

ISSN 2305-414X

2016, 2

**GLOBAL
NUCLEAR
SAFETY**



**ГЛОБАЛЬНАЯ
ЯДЕРНАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ**

<http://gns.mephi.ru>

NATIONAL RESEARCH NUCLEAR UNIVERSITY MEPhI

GLOBAL NUCLEAR SAFETY

2016, 2(19)

Founded in November, 2011

The subscription index is 10647 in the catalogue «Press of Russia»

Quarterly

ISSN 2305-414X, reg. № FS77-47155, November, 3 2011

Web-site: <http://gns.mephi.ru>

Editor-in-Chief:

M.N. Strikhanov, Doctor of Physics and Mathematics, Professor (*Russia*)

Editorial Staff:

M.N. Strikhanov (Editor-in-Chief, Doctor of Physics and Mathematics, Professor (*Russia*)),

V.A. Rudenko (Deputy Editor-in-Chief, Doctor of Sociology, Professor (*Russia*)),

Denis Flory (Deputy CEO of IAEA (*Austria*)),

Liu Daming (Professor of the Chinese Nuclear Power Institute (CIAE (*China*)),

Nancy Fragoyannis (Senior Counsellor of the USA Nuclear Regulation Commission (*USA*)),

Buhach Andrzej (Doctor of Technical sciences, Professor (*Poland*)),

M.K. Skakov (Doctor of Physics and Mathematics, Professor (*Kazakhstan*)),

A.D. Malyarenko (Doctor of Technical sciences, Professor (*Belarus*)),

S.E. Gook (PhD (Technical Science) (*Germany*)),

P.D. Kravchenko (Doctor of Technical sciences, Professor (*Russia*)),

A.P. Elokhin (Doctor of Technical sciences, Professor (*Russia*)),

Y.I. Pimshin (Doctor of Technical sciences, Professor (*Russia*)),

Y.P. Mukha (Doctor of Technical sciences, Professor (*Russia*)),

V.V. Krivin (Doctor of Technical sciences, Professor (*Russia*)),

V.I. Ratushny (Doctor of Physics and Mathematics, Professor (*Russia*)),

Y.S. Sysoev (Doctor of Technical sciences, Professor (*Russia*)),

A.V. Palamarchuk (PhD (Technical sciences), *Russia*),

V.E. Shukshunov (Doctor of Technical sciences, Professor (*Russia*)),

V.P. Povarov (PhD (Physics and Mathematics), *Russia*),

S.M. Burdakov (PhD (Technical sciences), associate professor (*Russia*)),

I.A. Bublikova (PhD (Technical sciences), associate professor (*Russia*)),

A.V. Zhuk (PhD (History), associate professor (*Russia*))

Founder:

National Research Nuclear University MEPhI

Editorial address: Kashirskoe shosse 31, Moscow, 115409, Russia
Lenin Street, 73/94, Rostov region, Volgodonsk, 347360, Russia
telephone: (8639)222717, e-mail: oni-viti@mephi.ru
Press address: Lenin Street, 73/94, Rostov region, Volgodonsk, 347360, Russia.

Moscow

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

ГЛОБАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

2016, 2(19)

Журнал основан в ноябре 2011 г.
Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – 10647
Выходит 4 раза в год, ISSN 2305-414X
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-47155 от 3.11.2011 г.
Журнал включен в перечень ВАК РФ

Web-site: <http://gns.mephi.ru>

Главный редактор:

М.Н. Стриханов, доктор физико-математических наук, профессор (*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*)),
Денис Флори (заместитель генерального директора МАГАТЭ (*Австрия*)),
Лю Дамин (проф. Китайского института ядерной энергетики (*Китай*)),
Нэнси Фрагояннис (старший советник Комиссии по ядерному регулированию США (*США*)),
Бухач Анджей (д-р техн. наук, проф. (*Польша*)),
М.К. Скаков (д-р физ.-мат. наук, проф. (*Казахстан*)),
А.Д. Маляренко (д-р техн. наук, проф. (*Беларусь*)),
С.Э. Гоок (к-т техн. наук (*Германия*)),
П.Д. Кравченко (д-р техн. наук, проф. (*Россия*)),
А.П. Елохин (д-р техн. наук, проф. (*Россия*)),
А.В. Чернов (д-р техн. наук, проф. (*Россия*)),
Ю.И. Пимишин (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 техн. наук, проф. (*Россия*)),
А.В. Паламарчук (к-т техн. наук (*Россия*)),
В.Е. Шукинунов (д-р техн. наук, проф. (*Россия*)),
В.П. Поваров (к-т физ.-мат. наук (*Россия*)),
С.М. Бурдаков (к-т техн. наук, доц. (*Россия*)),
И.А. Бубликова (к-т техн. наук, доц. (*Россия*)),
А.В. Жук (к-т ист. наук, доц. (*Россия*))

Учредитель:

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

CONTENTS

2016, 2(19)

THE PROBLEMS OF NUCLEAR, RADIATION AND ECOLOGICAL SAFETY

- Main Characteristics Analysis of the NPP Placement Area Designed in Jordan
A.P. Elokhin, A.I. Ksenofontov, E.A. Alalem, P.I. Fedorov 7
- Providing Environmentally Acceptable State of Nuclear Power Plant Water Recycling System at the Water Blowdown Technology Application of the Rostov NPP Cooling Pond
O.I. Gorskaya 16

RESEARCH, DESIGN, CONSTRUCTION AND INSTALLATION OF NUCLEAR FACILITIES MANUFACTURING EQUIPMENT

- Inverter Power Supply Characteristics Registration
A.V. Sas, M.A. Ostrovsky 29
- Influence of Circular Action Crane on Technical Condition of the NPP Constructing Protective Tight Cover
Yu.I. Pimshin, E.B. Klyushin, O.A. Gubeladze, V.N. Medvedev, S.M. Burdakov, Yu.V. Zayarov 33
- Preparation of Uranium Protoxide Oxide Press Powders and Dry Organic Softeners for Receiving Uranium Dioxide with Set-Up Stoichiometric Ratio
R.M. Vlasevsky, Yu.S. Zuev 43
- Error of Dating (Shear) Results of Measurements and its Relationship with Interface Specification
Y.P. Mukha, E.I. Tsvetkov, I.Y. Koroleva 50

NUCLEAR FACILITIES EXPLOITATION

- Identification of Acoustic Standing Waves in the First Circuit PWR-440 in Startup Mode
K.N. Proskuryakov, A.I. Fedorov, M.V. Zaporozhets, G.Y. Volkov 59
- Vibroacoustic Monitoring and Thermovision Control when Diagnosing Diesel 12zv40/48
E.A. Abidova, V.I. Solovjov, O.Yu. Pugachyova, R.I. Remizov 70
-

SAFETY CULTURE, SOCIO AND LEGAL ASPECTS OF TERRITORIAL DEVELOPMENT OF NUCLEAR FACILITIES LOCATION

Values of the Rosatom State Corporation as the Motivating Factor of Professional Self-Improvement of Employees of Nuclear Branch

V.A. Rudenko, I.S. Vasilenko 77

Factors and Vector of Economic Development of Nuclear Mechanical Engineering Enterprises

M.V. Golovko 83

Author Index of vol. 2, 2016 98

СОДЕРЖАНИЕ

Номер 2(19), 2016

ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Анализ основных характеристик района размещения проектируемой в Иордании АЭС

А.П. Елохин, А.И. Ксенофонтов, Е.А. Алалем, П.И. Федоров 7

Обеспечение экологически приемлемого состояния системы оборотного водоснабжения атомной станции при применении технологии «продувки» водоема-охладителя Ростовской АЭС

О.И. Горская 16

ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Регистрация характеристик инверторных источников питания

А.В. Сас, М.А. Островский 29

Влияние крана кругового действия на техническое состояние строящейся защитной герметичной оболочки АЭС

Ю.И. Пимшин, Е.Б. Ключин, О.А. Губеладзе, В.Н. Медведев, С.М. Бурдаков, Ю.В. Заяров 33

Подготовка пресс-порошков закиси-окиси урана и сухих органических пластификаторов для получения диоксида урана с заданным стехиометрическим коэффициентом

Р.М. Власевский, Ю.С. Зувев 43

Погрешность датирования (сдвига) результатов измерений и ее связь с характеристиками интерфейса

Ю.П. Муха, Э.И. Цветков, И.Ю. Королева 50

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Исследования акустических стоячих волн в первом контуре АЭС С ВВЭР-440 в пусковых режимах

К.Н. Проскуряков, А.И. Фёдоров, М.В. Запорожец, Г.Ю. Волков 59

Виброакустический мониторинг и тепловизионный контроль при диагностировании дизеля 12ZV40/48

Е.А. Абидова, В.И. Соловьёв, О.Ю. Пугачёва, Р.И. Ремизов 70

КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ И СОЦИАЛЬНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Ценности Госкорпорации «Росатом» как мотивирующий фактор профессионального самосовершенствования работников атомной отрасли <i>В.А. Руденко, И.С. Василенко</i>	77
Факторы и вектор экономического развития промышленных предприятий атомного машиностроения <i>М.В. Головкин</i>	83
Авторский указатель номера 2, 2016.....	98

ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК [550.3:621.311.25:621.039] (569.5)

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЙОНА РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОЕКТИРУЕМОЙ В ИОРДАНИИ АЭС

© 2016 А.П. Елохин*, А.И. Ксенофонов*, Е.А. Алалем** , *,
П.И. Федоров***

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

** Комиссия по атомной энергии Иордании, Амман, Иордания

*** Федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности», Москва, Россия

В работе рассматриваются основные характеристики промплощадки, намеченной для строительства атомной электростанции (АЭС) в юго-восточной части города Зарка в Иордании. Указанные характеристики включают в себя географию, метеорологию, гидрологию региона, его геологические и сейсмологические особенности, а также демографические особенности близлежащих промышленных районов. При выборе площадки был применен оптимальный подход, сочетающий в себе разведку местности, непосредственную работу со статистическими данными, применение согласованных критериев, в сочетании с инженерной оценкой и логическими выводами.

В процессе определения места под промплощадку в рамках выбранного региона применялись критерии отбора, согласованные с рядом комитетов Иордании: комитетом по атомной энергии (JAEC); техническим комитетом; комитетом по ядерному регулированию (JNRC). Выбор промплощадки проводился на основе анализа всех регионов страны, пригодных для этой цели. Критерии отбора основывались на таких документах, как руководство по безопасности МАГАТЭ, инструкциях JNRC и других нормативных актах, а также требованиях службы безопасности вооруженных сил Иордании (NSC) по обеспечению физической защиты ядерных объектов.

Ключевые слова: АЭС, Иордания, Каср Амра, метеорологические, геологические характеристики региона, гидрологические характеристики региона, сейсмологические характеристики региона, демографические характеристики региона, санитарно-защитная зона, промышленная площадка АЭС.

Поступила в редакцию 22.04.2016 г.

ВВЕДЕНИЕ

Иордания относится к одной из стран в мире, наиболее зависимых от внешних источников энергии. Из энергетических ресурсов, необходимых для потребностей страны, 96% ввозится из соседних арабских стран в виде нефти и газа, на что тратится значительное количество средств ВВП Иордании. Кроме того, многократные нападения на Арабский газопровод, через который в страну поставляется 88% газа, обеспечивающего потребности производства электроэнергии, вынудили электростанции Иордании перейти на дизельное топливо и мазут, что обошлось казначейству в миллионы долларов США. Это послужило причиной разработки национального законопроекта по энергетике, в рамках которого финансирование данной отрасли промышленности достигло рекордно высоких уровней, составляющих миллиарды долларов США.

Такая ситуация в области энергетики страны является крайне неудовлетворительной, поскольку тормозит развитие других отраслей промышленности, нуждающихся в электроэнергии. Это и послужило причиной

разработки в Иордании плана инвестиций на сумму 15 миллиардов долларов США на развитие атомной энергетики и других возобновляемых источников энергии. Для решения этих проблем была создана Национальная энергетическая программа на 2007–2020 гг., с целью разработки проектов, реализация которых обеспечила бы уверенное развитие собственных энергетических ресурсов с 4 % до 40 %. В дальнейшем основное внимание будем уделять вопросу развития атомной энергетике в Иордании. С этой целью, основываясь на нормативных документах МАГАТЭ [1] и Российской Федерации [2], рассмотрим основные требования к характеристикам региона, в котором предполагается строительство АЭС, чье исполнение даст возможность провести исследования и получить необходимую информацию, позволяющую принять то или иное решение относительно строительства атомной электростанции на территории Иордании.

Эти исследования должны касаться вопросов метеорологии региона, геологии (грунтов), гидрологии, сейсмологии и демографических особенностей региона, а также выбора оптимального пути трубопровода от станции очистки сточных вод до планируемого пруда-охладителя. Кроме того, в силу существующей политической нестабильности региона стран Ближнего Востока в рамках указанных исследований необходимо рассмотреть роль внешних антропогенных опасностей.

С целью выбора района для возможного размещения площадок под строительство АЭС в Иордании было проведено обширное исследование [3], в результате которого была определена территория «Регион 1», представленная на рисунке 1. В результате указанного исследования в пределах территории «Регион 1» было выявлено несколько пригодных зон. Площади потенциальных районов размещения АЭС варьировались в диапазоне от 1,25 км² до 6,36 км², с разницей высот над уровнем моря в пределах 570–890 м, при этом расстояния от ближайшей станции очистки сточных вод Самра до выбранного потенциального района (рис. 1) изменялись в пределах от 43,9 км до 60 км. В результате анализа характеристик районов, в конечном итоге был выбран наиболее подходящий для размещения АЭС.



Рис. 1. – Границы и расположение участка «Регион 1», выделенного на карте

Далее рассмотрим результаты исследований и анализа соответствующих характеристик выбранного района. Собранная в ходе анализа информация была систематизирована и подвергнута программной обработке.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫБРАННОГО РАЙОНА

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Информация, собранная путем обработки доступных данных, полученных с метеорологических станций Иордании [4,5], была проанализирована с точки зрения месторасположения выбранного района. Из анализа результатов исследования была определена метеорологическая станция в районе расположения аэропорта Королева Алия (Queen Alia Airport meteo station), как ближайшая станция с необходимыми данными за период с 2006 по 2010 гг.

1. *Температура воздуха.* Средняя годовая температура воздуха находится в районе 15,9°C. Январь – самый холодный месяц со средней месячной температурой воздуха 7,2°C, а июль – самый теплый месяц с температурой 23,1°C. Годовая амплитуда среднемесячных температур 15,9°C. Абсолютный зарегистрированный температурный максимум 43,8°C, а абсолютный минимум – 7,4°C. Наибольшие колебания амплитуды температуры за сутки приходятся на май - июль, а самые низкие значения – на декабрь.

2. *Влажность воздуха и давление.* Относительная влажность воздуха обычно составляет диапазон значений от 24% (сухой воздух) до 93% (очень влажный воздух) в течение года и редко опускается ниже 11% (очень сухой воздух). Среднемесячная относительная влажность воздуха достигает 87% в зимний период, а в мае снижается до 64%. Давление изменяется от величины в 926,9 гПа в июле до значения 934,8 гПа в декабре.

3. *Осадки.* Среднегодовое количество осадков 176,8 мм. В теплый период года (апрель-октябрь) выпадает около 8% всех осадков, а в холодный период (ноябрь-март) – около 92%. Причем, минимум осадков приходится на период с июня по сентябрь, а максимальное значение – на январь. Максимальное зарегистрированное количество осадков за день 50,4 мм, а минимальное 0 мм. Осадки в виде снега – исключительно маловероятное явление для любой территории района. За последние пять лет среднее количество суток со снегом в год равнялось шести, а с градом и того реже – двое суток.

4. *Туман.* Туман наблюдается в течение всего года с различной интенсивностью. Среднее количество дней с туманом – одиннадцать суток. Туман способствует плохой видимости и затрудняет транспортировку.

5. *Пыль.* Максимальная интенсивность пыльных дней, обусловленных ветровым подъемом пыли, наблюдается в мае, а минимальная – в январе. Среднее количество пыльных суток в году – семь.

6. *Грозы и грозовые бури.* Гроза – явление маловероятное: среднее количество суток с грозами в год – не более двух. Грозовая буря со скоростью ветра больше 63 км/час наблюдается в среднем не более двух суток в год.

7. *Ветер.* Преобладающие направления ветра, дующего со скоростью порядка 22–33 км/час, в зимнее время – запад, юго-запад. Сильные порывы ветра, дующего с западного направления, случаются крайне редко и составляют значения порядка 65–83 км/час, а иногда достигают величины в 120 км/час. Ветер юго-восточного направления может нести с собой пыльные массы и, тем самым, снижать видимость до 2 км или меньше. Ветра юго-западного и северо-западного направлений могут приносить воздушные массы, насыщенные влагой, что часто является причиной осадков.

Преобладающие направления ветра, дующего со скоростью порядка 15–28 км/час,

в летнее время – юго-запад и северо-запад. Порывы ветра составляют значения порядка 37–46 км/час.

ГЕОЛОГИЯ

Выбранный район находится в засушливой области пустынного плато в Восточной Иордании. Этот район является частью так называемой северо-арабской пустыни Бадия и протекает через Сирию, Ирак и Саудовскую Аравию. Годовое количество осадков в данном регионе колеблется от 50 до 150 мм, и, как правило, их выпадение происходит в короткие сроки, обычно занимающие по длительности менее трех часов, что приводит к ливневым паводкам.

Данный район представляет собой плоскую площадку, образованную известняковыми отложениями, которые подвержены естественному выветриванию. Несмотря на свою структуру, в ходе полевой разведки в пределах рассматриваемой области было обнаружено мало свидетельств карстообразования. Это объясняется характером литологии – известняки чередуются слоями с известковой глиной и пластами кремния, что является пограничным фактором образования карстового рельефа.

Благодаря своему геологическому сложению район не имеет рисков затопления из-за притока воды во время сезона дождей.

СЕЙСМОЛОГИЯ

Функцию контроля сейсмической активности выполняет центр сейсмологических наблюдений Иордании (Jordan Seismological Observatory – JSO). Данная организация осуществляет целый ряд исследований, включающих в себя вероятностные оценки сейсмической опасности (Probabilistic Seismic Hazard Assessment – PSHA) и детерминистические оценки сейсмической опасности (Deterministic Seismic Hazard Assessment – DSHA) и охватывающих всю страну, одновременно делая акцент на районе Разлома Мертвого моря.

Одним из результатов PSHA [6] явилось создание карты районирования страны на зоны с различной вероятностной сейсмической опасностью (рис. 2).

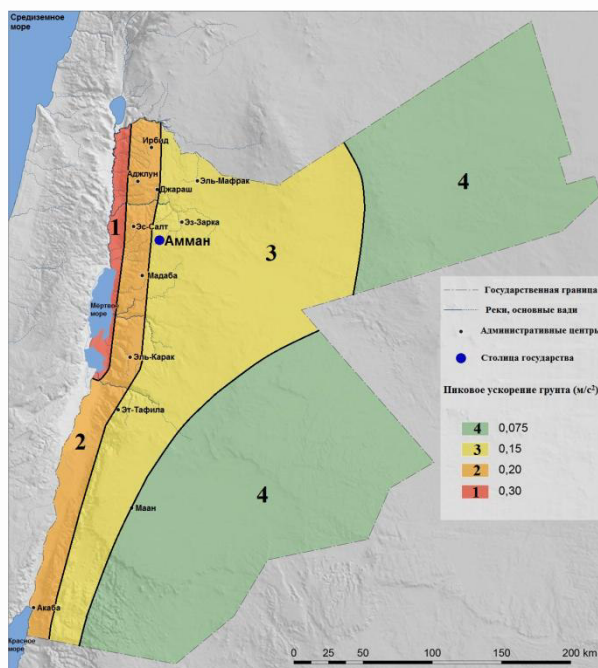


Рис. 2. – Зоны с различной вероятностной сейсмической опасностью

ДЕМОГРАФИЯ

Для оценки зоны возможного воздействия проектируемой АЭС на население Иордании представлена карта [6], демонстрирующая расположение выбранного района и 30-ти километровую зону вокруг данной области относительно населенных пунктов (рис. 3).

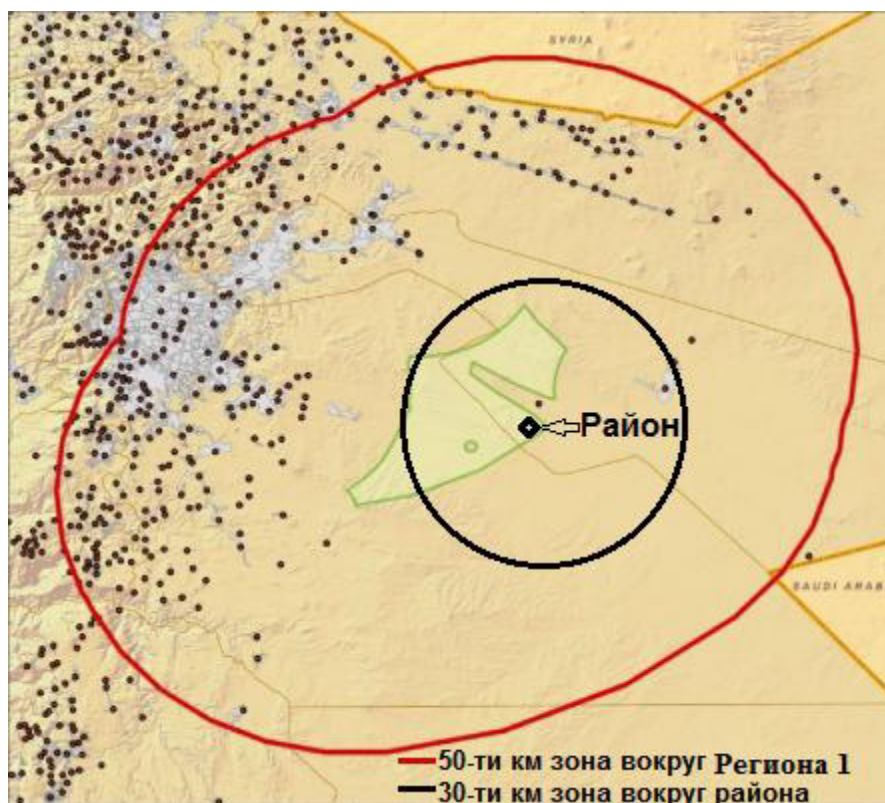


Рис. 3. – Расположение выбранного района относительно населенных пунктов.
(Точками на рисунке показаны населенные пункты)

При рассмотрении указанной карты можно отметить низкую плотность населения в 30-ти километровой зоне вокруг района, которая варьируется в пределах от десяти до пятидесяти человек на один квадратный километр. Это позволяет судить о том, что в будущем возможно создание планов действий в чрезвычайной ситуации и планов эвакуации в условиях изменяющейся тенденции роста плотности населения в указанном месте.

ВНЕШНИЕ АНТРОПОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ

Некоторые виды человеческой деятельности способны вызывать события, влияющие на безопасность ядерного объекта, в данном случае на безопасность АЭС. Фактически речь идет о возможных террористических актах со стороны боевиков террористических организаций различного толка. При этом далеко не обязательным является условие «понимания» проблем этих организаций или сочувствия к ним. Теракты могут быть осуществлены демонстративно лишь с целью устрашения населения того или иного региона или просто для того, чтобы показать, что эта организация ни перед чем не остановится при достижении своей цели типа: «не выполните наши требования – погибнут невинные люди, а вы будете в ответе».

Наглядным примером может служить теракт с применением химического оружия (нервнопаралитического газа зарин) в токийском метро в Японии в 1995 г., использование химического оружия в Сирии боевиками ИГИЛ в настоящее время. Убедительным примером внешних антропогенных опасностей, которые могут создать представители подобного рода организаций, может служить попытки захвата Запорожской АЭС в январе 2014 г. представителями «Правого сектора» – праворадикальной националистической организации (Украина) [7], а также гидроэлектростанции ДнепроГЭС в том же январе 2014 г. [8]. В первом случае угроза состояла в намеренном шантаже создания радиационной аварии (в целях устрашения населения России и Восточной Европы), а во втором – в создании рукотворного катаклизма, способного убить (утопить) тысячи граждан, как Украины, так и России [8].

Отсутствие в Иордании в настоящее время производств, связанных с использованием атомной энергии, а также характерная засушливость района не ставят перед указанными организациями такого рода задач, но в случае появления АЭС для розыгрыша такой «козырной карты», которую она будет собой представлять, появится значительный соблазн. Последнее замечание касается Иордании именно потому, что это государство находится в регионе, не отличающимся глубокой политической и экономической стабильностью, на что указывают военные действия в Сирии, Ираке и далеко не благополучные отношения Палестины с Израилем, также непосредственно граничащим с Иорданией.

Именно поэтому в процессе изучения возможных источников внешних антропогенных опасностей для выбранного района размещения АЭС активное участие принимали специалисты службы безопасности NSC, помогающей в создании базы данных всех возможных видов человеческой деятельности, способной оказать угрозу безопасности для Иорданской АЭС.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И СИСТЕМА ВОДООХЛАЖДЕНИЯ

Источником рабочей среды для системы водоохлаждения планируемой АЭС будет служить станция очистки сточных вод Самра, расположенные в 72 километрах от выбранного района. Очистные сооружения Самра предназначены для очистки сточных вод для 2,2 млн. жителей города Аммана и прилегающих районов.

Применение этого типа источника воды для АЭС не распространено. Тем не менее, пример работы такого водопользования имеется на АЭС Пало-Верде в Финиксе, штат Аризона, США [9].

В дополнении к процессу выбора источника были проведены исследования [10] по уточнению оптимального пути трубопровода от станции очистки сточных вод до планируемого пруда-охладителя в пределах района. Данные исследования включали в себя не только анализ маршрута трубопровода, но и конечную оптимизацию рельефа и параметров топографического характера (уклон местности и флуктуация высоты) на пути пролегания трубопровода, а также прокладывание маршрута с минимальным вторжением в области возможного проведения военных действий, например, шоссе к границе с Ираком.

ВЫВОД

Таким образом, в данной работе сделана попытка обобщения имеющихся данных по основным характеристикам района, намеченного для строительства атомной электростанции в Иордании. Представлена доступная информация по

метеорологическим, геологическим, сейсмологическим, а также демографическим данным с возможным воздействием человеческой деятельности внутри выбранного района.

Представленные исследования характеристик площадки, предполагаемой для строительства АЭС в Иордании, являются основой для проведения непосредственных работ компанией "Русатом Оверсиз" в соответствии с соглашением о развитии проекта строительства первой иорданской АЭС¹. Кроме того, результаты исследований дают основу для создания измерительно-программного комплекса автоматизированной системы контроля, предназначенной для прогнозирования радиационно-экологической обстановки, а также регистрации и анализа эффектов воздействия природного и антропогенного факторов в зоне предполагаемого размещения АЭС в Иордании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы МАГАТЭ по безопасности. Безопасность атомных электростанций: проектирование для защиты людей и охраны окружающей среды. Безопасность атомных электростанций: проектирование. Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № SSR-2/1 [Электронный ресурс]. – Вена: Международное агентство по атомной энергии, 2012. – Режим доступа: URL: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1534r_web.pdf – 18.04.2016.
2. Основные требования к разработке технико-экономического обоснования строительства атомной станции. Положение о порядке выбора площадки строительства. НД п. 4.2 СППНАЭ-93 [Электронный ресурс]. – М., 2000. – Режим доступа: URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/7/7920/ – 18.04.2016.
3. Jordan Atomic Energy Commission – Countrywide Survey of the Hashemite Kingdom of Jordan – Report Framework 17 May 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.medreg-regulators.org/Portals/45/membersannualreport/EMRC_Jordan_Annual%20Report_2013_English.pdf – 18.04.2016.
4. Arab Consultants Bureau // Meteorological data. 16.06.2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: maps.yandex.ru > arab consultants bureau. meteorological data. 16.06.2011. – 18.04.2016.
5. Ghanem Ali. 2003. Trends and cycles of temperature and precipitation in Amman during the twentieth century. Damascus University Journal 19(3 + 4): 151–171. DOI: 10.1002/joc.2160
6. Jreisat K., Yazjeen T. A Seismic Junction // Atlas of Jordan. 2013. pp. 47–59. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://books.openedition.org/ifpo/4861> – 18.04.2016.
7. Запорожская АЭС атакована отрядом, представившимся «Правым сектором», нападавшие заблокированы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://joinfo.ua/incidents/922809_Zaporozhskaya-AES-atakovana-otryadom.html – 18.04.2016.
8. Угроза на ДнепроГЭС была реальна, исполнители и заказчики акции устанавливаются [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://inpress.ua/ru/politics/24149-ugroza-na-dneproges-byla-realna-ispolniteli-i-zakazchiki-aktsii-ustanavlivayutsya-stavitskiy> – 18.04.2016.
9. IAEA Nuclear Energy Series No. NP-T-2.6 // Efficient Water Management in Water

¹ Россия осенью 2013 года выиграла тендер на сооружение первой АЭС в Иордании. В сентябре 2014 года компания «Русатом Оверсиз» подписала с комиссией по атомной энергии Иордании соглашение о развитии проекта строительства первой иорданской АЭС. Планируемый пуск первого энергоблока – 2024 год, второго – 2026 год. В рамках соглашения Росатом также берет на себя обязательства по поставкам ядерного топлива для реакторов и возврату отработавшего ядерного топлива в Россию. Подписанное соглашение предполагает создание проектной компании, которая станет заказчиком, оператором, владельцем АЭС, а также собственником вырабатываемой на этой станции электрической энергии.

