготовленности студентов, что выступает целью и результатом их обучения и воспитания [5].

Основная цель самостоятельной работы студентов – воспитание сознательного отношения студентов к овладению теоретическими и практическими знаниями, привитие им привычки к напряжённому интеллектуальному труду, овладение студентами способами добывания знаний. Задачами самостоятельной работы являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;

- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях.

Умение добывать знания, овладевать теоретическими и практическими знаниями особо важно для будущих специалистов атомной отрасли, реализация знаний в которой требует умений быстро ориентироваться в ситуации, у работников отрасли повышена ответственность за быстрое и точное принятие решений, организованность.

В качестве одного из средств управления самостоятельной работой можно предложить модульное обучение, сущность которого состоит в том, что обучающийся самостоятельно может работать по предложенной ему индивидуальной траектории, включающей в себя целевую программу действий, информационное и методическое руководство по достижению дидактических целей. Обязательным элементом обучения выступает кредитно-модульная система оценки знаний, предполагающая балльную оценку успеваемости обучающихся по результатам изучения каждого модуля.

Умение организовать самостоятельную деятельность – залог успешной самореализации выпускника вуза не только как личности, но и как профессионала. Одна из основных задач вузовского обучения – перевести студента из пассивного потребителя знаний в активного их творца, умеющего формулировать проблему, анализировать методы её решения, выбирать из них оптимальные и достигать искомого результата. Этому способствуют разнообразные формы самостоятельной работы студентов, среди них:

1) внеаудиторная самостоятельная работа, которая выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия: подготовка к практическим занятиям, подбор и изучение специальной научно-методической литературы, статистической, периодической и научной информации; подготовка и написание рефератов, докладов, составление аннотированного списка, подготовка рецензий на статью, пособие; выполнение микроисследований; подготовка практических разработок; компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронных обучающих и аттестующих тестов; разработка наглядных материалов, мультимедийных презентаций и др.;

2) аудиторная самостоятельная работа, выполняемая на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию;

3) научно-исследовательская работа.

В качестве форм отчета о самостоятельной работе рассматриваются: оценка устного ответа на вопрос, сообщения, доклада на практических занятиях; решение ситуационных задач; конспект, выполненный по теме, изученной самостоятельно; представленные тексты контрольной, курсовой работы и их защита; отчет о прохождении практики; тестирование, выполнение письменной контрольной работы по изучаемой теме; оценка знаний студентов по разделам изучаемой дисциплины; статьи, тезисы, выступления и др. публикации в научном, научно-популярном издании по итогам самостоятельной и научно-исследовательской работы [8].

Формы самостоятельной работы студентов определены рабочими программами каждой из учебных дисциплин, входящих в соответствующую основную образовательную программу. При этом определяются цели, содержание самостоятельной работы, формы отчетности, приводится расчет баллов в соответствии с кредитно-модульной системой, даются методические указания по выполнению

самостоятельной работы, указывается литература.

Каждый студент обеспечен информационными ресурсами (справочниками, учебными пособиями, банками индивидуальных заданий, обучающими программами, пакетами прикладных программ и т.д.); методическими материалами (указаниями, руководствами, практикумами и т.п.); контролирующими материалами (тестами); материальными ресурсами (компьютером, измерительным и технологическим оборудованием и др.). Студент, приступающий к изучению учебной дисциплины, получает информацию обо всех формах самостоятельной работы по курсу с выделением обязательной самостоятельной работы и контролируемой самостоятельной работы. При организации самостоятельной работы повышается ответственность преподавателя за развитие у студентов навыков самостоятельной работы, стимулирование их профессионального роста, воспитание творческой активности и инициатив. В ходе самостоятельной работы студенты анализируют предложенные учебные ситуации, решают реальные практические задачи, при этом они учатся не только у преподавателя, но и друг у друга, работают с различными базами информации, формируют собственную профессиональную позицию.

Процесс организации самостоятельной работы включает следующие этапы:

- подготовительный (определение целей, составление программы, подготовка методического обеспечения, подготовка оборудования);
- основной (реализация программы использование приемов поиска информации, усвоение, переработка, применении передача знаний, фиксирование результатов, самоорганизация);
- заключительный (оценка значимости, анализ и систематизация результатов оценки эффективности программы и приемов работы, определение направлений систематизации труда).