- Cooled Reactors. p. 44. [Электронный ресурс]. ISSN 1995–7807. – Режим доступа: URL: http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1569_web.pdf – 18.04.2016.
10. Jordan Atomic Energy Commission. Identification Of Site Area In Cws Region #1 & PPSHA. Draft Study Report. Vienna, Austria, February 2-5, 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.iaea.org/NuclearPower/Downloadable/Meetings/2016/2016-02-02-02-05-NIDS/S5_2_Ayoub_Jordan.pdf – 18.04.2016.

REFERENCES

- [1] Normy MAGATE po bezopasnosti. Bezopasnost atomnykh elektrostantsiy: proektirovanie dlya zashchity lyudey i okhrany okruzhayushchey sredy. Bezopasnost atomnykh elektrostantsiy: proektirovanie. Seriya norm MAGATE po bezopasnosti, № SSR-2/1 [IAEA norms of safety. Safety of nuclear power plants: design for protection of people and environmental protection. Safety of nuclear power plants: design. Series of IAEA norms on safety, No. SSR-2/1]. Vienna. Pub. Mezhdunarodnoe agentstvo po atomnoy energii [International Atomic Energy Agency], 2012. Available at: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1534r_web.pdf (in Russian)
- [2] Osnovnye trebovaniya k razrabotke tekhniko-ekonomicheskogo obosnovaniya stroitelstva atomnoy stantsii. Polozhenie o poryadke vybora ploshchadki stroitelstva. ND p. 4.2 SPPNAE-93 [Main requirements to development of the feasibility study on construction of nuclear power plant. Provision on an order of the choice of the construction platform. ND of the item 4.2 SPPNAE-93]. M., 2000. Available at: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/7/7920/ (in Russian)
- [3] Jordan Atomic Energy Commission – Countrywide Survey of the Hashemite Kingdom of Jordan – Report Framework 17 May 2012. Available at: http://www.medreg-regulators.org/Portals/45/membersannualreport/EMRC_Jordan_Annual%20Report_2013_English.pdf (in English)
- [4] Arab Consultants Bureau. Meteorological data. 16.06.2011. Available at: <http://maps.yandex.ru> > arab consultants bureau. meteorological data. 16.06.2011. (in English)
- [5] Ghanem Ali. 2003. Trends and cycles of temperature and precipitation in Amman during the twentieth century. Damascus University Journal 19(3 + 4): 151–171. DOI: 10.1002/joc.2160 (in English)
- [6] Jreizat K., Yazjeen T. A Seismic Junction // Atlas of Jordan. 2013. pp. 47–59. Available at: <http://books.openedition.org/ifpo/4861> (in English)
- [7] Запорожская АЭС атакована отрядом, представившимся «Правым сектором», нападавшие заблокированы [The Zaporizhzhia NPP is attacked by the group presented by "Right Sector", attackers are blocked]. 16.05.2014. Available at: http://joinfo.ua/incidents/922809_Zaporozhskaya-AES-atakovana-otryadom.html (in Russian)
- [8] Угроза на ДнепроГЭС была реальна, исполнители и заказчики акции устанавливаются [Threat on Dneproges was real, performers and customers of an action are established]. 27.01.2014. Available at: URL: <http://inpress.ua/ru/politics/24149-ugroza-na-dneproges-byla-realna-ispolniteli-i-zakazchiki-aktsii-ustanavlivayutsya-stavitskiy> (in Russian)
- [9] IAEA Nuclear Energy Series No. NP-T-2.6. Efficient Water Management in Water Cooled Reactors. p. 44, ISSN 1995–7807. Available at: http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1569_web.pdf (in English)
- [10] Jordan Atomic Energy Commission. Identification Of Site Area In Cws Region #1 & PPSHA. Draft Study Report. Vienna, Austria, February 2-5, 2016. Available at: https://www.iaea.org/NuclearPower/Downloadable/Meetings/2016/2016-02-02-02-05-NIDS/S5_2_Ayoub_Jordan.pdf (in English)

Main Characteristics Analysis of the NPP Placement Area Designed in Jordan

A.P. Elokhin^{*1}, A.I. Ksenofontov^{*2}, E.A. Alalem^{ , *3},
P.I. Fedorov^{***4}**

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

*** Jordan Atomic Energy Commission
Amman 70, Jordan 11934
e-mail: contact@jaec.gov.jo
Web-form e-mail: <http://www.jaec.gov.jo/JAEC/TheCommission.aspx>*

**** Federal environmental, industrial and nuclear supervision service
«Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety»
bld. 5, Malaya Krasnoselskaya st. 2/8, Moscow, Russia, 107140*

*¹ e-mail: elokhin@yandex.ru ; ² e-mail: AIKsenofontov@mephi.ru
³ e-mail: issaalem2@yahoo.com ; ⁴ e-mail: fedorov@secnrs.ru*

Abstract – BACKGROUND This work identifies the characteristics of the site area for the development of a Nuclear Power Plant (NPP) to the south east of the city of Zarqa in Jordan. These characteristics include site geography, meteorology, hydrology of the region, its biological and seismological effects, demographic and nearby industrial regions. A robust approach was deployed, that combined a field reconnaissance, desktop study of the available data, the application of agreed criteria, coupled with engineering judgment and logical arguments. METHODS During the process of site selection a set of screening criteria were applied that were agreed with the following committees: Jordan atomic energy commission (JAEC), the Technical Committee and Jordan nuclear regulatory commission (JNRC). RESULTS The established region of interest (Region 1) was emerged from previously completed Countrywide Survey (CWS). The screening criteria included both exclusionary and discretionary criteria that are in line with IAEA safety guides, JNRC instructions and others safety guides. The screening criteria also took into account the Nuclear Safety Cell (NSC) of the Jordanian armed forces.

Keywords: NPP, Jordan, Kasr Amra, meteorological, geological characteristics of the region, hydrological characteristics of the region, seismological characteristics of the region, demographic characteristics of the region, sanitary protection zone, the NPP industrial platform.

**ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

УДК 502.53:556.1

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ПРИЕМЛЕМОГО СОСТОЯНИЯ
СИСТЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ АТОМНОЙ
СТАНЦИИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ «ПРОДУВКИ»
ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ РОСТОВСКОЙ АЭС**

© 2016 О.И. Горская

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

Статья посвящена результатам проведения продувки водоема-охладителя Ростовской атомной станции за шесть лет. Проанализированы характерные особенности Цимлянского водохранилища и водоема-охладителя по химическому составу, термическому режиму и видовому разнообразию. На основе проведенного исследования автором выявлено и наглядно обосновано отсутствие негативного воздействия вод водоема-охладителя на химический состав, термический режим и структурно-функциональные характеристики водных сообществ Цимлянского водохранилища в результате шести этапов продувки.

Ключевые слова: Ростовская АЭС, продувка, сифонный водосброс, Цимлянское водохранилище, водоем-охладитель.

Поступила в редакцию 20.05.2016 г.

Организация дополнительной продувки (водообмена) водоема-охладителя (далее по тексту – ВО) предусмотрена для уменьшения солесодержания в воде ВО и для сокращения времени снижения уровня воды в ВО до НПУ=36,000 м.абс. после его подъема в результате приема паводкового стока воды Цимлянского лога.

С помощью продувки, обеспечивающей снижение солесодержания в воде ВО, одновременно решается вопрос сокращения продолжительности подтопления прилегающей территории в послепаводковый период, когда уровень воды в ВО поднимается выше нормального подпорного уровня (НПУ) =36,000 м.абс. в результате приема паводка из Цимлянского лога. Актуальность этого обострилась из-за фактического изменения проекта режима вводов энергоблоков [1].

Предусмотренное ранее разработанным проектом строительство четырех энергоблоков с небольшим интервалом ввода позволяло обеспечить быстрое послепаводковое снижение уровня воды ВО за счет испарения воды, связанного с охлаждением оборудования энергоблоков и за счет фильтрации воды через тело плотины в Цимлянское водохранилище (далее по тексту – ЦВ).

При ограничении мощности АЭС двумя блоками, объема фильтрации для приемлемо быстрого снижения уровня воды в ВО стало недостаточно, и этот недостаток компенсируется устройством дополнительной продувки.

С учетом сложившейся ситуации, когда построена и эксплуатируется плотина ВО, единственным оптимальным вариантом организации дополнительной продувки, является сооружение сифонного водосброса, изображенного на рис. 1.

С учетом сложившейся ситуации, когда построена и эксплуатируется плотина ВО, единственным оптимальным вариантом организации дополнительной продувки, является сооружение сифонного водосброса.

Сифонный водосброс предусмотрен на участке паводкового поверхностного водосброса на отметке гребня перелива 37,00 м.абс. Такое расположение исключило необходимость реконструкции плотины, а в период строительства водосброса не были нарушены нормальные условия эксплуатации системы охлаждения АЭС [2].



Рис. 1. – Сифонный водосброс водоёма-охладителя Ростовской АЭС

Пропускная способность сифонного водосброса принята исходя из того, чтобы объемы сброса через него в послепаводковый период создавали дополнительный водообмен в ВО, обеспечивающий снижение солесодержания в воде ВО при работе двух энергоблоков ниже 1000 мг/дм^3 и пропуска паводка 5% обеспеченности объемом 19 млн. м^3 в течение 20 суток. Такие условия выполняются при устройстве сифонного водосброса из 10 труб условным диаметром 1000 мм. Работа сифонного водосброса обеспечивается разницей уровней в водоеме-охладителе АЭС и в Цимлянском водохранилище. При работе водосброса происходит излив поступающей из ВО воды через борта камеры-гасителя, изображенной на рис. 2.



Рис. 2. – Камера-гаситель

Объем камеры-гасителя принят емкостью 90 м^3 . Для исключения засорения трубопроводов сифонного водосброса на входном и выходном оголовках предусмотрена установка сеток. В качестве рыбозащитного мероприятия на период эксплуатации сифонного водосброса перед приемными оголовками предусмотрена установка вертикального экрана из сетки с размером ячеей $6 \times 6 \text{ мм}$. Предусмотрена антикоррозийная защита трубопроводов и опорных конструкций перхлорвиниловым

лаком в пять слоев по сополимерному винилхлоридному грунту в два слоя [2].

Всего в 2010–2015 гг. было выполнено 6 этапов продувки ВО.

Для выполнения данного мероприятия:

– Донским БВУ утвержден проект нормативов допустимого сброса загрязняющих веществ и микроорганизмов (НДС), поступающих в поверхностный водный объект с продувочными водами водоема-охладителя по выпуску № 2 от 10.12.2009 на срок до 09.12.2012;

– Донским БВУ утвержден проект нормативов допустимого сброса загрязняющих веществ и микроорганизмов (НДС), поступающих в поверхностный водный объект с продувочными водами водоема-охладителя по выпуску №2 рег. № Р-191(1) от 24.12.2012 на срок до 23.12.2017 [5];

– Донским БВУ выдано Решение о предоставлении водного объекта в пользование № 61-05.01.03.009-Х-РСВХ-Т-2010-00295/00 от 22.01.2010 на срок до 08.12.2012 (сброс продувочных вод в Цимлянское водохранилище выпуск № 2);

– Донским БВУ выдано Решение о предоставлении водного объекта в пользование № 61-05.01.03.009-Х-РСВХ-Т-2013-00663/00 от 15.01.2013 на срок до 22.12.2017 (сброс продувочных вод в Цимлянское водохранилище выпуск № 2);

– Нижне-Донским управлением Ростехнадзора выдано Разрешение на сброс загрязняющих веществ в окружающую среду (водные объекты) № 78П от 20.05.2010 на срок до 09.12.2012;

– Нижне-Донским управлением Ростехнадзора выдано Разрешение на сброс загрязняющих веществ в окружающую среду (водные объекты) №С15/02 от 15.02.2013 на срок до 23.12.2017.

В соответствии с графиком сброса продувочных вод в Цимлянское водохранилище сброс разрешен ежегодно в течение 61 дня с 31 марта по 31 мая расходом 5760 м³/час [4].

В период проведения продувки водоема-охладителя планом водохозяйственных мероприятий и мероприятий по охране водного объекта на 2010-2015 гг. предусмотрено проведение биологического и ихтиологического мониторинга в Цимлянском водохранилище и водоеме-охладителе станции, оценка эффективности РЗУ с привлечением специализированных организаций. В указанный период работы выполнялись следующими организациями: Волгоградским отделением ФГНУ ГосНИОРХ, ООО НПО «Гидротехпроект», ЗАО «СПЭК».

Объемы сброса продувочных вод в 2010–2015 гг. представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Объемы сброса продувочных вод

Год	Дата	Объем, тыс.м3	Итого, тыс.м3
2010	19.04.2010 – 30.04.2010	1586,9	5872,3
	01.05.2010 – 31.05.2010	4285,4	
2011	31.03.2011 – 31.04.2011	4078,8	8277,8
	01.05.2011 – 31.05.2011	4199,0	
2012	02.04.2012 – 30.04.2012	3943,87	7180,99
	01.05.2012 – 24.05.2012	3237,12	
2013	01.04.2013 – 30.04.2013	4083,84	8317,44
	01.05.2013 – 31.05.2013	4233,60	
2014	01.04.2014 – 30.04.2014	4089,60	8150,40
	01.05.2014 – 30.05.2014	4060,80	
2015	01.04.2015 – 27.04.2015	3283,20	7237,44
	06.05.2015 – 31.05.2015	3954,24	

В соответствии с утвержденной Программой наблюдения за водными объектами эколого-аналитический центр (ЭАЦ) отдела охраны окружающей среды и объединенная лаборатория радиационного контроля осуществляет производственный контроль в месте выпуска продувочных вод, а также 500 м выше и 500 м ниже выпуска (рис. 3, 4) с периодичностью 1 раз в неделю по 25 показателям во время проведения продувки ВО [3].



Рис. 3. – Производственный контроль ЭАЦ

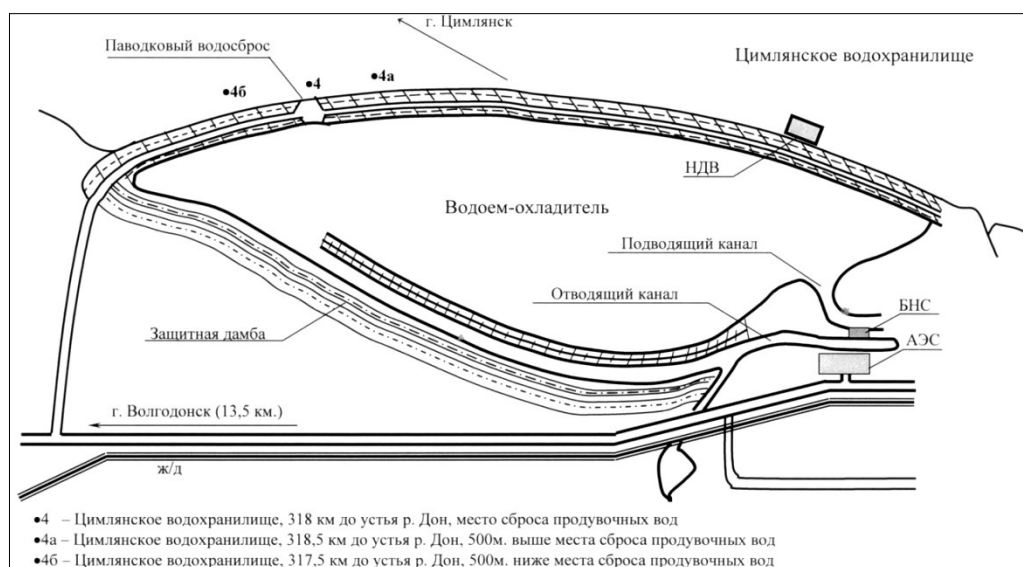


Рис. 4. – Схема точек отбора проб из Цимлянского водохранилища и водоема-охладителя

Гидротермический режим водоема-охладителя определяется главным образом поступлением тепла в результате сброса подогретой и забора охлажденной циркуляционной воды АЭС.

В 2010–2015 гг. температура сбрасываемой из водоема-охладителя воды

существенно превышала температуру в Цимлянском водохранилище. Это превышение в 2010–2015 гг. находилось в среднем в пределах от 6°C до 12°C.

Однако, несмотря на столь существенное превышение температуры сбросных вод, влияние их на температуру воды в Цимлянском водохранилище было очень ограниченным. Уже на расстоянии 250 м от водовыпуска какого-то заметного повышения температуры воды не выявлено. Наиболее сильное влияние на температуру воды ЦВ и ВО оказывает температура воздуха. Несмотря на то, что большую часть времени температура воды в ВО выше, чем в ЦВ, говорить об однозначном влиянии тепловых сбросов АЭС на повышение температуры ЦВ нельзя (рис. 5).

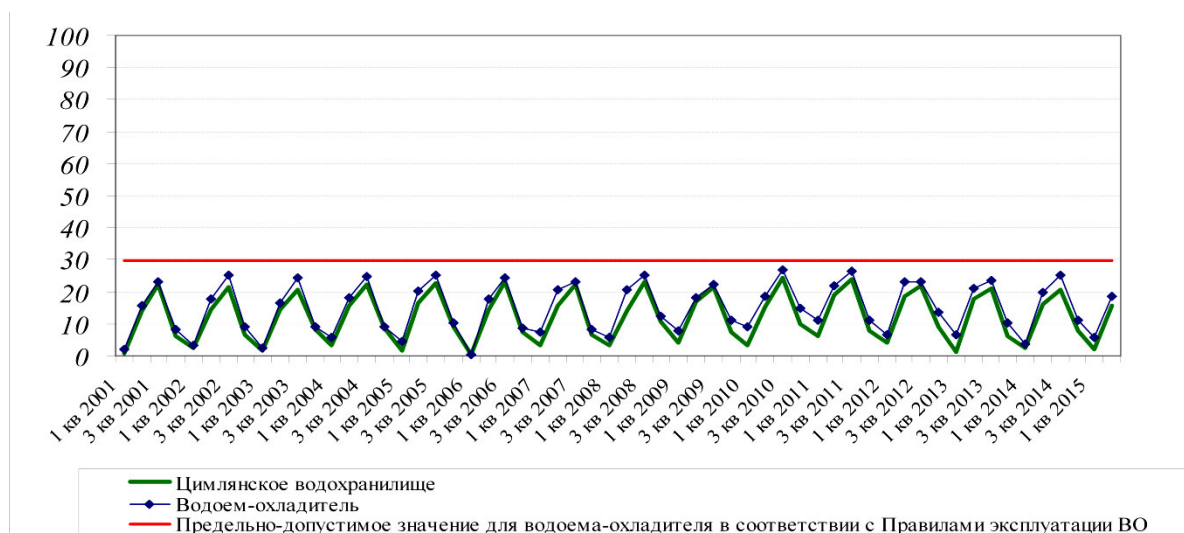


Рис. 5. – Изменение температуры в ВО и ЦВ в 2001–2015 гг.

В то же время в химическом составе воды водоема-охладителя и сопряженной части Цимлянского водохранилища наблюдаются существенные различия, в частности по содержанию сухого остатка, хлоридов и сульфатов. Это объясняется тем, что после строительства дамбы в водоеме-охладителе достаточно быстро сформировался самостоятельный режим водного обмена, в котором, по сравнению с ЦВ, существенно возросла роль подземных водоисточников. Как видно из диаграммы в результате продувки водоема-охладителя содержание сухого остатка в ВО практически застabilизировалось на уровне ПДК_{рыб.} начиная с 2010 года, а также не повлияло на его содержание в Цимлянском водохранилище (рис. 6). В результате проведения шести этапов продувки водоема-охладителя минерализация воды в водоеме-охладителе, определяемая по величине сухого остатка, застabilизирована на уровне 1000 мг/дм³ [2]. По этому показателю она превышает величину минерализации Цимлянского водохранилища в 2,2–2,6 раза и попадает в категорию солоноватых.

Отмечается повышенное содержание хлоридов в водоеме-охладителе. На диаграмме видно, что их концентрации не достигают величины ПДК, но более чем в 3 раза превышают фоновые значения (рис. 7). По общепринятой системе классификации, вода водоема-охладителя должна быть отнесена к сульфатному классу. Смена доминирующего аниона позволяет говорить о том, что происходит подпитка водоема-охладителя за счет подъема грунтовых вод.

Одним из составляющих сухого остатка являются сульфат-ионы. Сульфаты присутствуют практически во всех поверхностных водах и являются одними из важнейших анионов. Главным источником сульфатов в поверхностных водах являются процессы химического выветривания и растворения серосодержащих минералов, в

основном гипса, а также окисления сульфидов и серы. Значительные количества сульфатов поступают в водоемы в процессе отмирания организмов, окисления наземных и водных веществ растительного и животного происхождения и с подземным стоком [1].

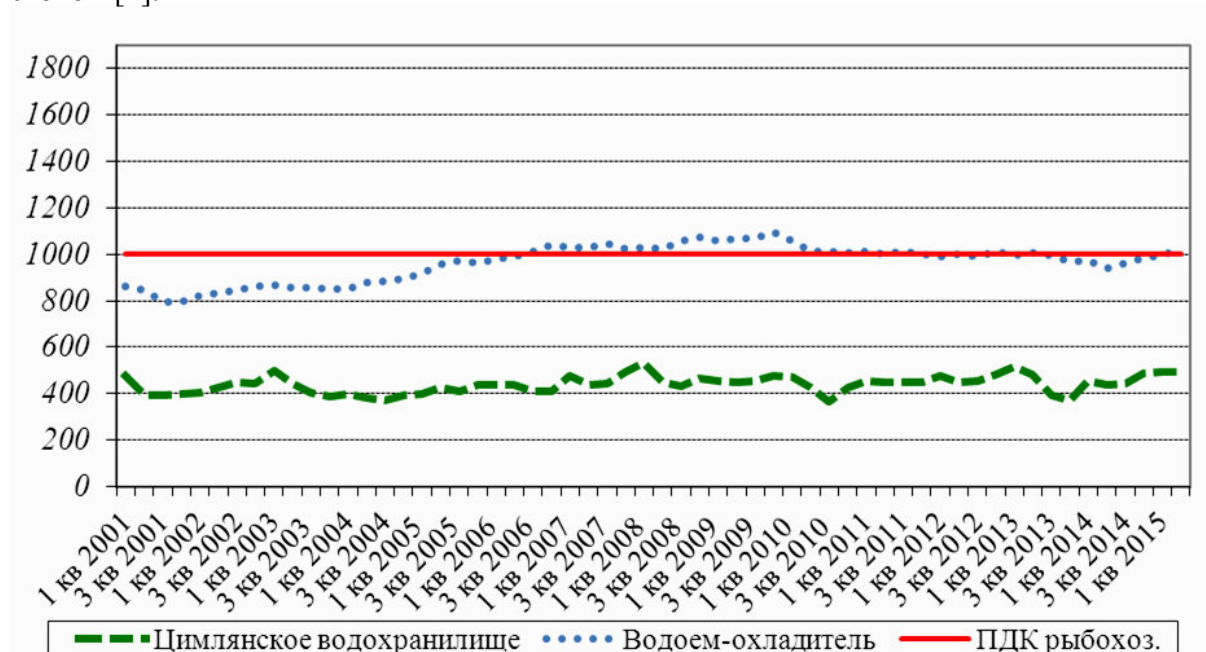


Рис. 6. – Изменение концентрации сухого остатка в ВО и ЦВ в 2001–2015 гг.

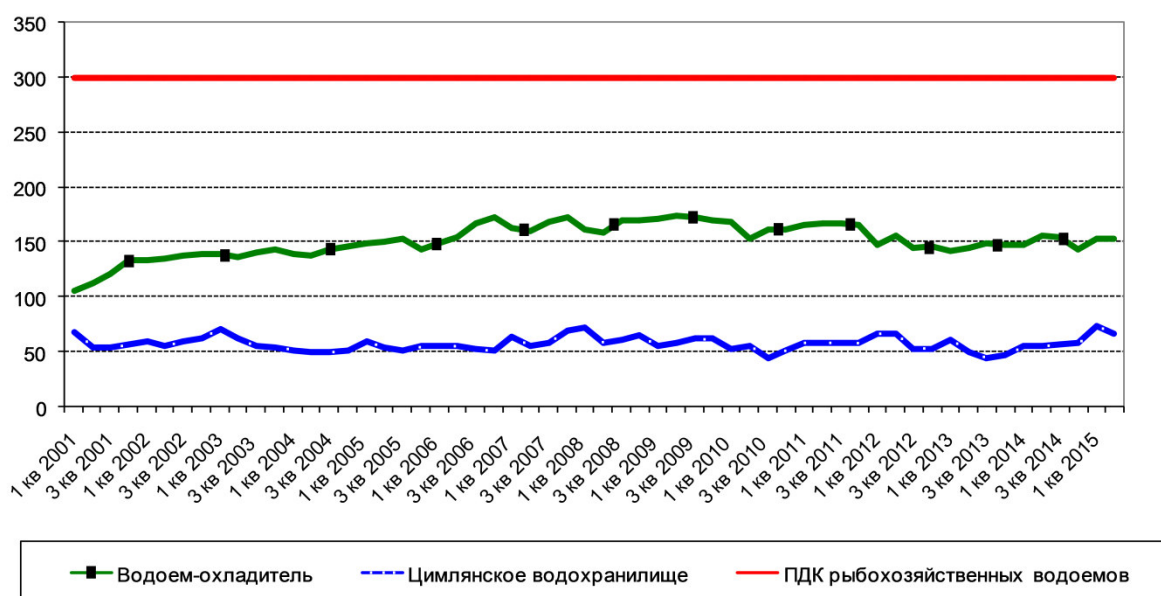


Рис. 7. – Изменение концентрации хлоридов в ВО и ЦВ в 2001–2015 гг.

При оценке влияния фильтрации воды через тело дамбы из водоема-охладителя крайне важным является сравнение данных экологического мониторинга химического состава воды водоема-охладителя с фоновыми значениями в сопредельной части Цимлянского водохранилища.

Как видно из диаграммы содержание сульфатов в водоеме-охладителе с концентрациями 337–394 мг/дм³, в 3–4 раза превышающими предельно допустимые значения, не повлияло на их содержание в Цимлянском водохранилище (рис. 8).

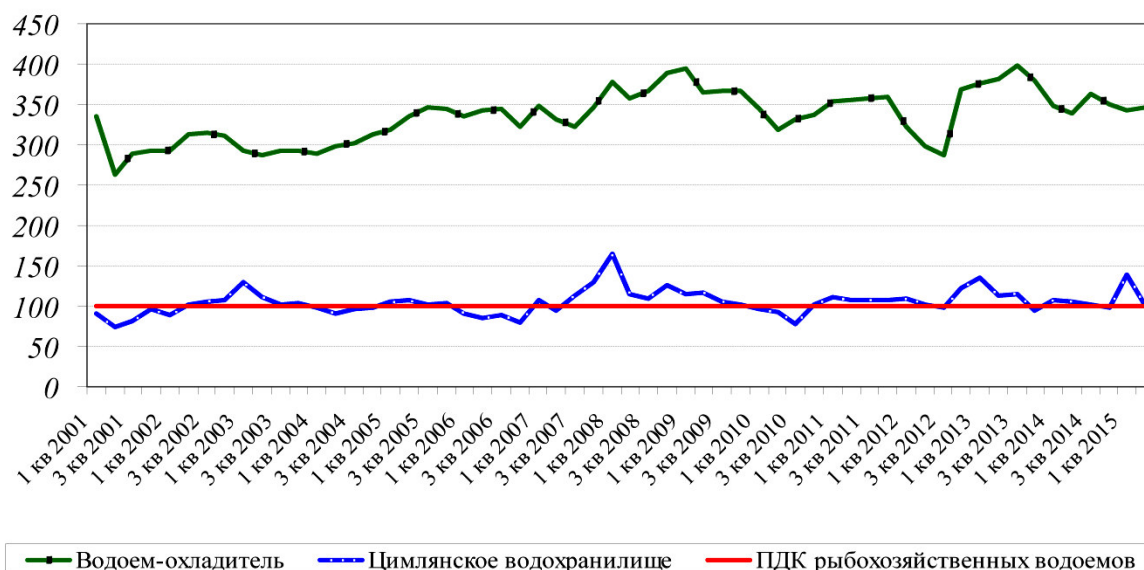


Рис. 8. – Изменение концентрации сульфатов в ВО и ЦВ в 2001–2015 гг.

На рисунках 9,10,11 представлены результаты снижения концентрации сухого остатка, сульфатов и хлоридов. В результате проведения продувки ВО 2010–2015 гг. достигнуто снижение концентрации в ВО в среднем по минерализации на 4%, сульфатов на 8%, хлоридов на 5,5% от их значений до начала проведения продувки [4].

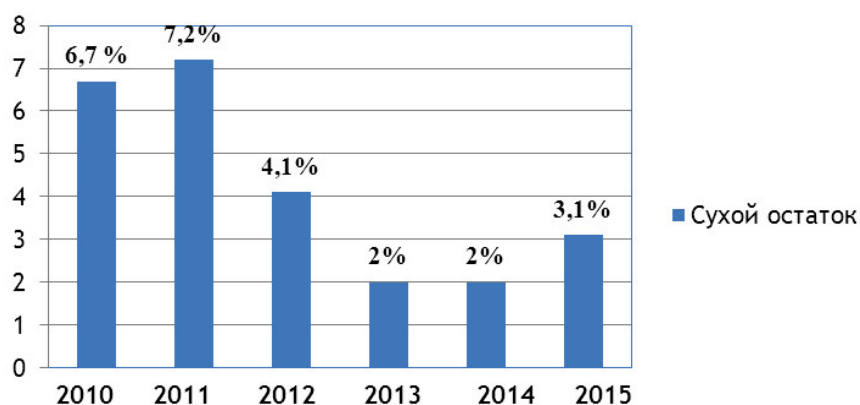


Рис. 9. – Процент снижения концентрации сухого остатка в ВО (мг/дм³) до и после продувки в 2010–2015 гг.

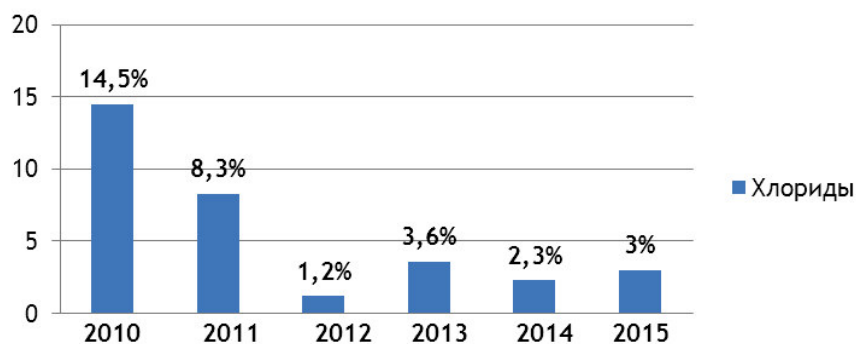


Рис. 10. – Процент снижения концентрации хлоридов в ВО (мг/дм³) до и после продувки в 2010–2015 гг.

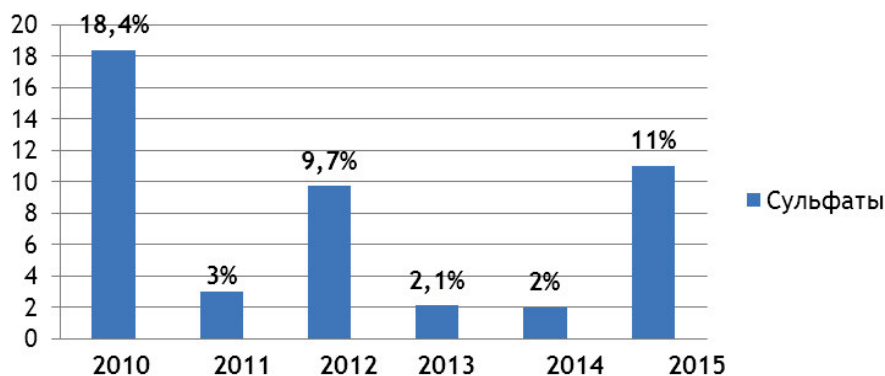


Рис. 11. – Процент снижения концентрации сульфатов в ВО (мг/дм^3) до и после продувки в 2010–2015 гг.

Из зарубежного опыта проведения продувки водоемов-охладителей. На Запорожской атомной электростанции продувка водоема-охладителя ($V=47$ млн. куб. м) осуществляется с 2001 года с расходом 10 куб.м/с в течение всего года, в результате достигнуто снижение солесодержания в среднем с 700 мг/куб. дм до 400 мг/куб. дм .

На Южно-украинской атомной станции продувка водоема-охладителя ($V=86$ млн. куб. м) осуществляется с 1992 года с расходом 2 куб.м/с в течение всего года (за исключением временем нереста и ледового периода), достигнуто снижение солесодержания в среднем с 1800 мг/куб. дм до 1000 мг/куб. дм .

Медь и железо – одни из важнейших микроэлементов. Медь участвует в процессе фотосинтеза и влияет на усвоение азота растениями. В воде водоема-охладителя почти повсеместно во все месяцы отмечались концентрации меди, равные или превышающие ПДК до 13 раз. Избыточные концентрации меди и железа оказывают неблагоприятное воздействие на растительные и животные организмы. Одним из основных источников поступления ионов меди в водоем являются подземные воды. Главными источниками соединений железа в водоеме являются процессы химического выветривания [4].

В результате проведения продувки ВО в 2010–2015 гг. в среднем достигнуто снижение концентрации в ВО по меди на 29%, железа на 11% от их значений до начала проведения продувки. На рисунке 12 видно, что начиная с 2010 года процент снижения концентрации меди (до и после продувки) уменьшается. Это связано с уменьшением фоновой концентрации меди в ВО, в связи с программой модернизации оборудования турбинного отделения энергоблока №1 по поэтапной замене медьсодержащих труб на титановые.

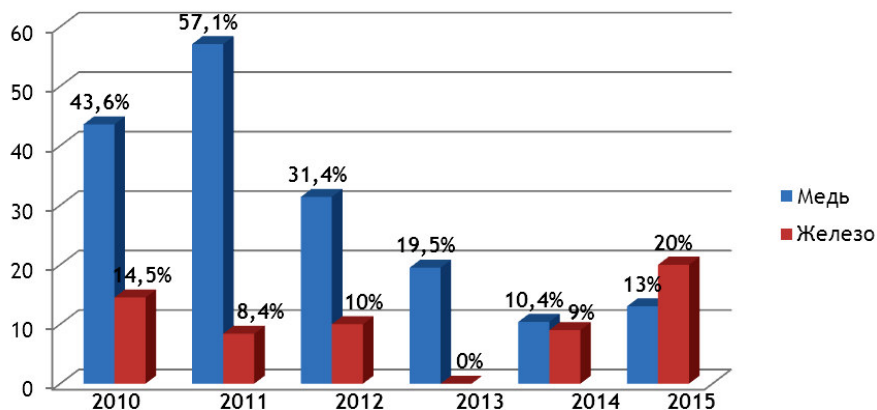


Рис. 12. – Процент снижения концентрации металлов в ВО (мг/дм^3) до и после продувки в 2010–2015 гг.

В период продувки (обычно в первой декаде мая) возле водосброса скапливается большое количество рыбы. Сетные уловы на этом участке характеризуются в среднем за 2010–2015 гг. как средние и высокие. Наибольшую часть в уловах составляет серебряный карась. Этот вид активно идет на водосброс и в больших количествах скапливается в камере-гасителе (рис. 13).



Рис. 13. – Скопление серебряного карася в камере-гасителе

По окончании продувки Ростовской АЭС организуется пересадка рыбы из камеры-гасителя в Цимлянское водохранилище (рис. 14).



Рис. 14. – Пересадка рыбы в Цимлянское водохранилище

Результаты оценки эффективности «рыбозащитного» устройства на сифонном водосбросе водоема-охладителя за 2010–2015 гг. показали, что при одной работающей трубе в сифон попадает в среднем от 1 до 7% молоди держащейся в водоеме перед сороуловительной решеткой.

Работа одной трубы сифонного водосброса не приводит к заметной убыли молоди рыб в водоеме-охладителе [2].

Состав ихтиофауны водоема-охладителя в 2010–2015 гг. оценивается, в среднем, в 20 видов рыб: сазан, серебряный карась, лещ, густера, язь, белый толстолобик, белый

и черный амур, плотва, красноперка, уклейка, верховка, амурский чебачек, сом, судак, окунь, ерш донской, бычок-песочник, бычок-кругляк, бычок-цуцик. Из них белый и черный амур и белый толстолобик – временные объекты, которые были запущены в водоем для борьбы с его зарастанием. Поэтому воспроизводство этих видов возможно только за счет искусственного зарыбления.[1]

На рисунке 15 представлено соотношение в среднем в 2010–2015 гг. соотношение промысловых и непромысловых видов рыб в зоне влияния продувочных вод водоема-охладителя РоАЭС.

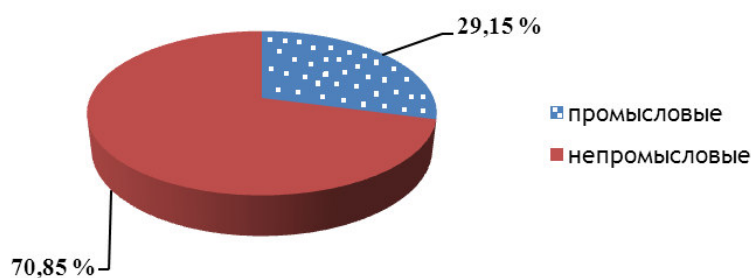


Рис. 15. – Соотношение промысловых и непромысловых видов рыб в зоне влияния продувочных вод водоема-охладителя Ростовской АЭС в 2010–2015 гг.

Оснований для оценки негативного влияния выноса рыбы и кормовых организмов из водоема-охладителя в Цимлянское водохранилище не обнаруживается.

До 2010 года в составе экологических группировок водоема-охладителя встречался комплекс мезогалобов – типичных представителей (индикаторов) континентальных солоноватоводов (*Amphiprora paludosa*, *Nitzschia reversa*, *Pleurosigma elongatum*, *Anabaena bergii*, *Binuclearia lauterbornii* и др.) (рис.16). После второго этапа продувки в 2011 году, а также в последующие годы в составе фитопланктона района исследований не отмечено появления солоноватоводных форм-мезогалобов [4].



Рис. 16. – Представители *Nitzschia reversa*, *Anabaena bergii*, *Pleurosigma elongatum* [6, 7]

В целом, анализируя период 2010–2015 гг., можно заключить, что особенности в развитии фитопланктона в зоне влияния продувочных вод могут рассматриваться как обычные вариации структуры сообщества, связанные с определенными изменениями условий среды, которые не выходят за пределы существующих межгодовых флуктуаций состава и продуктивности альгоценозов в исследуемом районе. Они не могут оцениваться как негативные и иметь долговременные последствия для прилегающей к дамбе АЭС акватории Приплотинного плёса Цимлянского водохранилища [3].

Видовой состав зоопланктона, в среднем выносимого из водоема-охладителя в

2010–2015 гг., включал виды, обитающие в Цимлянском водохранилище. Однако видовая структура зоопланктонных сообществ выносимых из водоема-охладителя и развивающихся в это время в Цимлянском водохранилище существенно отличалась, что объясняется различным температурным режимом этих водоемов. По мере уменьшения различий в температуре воды уменьшались различия в структуре зоопланктонных сообществ. Структура и интенсивность развития зоопланктона на участке в районе Ростовской АЭС в периоды продувки 2010–2015 гг. была в среднем типичной для данного плеса Цимлянского водохранилища и данного периода времени.

Вероятно зоопланктонные организмы, попавшие со сбросной водой в Цимлянское водохранилище, не способны как-то повлиять на его зоопланктонное сообщество. Весной, когда значения биомассы и численности сильно различаются между водоемом-охладителем и водохранилищем, организмы, находящиеся в сбрасываемых водах, испытывают сильный стресс из-за резкой смены температуры, и либо сразу погибают, либо затормаживаются в своем развитии. В теплые же месяцы видовой состав и показатели зоопланктона между этими двумя объектами практически не отличаются, и соответственно не способны влиять друг на друга при перемешивании вод [2].

В пробах зоопланктона с водоема-охладителя Ростовской АЭС и прилегающей акватории Цимлянского водохранилища было обнаружено в среднем за 2010–2015 гг. 25 видов зоопланктона. Наиболее представленными по числу видов были коловратки (*Rotifera*) – 13 видов, *Copepoda* - 6 видов, *Cladocera* насчитывали 5 видов (рис. 17). Из коловраток наиболее часто встречаемыми были *Keratella quadrata*, *Asplanchna priodonta*, *Lecane tenuiseta*. Среди ракообразных наиболее массовыми являлись науплиарные и копеподитные стадии развития веслоногих, а также взрослые особи *Heterocope caspia* [1].

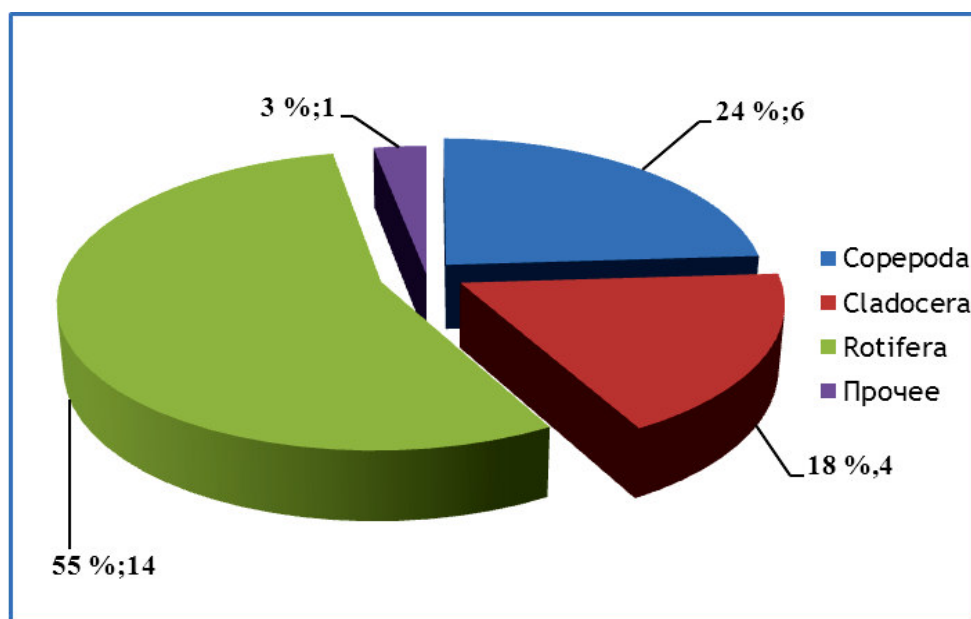


Рис. 17. – Видовое разнообразие различных групп зоопланктона

Всего в 2010–2015 гг. было выполнено 6 этапов продувки ВО. В результате проведенных исследований были получены следующие результаты:

- превышений установленных нормативов загрязняющих веществ в Цимлянском водохранилище не зафиксировано;
- сброс продувочных вод не оказал отрицательного воздействия на гидрохимический режим Цимлянского водохранилища;

- солесодержание в водоеме-охладителе снизилось в среднем на 4 %, в том числе, по сульфатам – на 7,7 %, по хлоридам - на 5,5 %;
 - концентрации меди снизилась на 29,2 %;
 - негативного воздействия продувочных вод на структурно-функциональные характеристики водных сообществ Приплотинного плеса и водоема-охладителя не установлено.
- учитывая успешный опыт применения продувки на зарубежных атомных станциях, а также на Ростовской атомной станции, рекомендуется применение продувки водоемов охладителей АЭС (отсечного и наливного типов) как мероприятия по стабилизации солесодержания ВО в комплексе с другими мероприятиями с учетом особенностей гидрохимического и гидробиологического состояния водоемов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проведение биологического мониторинга в Цимлянском водохранилище в районе продувки водоема-охладителя и оценка эффективности РЗУ при проведении продувки водоема-охладителя: аналитический отчет. 2010–2012. [Текст] / Волгоградское отделение ФГНУ ГосНИОРХ. – [Б.м].
2. Проведение биологического мониторинга в Цимлянском водохранилище в районе продувки водоема-охладителя и оценка эффективности РЗУ при проведении продувки водоема-охладителя: аналитический отчет. 2013. [Текст] / ЗАО СПЭК. – [Б.м].
3. Проведение биологического мониторинга в Цимлянском водохранилище в районе продувки водоема-охладителя и оценка эффективности РЗУ при проведении продувки водоема-охладителя: аналитический отчет. 2014. [Текст] / ООО НПО «Гидротехпроект». – [Б.м].
4. Проведение биологического мониторинга в Цимлянском водохранилище в районе продувки водоема-охладителя и оценка эффективности РЗУ при проведении продувки водоема-охладителя: аналитический отчет. 2015. [Текст] / АО «ВНИИАС». – [Б.м].
5. Проект нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов (НДС), поступающих в поверхностный водный объект. 2012. [Текст] / ООО НПО «Гидротехпроект». – [Б.м].
6. Dalu T., Richoux N.B., Froneman P.W. Distribution of benthic diatom communities in a permanently open temperate estuary in relation to physico-chemical variables. *South African Journal of Botany*. 2015, ISSN 02546299, DOI: 10.1016/j.sajb.2015.06.004
7. Stuken A.Ab., Campbell R.J.Cd., Quesada A.E., Sukenik A.F., Dadheech P.K.G., Wiedner C.A. Genetic and morphologic characterization of four putative cylindrospermopsin producing species of the cyanobacterial genera *Anabaena* and *Aphanizomenon*. *Journal of Plankton Research*. 2009, Volume 31, Issue 5, May 2009, ISSN 01427873, DOI: 10.1093/plankt/fbp01, pp. 465-480.

REFERENCES

- [1] Analiticheskiy otchet «Provedenie biologicheskogo monitoring Tsimljanskogo vodohraninlisha i otsenka effektivnosti RZY pri provedenii produvki vodoema - ochladitelya». 2010–2012. [Analytical report "Carrying out biological monitoring in the Tsimlyansk Reservoir around cooling pond water blowdown and an assessment of effectiveness of fish-protecting devices when carrying out cooling pond water blowdown " 2010-2012]. Volgogradskoe otdelenie FGNY GosNIORCH [Volgograd branch of State Research Institute Of Lake And River Fishery].
- [2] Analiticheskiy otchet «Provedenie biologicheskogo monitoring Tsimljanskogo vodohraninlisha i otsenka effektivnosti RZY pri provedenii produvki vodoema - ochladitelya». 2013. [Analytical report Carrying out biological monitoring in the Tsimlyansk Reservoir around cooling pond water blowdown and an assessment of effectiveness of fish-protecting devices when carrying out cooling pond water blowdown " 2013]. ZAO SPEK [Closed Joint Stock Company St. Petersburg Ecological Company].
- [3] Analiticheskiy otchet «Provedenie biologicheskogo monitoring Tsimljanskogo vodohraninlisha i otsenka effektivnosti RZY pri provedenii produvki vodoema - ochladitelya». 2014. [Analytical report Carrying out biological monitoring in the Tsimlyansk Reservoir around cooling pond water blowdown and an assessment of effectiveness of fish-protecting devices when carrying out cooling pond water blowdown " 2014]. ООО НПО «Гидротехпроект» [LLC NPO Gidrotechproject].
- [4] Analiticheskiy otchet «Provedenie biologicheskogo monitoring Tsimljanskogo vodohraninlisha i

- otsenka effektivnosti RZY pri provedenii produvki vodoema - ochladitelya». 2015. [Analytical report Carrying out biological monitoring in the Tsimlyansk Reservoir around cooling pond water blowdown and an assessment of effectiveness of fish-protecting devices when carrying out cooling pond water blowdown " 2015]. AO «VNIIAES» [OJSC "All-Russian Research Institute for Nuclear Power Plants Operation"]].
- [5] Proekt normativov dopustimuch sbrosov vechestv i mikroorganizmov (NDS), postupayushich v poverchnostnui vodnii objekt. 2012. [Project of standards of admissible dumpings of substances and microorganisms (SAD) coming to the surface water object. 2012.]. ООО NPO «Gidrotexproekt» [LLC NPO Hidrotechproject].
- [6] Dalu T., Richoux N.B., Froneman P.W. Distribution of benthic diatom communities in a permanently open temperate estuary in relation to physico-chemical variables. South African Journal of Botany. 2015, ISSN 02546299, DOI: 10.1016/j.sajb.2015.06.004 (in English)
- [7] Stuken A.Ab., Campbell R.J.Cd., Quesada A.E., Sukenik A.F., Dadheech P.K.G, Wiedner C.A. Genetic and morphologic characterization of four putative cylindrospermopsin producing species of the cyanobacterial genera Anabaena and Aphanizomenon. Journal of Plankton Research. 2009, Volume 31, Issue 5, May 2009, ISSN 01427873, DOI: 10.1093/plankt/fbp01, pp. 465-480. (in English)

Providing Environmentally Acceptable State of Nuclear Power Plant Water Recycling System at the Water Blowdown Technology Application of the Rostov NPP Cooling Pond

O.I. Gorskaya

*«Rostov Nuclear Power Plant» the Branch of OJSC «Concern Rosenergoatom»,
Volgodonsk-28, Rostov region, Russia 347388
e-mail: gorskayavdonsk@rambler.ru*

Abstract – OBJECTIVES The article is devoted to the analysis of the results of the water blowdown from the Rostov nuclear power plant cooling pond to the Tsimlyansk reservoir during six years. METHODS Characteristics of the Tsimlyansk reservoir and the cooling pond by chemical composition, thermal regime and species diversity are analyzed. RESULTS On the basis of the conducted research the author identified and clearly proved the absence of negative impact the cooling pond water on the chemical composition, thermal regime and the structural and functional characteristics of aquatic communities of the Tsimlyansk reservoir during six stages of the water blowdown.

Keywords: Rostov nuclear power plant, water blowdown, siphon spillway, Tsimlyansk reservoir, cooling pond.

**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 621.791.75

**РЕГИСТРАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИНВЕРТОРНЫХ
ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ**

© 2016 А.В. Сас*, М.А. Островский**

** Российский государственный университет (НИУ) нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва, Россия*

*** ПАО Институт электронных управляющих машин им. И.С. Брука, Москва, Россия*

Быстродействие современных инверторных источников питания дало возможность расширить состав их функциональных характеристик и реализовывать любой закон изменения мгновенных параметров режима. Измерение и регистрация параметров функциональных характеристик источников гарантирует проверку их соответствия требуемым и обеспечивает высокое качество выполнения процессов ручной дуговой сварки, как плавящимся электродом, так и в среде защитного газа.

Ключевые слова: инверторные источники, регистрация функций и параметров, горячий старт, форсаж дуги, антистикинг, выбор электрода.

Поступила в редакцию 20.05.2016 г.

В настоящее время до 30% электросварочных работ в промышленности и строительстве выполняется с помощью ручной дуговой сварки (РДС). Качество сварки при этом обеспечивается в основном за счет высокой квалификации сварщика. Однако на настоящий момент времени промышленность нашей страны испытывает острый дефицит высококвалифицированных сварщиков.

Действие в ходе выполнения процесса сварки различных технологических возмущений приводит к ухудшению качества сварного соединения, что требует корректировки текущих значений тепловой энергии. Современные инверторные источники позволяют реализовать практически любой закон изменения параметров режима, в том числе и управлять переносом расплавленного электродного материала [1].

Имеется два пути повышения качества ручной дуговой сварки. Первый - за счет создания эффективной системы подготовки высококвалифицированных электросварщиков, нами уже рассматривался [2, 3]. Второй – за счет регулируемых функциональных характеристик источников питания и оперативного управления ими и параметрами режима, что при действии возмущений в ходе выполнения процесса, позволяет обеспечивать требуемое качества с учетом конкретного уровня квалификации сварщика.

Современные инверторные источники [4] обеспечивают не только традиционные функциональные характеристики (статическую вольтамперную характеристику, снижение величины холостого хода до безопасной величины, защиту от перегрева силовых элементов источника с автоматическим возвращением в рабочее состояние после их остывания и др.), но и позволяют:

- облегчать зажигание дуги за счет регулируемого по амплитуде и длительности импульса тока в начале процесса (в сварочной терминологии эту функцию называют “горячий старт”);

- предотвращать прилипание электрода за счет регулируемого по амплитуде и длительности импульса тока, подаваемого в момент, когда напряжение на дуге

становится ниже заданного в зависимости от типа электрода порога, предшествующего отделению капли (в сварочной терминологии – “форсаж дуги”);

- уменьшать ток при прилипании электрода с автоматическим возвращением в рабочее состояние при устранении короткого замыкания (“антистикинг” или “антиприлипание”);

- гасить дугу при снижении напряжения ниже заданного, когда, например, нужно быстро изменить место сварки (“принудительный обрыв дуги”);

- задавать и регулировать амплитуду, длительность и частоту импульсов: с целью обеспечения энергетических параметров дуги, например, при сварке потолочных и вертикальных швов, алюминия, тонколистовых конструкций и других (“импульсный режим”);

- устанавливать параметры источника питания (статическую вольтамперную характеристику, горячий старт, форсаж дуги, антистикинг и др.) в зависимости от используемого типа электрода (с рутиловым, основным или целлюлозным покрытием; для сварки алюминия, чугуна или нержавеющей стали и др.) (“выбор электрода”);

- сохранять в памяти источника настройки параметров, подобранных для определенного типа работ, что позволяет в дальнейшем их устанавливать по запомненному номеру настройки (“запоминание сварочных программ”);

- сохранять в памяти источника общее время включения аппарата, суммарное время сварки, гистограммы уставок тока, количество коротких замыканий, количество перегревов и др. (“запоминание архива событий”).

Состав функциональных характеристик у современных инверторных источников различен и, в основном, достаточно ограничен (Таблица). Расширение же состава функциональных характеристик у импортируемых источников приводит к существенному их удорожанию.

Таблица 1. – Функции инверторных источников питания (используемых при РДС)

Функциональные характеристики		ИНЭУ М 200Т	Selco Genesis-2000	Stel MAX Pd 201	Lincoln Electric Invertec 2055	EWM PICO-180 2055	Esab Caddi ARC 2011	Fronius Trans pocket -1500 VRD
Регулировка Горячего старта	Амп	Да	Да	Нет	Да	Да	Да	Нет
	Время	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Нет	Нет
Регулировка Форсажа дуги	Амп	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
	Порог	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
БСН		Да	Да	Нет	Нет	Да	Нет	Да
Регулировка Обрыва дуги		Да	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Выбор электрода		Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
Импульсный режим ММА		Да	Нет	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
Защита от 380В		Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет

Поэтому при отработке российских технологий, в рамках программы импортозамещения, намного предпочтительнее применять отечественный инверторный

источник «ИНЭУМ 200Т», обладающий всеми функциональными характеристиками и возможностью их оперативной настройки.

Однако, для гарантированного обеспечения высокого качества сварки, при применении современных multifunctional инверторных источников, также необходимо наличие инструмента измерения и фиксации с заданной метрологической точностью всех параметров источников, а также текущих значений параметров режима.

Оценку качества источников питания до настоящего времени в основном выполняют в соответствии с ГОСТом 25616-83 по результатам субъективной оценки сварщиком-экспертом (по результатам опытной сварки или наплавки) таких характеристик процесса сварки как: начальное зажигание, стабильность процесса дуги, характер переноса электродного металла, качество формирования шва и эластичность дуги.

Инструментальная количественная оценка параметров статической вольт-амперной характеристики (ВАХ), а также значений тока короткого замыкания и напряжения холостого хода для источников, применяемых при создании и ремонте опасных производственных объектов (ОПО), выполняется с использованием регистратора-измерителя AWS-024.

Для обеспечения качества сварки, а также подтверждения ее соответствия заданным требованиям, в современных сварочных системах (например, в системе Arc Systems фирмы Kemppi) ведется постоянная запись осциллограмм параметров режима сварки. Это позволяет останавливать процесс при выходе параметров за пределы допуска, определять возможность и место появления дефекта и выполнять другие функции.

Однако устройства, которое позволяло бы измерять и записывать все параметры функциональных характеристик инверторных источников, исследовать их взаимосвязь с параметрами осциллограмм режима сварки и областями состояния процесса сварки и определять оптимальные значения параметров для конкретного технологического процесса, до настоящего времени создано не было.

Для реализации этой задачи ПАО «Институт Электронных Управляющих Машин» (ИНЭУМ) им. И.С. Брука был разработан регистратор, позволяющий:

- при различных значениях входного напряжения измерять вольтамперную характеристику источника с автоматическим определением максимального или минимального сварочного тока;
- статистически обрабатывать записываемые осциллограммы параметров режима и определять математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение тока, напряжения и мощности, различных областей состояния процессов сварки;
- определять параметры (амплитуду и длительность) осциллограмм «Горячего старта» и «Форсажа дуги»;
- определять по осциллограмме параметры «антистикинга» (время срабатывания и ток короткого замыкания);
- тестировать источники под нагрузкой и определять ПН (%);
- измерять активную, реактивную и полную потребляемую мощность с расчетом коэффициента мощности и др.

По результатам измерения с помощью регистратора ИНЭУМ функциональных параметров и характеристик различных российских и иностранных инверторных источников питания была сформирована соответствующая база данных и проанализировано их соответствие заявленным паспортным данным.

В настоящее время: проводится исследование влияния параметров функциональных характеристик источников на вероятность нахождения процесса в различных состояниях и интенсивность перехода из состояния в состояние;

определяются требуемые значения параметров для различных вариантов выполнения технологического процесса ручной дуговой сварки, в том числе с учетом уровня квалификации сварщика; формируется аппарат количественной оценки квалификации сварщиков и качества выполнения процесса сварки по вероятности нахождения процесса в различных состояниях и интенсивность перехода из состояния в состояние.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев, В.А. и др. Алгоритм управления инверторными источниками сварочного тока для оптимизации параметров переноса электродного металла [Текст] / В.А. Лебедев, М.С. Сорокин, А.А. Белов // Сварочное производство. – 2013. – №12. – С. 3–8.
2. Сас, А.В., и др. Основы создания системы эффективной подготовки высококвалифицированных операторов ручной дуговой сварки [Текст] / А.В. Сас, Б.П. Грузинцев // Сварочное производство. – 2013. – №12. – С. 47–49.
3. Грузинцев, Б.П., и др. Актуальные вопросы создания эффективной системы подготовки операторов ручной дуговой сварки [Текст] / Б.П. Грузинцев, А.В. Сас // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – №1(6). – С. 96–99.
4. Сас А.В., и др. Контроль и управление параметрами режима ручной дуговой сварки [Текст] / А.В. Сас, М.А. Островский, О.Е. Капустин // Территория нефтегаз. – 2014. – №8. – С. 72–79.