Эффективность самостоятельной работы студентов зависит от предварительного ее проектирования каждым преподавателем, определения ее места в структуре учебного процесса, насыщения учебного процесса разнообразными типами самостоятельных работ (по образцу, реконструктивными, эвристическими, творческими), от использования их различных форм (контрольные, курсовые, проектные и др.) в рамках как аудиторных, так и внеаудиторных занятий [1].

При организации учебного процесса по конкретной дисциплине необходимо обеспечить ряд условий, повышающих эффективность самостоятельной работы студентов:

- 1) Обеспечение правильного сочетания объемов аудиторной и самостоятельной работы студентов.
- 2) Методически рациональная организация самостоятельной работы студентов в аудитории и вне её, в том числе с использованием новых информационных технологий.
- 3) Обеспечение студентов необходимыми методическими материалами и информационными ресурсами с целью превращения процесса самостоятельной работы в процесс творческий и управляемый.

Современная образовательная политика предполагает усиление роли студентов в образовательном процессе, расширение их прав и возможностей для проявления активности, развития навыков самооценки. Используя различные формы самостоятельной работы, как инструмент формирования активности и самостоятельности студента, можно не только достигать глубоких и прочных знаний, но и способствовать значительному усилению мотивации студента к процессу обучения, к формированию и развитию компетенций как конечных целей образовательной деятельности.

Повышение эффективности самостоятельной работы студентов и достижение

высоких учебных результатов возможно посредством ориентации самостоятельной работы на процесс личностно–профессионального развития будущего специалиста в сфере профессионального образования. При этом эффективность самостоятельной работы должна реализовываться психологическими, информационно-методическими, дидактическими условиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абасов, З.* Проектирование и организация самостоятельной работы студентов [Текст] / З. Абасов // Высшее образование в России. – 2007. – №10.
2. *Данилов, М.А.* Воспитание у школьников самостоятельности и творческой активности в процессе обучения [Текст] / М.А. Данилов // Советская педагогика. – 1961. – №8.
3. *Днепров, С.А.* Педагогическое сознание: теория и технологии формирования у будущих учителей [Электронный ресурс] / С.А. Днепров // Образование: исследовано в мире. – М.: ОИМРУ, 2000. – Режим доступа: URL: <http://www.oim.ru> – 26.11.2014.
4. *Зимняя, И.А.* Психология обучения иностранным языкам в школе [Текст] / И.А. Зимняя. – М.: Просвещение, 1991. – 222 с.
5. *Коньшева, А.В.* Модульное обучение как средство управления самостоятельной работой студентов [Текст] / А.В. Коньшева // Высшее образование в России. – 2009. – №11.
6. *Орлов, В.И.* Активность и самостоятельность учащихся [Текст] / В.И. Орлов // Педагогика. – 1998. – №3.
7. Проблемы активизации самостоятельной работы студентов: материалы всесоюзного совещания-семинара. Пермский гос. ун-т им. А.М. Горького [Текст]. – Пермь: Изд-во Пермского университета, 1999. – 400 с.
8. *Росина, Н.* Организация самостоятельной работы в контексте инновационного обучения [Текст] / Н. Росина // Высшее образование в России. – 2006. – №7. – С. 109–114.
9. *Сенашечко, В. и др.* Самостоятельная работа студентов: актуальные проблемы [Текст] / В. Сенашечко, Н. Жалнина // Высшее образование в России. – 2006. – №7. – С. 103–109.
10. Формирование учебной деятельности студентов [Текст] / В.Я. Ляудис, Х. Варне, И.И. Ильясов и др.; под ред. В. Я. Ляудис. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. – 240 с.
11. *Чернилевский, Д.А.* Дидактические технологии в высшей школе: учеб. пособ. для студ. вузов. [Текст] / Д.А. Чернилевский. – М.: Юнити-ДАНА, 2002.

Independent Work as Means of Competence-Based Approach When Training Students in Cross-Sectional Higher Education Institutions of Nuclear Branch

A.I. Zamyslova

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

Abstract – In article independent work of technical institute students, its essence and a problem of its organization is considered. Various interpretations of independence, independent work defined in psychology and pedagogical literature are considered, the purposes, tasks and forms of independent work of students are shown. Its organization on the basis of realization of process of personal and professional development is offered as one of the main conditions of increase of independent work efficiency.