REFERENCES

- [1] Lebedev V.A., Sorokin M.S., Belov A.A. Algoritm upravleniya invertornymi istochnikami svarochnogo toka dlya optimizacii parametrov perenosa elektrodного metalla [Control inverter welding power sources for electrode metal transfer parameters optimization] // Welding International, 2013, №12, ISSN 0491-6441, pp. 3-8. (in Russian)
- [2] Sas A.V., Gruzincev B.P. Osnovy sozdaniya sistemy effektivnoj podgotovki vysokokvalificirovannyh operatorov ruchnoj dugovoy svarki [Bases of creation of effective training of highly qualified operators manual arc welding] // Welding International, 2013, №12, ISSN 0491-6441, pp. 47–49. (in Russian)
- [3] Gruzincev B.P., Sas A.V. Aktualnye voprosy sozdaniya effektivnoy sistemy podgotovki operatorov ruchnoj dugovoy svarki [Topical issues of the creation of an effective system of training manual arc welding operators] // Globalnaya yadernaya bezopasnost [Global nuclear safety], 2013, №1(6), ISSN 2305-414X, eISSN 2499-9733, pp. 96–99. (in Russian)
- [4] Sas A.V., Ostrovskii M.F., Kapustin O.E. Kontrol i upravlenie parametrami rezhima ruchnoy dugovoy svarki [Registration inverter power supply characteristics] // Territori oilgas, 2014, №8, ISSN 2072-2745, pp. 72–79. (in Russian)

Inverter Power Supply Characteristics Registration

A.V. Sas*, M.A. Ostrovsky**

* Gubkin Russian State University (NIU) of Oil and Gas,
Leninsky avenue, 65/1, Moscow, Russia 119991

** PC Institute of Electronic Control Machines the name I.S. Bruk,
Vavilova St., 24, Moscow, Russia 119334

Abstract – BACKGROUND The speed of modern inverter power supply made it possible to expand the composition of their functional characteristics and to implement any law instant change mode settings. RESULTS Measurement and registration of source parameter functional characteristics ensures verification of their compliance with the required ones and provides a high quality of manual arc welding processes as a consumable electrode and shielding gas.

Keywords: Inverters sources, check functions and parameters, hot start, fast and furious arc, antisticking electrode selection.

**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 528.48

**ВЛИЯНИЕ КРАНА КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ
СОСТОЯНИЕ СТРОЯЩЕЙСЯ ЗАЩИТНОЙ ГЕРМЕТИЧНОЙ
ОБОЛОЧКИ АЭС**

© 2016 Ю.И. Пимшин*, Е.Б. Ключин, О.А. Губеладзе***, В.Н. Медведев****,
С.М. Бурдаков*, Ю.В. Заяров***

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

***Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия*

**** Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия*

***** Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук,
Москва, Россия*

Целью работы является исследование влияния на техническое состояние защитной герметичной оболочки полярного крана; в статье рассмотрены вопросы поэтапного монтажа и наладки крана кругового действия, устанавливаемого в реакторных отделениях АЭС, и воздействие его на стену защитной оболочки; выделены: этап установки крана на рельс, этап ходовых и статических испытаний, представлены результаты натурных измерений, характеризующих деформацию ЗГО; выводы: представленный материал в настоящей работе описывает ситуацию по оболочкам НП-1000 то есть проекта реализация которого в строящихся АЭС завершается. Однако в проекте АЭС-2006 те же самые исследования и их результаты справедливы и требуют своего решения.

Ключевые слова: защитная герметичная оболочка, деформации, перемещения, кран кругового действия, консоли полярного крана, трещины, строительная часть.

Поступила в редакцию 14.05.2016 г.

Атомная энергетика является одним из немногих динамично развивающихся производственных направлений в России. В силу этого исследования, выполняемые по различным направлениям изучения и совершенствования объектов атомной энергетики, являются актуальными и своевременными. Особо важное направление связано с изучением контуров защиты, к которым в, том числе, относится защитная герметичная оболочка (ЗГО). Защитная герметичная оболочка характеризуется сложным строительным решением, является элементом, обеспечивающим защиту окружающей среды от негативного расчетного события гипотетически возможного в гермообъеме, с одной стороны, и обеспечение защиты работающего реактора от внешних воздействий, с другой стороны. Однако этими функциями не ограничивается назначение ЗГО. Не менее важным является то, что она является фундаментной частью подъёмно-транспортного оборудования, устанавливаемого в реакторном отделении, в том числе: механизма обслуживания купола, крана кругового действия и консольно-кругового крана. Особо из приведенного выше перечня рассмотрим кран кругового действия, это технологическое оборудование выполняет сопровождение основных механомонтажных работ на стадии строительства и в период ППР – при эксплуатации. Кроме того, выполняет работы по загрузке свежего и выгрузке отработанного топлива

из гермообъема на стадии эксплуатации станции. Некоторые параметры описываемых кранов приведены в таблице 1.

Воздействие крана на оболочку начинается с его установке на рельсовый путь, который смонтирован на подкрановых балках, установленных в свою очередь на консолях ЗГО, изготовленных на строительной отметке 46.000 мм (см. рис. 1, рис. 2) [1], [2], [3]. При этом подчеркнем, что установку крана выполняют на строящейся оболочке, как правило, возведенной примерно до отметок 55.000-60.000 мм.

Таблица 1. – Некоторые параметры кранов кругового действия

№ п/п	Вид параметра	Значение параметра
1	Пролет крана:	
1.1	АЭС с реактором ВВЭВ-1000	43000 мм
1.2	АЭС-2006 и АЭС ВВЭР-ТОИ	41500 мм
2	Масса крана	500-600 и более т.
3	Грузоподъемность	~ 400 т.
4	Точность наведения	7 мм
5	Точность выполнения диаметра ходовой части	±5 мм
6	Точность установки ходового колеса на касательной номинальной окружности	±1 мм

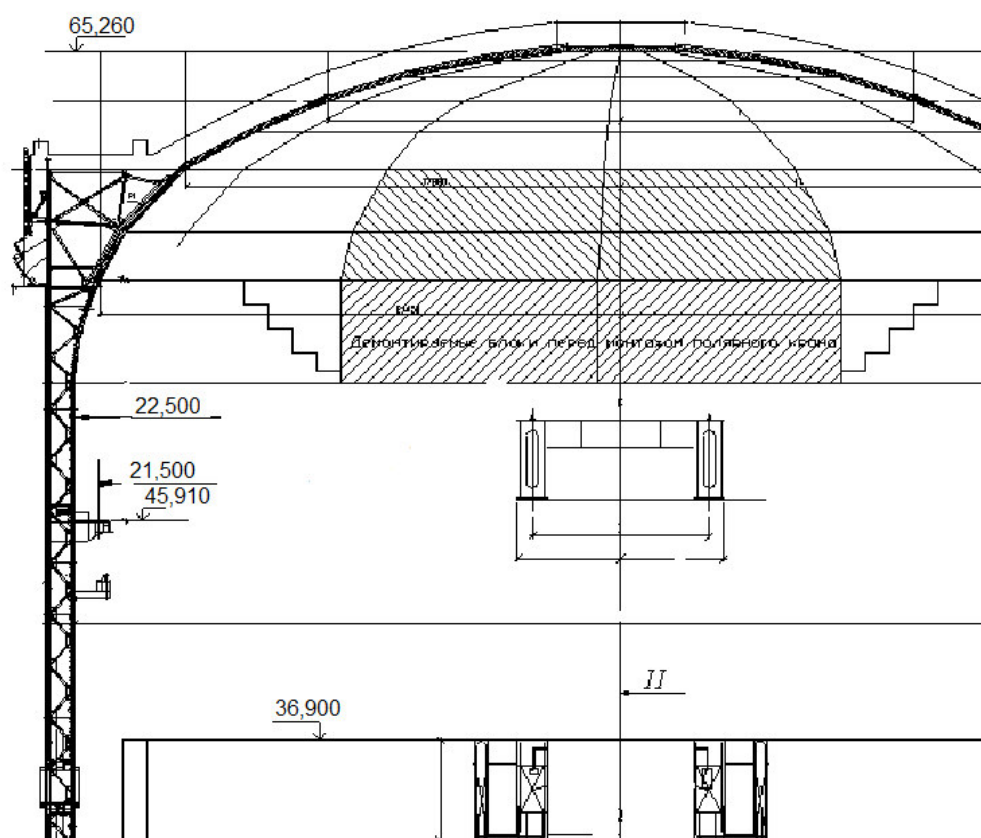


Рис. 1. – Схема разреза защитной оболочки по оси I-II

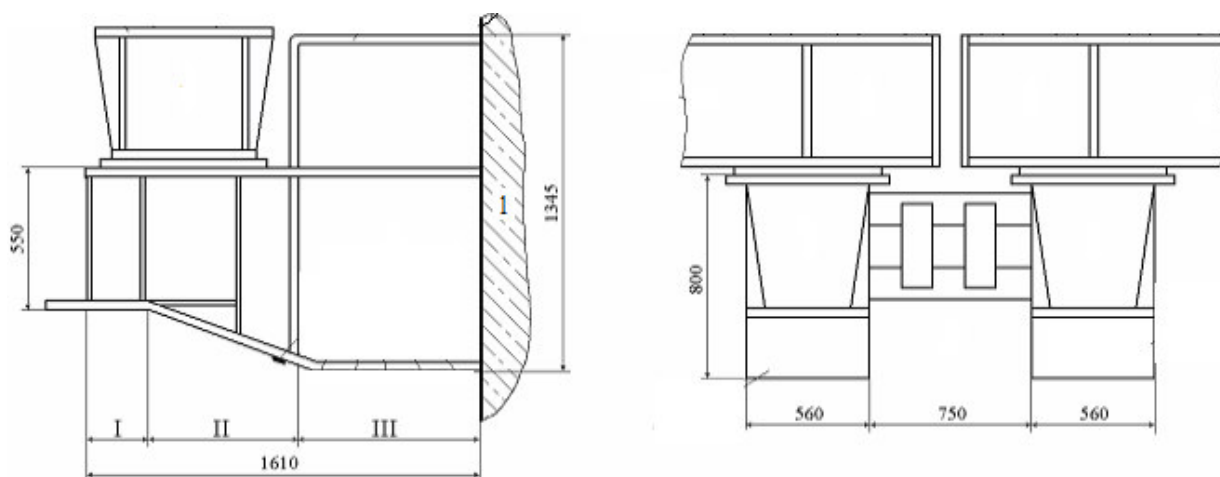


Рис. 2. – Схема консолей полярного крана

Перераспределенный вес крана через его ходовые колёса передается по соответствующим сторонам на подкрановый путь, затем на балки и далее посредством консолей 5, на стену защитной оболочки 1 которая в зоне 2 воспринимает момент силы, (см. рис. 3, рис. 4).

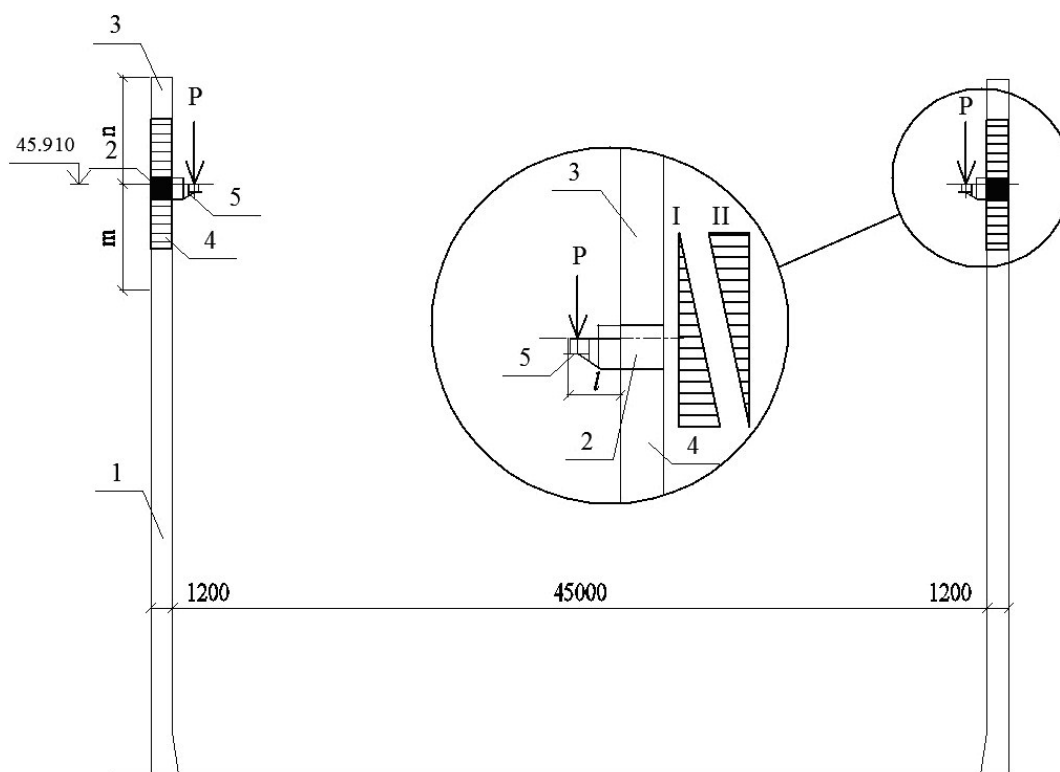


Рис. 3. – Схема строительных элементов защитной оболочки

1 – стена защитной оболочки, 2 – зона крепления консоли, 3 – зона защитной оболочки, расположенная выше зоны крепления консоли и непосредственно примыкающая к ней, 4 – зона защитной оболочки, расположенная ниже зоны крепления консоли и непосредственно примыкающая к ней, 5 – консоль.



Рис. 4. – Установка крана на рельс

$$M_O = l \cdot P_k, \quad (1)$$

что вызывает упругие деформации стены оболочки. При этом зона 2 крепления консоли 5 является фрагментом стены, зоны которой, расположенные выше и ниже зоны 2, обладают соответствующей, на конкретный момент строительства, жесткостью. При этом совокупная жесткость того или иного яруса является величиной интегральной:

$$U_n = \int_{H_2}^{H_n} f(U, H_i) \cdot dH \quad (2)$$

$$U_m = \int_{H_m}^{H_2} f(U, H_i) \cdot dH \quad (3)$$

Определение значения U_m осуществляется путем интегрирования функции $f(U, H_i)$ в пределах от H_m до H_2 , при этом интегрирование в больших пределах значений не имеет смысла, так как пределы интегрирования принимаются такими, что $U = U_{np} - U_m$ пренебрежимо малая величина (см. рис. 5).

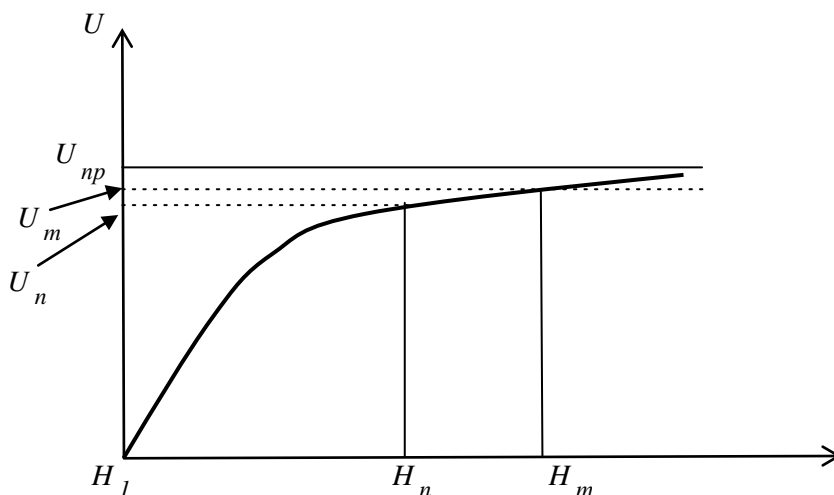


Рис. 5. – График функции $f(U, H_i)$

В то же время значение U_n определяется путем интегрирования функции $f(U, H_i)$ в пределах от H_2 до H_n , при этом H_n является величиной изменяющейся в соответствии с графиком возведения защитной оболочки. Следовательно, и значение U_n является изменяющейся величиной. При этом возникают ситуации когда $U_m > U_n$ и $U_m < U_n$ (данная ситуация возникает тогда когда в зону интегрирования попадает возведенное опорное кольцо).

Рассмотрим последовательно возможные варианты сочетания U_m и U_n . В случае, когда $U_m > U_n$ тогда воздействие момента M_0 силы на стену защитной оболочки приводит к тому, что ось вращения консоли располагается в нижней ее части (см. рис. 6). Этому соответствует то, что выше зоны крепления расположенный ярус в горизонтальном сечении деформируется в эллипс, большая диагональ которого перпендикулярна оси моста крана кругового действия.

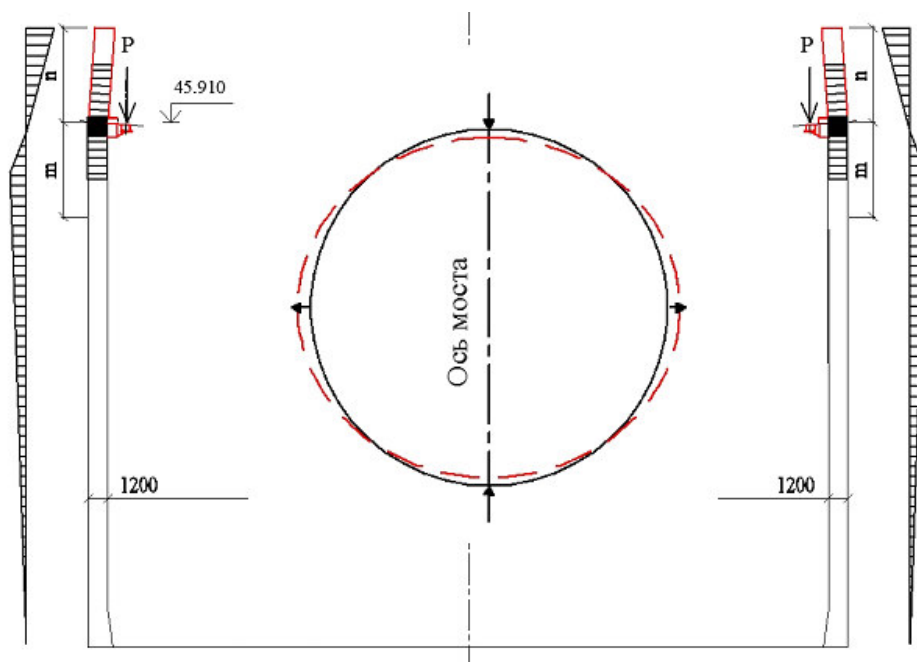


Рис. 6. – Схема изменения формы горизонтального сечения защитной оболочки на горизонте подкрановых путей крана кругового действия при условии $U_m > U_n$

В случае, когда $U_m < U_n$ тогда воздействие момента M_0 силы на стену защитной оболочки приводит к тому, что ось вращения консоли располагается в верхней ее части (см. рис. 7). Этому соответствует то, что ниже зоны крепления расположенный ярус в горизонтальном сечении деформируется в эллипс, большая диагональ которого параллельна оси моста крана кругового действия. Таким образом, после монтажа крана формируются, в зависимости от ее строительной готовности, различные сочетания U_m и U_n , при этом воздействие момента M_0 силы на стену защитной оболочки приводит к различному по направлению деформированию того или иного яруса. Однако этим не исчерпывается влияние полярного крана на техническое состояние недостроенной оболочки.

До момента полной строительной готовности ЗГО, кран проходит несколько этапов испытаний и, собственно монтаж оборудования первого контура, выполняется как минимум на не обжатой оболочке.

Рассмотрим влияние крана на оболочку при его ходовых и статических испытаниях.

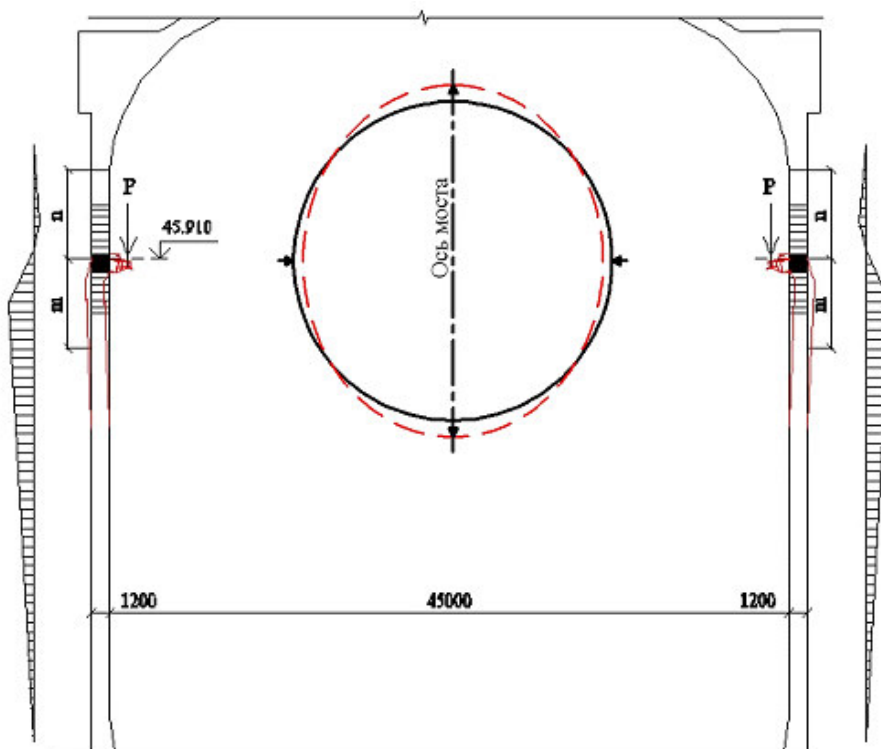


Рис. 7. – Схема изменения формы горизонтального сечения защитной оболочки на горизонте подкрановых путей крана кругового действия при условии $U_m < U_n$

При этом определим, что вертикальное давление крана с грузом на одну его сторону опирания колес P_1 и на другую P_2 (см. рис. 8), в зависимости от положения груза l_1 и l_2 определяют по формулам:

$$P_1 = \frac{P_{\text{крана}}}{2} + \frac{l_1}{l_1 + l_2} P_{\text{груза}}, \quad (4)$$

$$P_2 = \frac{P_{\text{крана}}}{2} + \frac{l_2}{l_1 + l_2} P_{\text{груза}}, \quad (5)$$

где $P_{\text{крана}}$ – собственный вес крана; $P_{\text{груза}}$ – вес грузовой тележки и поднимаемого груза.

В соответствии с этим моменты M_1 и M_2 по каждой стороне не одинаковы. Так в период ходовых испытаний крана поднимают груз весом 40-50% от его грузоподъемности. Работы проводят согласно программе, заключающейся, например, в подъеме груза и прокатывании крана кругового действия, первый раз против хода часовой стрелки на 30° от нулевого положения, второй и третий разы - по ходу часовой стрелки соответственно на 80° и 100° от нулевого положения. При этом в третьем случае груз перемещают примерно в центр оболочки (см. рис.8). После каждого прокатывания при остановленном кране контролируются геометрические параметры оболочки [4, 5].

При статических испытаниях мост крана устанавливают по направлению оси II-IV (см. рис. 9). При этом предварительно на главном подъеме, установленном в середине моста, закрепляют гидравлический нагрузчитель. Гидронагрузчитель также скреплен с тягами, смонтированными в главном зале реакторного отделения. Затем этим

устройством производя нагружение крана на 25% больше его паспортной максимальной грузоподъемности, т.е. до 460 тонн. При этом на рисунке 9 приведены схемы эпюр нагружения стены оболочки полярным краном при его испытании. В каждом случае происходит соответствующее деформирование оболочки, следствием чего является формирование трещин с внешней стороны стены оболочки.

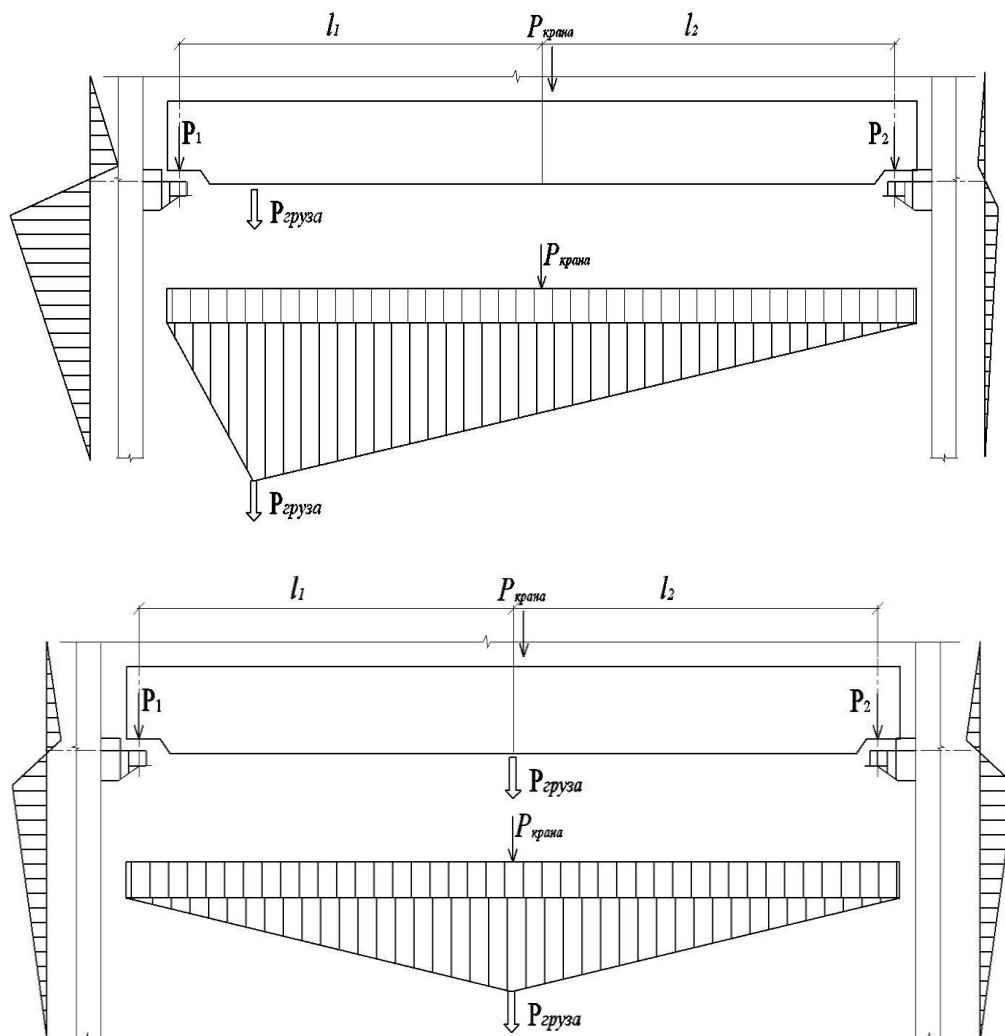


Рис. 8. – Распределение нагрузок при работе полярного крана

Далее, после получения разрешения, полярный кран обеспечивает подъемно транспортные работы при монтаже тяжеловесных конструкций первого контура герметичной зоны – это корпус реактора, парогенераторы и главные циркуляционные насосы.

Процесс влияния крана на ЗГО при выполнении этих операций, в основном, соответствует ранее описанным процессам, лишь силовые воздействия на оболочку будут увеличены. В связи с тем, что, например, вес корпуса реактора составляет 320 тонн и при его подъёме на ближнюю к транспортному коридору сторону крана приходится 297,7 тонн распределенной нагрузки от реактора, в то время как при испытаниях на ту же сторону приходится 230 тонн распределенной нагрузки от гидронагружателя.

Представленный материал в настоящей работе описывает ситуацию по оболочкам НП-1000, то есть, проекта, реализация которого в строящихся АЭС завершается. Однако и в проекте АЭС-2006 те же самые исследования и их результаты справедливы и требуют своего решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пимшин, Ю.И. и др. Анализ работы строительных элементов герметичной оболочки АЭС при ее преднапряжении и испытании [Электронный ресурс] / Ю.И. Пимшин, Ю.С. Забазнов, Л.Ф. Кирильчик // Инженерный вестник Дона : сетевой журн. – 2014. – №1. – Режим доступа: URL:<http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2263> – 12.05.2016.
2. Пимшин, Ю.И. и др. Геодезическое обеспечение мониторинга технического состояния защитных герметичных оболочек атомных электрических станций (АЭС) в период их строительства, преднапряжения и испытания [Текст] / Ю.И. Пимшин, Ю.С. Забазнов, Е.Б. Ключин // Сборник статей по итогам научно-технических конференций. Выпуск 7 (в двух частях). – Ч1.–М.: МИИГАиК, 2014 / прилож. к журналу «Геодезия и аэрофотосъемка» №6. – 2014. – С. 19–23.
3. Гайрабеков, И.Г. и др. Результаты выполненных работ в рамках мониторинга защитных герметичных оболочек строящихся блоков Ростовской АЭС [Текст] / И.Г. Гайрабеков, Ю.И. Пимшин, О.А. Губеладзе, В.Н. Медведев // Сборник статей по итогам научно-технических конференций. Выпуск 7 (в двух частях) – Ч1. – М.: МИИГАиК, 2014 / прилож. к журналу «Геодезия и аэрофотосъемка» №6. – 2014. – С. 29–30.
4. Пат. 2426089 Российская Федерация, МПК G01, М 99/00. Способ определения деформационных характеристик сооружений [Текст] / Ю.И. Пимшин, В.А. Наугольников, И.Ю. Пимшин, Ю.С. Забазнов, В.В. Яковлев; заявитель и патентообладатель Пимшин Ю.И., Наугольников В.А., Пимшин И.Ю., Забазнов Ю.С., Яковлев В.В. – №2010105351/28; заявл. 15.02.10; опубл. 20.08.11, бюл. №22. – 8 с.: ил.
5. Пат. 2546990 Российская Федерация, МПК G01, М 99/00. Способ определения деформационных характеристик защитной герметичной оболочки [Текст] / Ю.И. Пимшин, Ю.С. Забазнов, О.А. Губеладзе, П.Ю. Пимшин; заявитель и патентообладатель Пимшин Ю.И., Забазнов Ю.С., Губеладзе О.А., Пимшин П.Ю., Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ростовский государственный строительный университет», РГСУ.– № 2013154404/28; заявл. 06.12.13; опубл. 10.04.15, бюл. №10.– 8 с.: ил.

REFERENCES

- [1] Pimshin Yu.I., Zabaznov Yu.S., Kirilchik L.F. Analiz raboty stroitelnykh elementov germetichnoy obolochki AES pri ee prednapryazhenii i ispytanii [The analysis of work of construction elements of a tight cover of the NPP at its pretension and test] . Engineering journal of Don, 2014, №1. – Available at: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2263> ISSN 2073-8633 (in Russian)
- [2] Pimshin Yu.I., Zabaznov Yu.S., Klyushin E.B. Geodezicheskoe obespechenie monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya zashchitnykh germetichnykh obolochek atomnykh elektricheskikh stantsiy (AES) v period ikh stroitel'stva, prednapryazheniya i ispytaniya [Geodetic support of monitoring of technical condition of protective tight covers of the nuclear power plants (NPP) during their construction, pretension and test]. The collection of articles following the results of scientific and technical conferences. Release 7 (in two parts). – Part 1. – M.: MIIGAiK / annex to the "Geodesy and Aero Photofilming" magazine №6, 2014. pp. 19–23. (in Russian)
- [3] Gayrabekov I.G., Pimshin Yu.I., Gubeladze O.A., Medvedev V.N. Rezultaty vypolnennykh rabot v ramkakh monitoringa zashchitnykh germetichnykh obolochek stroyashchikhsya blokov Rostovskoy AES [Results of the performed works within monitoring of protective tight covers of blocks under construction of the Rostov NPP]. The collection of articles following the results of scientific and technical conferences. Release 7 (in two parts). – Part 1. – M.: MIIGAiK / annex to the "Geodesy and Aero Photofilming" magazine №6, 2014. p. 29–30. (in Russian)
- [4] Pimshin Yu.I., e.a. Sposob opredeleniya deformatsionnykh kharakteristik sooruzheniy [Way of definition of construction deformation characteristics]. Patent RF, no. 2426089, 2011. (in Russian)
- [5] Pimshin Yu.I., e.a. Sposob opredeleniya deformatsionnykh kharakteristik zashchitnoy germetichnoy obolochki [Way of deformation definition of protective tight cover characteristics]. Patent RF, no. 2546990, 2015. (in Russian)

Influence of Circular Action Crane on Technical Condition of the NPP Constructing Protective Tight Cover

Yu.I. Pimshin^{*1}, E.B. Klyushin^{2}, O.A. Gubeladze^{***3}, V.N. Medvedev^{****4},
S.M. Burdakov^{*5}, Yu.V. Zayarov^{*6},**

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

*** Moscow State University of Geodesy and Cartography
MIIGAiK №4, Gorokhovskiy pereulok, Moscow, Russia 105064*

**** Don State Technical University
Gagarin square 1, Rostov-on-Don, Russia, 344000*

***** Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences
Bolshaya Tverskaya, 52, Moscow, Russia 113191*

¹ e-mail: yipimshin@mephi.ru ; ² e-mail: eklyushin 37@mail.ru ; ³ e-mail: buba26021966@yandex.ru ;
⁴ e-mail: cont@ibrae.ac.ru ; ; ⁵ e-mail: SMBurdakov@mephi.ru ; ⁶ e-mail: yvzayarov@mephi.ru

Abstract – OBJECTIVES We researched technical condition of a protective tight cover of the polar crane. In article questions of stage-by-stage installation and adjustment of the circular action crane established in NPP reactor buildings and its impact on protective cover wall are considered. A stage of installation of the crane for a rail, a stage of trial and static tests are allocated. Results of the natural measurements characterizing deformation of a protective tight cover (PTC) are presented.

CONCLUSIONS The presented material describes NP-1000 situation covers, that is the project, realization of which at the constructing NPPs, comes to the end. However there are the same researches in the NPP-2006 project and their results are fair and require the solution.

Keywords: protective tight cover, deformations, movements, circular action crane, polar crane consoles, crack, construction part.

**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 621.039.546.8

**ПОДГОТОВКА ПРЕСС-ПОРОШКОВ ЗАКИСИ-ОКИСИ УРАНА
И СУХИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ПЛАСТИФИКАТОРОВ ДЛЯ
ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА УРАНА С ЗАДАНЫМ
СТЕХИОМЕТРИЧЕСКИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ**

© 2016 Р.М. Власевский, Ю.С. Зуев

*Снежинский физико-технический институт – филиал
Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Снежинск, Челябинская обл.,
Россия*

В представленной статье предлагается способ подготовки пресс-порошка закиси-окиси урана с использованием сухих органических пластификаторов для последующего прессования и восстановления в углеродной атмосфере до диоксида урана с заданным стехиометрическим коэффициентом. В процессе исследования был отобран ряд сухих пластификаторов, определены их некоторые физико-химические свойства, определено их влияние на физико-химические и технологические свойства порошка закиси-окиси урана, произведена оценка смазывающих и связующих способностей пластификатора. Представлены результаты определения необходимого количества добавляемого пластификатора, исходя из химизма процесса восстановления закиси-окиси урана продуктами разложения.

Ключевые слова: диоксид урана, пластификатор, пресс-порошок, насыпная плотность, гранулометрический состав, текучесть.

Поступила в редакцию 10.04.2016 г.

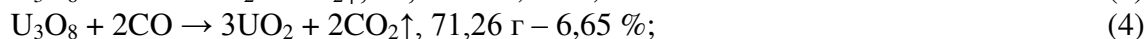
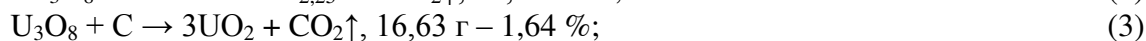
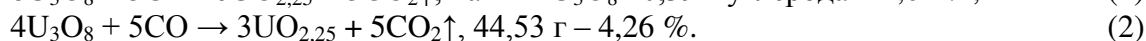
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Диоксид урана является нестехиометрическим соединением, кислородный коэффициент которого может находиться в диапазоне от 1,75 до 2,30, однако при значениях от 2,2 до 2,3 плотность и массовая доля урана данного соединения максимальна [1]. Тем самым, при использовании твэлов на основе $UO(2,2-2,3)$ может быть достигнуто максимальное количество делящегося элемента в единице объема реактора при регламентированном обогащении загружаемого в реактор топлива. В результате увеличивается энергоемкость твэла без существенных изменений в его конструкции – данная задача является достаточно актуальной в настоящее время и учитывается в современных способах проектирования твэлов ВВЭР [2].

Существующая технология получения диоксида урана основана на восстановлении закиси-окиси урана, а также соединений урана в высших степенях окисления – гексафторида урана или триоксида урана. Это сложные многостадийные процессы, которые могут происходить в различных нейтральных, восстановительных, а также комбинированных чередующихся средах. Широко распространены способы изготовления диоксида урана с применением водорода, а также при спекании закиси-окиси в графитовых индукционных вакуумных печах [3]. Основными недостатками первого способа являются: необходимость изменения среды с окислительной на

восстановительную, невозможность использования отдельных видов материалов, таких, как кварц, и возможность перевосстановления диоксида урана. Также наиболее опасным недостатком является высокая взрывоопасность из-за использования водорода.

При получении диоксида урана спеканием в углеграфитовых печах закись-окись урана предварительно смешивается с органическим пластификатором – веществом, которое придает закиси-окиси свойство формуемости и определенную пластичность, затем прессуется и сушится. В процессе спекания под разряжением происходит пиролиз пластификатора, что в результате приводит к образованию слабой восстановительной атмосферы: оставшийся после разложения углерод при температуре выше 600°C начинает взаимодействовать с закисью-окисью по реакциям (1-4), восстанавливая уран. После представленных реакций указана расчетная массовая доля углерода, необходимого для восстановления закиси-окиси урана до необходимого оксида.



Соприкасаясь со стенками углеграфитового тигля, остаточные количества кислорода взаимодействуют по известным реакциям:



Этот способ наиболее приемлем для производства диоксида урана, поскольку в нем не используется водород, меньше энергетических затрат, а также существует возможность изменять свойства конечного продукта, таких как спеченная плотность полученного порошка, гранулометрический состав и конечное отношение урана к кислороду [4].

Большое распространение в качестве пластифицирующих добавок получили водные растворы высокомолекулярных спиртов. Пластификаторы такого типа позволяют использовать простую технологическую аппаратуру и получить наилучшее распределение компонентов, однако их применение приводит к увеличению времени процесса в связи с необходимостью удаления влаги, а также к определенным ограничениям для обеспечения ядерной безопасности. Это приводит к снижению технико-экономических показателей процесса получения диоксида урана и увеличению удельных затрат.

Более выгодными являются так называемые сухие пластификаторы: высокомолекулярные жирные кислоты и их производные (в основном производные стеариновой кислоты), особенно если ставится задача получения пресс-порошка со стабильными технологическими свойствами. Пластифицирующие свойства этих веществ проявляются уже при небольших добавках, благодаря чему качество продукции может быть улучшено.

Основной целью исследования является определение влияния различных пластифицирующих добавок на качественные характеристики прессованных и спечённых таблеток оксидов урана с последующим выбором пластифицирующей

добавки, позволяющей получать «сухим» способом порошки диоксида урана с заданными характеристиками. Данная работа предусматривала подбор пластификаторов исходя из определения их физико-химических свойств, исследование влияния пластификаторов на физико-химические свойства порошка закиси-оксида урана и подготовка пресс-порошков для дальнейших экспериментов по прессованию и спеканию.

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В рамках данной работы были исследованы следующие пластифицирующие добавки, которые в своём составе содержат только атомы углерода, водорода, кислорода, и представляют разные классы органических соединений: гликоль дистеарат, глицерил стеарат лактат, пентаэритрил стеарат, полиглицерил-3 стеарат, пропиленгликоль стеарат (ПГС), полиэтиленгликоль (ПЭГ-4000), ПЭГ-37 моностеарат, синтанол (ОС-20), сорбитан стеарат, стеариновая кислота, цетилпальмитат. У всех исследуемых пластификаторов методами дифференциально сканирующей колориметрии (DSC) и термогравиметрии (DTG) были определены температуры плавления, температуры разложения и степень разложения образцов. Результаты определения представлены в таблице 1.

По результатам DTG и DSC-исследования было определено, что все анализируемые пластификаторы имеют степень разложения не менее 99,9 % и низкую температуру плавления в пределах от 39,8 °С (для ПГС) до 68,8 °С (для стеариновой кислоты).

Таблица 1. – Температуры плавления и разложения сухих пластификаторов

Вид пластификатора	Температура плавления, °С		Температура разложения, °С	
	Справочные данные [5]	Результат анализа	Начало	Конец
Гликоль дистеарат	62-65	64,7	232,0	496,7
Глицерил стеарат лактат	45-55	47,2	257,0	507,8
Пентаэритрил стеарат	50-54	51,2	251,4	525,5
Полиглицерил-3 стеарат	50-60	57,1	237,3	516,6
Пропиленгликоль стеарат (ПГС)	-	39,8	253,0	527,3
ПЭГ-37 моностеарат	42-50	49,7	230,2	283,2
ПЭГ-4000	65-72	61,0	195,2	269,4
Синтанол ОС-20	35-50	46,7	208,6	502,5
Сорбитан стеарат	50-60	57,9	237,5	528,4
Стеариновая кислота	71,5-72	68,8	216,5	502,7
Цетилпальмитат	52-56	54,8	241,6	540,0

В процессе подготовки пресс-порошка предполагалось, что в процессе смешения происходит нагревание смеси за счет взаимного трения частиц порошка друг об друга – это приводило бы к плавлению пластификатора, тем самым происходило более полное и равномерное распределение пластификатора по всей поверхности частиц. Было определено, что при частоте вращения лопасти в лопастном смесителе, равной 2000

оборотов в минуту и смешении в течение 20 минут порошок закиси-окиси урана нагревается до температуры более 70°C – эта температура достаточна для расплавления всех представленных сухих пластификаторов.

Были проведены эксперименты по подготовке пресс-порошков закиси-окиси-урана с пластификаторами. Приготовление пресс-порошка происходило в лопадном смесителе по описанному выше режиму – при 20 минутах смешения и частоте вращения лопасти 2000 оборотов в минуту. Количество добавляемого пластификатора определялось, исходя из количества углерода, необходимого для восстановления закиси-окиси до UO_2 ,25 согласно реакциям (1-2). Из расчетных данных видно, что это количество лежит в диапазоне от 1,03 до 4,26 процентов. Было решено добавлять 1, 1,5, 2 и 3 процента для всех выбранных пластификаторов.

Было произведено определение влияния количества вводимого пластификатора (на примере ПЭГ-4000) на физико-химические характеристики порошка. Результаты исследования показали, что с увеличением количества пластификатора от 1 % до 3 % происходит плавное увеличение по логарифмической зависимости текучести, а также насыпного веса пресс-порошка с 2,22 г/см³ до 2,48 г/см³, при этом в пределах содержания пластификатора от 1 до 3 % отличия практически не обнаруживались. Результаты изменения физико-химических свойств порошков после введения в них пластифицирующих добавок представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что использование пластификаторов в количестве 3% приводит к получению пресс-порошков с различными характеристиками. Так наименьшими значениями полной удельной поверхности относительно этой характеристики у исходной закиси-окиси обладают пресс-порошки, полученные с использованием синтанола ОС-20, глицерил стеарата лактата, ПЭГ-37, цетилпальмитата и ПЭГ-4000. Это свидетельствует о том, что эти пластификаторы обладают лучшими свойствами относительно распределения как внутри частиц, так и снаружи, образуя на поверхности порошка плёнку.

Улучшение текучести пресс-порошков, выражающееся уменьшением значения этого показателя, свидетельствует о хороших смазывающих свойствах пластификатора. Наименьшие значения текучести получены для пресс-порошков, приготовленных с использованием синтанола ОС-20, пропиленгликоль стеарата, ПЭГ-4000, гликоль дистеарата и стеариновой кислоты.

Таблица 2. – Физико-химические свойства анализируемых порошков

Используемый пластификатор	Массовая доля пластификатора, %	ПУП	Текучесть, сек	Насыпной вес, г/см ³	
				Без утряски	С утряской
Исходная U_3O_8	0	4,5	3,6	2,39	2,65
ПЭГ-4000	1	-	3,7	2,29	2,59
	1,5	-	3,6	2,29	2,59
	2	-	3,5	2,30	2,60
	3	2,5	2,9	2,31	2,62
Гликоль дистеарат	1	-	4,0	2,29	2,61
	3	3,1	2,8	2,48	2,69
Глицерил стеарат лактат	1	-	3,6	2,30	2,61
	3	2,4	3,2	2,49	2,71
Пентаэритрил стеарат	1	-	3,6	2,27	2,58
	3	3,2	3,5	2,44	2,71

Продолжение таблицы 2

Полиглицерил-3 стеарат	1	-	3,6	2,45	2,66
	3	2,8	3,5	2,48	2,64
Пропиленгликоль стеарат (ПГС)	1	-	3,4	2,25	2,55
	3	2,8	2,9	2,30	2,50
ПЭГ-37 моностеарат	1	-	3,6	2,28	2,59
	3	2,6	3,5	2,44	2,65
Синтанол ОС-20	1	-	2,9	2,27	2,63
	3	2,4	2,9	2,30	2,55
Сорбитан стеарат	1	-	3,5	2,27	2,52
	3	3,3	3,5	2,38	2,58
Стеариновая кислота	1	-	2,9	2,30	2,65
	3	3,4	2,7	2,37	2,69
Цетилпальмитат	1	-	3,6	2,37	2,63
	3	2,6	3,6	2,48	2,67

Разница между значениями насыпного веса с утряской и насыпного веса без утряски для любых порошков является неким критерием, характеризующим способность частиц порошка к более компактной упаковке [6]. Наибольшая разница между значениями насыпных весов получена для пресс-порошков, приготовленных с использованием пентаэритрил стеарата, ПЭГ-4000 и стеариновой кислоты.

Из всего вышеуказанного можно заключить, что наибольшим количеством положительных свойств относительно изменения свойств пресс-порошков обладают следующие пластификаторы: ПЭГ-4000, синтанол ОС-20, пентаэритрил стеарат и стеариновая кислота.

Был определен фракционный состав подготовленных пресс-порошков. Определение было произведено на ситах с размером ячеек 71 мкм, 125 мкм, 250 мкм, 315 мкм, 500 мкм, 630 мкм, 1000 мкм. Результаты определения представлены на рисунке 1.

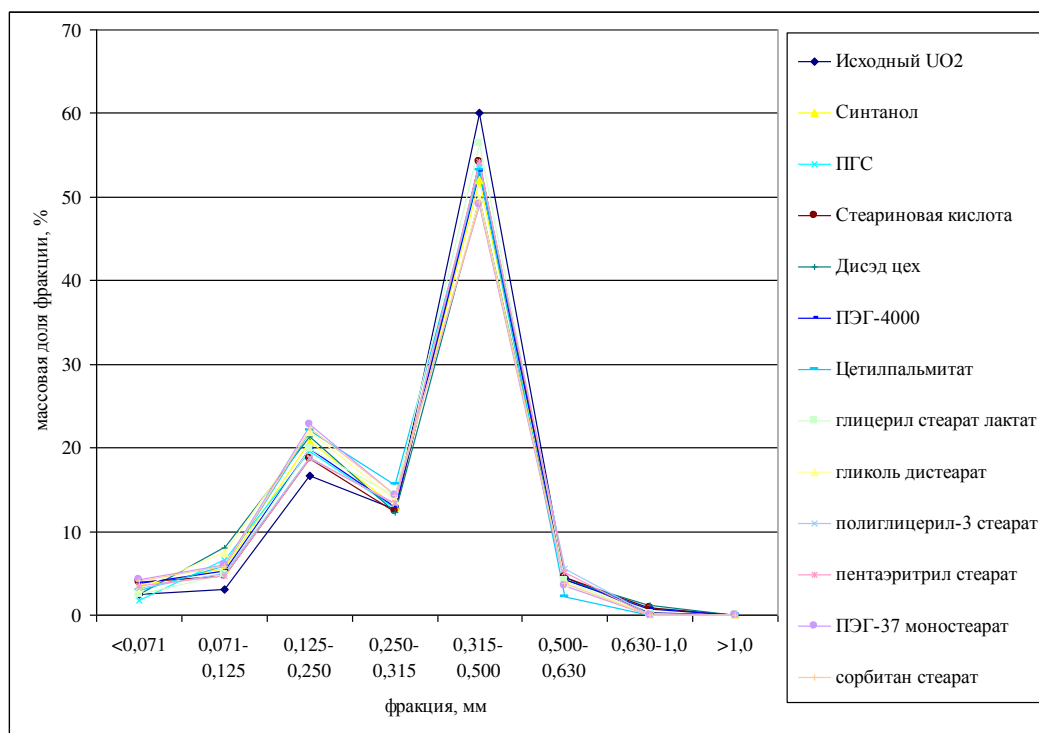


Рис. 1. – Фракционный состав подготовленных пресс-порошков

Из рисунка 1 видно, что фракционный состав порошков при введении 3% пластифицирующих добавок практически не изменяется. Наблюдается бимодальное распределение по размеру частиц порошка с максимумами на фракциях 125÷250 мкм и 315÷500 мкм. Отсюда следует, что ни один из использованных пластификаторов в условиях приготовления пресс-порошков не проявил себя в качестве эффективного связывающего, агломерирующего компонента для частиц порошка исходной закиси-оксида урана.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты, как по физико-химическим свойствам самих пластификаторов, так и по оценке их влияния на физико-химические и технологические свойства порошка закиси-оксида урана, позволяют сделать следующие выводы:

Температуры плавления, а также температуры и степень разложения подобранных пластификаторов удовлетворяют технологическому режиму предложенного способа приготовления пресс-порошков.

Технологическая схема подготовки пресс-порошка, включающая в себя введение до 3% пластификатора с последующим смешением и нагревом в лопастном смесителе, позволяет изменить физико-химические и технологические свойства порошка закиси-оксида урана, а именно улучшить текучесть и увеличить значение насыпной плотности.

Исходя из анализа фракционного состава, было определено, что сухие пластификаторы малоэффективны для агломерации частиц порошка, вследствие этого можно предположить незначительное влияние сухих пластификаторов на прессуемость. Полученные пресс-порошки будут использованы для последующего изучения влияния пластификаторов на процесс прессования, спекания и получения диоксида урана с заданными характеристиками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кац, Дж. и др.* Химия урана. Уран как элемент, его бинарные соединения, гидраты окислов и оксигалогениды. кн. 1: пер. с англ. [Текст] / Дж. Кац, Е. Рабинович. – М.: Иностранная литература, 1954. – 490 с.
2. *Новиков, В.В. и др.* Современные подходы к проектированию твэлов ВВЭР [Текст] / В.В. Новиков, В.И. Кузнецов, А.В. Салатов // Атомная энергия. – 2015. – Т. 119. – Вып. 5. – С. 269–275.
3. *Тураев, Н.С. и др.* Химия и технология урана: учебное пособие для вузов [Текст] / Н.С. Тураев, И.И. Жерин. – М.: ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2005. – 407 с.
4. Патент 2182378 РФ, G21C3/62. Способ получения спеченного оксида урана.
5. *Мадорский, С.В.* Термическое разложение органических полимеров [Текст] / С.В. Мадорский. – М.: Мир, 1967. – 332 с.
6. *Либенсон, Г.А.* Производство порошковых изделий [Текст] / Г.А. Либенсон. – М.: Metallurgy, 1990. – 240 с.

REFERENCES

- [1] Kats Dzh., Rabinovich E. Khimiya urana. Uran kak element, ego binarnye soedineniya, gidraty okislov i oksigalogenidy. Kniga 1 [Uranium chemistry. Uranium as element, its binary compounds, hydrates of oxides and oxyhalogenides. Book 1]: perevod s angliyskogo [translated from English]. M. Pub. Inostrannaya literatura [Inostrannaya Literature], 1954, 490 p. (in Russian)
- [2] Novikov V.V., Kuznetsov V.I., Salatov A.V. Sovremennye podkhody k proektirovaniyu tvelov VVER [Modern approaches to design of fuel elements of PWER]. Atomnaya energiya [Atomic Energy], 2015, Vol. 119, Vypusk. 5 [Issue 5], ISSN 0004-7163, pp. 269–275. (in Russian)
- [3] Turaev N.S., Zherini I.I. Khimiya i tekhnologiya urana: uchebnoe posobie dlya vuzov [Chemistry and technology of uranium: manual for higher education institutions]. M. Pub. TsNIIATOMINFORM [TSNIIATOMINFORM], 2005. ISBN 5–7262–0526, 407 p. (in Russian)

- [4] Patent 2182378 RF, G21C3/62. Sposob polucheniya spechennogo oksida urana [Patent 2182378 Russian Federation, G21C3/62. A way of receiving the baked uranium oxide.].
- [5] Madorskiy S.V. Termicheskoe razlozhenie organicheskikh polimerov [Thermal decomposition of organic polymers]. M. Pub. Mir [Mir], 1967, 332 p. (in Russian)
- [6] Libenson G.A. Proizvodstvo poroshkovykh izdeliy [Production of powder products]. M. Pub. Metallurgiya [Metallurgy], 1990, ISBN 5-229-00497-5, 240 p. (in Russian)

Preparation of Uranium Protoxide Oxide Press Powders and Dry Organic Softeners for Receiving Uranium Dioxide with Set-Up Stoichiometric Ratio

R.M. Vlasevsky, Yu.S. Zuev

*Snezhinsk Physics and Technology Institute the Branch of National Research Nuclear University MEPhI
Komsomolsk st., 8, Snezhinsk city, Cheliabinsk reg., Russia 456776
e-mail: YSZuev@mephi.ru*

Abstract – OBJECTIVES We proposed a method for the preparation of uranium oxide concentrate molding powder using dry organic plasticizers for subsequent compression and recovery in a carbon atmosphere to the uranium dioxide with set-up stoichiometric ratio. METHODS A number of dry softeners has been selected, their some physical and chemical properties are defined, their influence on physical and chemical and technological properties of uranium protoxide oxide powder is defined, the assessment of the greasing and binding abilities of softener is made. RESULTS Results of definition of the added softener necessary amount, proceeding from chemistry of restoration process of uranium protoxide oxide by decomposition products are presented.

Keywords: uranium dioxide, softener, press powder, bulk density, particle size distribution, fluidity.

**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 004.71

**ПОГРЕШНОСТЬ ДАТИРОВАНИЯ (СДВИГА) РЕЗУЛЬТАТОВ
ИЗМЕРЕНИЙ И ЕЕ СВЯЗЬ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ
ИНТЕРФЕЙСА**

© 2016 Ю.П. Муха*, Э.И. Цветков**, И.Ю. Королева*

* *Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Волгоградская обл. Россия*

** *Государственный электротехнический университет (ЛЭТИ),
Санкт-Петербург, Россия*

Проблема временного согласования процессов передачи сложноорганизованной информации по каналам информационных и информационно-измерительных систем, используемых в технологических контурах атомных электростанций, имеет очень важное значение, так как постоянное внедрение IT-технологий оказывает существенное влияние на процесс структурного развития этих систем. Целью исследований, рассмотренных в статье, является методика анализа процессов динамического согласования на основе их оценивания с помощью динамической погрешности. Для достижения этой цели решаются задачи: формирования результатов измерений и представления с учетом моментов времени, с которыми они соотносятся; анализа процесса согласования каналов измерений на примере гибкого интерфейсного блока, осуществляющего кодовые преобразования. Основным методом анализа является метод операциональной записи уравнения измерения и уравнений погрешностей датирования. Инновационную ценность представляет методика анализа динамических свойств используемых аппаратных средств при построении сетей передачи сложной информации. Результатом исследований является получение технических оценок динамической погрешности датирования кодового преобразователя – гибкого интеллектуального интерфейса.

Ключевые слова: погрешность датирования, типовые процедуры измерений, передача цифровой информации, измерительные преобразования.

Поступила в редакцию 10.06.2016 г.

Как известно, основной стратегией Атомного концерна России является постоянное развитие в рамках увеличения комплекса реализуемых функций и структурного расширения за счет присоединения новых объектов [1]. Управление деятельностью Концерна и его подразделений требует совершенствования IT-технологий, используемых в информационно-измерительных и управляющих сетях, что становится возможным лишь с помощью присоединения новой периферии и дополнительных каналов в структуре сетей связи. При этом необходимым элементом каналов передачи измерительной и управляющей информации является интерфейсный кодовый преобразователь, который обладает, безусловно, ограниченными динамическими свойствами, и в зависимости от задачи для системы в целом быть динамической задержкой, вызывая динамическую погрешность в процессе канализации как измерительной, так и управляющей информации.

Одним из видов динамической погрешности является погрешность динамического согласования элементов каналов или погрешность датирования. Однако, очевидность связи точности измерений с погрешностью датирования [2], [3] не

было подкреплено соответствующими корректными определениями и методами установления их вероятностных характеристик (ВХ). Дальнейшее усложнение средств и процедур измерений, все более широкое применение параллельных и параллельно-последовательных измерений неуклонно повышает роль погрешностей датирования и требует разработки аппарата корректного их описания и анализа ВХ.

В настоящей работе представлен подход к описанию и анализу свойств погрешностей датирования применительно к некоторым основным типовым процедурам измерений.