Keywords: independent work, independent work, student independent work, monitoring, competence-based approach, competence, the higher education.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ НОМЕРА 4, 2014

Абидова Е.А.	62	Никифоров В.Н.	74
Алексеев В.В.	113	Ольховская Р.А.	45
Алексеева М.А.	15	Осканиян Н.В.	10
Бабенко Р.Г.	28, 74, 79	Пимшин Ю.И.	38, 86
Батьков Ю.В.	15	Подрезова И.С.	32
Бейсуг О.И.	5	Подурец А.М.	15
Бекетов В.Г.	53	Пугачёв А.К.	62
Богданов Е.Н.	15	Пугачева О.Ю.	32, 62, 74, 79
Борисёнок В.А.	15	Пухов М.А.	15
Василенко С.В.	79	Ратушный В.И.	68
Веселова И.Н.	53	Сахаров В.В.	10
Волгин В.А.	15	Симаков В.Г.	15
Говорина М.С.	10	Синельщиков П.В.	28
Гунина Л.А.	106	Сиротин Д.В.	79
Довбыш В.Е.	99	Сиротина В.И.	74
Евланов К.И.	15	Сироткина А.Г.	15
Елжов Ю.Н.	32, 79	Томилин С.А.	45
Ефименко Н.А.	96	Ульянова Ю.Е.	32, 79
Замыслова А.И.	117	Ухалина И.А.	96
Захарова Л.В.	106	Фоменко О.В.	90
Казеннов Ю.Н.	45	Фоменко Ю.Н.	10
Катаев В.Ф.	68	Хван Ж.А.	68
Кудриков Ю.Н.	45	Чернов А.В.	74
Ломтева Е.Е.	15	Черножукова А.Ф.	68
Михайлов А.Л.	15	Шутова Л.В.	32
Наугольнов В.А.	38, 86		

AUTHOR INDEX OF VOL. 4, 2014

Abidova E.A.	62	Nikiforov V.N.	74
Alekseeva M.A.	113	Olkhovskaya R.A.	45
Alexeev V.V.	15	Oskanian N.V.	10
Babenko R.G.	28, 74, 79	Pimshin Y. I.	38, 86
Beisug O.I.	5	Podrezova I.S.	32
Beketov V.G.	53	Podurets A.M.	15
Bogdanov E.N.	15	Pugacheva O.Yu.	32, 62, 74, 79
Borisenok V.A.	15	Pugachyov A.K.	62
Butkov Y.V.	15	Pukhov M.A.	15
Chernov A.V.	74	Ratushnyj V.I.	68
Chernozhukova A.F.	68	Sakharov V.V.	10
Dovbysh V.E.	99	Shutova L.V.	32
Efimenko N.A.	96	Simakov V.G.	15
Elzhov Yu.N.	32, 79	Sinelshchikov P.V.	28
Evlanov K.I.	15	Sirotin D.V.	79
Fomenko O.V.	90	Siroтина V.I.	74
Fomenko Y.N.	10	Sirotkina A.G.	15
Govorina M.S.	10	Tomilin S.A.	45
Gunina L.A.	106	Uhalina I.A.	96
Kataev V.F.	68	Ulyanova Yu.E.	32, 79
Kazennov Yu.N.	45	Vasilenko S.V.	
Khvan Zh.A.	68	Veselova I.N.	53
Kudrikov Yu.N.	45	Volgin V.A.	15
Lomteva E.E.	15	Zakharova L.V.	106
Mikhailov A.L.	15	Zamyslova A.I.	117
Naugolnov V.A.	38, 86		

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);

– сведения об организации авторов на русском и английском языках, включая почтовый адрес с индексом. Если авторов несколько, указать данные об организации каждого автора);

– название статьи и инициалы авторов на русском и английском языке;

– аннотация на русском и английском языках;

– индекс УДК;

– ключевые слова на русском и английском языках.

4) Объем статьи должен быть не более 12 страниц машинописного текста, включая таблицы, список литературы (не больше 20 источников) и рисунки (не более 7).

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, 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: Гуцин, 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.-исслед. ин-т связи. – № 2000131736/09 ; заявл. 18.12.00 ; опублик. 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; опублик. 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://voennoepravo.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

№ 4(13) 2014

Главный редактор – **М.Н. Стриханов, доктор физико-математических наук,
профессор**

Сдано в набор 19.12.2014 г.

Компьютерная вёрстка Вишнёва М.М.

Корректор Вишнёва М.М. ИПО ВИТИ НИЯУ МИФИ

Подписано к печати 22.12.2014 г.

Бумага «SvetoCору» 80 г/м². Объем 14,52 усл.печ.л.

Гарнитура «TimesNewRoman»,

Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии ВИТИ(ф) НИЯУ МИФИ