Разделение погрешностей на статические и динамические обусловлено потребностью в определении связи последних с характером изменения измеряемой величины λ во времени и динамическими характеристиками средств измерений. В [4] рассмотрен подход к представлению полной погрешности в виде суммы статической ($\Delta_{\text{стат}} \lambda_j^*$) и динамической ($\Delta_{\text{дин}} \lambda_j^*$) составляющих на основе уравнения измерений $\lambda_j^* = R_m \dots R_1 \gamma_j$ (R_i - оператор, представляющий i -ое измерительное преобразование):

$$\Delta \lambda_j^* = \Delta_{\text{стат}} \lambda_j^* + \Delta_{\text{дин}} \lambda_j^*, \quad (1)$$

где $\Delta_{\text{стат}} \lambda_j^* = \sum_{i=1}^m \Delta_{\text{стат } i} \lambda_j^*$

$$\Delta_{\text{дин}} \lambda_j^* = \sum_{i=1}^m \Delta_{\text{дин } i} \lambda_j^*,$$

$$\Delta_i \lambda_j^* = \Delta_{\text{стат } i} \lambda_j^* + \Delta_{\text{дин } i} \lambda_j^* - \text{компонент полной погрешности, обусловленный отличием реализуемого преобразования } R_i \text{ от гипотетического } R_i^F.$$

Компьютеризация измерений, в результате которой часть измерительных преобразований стала выполняться в числовой форме, привела к разделению динамических погрешностей на две группы: порождаемых инерционностью аналоговых преобразователей ($\Delta_{\text{дин } a} \lambda_j^*$) и порождаемых конечностью быстродействия используемых при выполнении измерений процессорных средств ($\Delta_{\text{дин } ч} \lambda_j^*$). В силу ряда причин в процедуре измерений могут возникать паузы, когда очередная элементарная измерительная операция начинает выполняться не в момент завершения предшествующей, а с некоторой задержкой (сдвигом). Для представления процедуры измерений в виде, учитывающем время формирования промежуточных и конечного результатов, используется следующая последовательность отображений:

$$\begin{aligned} \gamma_j(t) \cdot 1(t - t_j) &\rightarrow R_1 \gamma_j(t) \cdot 1(t - t_j - \Delta t_1) \rightarrow \dots \rightarrow R_i \dots R_1 \gamma_j(t) \cdot 1(t - t_j - \sum_{s=1}^i \Delta t_s) \\ &\rightarrow \dots \rightarrow R_m \dots R_1 \gamma_j(t) \cdot 1(t - t_j - \sum_{s=1}^m \Delta t_s) \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь $1(x)$ – т.н. функция единичного скачка: $1(x) = 0$ при $x < 0$ и $1(x) = 1$ при $x \geq 0$.

Обозначая сдвиг оператором $R_{\text{сд}}$ и полагая, что он определяется задержкой момента представления результата измерений относительно момента его формирования, рассмотрим соответствующую процедуру измерений:

$$\gamma_j(t) \cdot 1(t - t_j) \rightarrow R_a \gamma_j(t) \cdot 1(t - t_j - \Delta t_a) \rightarrow R_q R_a \gamma_j(t) \cdot 1(t - t_j - \Delta t_a - \Delta t_q) \rightarrow R_{cd} R_q R_a \gamma_j(t) \cdot 1(t - t_j - \Delta t_a - \Delta t_q - \Delta t_{cd}), \quad (3)$$

где t_j – момент начала формирования результата в j -ом измерительном эксперименте;

Δt_a – время, затрачиваемое на выполнение аналоговых измерительных преобразований (R_a);

Δt_q – время, затрачиваемое на выполнение числовых измерительных преобразований (R_q);

Δt_{cd} – время сдвига (R_{cd}) момента представления результата измерений λ_j^* относительно момента его формирования.

Из изложенного следует, что:

$$\Delta_{дин} \lambda_j^* = \Delta_{дин а} \lambda_j^* + \Delta_{дин ч} \lambda_j^* + \Delta_{дин cd} \lambda_j^*, \quad (4)$$

где $\Delta_{дин а} \lambda_j^* = \int_{t_j}^{t_j + \Delta t_a} \lambda_j(t') \cdot h(t_j + \Delta t_a, t') \cdot dt' - \lambda_j(t_j + \Delta t_a)$ – динамическая

погрешность, порожденная аналоговыми преобразованиями;

$\Delta_{дин ч} \lambda_j^* = \lambda_j(t_j + \Delta t_a) - \lambda_j(t_j + \Delta t_a + \Delta t_q)$ – процессорная динамическая погрешность, порожденная конечностью быстродействия процессора;

$\Delta_{дин cd} \lambda_j^* = \lambda_j(t_j + \Delta t_a + \Delta t_q) - \lambda_j(t_j + \Delta t_a + \Delta t_q + \Delta t_{cd})$ – динамическая погрешность, порожденная сдвигом момента представления результата измерений относительно момента его формирования (погрешность датирования).

В отличие от первых двух компонентов динамической погрешности

($\Delta_{дин а} \lambda_j^*$ и $\Delta_{дин ч} \lambda_j^*$) погрешность датирования исследована явно недостаточно.

Цель настоящей работы заключается в анализе общих свойств $\Delta_{дин cd} \lambda_j^*$ и рассмотрении типовых случаев, представляющих интерес для приложений. Погрешность датирования может порождаться различными причинами – видом выполняемых измерений (прямые, косвенные), организацией измерений (параллельные, параллельно-последовательные, последовательные), особенностями используемого интерфейса и т.п.

Из общего определения погрешности датирования следует, что ее свойства зависят от динамических характеристик измеряемой величины и интервала Δt_{cd} . Если представить динамические свойства $\lambda(t)$ двумерной плотностью распределения вероятности $w(t, t + \Delta t_{cd})$, то плотность распределения вероятности погрешности $w(\Delta_{дин cd} \lambda_j^*) = w(t) * w(t + \Delta t_{cd})$ – композиция одномерных распределений сдвинутых на Δt_{cd} значений $\lambda(t)$. Установление $w(\Delta_{дин cd} \lambda_j^*)$ обеспечивает возможность определения вероятностных характеристик (ВХ) погрешности датирования. Именно, условная ВХ $\Theta[\Delta_{дин cd} \lambda_j^* / \Delta t_{cd}]$ определяется выражением

$$\Theta[\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^* / \Delta t_{\text{сд}}] = \int_{-\infty}^{\infty} g(\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^*) \cdot w(\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^*) \cdot d(\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^*), \quad (5)$$

где $g(\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^*)$ – преобразование, лежащее в основе определения ВХ Θ [3].

В общем случае $\Delta t_{\text{сд}}$ также случайная величина, характеризующая плотностью распределения вероятности $w(\Delta t_{\text{сд}})$. Тогда безусловные ВХ погрешностей датирования определяются соотношением

$$\Theta[\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^*] = \int_{-\infty}^{\infty} \Theta[\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^* / \Delta t_{\text{сд}}] \cdot w(\Delta t_{\text{сд}}) \cdot d(\Delta t_{\text{сд}}) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^*) \cdot w(\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^*) \cdot w(\Delta t_{\text{сд}}) \cdot d(\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^*) \cdot d(\Delta t_{\text{сд}}). \quad (6)$$

Соответственно:

$$M[\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^*] = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^* \cdot w(\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^*) \cdot w(\Delta t_{\text{сд}}) \cdot d(\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^*) \cdot d(\Delta t_{\text{сд}}); \quad (7)$$

$$D[\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^* / \Delta t_{\text{сд}}] = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^* - M[\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^* / \Delta t_{\text{сд}}])^2 \cdot w(\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^*) \cdot w(\Delta t_{\text{сд}}) \cdot d(\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^*) \cdot d(\Delta t_{\text{сд}}); \quad (8)$$

$$P_{\Delta}[-\Delta_1, -\Delta_1 / \Delta t_{\text{сд}}] = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\Delta_1}^{\Delta_1} w(\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^*) \cdot w(\Delta t_{\text{сд}}) \cdot d(\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^*) \cdot d(\Delta t_{\text{сд}}). \quad (9)$$

Для стационарных $\lambda(t)$:

$$M[\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^* / \Delta t_{\text{сд}}] = 0;$$

$$D[\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^* / \Delta t_{\text{сд}}] = 2D[\lambda] - 2 \int_{-\infty}^{\infty} B_{\lambda}[\Delta t_{\text{сд}}] \cdot w(\Delta t_{\text{сд}}) \cdot d(\Delta t_{\text{сд}}).$$

Приведенные соотношения для определения ВХ погрешностей датирования хотя и носят общий характер, исходят из предположения, что временной сдвиг включает измерительную процедуру. Однако, в общем случае возможно появление пауз в процессе выполнения измерений.

Ниже проводится пример исследования погрешностей датирования результатов измерений, получаемых с использованием прямых параллельно-последовательных измерений совокупности величин $\{\lambda_i\}_{i=1}^I$ с использованием группового АЦП и группового процессора на основе полученных базовых соотношений.

Сдвиг обусловлен последовательным выполнением аналого-цифровых и числовых измерительных преобразований для измеряемых величин. Выражения для результатов измерений и погрешностей датирования те же, но $\Delta t_{i \text{ ч}}$ включает в себя время, затрачиваемое на выполнение аналого-цифрового преобразования.

Рассмотрение типовых процедур косвенных измерений требует развития полученных выше соотношений для оценивания ВХ погрешностей датирования. Это вытекает из того, что значение измеряемой величины представляется в виде известной функции совокупности параметров:

$$\lambda_j = F(\{\alpha_{ij}\}_{i=1}^I).$$

Соответственно результат измерений равен:

$$\lambda_j^* = F(\{\alpha_{ij}^*\}_{i=1}^I),$$

а представляющая процедуру косвенных измерений последовательность отображений имеет вид:

$$\{\gamma_{ij}(t) \cdot 1(t - t_j) \rightarrow R_{1i} \gamma_j(t) \rightarrow \dots \rightarrow \alpha_{ij}^* = R_{m_i} \dots R_{1i} \gamma_j(t)\}_{i=1}^I \rightarrow \lambda_j^* = R_F \{\alpha_{ij}^*\}_{i=1}^I \quad (10)$$

Здесь R_F – оператор, представляющий преобразование $F(\cdot)$.

В общем случае результат измерения каждого параметра характеризуется погрешностями, включая погрешность датирования

$$\alpha_{ij}^* = \alpha_{ij}^{*'} + \Delta_{\text{дин } \text{сд}} \alpha_{ij}^* \quad (11)$$

$$(\alpha_{ij}^{*'} = \alpha_{ij} + \Delta_{\text{стат}} \alpha_{ij}^* + \Delta_{\text{дин } a} \alpha_{ij}^* + \Delta_{\text{дин } \text{ч}} \alpha_{ij}^*).$$

Совокупность погрешностей датирования $\{\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \alpha_{ij}^*\}_{i=1}^I$ обуславливает появление погрешности датирования результата косвенных измерений. Именно,

$$\lambda_j^* = R_F \{\alpha_{ij}^*\}_{i=1}^I = R_F \{\alpha_{ij}^{*'}\}_{i=1}^I + \Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^*, \quad (12)$$

т.е.

$$\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^* = R_F \{\alpha_{ij}^*\}_{i=1}^I - R_F \{\alpha_{ij}^{*'}\}_{i=1}^I. \quad (13)$$

Пример.

Пусть $\lambda_j = c_1 \cdot \alpha_{1j} + c_2 \cdot \alpha_{2j}$.

Тогда $\lambda_j^* = c_1 \cdot \alpha_{1j}^{*'} + c_2 \cdot \alpha_{2j}^{*'} + c_1 \cdot \Delta_{\text{дин } \text{сд}} \alpha_{1j}^* + c_2 \cdot \Delta_{\text{дин } \text{сд}} \alpha_{2j}^*$ и

$$\Delta_{\text{дин } \text{сд}} \lambda_j^* = c_1 \cdot \Delta_{\text{дин } \text{сд}} \alpha_{1j}^* + c_2 \cdot \Delta_{\text{дин } \text{сд}} \alpha_{2j}^*.$$

При анализе конкретных типовых процедур косвенных измерений следует иметь в виду, что преобразование $F(\cdot)$ выполняется после измерения всех входящих в совокупность $\{\alpha_{ij}^*\}_{i=1}^I$ параметров. При этом характеристики $\Delta t_{\text{сд } i}$ определяются организацией процедуры измерений.

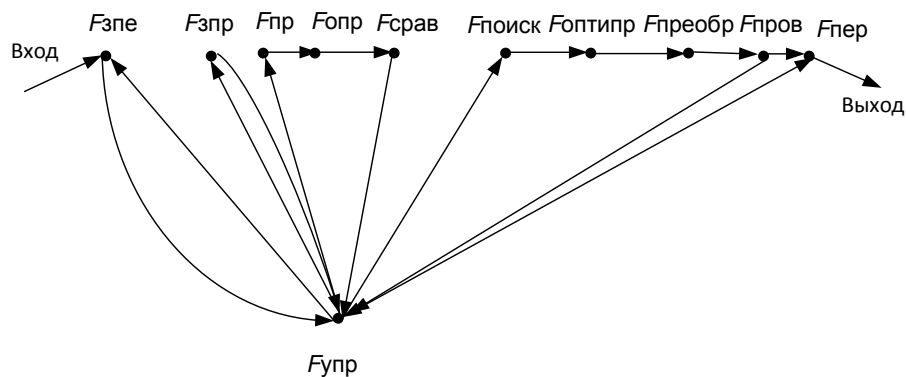
Полученный результат не только обеспечивает возможность проведения метрологического анализа результатов измерений, погрешности которых включают в свой состав погрешности датирования, но и определяет подходы к уменьшению этих погрешностей.

Очевидным методом уменьшения погрешностей датирования является уменьшение $\Delta t_{\text{сд}}$. Однако, необходимо учитывать и зависимость этих погрешностей от динамических характеристик измеряемой величины, а также от организации процедуры измерений (вид типовой процедуры).

Возникновение погрешностей датирования идеологически наиболее прозрачно при анализе процессов передачи цифровой информации в сложных структурах информационно-измерительных систем.

В качестве примера рассмотрим организацию движения сложных информационных пакетов в комплексе кодового преобразователя типа гибкого интеллектуального интерфейса (ГИИ). Применительно к другим областям ранее мы говорили о подобных вопросах [5]. В соответствии с алгоритмом ГИИ [6] начальный

граф системы ГИИ имеет вид (14).



(14)

Граф содержит 8 вершин, соответствующих реализации функций ГИИ. Отдельно внесена вершина $F_{упр}$, соответствующая блоку управления процесса функционирования ГИИ. Блок управления выполняет запросы по функциям получения кодовых слов приемника и передатчика, сравнения систем кодирования, поиска преобразования и проверки информационного сообщения на наличие артефактов и их исправления. Кроме этого, блок управления принимает, а функции $F_{зпе}$, $F_{зпр}$, $F_{срав}$ отсылают сигналы об окончании выполнения обозначенных функций. Здесь приняты следующие обозначения:

- $F_{зпе}$ – запрос установления сеанса и систем кодирования источника;
 - $F_{зпр}$ – запрос установления сеанса и систем кодирования приемника;
 - $F_{пр}$ – выполнение приема информации;
 - $F_{опр}$ – определение систем кодирования источника и приемника;
 - $F_{срав}$ – сравнения систем кодирования;
 - $F_{поиск}$ – поиск алгоритма преобразований систем;
 - $F_{оптипр}$ – выбор оптимального преобразования;
 - $F_{преобр}$ – выполнение оптимального преобразования;
 - $F_{пров}$ – выполнение проверки информационного сообщения на наличие артефактов;
 - $F_{пер}$ – выполнение передачи информации.
- ГИИ – блок, принципиально работающий в динамическом режиме.

Поэтому погрешность результата кодовых преобразований являются принципиально динамическими. Процесс преобразований на 90% является алгоритмическим, следовательно, динамический процесс кодовых преобразований носит методический характер, а основной погрешностью результата кодовых преобразований является динамическая методическая погрешность. Уравнение кодового преобразования при этом можно представить следующим образом:

$$\lambda_{вых}^*(t) = (R_{пер} R_{пров})^{y_{пр}^{l^k}} (R_{преобр} R_{опт} R_{поиск})^{y_{пр}^{l^m}} (R_{срав} R_{опр} R_{пр})^{y_{пр}^{l^k}} \gamma_{вход}(t),$$

а выражение для погрешности датирования ($\lambda_j(t_j + \Delta t_a + \Delta t_u) - \lambda_j(t_j + \Delta t_a + \Delta t_u + \Delta t_{cd})$) может быть записано следующим образом:

$$\Delta \lambda_j^*(t) = \lambda_{j_{вых}}(t + \Delta t_a) -$$

$$- \lambda_{j_{\text{вых}}} (t + \Delta t_a + \sum_1^k \Delta t_{\text{пр}} + \sum_1^k \Delta t_{\text{опр}} + \sum_1^k \Delta t_{\text{срав}} + \sum_1^m \Delta t_{\text{поиск}} + \sum_1^m \Delta t_{\text{опт}} + \sum_1^m \Delta t_{\text{преобр}} + \sum_1^n \Delta t_{\text{пров}} + \sum_1^n \Delta t_{\text{пер}})$$

При этом в процессе обработки информации при помощи ГИИ присутствует задержка: алгебраическая сумма времени исполнения функций по отдельности (время суммированное) меньше времени исполнения всей программы, измеренной при помощи счетчика (время общее). То есть можно говорить о наличии погрешности датирования, которая возникает за счет задержек на исполнение не только основных функций программной модели ГИИ, но также на работу операционной системы, обработку внепрограммных функций ПК.

Значения погрешности датирования изменяются в зависимости от размера и формата передаваемого файла. Однако остается неясным насколько влияет на погрешности плавающие параметры (размер файла и формат). Для эксперимента на определение погрешностей при передаче информации с использованием ГИИ было проведено 100 итераций с фиксированными размерами и форматом на преобразование из JPEG в BMP файла размером 2000 x 3000 пикселей и объемом 1680 Кб.

Анализ экспериментальных данных показал что, несмотря на фиксацию параметров файла, погрешности при передаче ГИИ сохраняются и отличаются между собой в каждой из проведенных 100 итераций. Из этого следует, что на возникновение погрешности влияет не только внутренняя среда ГИИ, но и внешняя: каждый из экспериментов обладает уникальным временем исполнения операций ГИИ. Эксперимент позволяет оценить динамический сдвиг $\Delta t_{\text{дат}}$, приводящий к погрешности датирования. Он имеет случайный характер, с нормальным законом распределения, что следует из большого числа конструктивных причин, независимых друг от друга, приводящих к случайности процесса датирования. Вероятностные характеристики временного сдвига по результатам эксперимента приняли следующие значения:

$$M \{ \Delta t_{\text{дат}} \} = \lim_{N \rightarrow \infty} \Delta t_{\text{дат}} / N$$

$$M[\Delta t_{\text{дат}}] = \frac{\Delta t_{\text{дат}1} + \Delta t_{\text{дат}2} + \dots + \Delta t_{\text{дат}100}}{100} = 0,075474$$

$$D \{ \Delta t_{\text{дат}} \} = \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_1^N \frac{(\Delta t_{\text{дат}i} - M[\Delta t_{\text{дат}}])^2}{N}$$

$$D[\Delta t_{\text{дат}}] = \frac{(\Delta t_{\text{дат}1} - M[\Delta t_{\text{дат}}])^2 + \dots + (100 - M[\Delta t_{\text{дат}}])^2}{100} = 1,311624E-06$$

Проиллюстрируем возможный масштаб погрешностей датирования простейшим примером.

Пример. Измеряемая величина меняется во времени по линейному закону: $\lambda(t_j) = \lambda_j + k_j \cdot (t - t_j)$. Тогда $\Delta_{co} \lambda_j^* = -k_j \cdot \Delta_{co} t_j$ (k_j – случайная величина с известным распределением вероятности $w(k_j)$). Если $w(\Delta_{co} t_j)$ – распределение плотности вероятности $\Delta_{co} t_j$, то $w(\Delta_{co} \lambda_j^*) = w(k_j) * w(\Delta_{co} t_j)$ – композиция законов распределения $w(k_j)$ и $w(\Delta_{co} t_j)$. Для основных вероятностных характеристик $\Delta_{co} \lambda_j^*$ получаем:

$$M[\Delta_{co} \lambda_j^*] = M[k_j] \cdot M[\Delta_{co} t_j],$$

$$D[\Delta_{co} \lambda_j^*] = D[k_j] \cdot D[\Delta_{co} t_j] + D[k_j] \cdot M^2[\Delta_{co} t_j] + D[\Delta_{co} t_j] \cdot M^2[k_j].$$

При $M[k_j] = 0$

$M[\Delta_{co} \lambda_j^*] = 0,$

$D[\Delta_{co} \lambda_j^*] = D[k_j] \cdot D[\Delta_{co} t_j] + D[k_j] \cdot M^2[\Delta_{co} t_j].$

При $\Delta_{\kappa} \lambda = E-03$ (интервал квантования), $D[k_j] = (75^2 \cdot 3)^{-1}$ получаем $^{1/2}[\Delta_{co} \lambda_j^*] \approx 8E-4$. Таким образом, в данном примере СКО погрешности датирования примерно в два раза превышает СКО погрешности квантования ($\approx 5E-4$).

Усложнение средств и процедур измерений влечет за собой рост влияния характеристик интерфейса на точность получаемых результатов, прежде всего, из-за увеличения погрешностей датирования. Анализ характеристик погрешностей датирования становится неотъемлемой частью метрологического анализа средств и процедур измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муха, Ю.П. и др. Синтез структуры развивающихся телекоммуникационных сетей [Текст] / Ю.П. Муха, И.Ю. Королева, П.В. Поваров // Глобальная ядерная безопасность. – 2015. – №4(17). – С. 63–70.
2. ГОСТ 8009-84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1984.
3. Методические указания. ГСИ. Результаты и погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов и контроле их параметров. МИ 1317-86 [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1984.
4. Цветков, Э.И. Основы математической метрологии. – СПб.: Политехника, 2005. – 510 с.
5. Mukha Yu.P., Koroleva I.Yu., Korolev A.D. Document Interfaces for telemedicine data transmission network. Telecommunications and Radio Engineering (English translation of Elektrosvyaz and Radiotekhnika), 2013, №72(12), ISSN 0040-2508, DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v72.i12.100, pp. 1129-1134.
6. Муха, Ю.П. и др. Синтез алгоритма управления ГИИ для систем технического зрения / Ю.П. Муха, И.Ю. Королева, А.Д. Королев // Телекоммуникации. – 2016. – №1. – С. 7–12.

REFERENCES

- [1] Mukha Yu.P., Koroleva I.Yu., Povarov P.V. Sintez struktury razvivayushchikhsya telekommunikatsionnykh setey [Synthesis of developing telecommunication network structure]. Global nuclear safety. 2015, №4(17), ISSN 2305-414X, eISSN 2499-9733, pp.63–70. (in Russian)
- [2] GOST 8009-84 GSI. Normiruemye metrologicheskie kharakteristiki sredstv izmereniy [SST of 8009-84 GSI. The normalized metrological characteristics of measuring instruments]. M. Pub. Izdatelstvo standartov [Standards Publishing House], 1984. (in Russian)
- [3] Metodicheskie ukazaniya. GSI. Rezultaty i pogreshnosti izmereniy. Formy predstavleniya. Spособы ispolzovaniya pri ispytaniyakh obraztsov i kontrole ikh parametrov. MI 1317-86 [Study guide. GSI. Results and errors of measurements. Representation forms. Ways of use at tests of exemplars and monitoring of their parameters. MI 1317-86]. M. Pub. Izdatelstvo standartov [Standards Publishing House], 1984. (in Russian)
- [4] Tsvetkov E.I. Osnovy matematicheskoy metrologii [Fundamentals of mathematical metrology]. Sankt-Peterburg [St. Petersburg]. Pub. Politehnika [Polytechnique], 2005, ISBN 5-7325-0793-0, 510 p. (in Russian)
- [5] Mukha Yu.P., Koroleva I.Yu., Korolev A.D. Document Interfaces for telemedicine data transmission network. Telecommunications and Radio Engineering (English translation of Elektrosvyaz and Radiotekhnika), 2013, 72(12), ISSN 0040-2508, DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v72.i12.100, pp. 1129-1134. (in English)
- [6] Mukha Yu.P., Koroleva I.Yu., Korolev A.D. Sintez algoritma upravleniya GII dlya sistem tekhnicheskogo zreniya [Synthesis of GII control algorithm for systems of technical vision]. Telecommunications and Radio Engineering. 2016, №1, ISSN 0040-2508, pp. 7–12. (in Russian)

Error of Dating (Shear) Results of Measurements and its Relationship with Interface Specification

Y.P. Mukha*¹, E.I. Tsvetkov**, I.Yu. Koroleva*²

** Volgograd State Technical University,
Lenin St., 28, Volgograd, Volgograd region, Russia 400005
¹ e-mail: muxaup@mail.ru ; ² e-mail: artmd64@rambler.ru*

*** State Electrotechnical University (LETI), Department of Information and measuring systems and technologies
Popova St., 5, St. Petersburg, Russia, 197376*

Abstract – BACKGROUND The problem of temporary coordination of processes of elaborate information transfer on channels of the information and information and measuring systems used in technological contours of nuclear power plants is important very much as continuous introduction of IT technologies has significant impact on process of structural development of these systems. OBJECTIVES Research purpose considered in article is the technique of dynamic coordination process analysis on the basis of the estimation by means of a dynamic error. The problems are solved for achievement of this purpose: formations of measurement results and representation taking into account time points they correspond; the analysis of measurement channel coordination process on the example of the flexible interface block which is carrying out code transformations. METHODS The main method of the analysis is the method of operational record of measurement equation and dating error equations. The technique of dynamic properties analysis of the used hardware at creation of completed information transfer networks is of innovative value. RESULTS Receiving technical evaluations of a dynamic dating error of the code converter – the flexible intelligent interface is result of researches.

Keywords: dating error, the standard procedures of measurement, digital information transmission, transmitter.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 621.384.039

**ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СТОЯЧИХ ВОЛН
В ПЕРВОМ КОНТУРЕ АЭС С ВВЭР-440 В ПУСКОВЫХ РЕЖИМАХ**

© 2016 К.Н. Проскуряков*, А.И. Фёдоров**, М.В. Запорожец*, Г.Ю. Волков*

* *Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия*

** *Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция», Нововоронеж,
Воронежская обл., Россия*

Разработана акустическая модель первого контура блока №3с ВВЭР-440 Нововоронежской АЭС. По разработанной программе проведены измерения пульсаций давления теплоносителя в процессе поэтапного (18 этапов) вывода энергоблока из холодного состояния на номинальный уровень мощности. Разработаны методы расчета акустических характеристик теплоносителя в оборудовании первого контура и представлены результаты расчета акустических стоячих волн для 18 этапов пуска энергоблока. Проведено сопоставление результатов расчета частот акустических стоячих волн (АСВ) с автоспектральными плотностями мощности (АСПМ) сигналов от датчиков пульсаций давления. Получено удовлетворительное соответствие результатов расчета частот АСВ с данными измерений. Показано, что компенсатор давления представляет собой резонатор Гельмгольца, резонансная частота которого зависит от уровня теплоносителя в нем.

Ключевые слова: стоячие волны, вибрации, виброакустический резонанс, резонатор Гельмгольца.

Поступила в редакцию 1.06.2016 г.

Практика эксплуатации АЭС показывает, что потоки рабочей среды вызывают механические колебания и вибрации оборудования и его элементов. Эти процессы относятся к числу главных факторов, определяющих динамические нагрузки на оборудование, его срок службы и надежность. Наиболее опасно взаимодействие оборудования с потоком текучей среды в резонансной области колебаний механических элементов и потока. В первом контуре АЭС с ВВЭР основными источниками возбуждения колебаний являются нестационарные гидродинамические процессы в теплоносителе (акустические волны, турбулентность, вихреобразование, кавитация и др.) и главные циркуляционные насосы (ГЦН). В настоящее время актуальной задачей атомной энергетики является обоснование возможности продления проектного срока эксплуатации энергоблоков АЭС. Для выполнения этой задачи необходимо знать остаточный ресурс конструкционных материалов оборудования ответственного за безопасность эксплуатации. При этом в частности, необходимо учитывать потерю несущей способности конструкционных материалов при воздействии высокоцикловых нагрузок, возрастающих в условиях виброакустических резонансов (ВАР). Необходимо отметить, что регламентом пусконаладочных работ не предусмотрено определение ВАР в режимах пуска и останова энергоблоков, их продолжительность не фиксируется и, следовательно, не учитывается в оценках остаточного ресурса.

Для обоснования возможности продления сроков эксплуатации необходимо выявить условия, при которых уровень вибраций превышает допустимые значения, провести идентификацию причин превышения проектного уровня вибраций и по

возможности предотвратить или ограничить их воздействие на оборудование. Для решения этих задач на энергоблоках № 3, 4 Нововоронежской АЭС в 2015 году впервые проведены детальные измерения для 18 этапов пуска энергоблока, что существенно больше числа этапов, предусмотренного регламентом. Для каждого этапа проведены обработка сигналов от датчиков пульсаций давления (ДПД) и идентификация источников возникновения акустических стоячих волн в первом контуре АЭС с ВВЭР-440.

Разработанная акустическая схема первого контура, состоит из 16 участков, показанных на рисунке 1. На рисунке 2 показана акустическая схема реактора. Она включает в себя 4 участка. Каждый участок акустической схемы реактора выделен соответствующим цветом.

В таблице 1 приведены данные расчета, по методикам [1], частот АСВ в участках акустической схемы для 3 этапов пуска энергоблока. В графе таблицы 1 "параметры режима" приведены теплофизические параметры теплоносителя (температура T и давление P) на выходе из активной зоны реактора и значение уровня в компенсаторе давления H , при котором были рассчитаны частоты АСВ на участках 7 и 8.

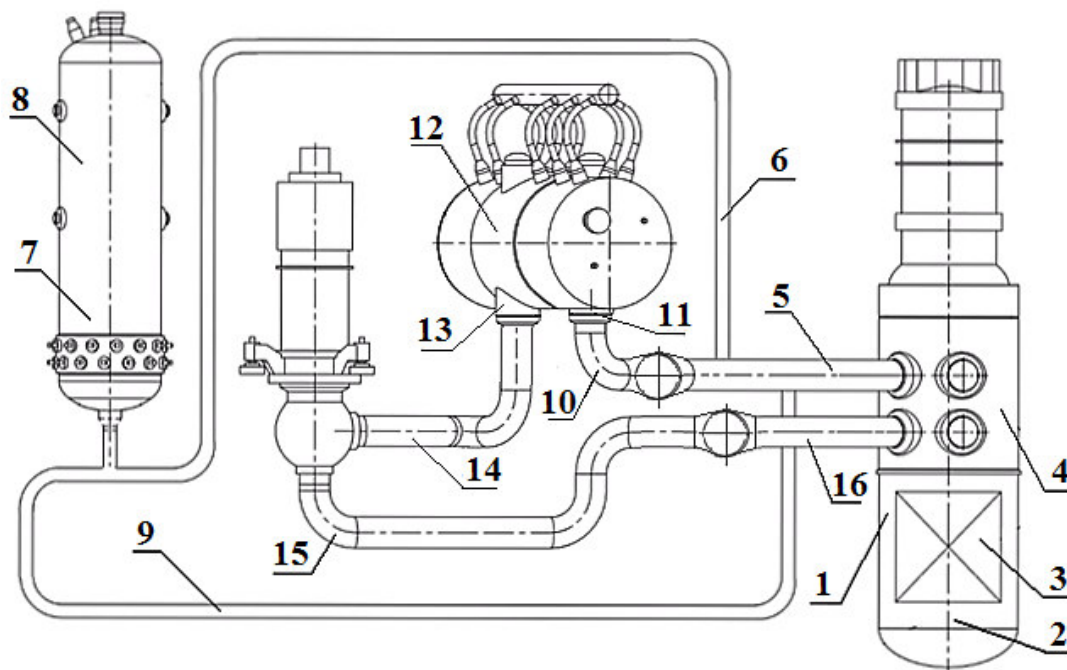


Рис. 1. – Акустическая схема АЭС с ВВЭР – 440:

- 1 – опускной участок реактора; 2 - пространство под активной зоной;
- 3 – активная зона; 4 – пространство над активной зоной;
- 5 – участок главного циркуляционного контура (ГЦК) от реактора до главной запорной задвижки (ГЗЗ);
- 6 – дыхательный трубопровод от горячей нитки до компенсатора давления (КД); 7 – КД (вода);
- 8 – КД (пар); 9 – дыхательный трубопровод от КД до горячей нитки;
- 10 – участок горячей нитки ГЦК от ГЗЗ до горячего коллектора (ПГ); 11 – горячий коллектор ПГ;
- 12 – теплообменная поверхность парогенератора (ПГ); 13 – холодный коллектор ПГ;
- 14 – участок от холодного коллектора ПГ до ГЦН; 15 – участок холодной нитки ГЦК от ГЦН до ГЗЗ;
- 16 – участок холодной нитки ГЦК от ГЗЗ до входа в опускной участок реактора.

Значения геометрических характеристик участков акустической модели приняты в соответствии с проектом первого контура 3 блока НВАЭС. Скорость распространения акустических колебаний определялась в соответствии с [2].

Приближенная оценка погрешности расчета частот АСВ проведена по методике

[3], поскольку методы строгого анализа погрешности косвенных измерений отличаются значительной сложностью. Абсолютная погрешность определения частоты АСВ найдена по формуле:

$$\Delta f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial \rho} \Delta \rho\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial c} \Delta c\right)^2}$$

где ρ – плотность среды, кг/м³;

c – скорость распространения акустических колебаний м/с;

Δ – абсолютная погрешность определения соответствующего параметра.

Значения абсолютных погрешностей определения плотности и скорости звука теплоносителя связаны с погрешностью определения температуры и давления в контуре.

$$\Delta \rho = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial t} \Delta t\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial P} \Delta P\right)^2}$$

$$\Delta c = \sqrt{\left(\frac{\partial c}{\partial t} \Delta t\right)^2 + \left(\frac{\partial c}{\partial P} \Delta P\right)^2}$$

Значения максимальных абсолютных погрешностей определения частот АСВ (Δf) для трех рассматриваемых режимов на каждом участке акустической схемы сведены в таблицу 2.

Таблица 1. – Результаты расчета частот АСВ в участках акустической схемы первого контура

Параметры режима 1	$T = 256^{\circ}\text{C}, P = 127 \text{ кг/см}^2, H=4.34 \text{ м}$							
№ участка	1	2	3	4	5	6	7	8
Частота, Гц	18.3	44.1	71.7	28.6	20.4	7.1	23.7	11.5
№ участка	9	10	11	12	13	14	15	16
Частота, Гц	6.7	43.6	42.5	19.3	42.6	20.7	56.9	36.3
Параметры режима 2	$T = 268^{\circ}\text{C}, P = 125 \text{ кг/см}^2, H=3.37 \text{ м}$							
№ участка	1	2	3	4	5	6	7	8
Частота, Гц	17.7	43.1	69.2	27.6	19.5	6.8	29.5	9.9
№ участка	9	10	11	12	13	14	15	16
Частота, Гц	6.4	41.8	40.6	18.5	41.3	20.1	55.3	35.3
Параметры режима 3	$T = 296^{\circ}\text{C}, P = 124 \text{ кг/см}^2, H=4.04 \text{ м}$							
№ участка	1	2	3	4	5	6	7	8
Частота, Гц	17.5	42.8	64.9	24.5	17.3	6.3	25.2	10.9
№ участка	9	10	11	12	13	14	15	16
Частота, Гц	5.9	37.0	35.7	17.5	40.9	20.0	54.8	35.0

Таблица 3. – Результаты расчета частот АСВ в комбинационных контурах акустической схемы ВВЭР-440

Номера участков в составе комбинационных контуров	Частота АСВ, Гц		
	Режим 1	Режим 2	Режим 3
16+1	7.2	6.9	6.9
16+1+2	4.7	4.6	4.5
16+1+2+3	4.3	4.2	4.1
16+1+2+3+4	3.2	3.1	2.8
16+1+2+3+4+5	2.0	2.0	1.9
1+2	11.3	11.0	10.9
1+2+3	9.7	9.5	9.3
1+2+3+4	6.8	6.6	6.1
10+11	19.4	18.5	16.3
13+14	12.7	12.3	12.2
11+12+13	9.9	9.5	8.9
10+11+12+13+14	5.0	4.8	4.5
7+8	3.8	3.8	3.8
6+7	0.8	0.8	0.8
9+7	0.8	0.8	0.8
6+7+8	0.1	0.1	0.1
9+7+8	0.1	0.1	0.1

В настоящее время на Нововоронежской АЭС успешно используется система контроля вибрации основного оборудования SUS, внедрены и используются в виде программных пакетов: программа для автоматической отбраковки спектров; программа для автоматического выделения пиков в вибрационных спектрах [4]. Автоспектральная плотность мощности (АСПМ) сигналов от ДПД для режима 2 представлена на рисунке 3, на рисунке показаны рассчитанные значения частот АСВ с указанием соответствующих номеров участков акустической модели.

В таблице 4 приведены значения частот доминирующих пиков (в диапазоне от 0 до 30 Гц).

Как следует из таблицы 4, в рассмотренных трех режимах на соответствующих участках и комбинациях участков акустической схемы, значения частот измеренных и рассчитанных доминирующих пиков могут отличаться на величину Δf , которая находится в пределах значений абсолютных погрешностей расчета частот АСВ, приведенных в таблице 2.

Идентификация источников возникновения АСВ в первом контуре проведена во всех 18 этапах пуска энергоблока.

Результаты расчета частоты АСВ для всех этапов сопоставлены с данными измерений вибраций основного оборудования первого контура приведенными в [5].

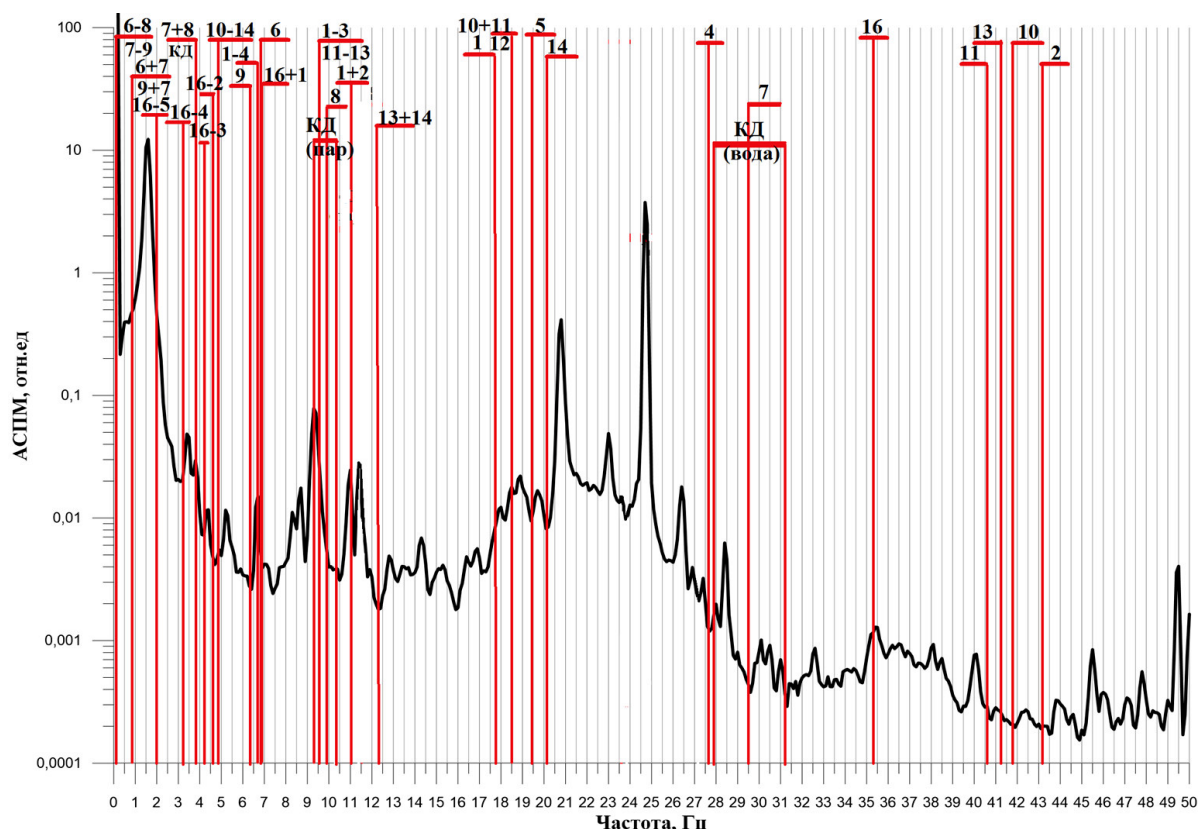


Рис. 3. – АСПМ ВВЭР-440 режим 2

Результаты сопоставления указывают на то, что в указанных ниже элементах оборудования АЭС в исследованных этапах пусковых режимов могут возникать резонансы АСВ с вибрациями оборудования:

1,5–3,0 Гц – частоты вибраций ТВС с одним закрепленным концом наблюдаются:

- в комбинационном контуре (16+1+2+3+4) от ГЗЗ холодной нитки до выхода из активной зоны в диапазоне значений температуры 281–296 °С и давления 12.1–12.3 МПа на выходе из реактора;
- в комбинационном контуре (16+1+2+3+4+5) от ГЗЗ холодной нитки до ГЗЗ горячей нитки в диапазоне значений температуры и давления на выходе из реактора соответственно 60–296 °С и 1.8–12.3 МПа;
- в компенсаторе давления (7+8, где 8 – азотная подушка) в диапазоне значений температуры и давления соответственно 95–232 °С и 2.9–7.1 МПа;
- в комбинационном контуре (6+7), включающем левый соединительный трубопровод системы компенсации давления и объем воды самого компенсатора в диапазоне значений температуры и давления в компенсаторе соответственно 74–179 °С и 1.8–7.0 МПа и соединительном трубопроводе 67–175 °С и 1.8–7.0 МПа;
- в комбинационном контуре (9+7), включающем правый соединительный трубопровод системы компенсации давления и объем воды самого компенсатора в диапазоне значений температуры и давления в компенсаторе соответственно 74–140 °С и 1.8–4.8 МПа и соединительном трубопроводе 67–138 °С и 1.8–4.8 МПа.

Таблица 4. – Сопоставление рассчитанных значений с результатами измерений *

$N_{\text{уч}}$	Режим 1			Режим 2			Режим 3		
	$f_{\text{расч}}$	$f_{\text{изм}}$	Δf	$f_{\text{расч}}$	$f_{\text{изм}}$	Δf	$f_{\text{расч}}$	$f_{\text{изм}}$	Δf
1	18.3	18.5	-0.2	17.7	18.0	-0.3	17.5	17.8	-0.3
4	28.6	28.9	-0.3	27.6	27.4	0.2	24.5	24.7	-0.2
5	20.4	20.8	-0.4	19.5	19.7	-0.2	17.3	17.8	-0.5
6	7.1	7.0	0.1	6.8	6.7	0.1	6.3	6.6	-0.3
7	23.7	24.1	-0.1	23.6	23.6	0	23.9	23.8	0.1
8	11.5	11.7	-0.2	11.5	11.4	0.1	11.5	11.4	0.1
9	6.7	6.7	0	6.4	6.7	-0.3	5.9	5.2	0.7
12	19.3	19.2	0.1	18.5	18.5	0	17.5	17.8	-0.3
14	20.7	20.8	-0.1	20.1	19.7	0.4	20.0	19.5	0.5
16+1	7.2	7.0	0.2	6.9	6.7	0.2	6.9	6.6	0.3
16+1+2	4.7	5.3	-0.6	4.6	5.1	-0.5	4.5	4.8	-0.3
16+1+2+3	4.3	4.3	0.0	4.2	4.2	0.0	4.1	3.8	0.3
16+1+2+3+4	3.2	3.4	-0.2	3.1	3.2	-0.1	2.8	3.2	-0.4
16+1+2+3+4+5	2.0	2.3	-0.3	2.0	1.6	0.4	1.9	2.1	-0.2
1+2	11.3	10.9	0.4	11.0	11.0	0.0	10.9	11.0	-0.1
1+2+3	9.7	9.5	0.2	9.5	9.3	0.2	9.3	9.5	-0.2
1+2+3+4	6.8	6.7	0.1	6.6	6.7	-0.1	6.1	6.6	-0.5
10+11	19.4	19.2	0.2	18.5	18.5	0.0	16.3	15.9	0.4
13+14	12.7	12.4	0.3	12.3	11.9	0.4	12.2	11.4	0.8
11+12+13	9.9	9.5	0.4	9.5	9.3	0.2	8.9	8.8	0.1
10+11+12+13+14	5.0	5.3	-0.3	4.8	4.9	-0.1	4.5	4.8	-0.3
7+8	3.8	3.4	0.4	3.8	3.8	0.0	3.8	3.8	0.0
6+7	0.8	0.7	0.1	0.8	0.6	0.2	0.8	1.2	-0.4
9+7	0.8	0.7	0.1	0.8	0.6	0.2	0.8	1.2	-0.4
6+7+8	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	-0.0	0.1	0.1	0.0
9+7+8	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	-0.0	0.1	0.1	0.0

* В таблице 4 использованы следующие обозначения:

$f_{\text{изм}}$ – измеренная частота доминирующего пика, Гц;

$f_{\text{расч}}$ – расчётное значение частоты АСВ на участке $N_{\text{уч}}$, Гц;

Δf – отклонение расчётного значения $f_{\text{расч}}$ от измеренного $f_{\text{изм}}$ на участке $N_{\text{уч}}$, Гц;

$N_{\text{уч}}$ – Номер отдельного участка акустической схемы или номеров участков, образующих комбинационный контур.

Узор, подсветка или её отсутствие характеризуют выраженность доминирующего пика от незначительного до ярковыраженного, согласно следующей градации:

	– незначительный пик;
	– слабо выраженный пик;
	– средневывраженный пик;
	– ярковыраженный пик.

4,0–6,0 Гц – частоты вибраций ТВС с двумя закрепленными концами наблюдаются в:

- левом соединительном трубопроводе системы компенсации давления (участок 6) при температуре 310 °С и давлении 12.2 МПа;
- комбинационном контуре (16+1+2) от ГЗЗ холодной нитки до нижней части активной зоны в диапазоне значений температуры и давления на выходе из реактора соответственно 60–296 °С и 1.8–12.3 МПа;
- комбинационном контуре (16+1+2+3) от ГЗЗ холодной нитки до верха активной зоны в диапазоне значений температуры и давления на выходе из реактора соответственно 60–296 °С и 1.8–12.3 МПа;
- комбинационном контуре (10+11+12+13+14) от ГЗЗ горячей нитки до ГЦН в диапазоне значений температуры и давления на выходе из реактора соответственно 201–296 °С и 7.3–12.3 МПа.

8,0–12,0 Гц – 2-я мода колебаний ТВС с двумя закрепленными концами наблюдается в:

- левом соединительном трубопроводе системы компенсации давления (участок 6) в диапазоне значений температуры и давления соответственно 67–219 °С и 1.8–8.9 МПа;
- правом соединительном трубопроводе системы компенсации давления (участок 9) в диапазоне значений температуры и давления соответственно 67–219 °С и 1.8–8.9 МПа;
- азотном объеме КД (участок 8) в диапазоне значений температуры и давления соответственно 74–232 °С и 1.8–7.1 МПа;
- паровом объеме КД (участок 8) при температуре 326 °С и давлении 12.0 МПа;
- комбинационном контуре (16+1) от ГЗЗ холодной нитки до нижней части опускного участка реактора в диапазоне значений температуры и давления на выходе из реактора соответственно 60–201 °С и 1.8–7.3 МПа;
- комбинационном контуре (1+2) от начала опускного участка реактора до нижней части активной зоны в диапазоне значений температуры и давления на выходе из реактора соответственно 241–296 °С и 10.7–12.3 МПа;
- комбинационном контуре (1+2+3) от начала опускного участка реактора до верхней части активной зоны в диапазоне значений температуры и давления на выходе из реактора соответственно 136–296 °С и 4.8–12.3 МПа;
- комбинационном контуре (1+2+3+4) от начала опускного участка реактора до выхода из реактора в диапазоне значений температуры и давления на выходе из реактора соответственно 60–136 °С и 1.8–4.8 МПа;
- комбинационном контуре (11+12+13) от начала холодного коллектора ПГ до конца горячего коллектора в диапазоне значений температуры и давления на выходе из реактора соответственно 172–296 °С и 7.0–12.3 МПа.

6,6 Гц – частоты вынужденных колебаний корпуса, вызванные АСВ совпадают с частотами СЧКДТН в:

- левом подводящем трубопроводе (участок 6) при температуре 302 °С и давлении 12.2 МПа;
- правом подводящем трубопроводе (участок 9) при температуре 293 °С и давлении 12.2 МПа;
- комбинационном контуре (1+2+3+4) от начала опускного участка реактора до выхода из реактора при температуре и давлении на выходе из реактора соответственно 268 °С и 12.2 МПа.

11,5–13,5 Гц – частоты маятниковых колебаний совместно с корпусом наблюдаются в:

- азотном объеме компенсатора давления (участок 8) в диапазоне значений температуры и давления соответственно 232–301 °С и 7.1–10.7 МПа;
- комбинационном контуре (1+2) от начала опускного участка реактора до нижней части активной зоны в диапазоне значений температуры и давления на выходе из реактора соответственно 172–241 °С и 7.0–10.7 МПа;
- комбинационном контуре (1+2+3) от начала опускного участка реактора до верхней части активной зоны в диапазоне значений температуры и давления на выходе из реактора соответственно 60–136 °С и 1.8–4.8 МПа;
- комбинационном контуре (13+14), включающем в себя холодный коллектор ПГ и участок ГЦК от коллектора до ГЦН в диапазоне значений температуры и давления на выходе из реактора соответственно 241–296 °С и 10.7–12.3 МПа;
- комбинационном контуре (11+12+13) от начала холодного коллектора ПГ до конца горячего коллектора в диапазоне значений температуры и давления на выходе из реактора соответственно 60–172 °С и 1.8–7.0 МПа.

16,0 – 17,0 Гц – частоты вертикальных колебаний корпуса совпадают с частотами АСВ:

- в комбинационном контуре (13+14), включающем в себя холодный коллектор ПГ и участок ГЦК от коллектора до ГЦН при температуре 61–136 °С и давлении 1.77–4.6 МПа;
- в комбинационном контуре (10+11), включающем в себя горячий коллектор ПГ и участок ГЦК от коллектора до ГЗЗ при температуре 60–136 °С и давлении 1.77–4.8 МПа.

14,2 Гц – частота колебания шахты реактора с двумя закрепленными концами наблюдается в комбинационном контуре, включающем в себя холодный коллектор ПГ и участок ГЦК от коллектора до ГЦН при температуре 201 – 219 °С и давлении 7.1–8.7 МПа.

25 Гц – оборотная частота насоса может наблюдаться в:

- пространстве над активной зоной при давлении 12.2 МПа и температуре 287 – 296 °С;
- участке от холодного коллектора ПГ до ГЦН при давлении 4.6–6.8 МПа и температуре 136–172 °С.

50 Гц – удвоенная оборотная частота насоса совпадает с рассчитанными частотами АСВ в:

- горячем коллекторе ПГ при температуре 172–200 °С и давлении 6.9–7.1 МПа;
- пространстве под активной зоной при температуре 173 °С и давлении 7.1 МПа.

Расчеты частот АСВ возникающих в системе компенсации давления ВВЭР-440 проведены для различных значений уровня теплоносителя в КД и сведены в таблицу 5. Диапазон значений уровня теплоносителя соответствует диапазону, полученному в ходе измерений на 3 блоке НВАЭС в номинальном режиме работы блока. Теплофизические параметры воды и пара в КД: температура насыщения T_s , плотность пара ρ_p , плотность воды $\rho_{тн}$, скорость звука в паре c_p , скорость звука в воде $c_{тн}$ приведены в таблице 4. Их значения примерно одинаковы для всех трех рассматриваемых пусковых режимов, приведенных в таблице 1. Полученные диапазоны собственных частот, генерируемых в паровом объеме (10.4–11.4 Гц), водяном объеме (23.7–27.2 Гц) и в объеме компенсатора давления (~3.8 Гц) отображены на рисунке 3. Из рисунка видно, что частоты, рассчитанные при значении уровня ТН в

КД соответствующего рассчитываемым режимам (табл. 1 – участки 7, 8; табл. 4. – комбинация 7+8) попадают в указанные диапазоны частот. Как следует из таблицы 5 при незначительном изменении уровня, соответствующем регламенту пуска энергоблока имеет место пренебрежимо малое изменение частот. Однако, расчеты показывают, что при малых значениях уровня, выходящих за пределы, предусмотренные регламентом, происходит существенное изменение значений трех указанных в таблице 5 частот. Из чего следует, что компенсатор давления представляет собой резонатор Гельмгольца, генерирующий ряд акустических стоячих волн, частоты которых определяются собственными частотами колебаний как парового, так и водяного объемов теплоносителя, а также их совместными колебаниями и зависят от уровня воды.

Таблица 5. – Результаты расчета частот АСВ в компенсаторе давления ВВЭР-440 при $T_s = 326\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\rho_p = 72\text{ кг/м}^3$, $c_p = 458\text{ м/с}$, $\rho_{тн} = 651\text{ кг/м}^3$, $c_{тн} = 753\text{ м/с}$ и различных значениях уровня теплоносителя

Уровень воды в КД, м	Уровень пара в КД, м	Частота АСВ ТН, Гц	Частота АСВ пара, Гц	Суммарная частота, Гц
3,71	6,54	27.150	10.419	3.797
4,04	6,21	25.231	10.935	3.813
4,14	6,11	24.702	11.102	3.820
4,33	5,92	23.756	11.433	3.834

ВЫВОДЫ

- Результаты измерения частот АСВ на 3 блоке Нововоронежской АЭС подтверждают правомерность их расчета по разработанной методике.
- Определены режимы, в которых наблюдается резонанс вибраций основного оборудования первого контура блока 3 НВАЭС с частотами АСВ.
- При оценке остаточного ресурса необходимо учитывать длительность виброакустических резонансов при выводе реактора на номинальный уровень мощности и количество пусков (остановов) РУ за весь период эксплуатации энергоблока.
- Показано, что компенсатор давления может генерировать ряд акустических стоячих волн, частота которых определяется собственными частотами колебаний как парового, так и водяного объемов теплоносителя, а также их совместными колебаниями и представляет собой управляемый резонатор Гельмгольца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проскуряков, К.Н. Теплогидравлическое возбуждение колебаний теплоносителя во внутрикорпусных устройствах ЯЭУ [Текст] / К.Н. Проскуряков. – М.: МЭИ, 1984. – 67 с.
2. Жуковский, Н.Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах [Текст] / Н.Е. Жуковский. – М.-Л.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949. – 108 с.
3. Румицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. Справочное руководство. – М.: Изд-во «Наука», 1971. – 192 с.
4. Слепов, М.Т. Разработка методов и интерпретация данных применительно к системам шумовой диагностики реакторных установок Нововоронежской АЭС [Текст] / М.Т. Слепов : Автореферат дисс. канд. техн. наук, Обнинск, 1999.
5. Аркадов, Г.В. и др. Виброшумовая диагностика ВВЭР [Текст] / Г.В. Аркадов, В.И. Павелко, А.И. Усанов. – М.: Энергоатомиздат, 2004. – 344 с.

REFERENCES

- [1] Proskuryakov K.N. Teplogidravlichesкое возбуждение kolebaniy teponositelya vo vnutrikorpusnykh ustroystvakh YaEU [Heathydraulic excitation of oscillations of the heat carrier in intra case devices the nuclear power station]. M. Pub. MEI [MPEI], 1984. 67 p. (in Russian)
- [2] Zhukovskiy N.E. O gidravlicheskom udare v vodoprovodnykh trubakh [Water hammer in water pipes]. M. Leningrad. Pub. Gosudarstvennoe izdatel'stvo tekhniko-teoreticheskoy literatury [State publishing house of technical and theoretical literature], 1949. 108 p. (in Russian)
- [3] Rumshitskiy L.Z. Matematicheskaya obrabotka rezultatov eksperimenta. Spravochnoe rukovodstvo [Mathematical processing of results of experiment]. M. Pub. «Nauka» [Science], 1971. 192 p. (in Russian)
- [4] Slepov M.T. Razrabotka metodov i interpretatsiya dannykh primenitelno k sistemam shumovoy diagnostiki reaktornykh ustanovok Novovoronezhskoy AES [Development of methods and interpretation of data in relation to systems of noise diagnostics of reactor installations of the New Voronezh NPP]. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [PhD thesis abstract in Engineering]. Obninsk, 1999. (in Russian)
- [5] Arkadov G.V., Pavelko V.I., Usanov A.I. Vibroshumovaya diagnostika VVER [Vibronoise diagnostics of PWR]. M.: Pub. Energoatomizdat [Energoatomizdat], 2004, ISBN 5-283-00781-1344, p. (in Russian)

Identification of Acoustic Standing Waves in the First Circuit PWR-440 in Startup Mode

K.N. Proskuryakov* A.I. Fedorov **, M.V. Zaporozhets *, G.Y. Volkov *

* *National Research University «MPEI»,
Krasnokazarmennaya 14, Moscow, Russia 111250*

** *Novovoronezh NPP the branch of JSC Rosenergoatom Concern, Novovoronezh, Russia 396072
e-mail: ProskuriakovKN@mpei.ru*

Abstract – BACKGROUND An acoustic model of the coolant in primary circuit of Novovoronezh NPP PWR-440 unit №3 is worked out. The special program of measuring the pressure fluctuations at reactor start up is carried out. The methods of calculating the acoustic characteristics of the coolant in the primary circuit equipment are developed. RESULTS The results of calculation of acoustic standing waves for 18 start-up stages are presented. A comparison of calculation results of acoustic standing waves (ASW) frequencies with auto power spectrum density (APSD) signals from the pressure pulsation sensors has been done. The satisfactory agreements of results ASW calculation frequencies with measured data are obtained. Pressure compensator shows itself as Helmholtz resonator which resonance frequency depends on the level of the coolant.

Keywords: standing waves, vibration, vibro-acoustic resonance, Helmholtz resonator.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 621.039

**ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И
ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ
ДИЗЕЛЯ 12ZV40/48**

© 2016 Е.А. Абидова, В.И. Соловьёв, О.Ю. Пугачёва, Р.И. Ремизов

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

С целью оценки технического состояния двух дизель-генераторных установок Ростовской АЭС в 2015 году было проведено измерение уровня вибрации и тепловизионный контроль. В работе приводятся основные положения методики диагностирования технического состояния, включая использование масок спектров виброакустических сигналов. Состояние оборудования оценивается как по температурным, так и вибрационным параметрам. Диагностирование показало, что по результатам измерения акустических сигналов и тепловизионного контроля 20.05.2015 и 15.06.2015 установки 2РДЭС-2 и 2РДЭС-3 Ростовской АЭС могут быть признаны работоспособными и функционально пригодными к дальнейшей эксплуатации в составе систем безопасности энергоблока №2.

Ключевые слова: резервная дизельная электростанция, тепловизионный контроль, виброакустический анализ, огибающая, спектральный анализ, топливный насос высокого давления, масляный насос, АЭС.

Поступила в редакцию 14.05.2016 г.

Для проведения диагностирования с целью оценки технического состояния в 2015 году было представлено 2 единицы дизель-генераторных установок РoАЭС – 2РДЭС-2 и 2РДЭС-3 входящих в состав резервных дизельных электростанций (РДЭС). Дизель-генераторная установка состоит из дизеля типа 12ZV40/48: четырехтактный, V-образным расположением цилиндров, системой наддува и промежуточным охлаждением надувочного воздуха; число цилиндров 12.

Порядок проведения работ включал в себя следующие этапы:

- предварительная обработка зарегистрированных акустических сигналов дизель-генераторного оборудования с использованием программы PowerGraph;
- анализ термограмм зарегистрированных на поверхности дизель-генераторного оборудования с использованием программы SmartView;
- полный расчет и углубленный анализ диагностических параметров, сопоставление результатов с паспортными данными, нормативными документами; построение графиков огибающих во временных и полярных координатах, амплитудно-частотных спектров акустических сигналов, сравнение с эталонными огибающими и спектрами;
- проведение расчетов с указанием выявленных отклонений диагностических параметров;
- дополнение и корректировка базы данных технического состояния дизель-генераторного оборудования;
- оформление технического заключения;
- согласование и сдача в установленном порядке отчетной документации.

Метод технического диагностирования дизель-генераторного оборудования

основан на измерениях виброакустических и температурных параметров при работе оборудования на мощности и сравнении их со значениями параметров, приведенными в нормативно-технической документации, а также со значениями этих же параметров для однотипных дизелей [1].

Согласно регламенту строятся графики огибающих акустического сигнала. По графикам производится расшифровка характерных временных точек амплитуд сигнала. Важное значение имеет составление эталонов огибающих для исправных работоспособных дизелей с использованием средств программного обеспечения и с занесением их в базу данных, что дает возможность проведения оперативного сравнительного анализа фактических результатов измерений с оценкой технического состояния на момент диагностирования [1,2].

Оценка формы огибающих акустических сигналов включает следующие процедуры:

1) Выявление периодичности т.е. повторения формы сигнала на периоде оборота вала (0,1 с) или на периоде рабочего хода дизеля (равного двум периодам оборота вала 0,2 секунды).

2) Усреднение записанного сигнала на периоде оборота вала или рабочего хода.

3) Представление усредненной огибающей в полярных координатах.

Отсутствие периодичности может говорить о неравномерности работы отдельных рабочих цилиндров или дизеля в целом [3]. Отсутствие периодичности в отдельных случаях, если одновременно не выявлены отклонения других диагностических параметров (большие размах сигнала, СКЗ или пик-фактор, повышенная амплитуда частотных полос в спектре), наблюдается при некорректно снятом сигнале. Отклонение от периодичности оценивается по форме огибающей, представленной в полярных координатах. Нечеткая форма, приближение формы к окружности говорит о той или иной степени неравномерности работы цилиндропоршневой группы.

Измеренные и расчетные диагностические параметры, спектральные характеристики с указанием оценочных критериев и выявленных отклонений, также заносятся в протоколы диагностического обследования РДЭС.

Метод спектрального анализа акустического сигнала применяется для углубленного исследования результатов диагностирования. Спектральный анализ позволяет выявить дефекты, которые не были обнаружены в результате анализа диагностических параметров временного сигнала и дает возможность уточнения оценки технического состояния [3,4]. Спектры фактически зарегистрированного сигнала могут быть использованы для сравнения с предыдущими результатами, занесенными в электронную базу данных, для установления тенденций и прогнозирования изменений технического состояния РДЭС в процессе эксплуатации.

Проведение анализа амплитудно-частотного спектра акустического сигнала позволяет выявить отклонения в спектре анализируемых сигналов в сравнении с опорными спектрами (масками), полученными для аналогичного бездефектного оборудования. По результатам диагностирования дизеля типа 12ZV40 выявлено, что в спектре его акустического сигнала, измеренного в процессе работы, наблюдается повышение амплитуды в следующих частотных полосах: 60-80; 270-380; 1300-1800; 2500-3500; 4300-5300; 5700-8600 Гц. Значения амплитуд в данных полосах заносятся в формуляр. Спектры сигналов, определенные на одних и тех же точках обследуемых дизелей, сравниваются между собой. Относительное превышение в типовой группе отдельных амплитуд частотных полос указывает на отклонения в работе деталей, вблизи которых был измерен сигнал. Появление в спектре дополнительных составляющих, а также боковых составляющих и “горбов белого шума” в исследуемых пяти частотных полосах также указывают на отклонения в работе

деталей, вблизи которых был измерен сигнал.

Составление спектральных масок с использованием средств программного обеспечения для исправных работоспособных дизелей и занесение их в базу данных дает возможность проведения оперативного сравнительного анализа результатов измерений с оценкой фактического технического состояния на момент диагностирования [4].

Методика оценки технического состояния РДЭС по результатам диагностирования предусматривает статистический анализ содержащихся в базе данных, основанный на сравнении параметров сигнала с допустимыми значениями на эти параметры для исправных однотипных дизелей. Результаты расчётов доверительных интервалов на диагностические параметры заносятся в таблицы для последующего использования при оценке фактического технического состояния оборудования путём сравнения его параметров с полями допусков на эти же параметры.

С использованием средств программного обеспечения ВИТИ НИЯУ МИФИ проведен полный расчет и анализ диагностических параметров по виброакустическим сигналам для каждой установки при её работе на мощности. Наблюдалось определенное соответствие при сравнении уровней вибрации на одних и тех же точках двух дизелей (см. таблицы 1-3).

Таблица 1. – Уровень сигнала на поперечной анкерной связи

№ n/n	сто- рона	2РДЭС-2		сто- рона	2РДЭС-3	
		точка	СКЗ		точка	СКЗ
1	правая	1	26	правая	1	26,34
2		2	17,34		2	17,4
3		3	23		3	22,94
4		4	16,72		4	16,62
5	левая	5	35	левая	1	12,4
6		6	29		2	14,69
7		7	21		3	20,93
8		8	12,5		4	6,128

Таблица 2. – Уровень сигнала на ТНВД

№ n/n	сто- рона	2РДЭС-2		сто- рона	2РДЭС-3	
		точка	СКЗ		точка	СКЗ
1	правая	1	18,8	правая	1	15,82
2		2	20,15		2	17,34
3		3	20,27		3	18,8
4		4	13,22		4	13,07
5	левая			левая	1	21,51
6					2	17,76
7					3	18,68
8					4	12,87

Таблица 3. – Уровень сигнала на блоке

№ n/n	Сто- рона	Направление	2РДЭС-2		Сто- рона	2РДЭС-3	
			точка	СКЗ		точка	СКЗ
1	правая	продольно	1	12,41	правая	1	13,98
2		вертикально	2	14,72		2	19,21
3		поперечно	3	20,89		3	21,68
4		вертикально				4	18
5	левая	поперечно	5	20,49	левая	1	20,14
6		вертикально	6	11,93		2	20,81
7		поперечно	7	11,72		3	24,19
8		продольно				4	23,71

По температурным сигналам для 2РДЭС-2 и 2РДЭС-3 при их работе на мощности в параллель с сетью (N=5 МВт) были получены термограммы. В таблице 4 приведены max и min температуры одноименных деталей и агрегатов дизеля.

Остов дизеля. Анализируя результаты выполненных измерений установлено, что температурное поле остова дизеля распределено равномерно: макс. разность температур замеренная на смотровых лючках остова дизеля составляет 3,5 и 2,0 °С, т.е. отсутствуют локальные места с резко выраженными изменениями температурного поля. Это указывает на отсутствие механических сопротивлений в отдельных узлах и механизмах сопрягаемых с остовом дизеля или находящихся в непосредственной близости от него. И что особенно важно, одинаковая температура на поверхности лючков остова дизеля, характеризует исправную работу подшипников коленчатого вала [5]. Таким образом, интенсивность теплового излучения поверхностей, распределение температур, температурные градиенты и другие параметры тепловых полей на наружной поверхности дизеля, при работе его на максимальной мощности, находятся в безопасных пределах и соответствуют нормативным показателям работы дизеля.

Температуры выпускных газов контролировались по штатным приборам и косвенно непосредственно на выпускных патрубках каждого цилиндра, т.к. выхлопные патрубки имеют теплоизоляцию, замеренная температура будет занижена (см. рис. 1). Анализ температур выпускных газов свидетельствует, что температуры выпускных газов всех цилиндров, соответствуют допустимым значениям, близки к значениям «Протокола заводских испытаний». Разности температур выхлопных газов по цилиндрам также находятся в допустимых пределах. (46 и 43 °С соответственно 2РДЭС-2 и 2РДЭС-3) при Макс допустимой разности 120 °С. Температура выпускного патрубка 1-го правого цилиндра дизеля 2РДЭС-3 равная 236гр. Считаем, замерена некорректно, так как другие показатели теплотехнического контроля 1-го правого цилиндра находятся в допустимых пределах.



Рис. 1. – Выпускной патрубок 6-го цилиндра правая сторона:
а – 2РДЭС-3; б – 2РДЭС-2

Таблица 4. – Макс и Мин температуры одноименных деталей и агрегатов дизеля

№ n/n	Точка замера температуры	2РДЭС-2		2РДЭС-3	
		Max/ Min температура	Max- Min	Max/ Min температура	Max- Min
1	Смотровые лючки картера дизеля	73.3	3.5	76	2
		69.8		74	
2	Выхлопные патрубки цилиндров	366	46	366	43
		320		323	

Продолжение таблицы 4

3	ТНВД	45	6	46	3
		39		43	
4	Навесной насос масла	75	-	72	-
5	Навесной насос воды внутреннего контура	84.5	-	80	-
6	Навесной насос воды промежуточного контура	42	-	43	-
7	Топливный насос	33	-	39	-
8	Подшипник генератора	48	-	50	-
9	Щеточный механизм генератора	57	-	61	-

Температура корпусов ТНВД. Замеры температуры корпусов ТНВД 2РДЭС-2: Max=45°C, Min=39 °C, Max-Min=6 °C. 2РДЭС-3: Max=46 °C, Min=43 °C, Max-Min=3°C свидетельствуют об одинаковой производительности топливных насосов. Максимальное давление сгорания по цилиндрам $P_{zmax}=125$ $P_{zmin}=122$, разность по цилиндрам составляет 3 кг/см² при максимальной допустимой разности 6 кг/см². Замеры производились ремонтным персоналом РоАЭС, штатным прибором (максиметр) поставляемым в комплекте с дизелем. Таким образом, нахождение диагностируемых параметров в пределах близких к параметрам протокола заводских испытаний говорит о правильной организации теплового процесса в дизеле, полноте сгорании топлива, равномерности работы цилиндров и как результат этого получение максимальных мощностных и экономических показателей работы дизеля [5].

Значения температур навешенных на дизель насосов масла, воды внутреннего и промежуточного контуров и топлива также находятся в допустимых пределах, не превышают температур своих рабочих сред, что также характеризует их исправную работу.

Температуры подшипниковых узлов генераторов 2РДЭС-2,3, а также их щеточных механизмов не превышают значений обозначенных в технико-эксплуатационной документации на генератор.

Спектральный анализ фактически зарегистрированных акустических сигналов проводился на основании сравнения спектральных параметров внутри типовых групп. В типовые группы объединяются параметры, определенные для одних и тех же точек обследуемых дизелей, либо для аналогичных точек одного дизеля. Наблюдалось сходство спектров сигналов, измеренных на одних и тех же точках двух дизелей, при этом спектры, полученные по сигналам на других точках, явно отличаются (см. рис. 2).

Был проведен *анализ формы огибающих акустических сигналов*. По сигналам, измеренным на анкерных связях и блоках дизелей, были построены усредненные огибающие в векторных координатах. Наблюдалось сходство огибающих сигналов, измеренных на одних и тех же точках двух дизелей, при этом огибающие, полученные по сигналам на других точках, явно отличаются (см. рис. 3).

Диагностирование показало, что по результатам измерения акустических сигналов и тепловизионного контроля 20.05.2015 и 15.06.2015 установки 2РДЭС-2 и 2РДЭС-3 РоАЭС могут быть признаны *работоспособными и функционально пригодными* к дальнейшей эксплуатации в составе систем безопасности энергоблока 2.

Полученные в результате первого диагностирования виброакустические сигналы могут быть использованы в качестве эталонов для сравнения с последующими измерениями. Особенности сигналов, выявленные при измерении на определенных точках оборудования, будут учтены при формировании методики диагностирования дизеля конструкции 12ZV40.

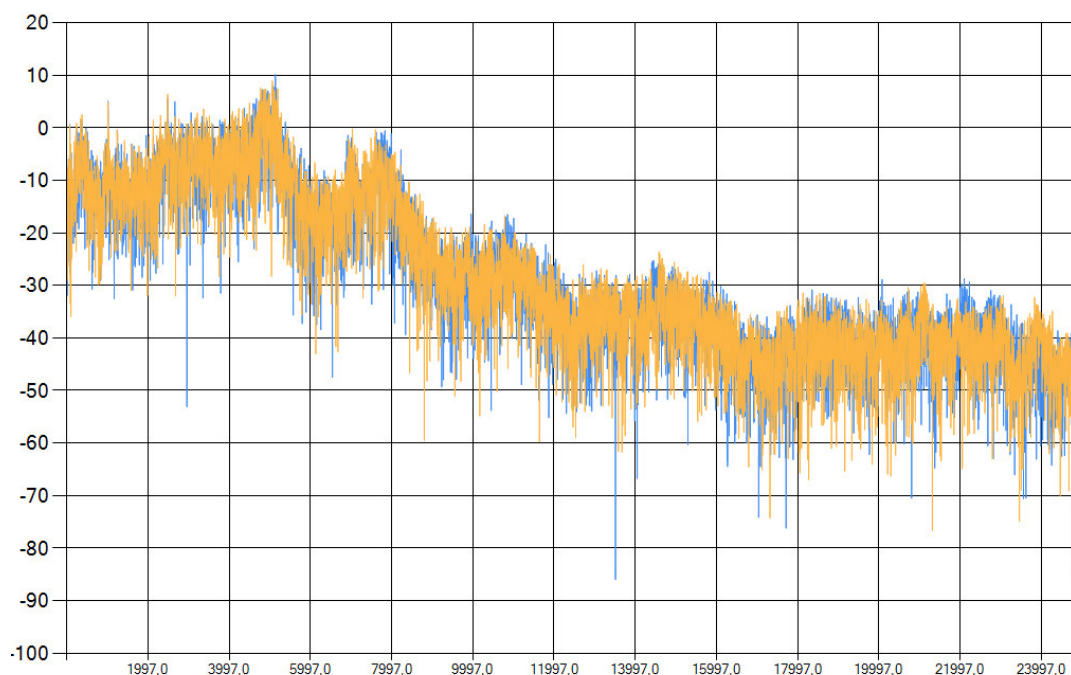


Рис. 2. – Наложение спектров сигналов 2РДЭС-2 и 3 на анкерной связи в точке 2

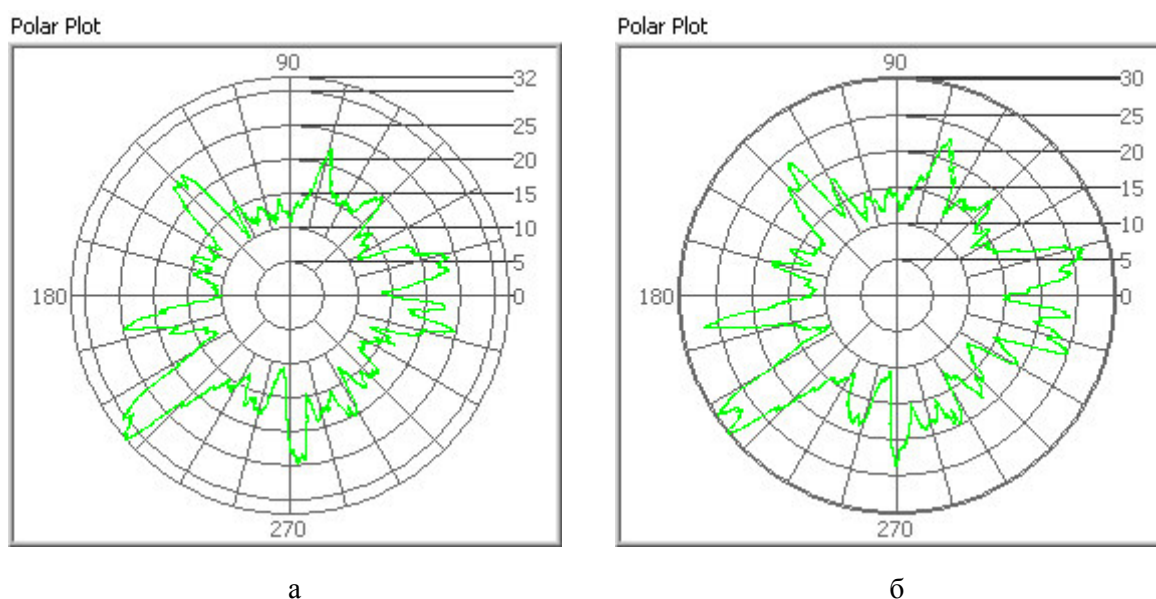


Рис. 3. – Огибающие в векторных координатах акустических сигналов на анкерной связи в точке 2: а - 2РДЭС-3; б - 2РДЭС-3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варбанец, Р.А. и др. Мониторинг рабочего процесса и параметрическая диагностика среднеоборотного тепловизионного дизеля К6S310DR [Текст] / Р.А. Варбанец, В.С. Губин, В.И. Кырнац, О.А. Россомеха, Н.И. Александровская // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. – 2014. – №2. – С. 52–60.
2. Varbanets R., Karianskiy A. Analyze of marine diesel engine performance // Journal of Polish CIMAC. Energetic Aspects. Gdansk: Faculty of Ocean Engineering and Ship Technology Gdansk University of Technology. – 2012. – Vol. 7. – №1. – pp. 269–275.
3. Тихомиров, М.В. и др. Разработка диагностического комплекса для электронной системы

- управления отечественных автомобильных дизелей [Текст] / М.В. Тихомиров, С.В. Овчинников, Ю.Е. Хрящев // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. "Машиностроение". – 2015. – №1. – С. 142–148. DOI: 10.18698/0236-3941-2015-1-142-148.
4. Крашенинников, С.В. Современные подходы к диагностированию дизельных двигателей внутреннего сгорания [Текст] / С.В. Крашенинников // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. 2013. – №2(12). – С. 59–68. DOI: 10.15293/2226-3365 ISSN 2226-3365
 5. Пугачева О.Ю., Пугачев А.К., Соловьев В.И., Абидова Е.А. Диагностика дизель-генератора 15Д-100 по показателям вибрации [Текст] / О.Ю. Пугачева, А.К. Пугачев, В.И. Соловьев, Е.А. Абидова // Глобальная ядерная безопасность. – 2014. – №2(11). – С. 91–97.

REFERENCES

1. Varbanets R.A., Gubin V.S., Kirnats V.I., Rossomakha O.A., Alexandrovskaya N.I. Monitoring rabocheho processa i parametricheskaya diagnostika sredneoborotnogo teplovizionnogo dizelya K6S310DR [Monitoring of combustion and Parametric Diagnosis of K6S310DR Medium-Speed Locomotives diesel Engine]. Vestnik AGTU. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya [Bulletin of Astrakhan State Technical University]. Series: Marine Engineering and Technologies, 2014, №2, ISSN 2073-1574, pp. 52–60 (in Russian)
2. Varbanets R., Karianskiy A. Analyze of marine diesel engine performance. Journal of Polish CIMAC. Energetic Aspects. Gdansk. Pub. Faculty of Ocean Engineering and Ship Technology Gdansk University of Technology, 2012, Vol. 7, No. 1, ISSN 1231-3998, pp. 269–275. (in English)
3. Tikhomirov M.V., Ovchinnikov S.V., Khryashev Yu.E. Razrabotka diagnosticheskogo kompleksa dlya elektronnoy sistemy upravleniya otechestvennykh avtomobilnykh dizeley [Development of Diagnostic complex for Domestic Automobile Diesel Engines Electronic Control system] Vestnik MSTU im. Bauman [Bulletin of Bauman MSTU]. Ser. "Mechanical Engineering", 2015, №1, ISSN 0236-3941, DOI: 10.18698/0236-3941-2015-1-142-148, pp. 142–148. (in Russian)
4. Krashennnikov S.V. Sovremennye podkhody k diagnostirovaniyu dizelnykh dvigateley vnutrennego sgoraniya [Modern approaches to diagnosing of diesel internal combustion engines]. Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta [Bulletin of the Novosibirsk state pedagogical University], 2013, №2(12), ISSN 2226-3365, DOI: 10.15293/2226-3365, pp. 59–68. (in Russian)
5. Pugachyova O.J., Pugachyov A.K., Soloviev V.I., Abidova E.A. Diagnostika dizel-generatora 15D-100 po pokazatelyam vibratsii [15D-100 Diesel Generator Diagnostics on Vibration Indicators]. Global nuclear safety, 2014, №2(11), ISSN 2305-414X, eISSN 2499-9733, pp. 91–97. (in Russian)

Vibroacoustic Monitoring and Thermovision Control when Diagnosing Diesel 12zv40/48

E.A. Abidova, V.I. Solovjov, O.Yu. Pugachyova, R.I. Remizov

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

Abstract – BACKGROUND In 2015 measurement of vibration level and thermovision control was carried out for technical condition assessment of two diesel-generator installations of the Rostov NPP.

METHODS Basic provisions of a diagnosing technique of technical condition, including use of masks of vibroacoustic signal ranges are given in work. The equipment condition is estimated as in temperature as vibration parameters.

RESULTS Diagnosing has shown that installations 2RDES-2 and 2RDES-3 of the Rostov NPP can be recognized efficient and functionally suitable for further operation as a part of power unit № 2 security systems by results of acoustic signal measurement and thermovision control (5/20/2015 and 6/15/2015).

Keywords: the reserve diesel power plant, thermovision control, vibroacoustic analysis, envelope, spectral analysis, the fuel pump of high pressure, the oil pump, the NPP.

**КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ И
СОЦИАЛЬНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ
ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 621. 039 : 331.108.45

**МОТИВАЦИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
САМОСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОТНИКОВ АТОМНОЙ
ОТРАСЛИ СРЕДСТВАМИ ВНЕДРЕНИЯ ЦЕННОСТЕЙ
ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»**

© 2016 В.А. Руденко, И.С. Василенко

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

В работе анализируются ценности Госкорпорации «Росатом» на предмет мотивации к профессиональному самосовершенствованию работников атомной отрасли. Определенный отраслью подход к внедрению ценностей является определяющей тенденцией развития мотивации профессионального самосовершенствования работников как реализации их социокультурного потенциала на основе целенаправленного моделирования «ситуаций самосовершенствования».

Ключевые слова: атомная отрасль, ценности, мотивация, профессиональное самосовершенствование.

Поступила в редакцию 20.05.2016 г.

Ценности и ценностные ориентации человека всегда являлись одним из наиболее важных объектов исследования философии, этики, социологии и психологии на всех этапах их становления и развития как отдельных отраслей знания. М.С. Яницкий в своей работе «Ценностные ориентации личности как динамическая система», в общей характеристике развития теоретических представлений о ценностях и ценностных ориентациях личности, отмечал, что XX век вывел проблему осмысления ценностей человеческого бытия на первый план научного познания, ознаменовав, тем самым, современный аксиологический этап развития науки [1]. Кроме того, в феноменологической социологии А. Шюца открывается социологический ракурс исследования типов действий и типов личности, структур повседневного мышления, постижения смысла действий специалиста как «действующего лица, взаимодействующего с ним партнера, с которым он имеет общий набор целей и релевантностей» [2].

XXI век выделил проблему осмысления ценностей в профессиональной сфере: в корпоративной культуре, в кодексах профессиональной этики, корпоративных ценностях.

Как отмечают исследователи данного направления, «особенность такого рода ценностей в том, что они являются сознательной реализацией лучших результатов нормативной деятельности в разных сферах жизни людей, государств, человечества, а точнее – в их взаимоотношениях, взаимодействиях». И это очень важно, так как «именно благодаря им только и могут быть ценности особого рода – ценности действий, поступков, поведения, деятельности людей, государств, человечества, ценности как осуществление этих лучших предписаний» [3].

Особенно актуальным вопросом в исследованиях по данной проблеме являлась динамика мотивации профессионального самосовершенствования в инновационном процессе для предприятий и организаций, работающих в таком режиме. Примером тому служат ценности Госкорпорации «Росатом», которые проявляются в «поведении, когда готовность реализуется в конкретных действиях», формируют корпоративную культуру, показывают, как принято и как не принято действовать в компании, и «позволяют принимать решения в ситуации, когда нет инструкций» [4].

В одной из теорий мотивации (МакКлелланда) доказывается, что мотивация человека к трудовой деятельности зависит от того, насколько важными являются для него потребности в достижениях, во влиянии и в соучастии. Именно они определяют его поведение в процессе труда, побуждая прилагать усилия, которые могут привести к удовлетворению названных потребностей. Ученый считает их приобретенными под воздействием различных жизненных обстоятельств, а это значит, что руководитель имеет возможность влиять как на формирование этих потребностей, так и вызванное ими поведение. Для подбора способа воздействия согласно данной теории важно обратить внимание на особенности двух видов мотиваций: мотивация к достижению успеха и мотивация избегания неудач. Мотивация к достижению успеха вырабатывается под воздействием преимуществ и поощрений. Она способствует творческому отношению к работе, более полной реализации потенциала работника и вызывает активное поведение. Мотивация к избеганию неудач вырабатывается под воздействием наказаний, способствует росту осторожности, скованности, демобилизирующему отношению к препятствиям, ограничению творческих проявлений работника, вызывает безынициативное поведение.

Именно это и позволяет нам говорить о Ценностях ГК Росатом, представляющих собой именно мотивации к достижению успеха, как о мотивирующем факторе профессионального самосовершенствования работников отрасли. Именно они представляют собой совокупность побуждений и условий, которые определяют (детерминируют), направляют и регулируют процесс повышения профессиональной компетентности работников. Кроме того, профессиональное самосовершенствование работников есть относительно самостоятельный вид внутренней деятельности, направленный на принятие и усвоение (интериоризацию) внешних, в основном нормативно установленных (корпоративных) требований к его личности, каковыми и являются Ценности Госкорпорации для ее работников.

Мотивация профессионального самосовершенствования специалистов (МПСС) рассматривается как совокупность всех побуждений и условий, которые детерминируют, направляют и регулируют процесс профессионального самосовершенствования специалиста. Она представляет собой специфический вид регуляции деятельности человека и по своему развитию является сложной функциональной системой интегрированных воедино содержательных и динамических процессов, в которых отражаются основные ее функции: побуждения, направленности, регуляции и контроля. Данные функции логически взаимосвязаны с основными ее этапами: мотивация самопознания, мотивация планирования самосовершенствования, мотивация реализации программы самосовершенствования и самоконтроля. Только последовательное и полное выполнение задач всех этих этапов приводит к искомому результату – совершенствованию профессиональной подготовки специалиста, развитию его профессионально значимых качеств.

Переход от узкой временной сферы действия побуждений к самосовершенствованию, к автономному мотиву самосовершенствования, превращению отдельных попыток в работе над собой в постоянно действующий процесс, образ мышления специалиста и является развитием МПСС в любой отрасли.

При этом, источником самосовершенствования являются внешние факторы в виде: предъявляемых требований к специалисту, престижа и привлекательности его профессии, организации труда в конкретных коллективах [5].

В настоящее время именно Ценности, объявленные Госкорпорацией, и являются тем внешним фактором, который и формирует важный структурный компонент стратегии профессионального самосовершенствования специалистов отрасли – представления о значимых направлениях самосовершенствования, а также особенности выбора совершенствуемых компетенций. При этом большое значение имеет психолого-акмеологическое сопровождение в работе с персоналом в отрасли по формированию необходимых компетенций работников. При этом разработчики данной проблемы рекомендуют в качестве основы для получения и интерпретации информации об отношении человека к тем или иным компетенциям рекомендуют одновременно использовать несколько модальностей: – «могу» («умею») как интегральную самооценку владения соответствующими знаниями, умениями и навыками или развитость личностно-профессиональных качеств; «хочу» как характеристику стремления человека совершенствоваться по данному направлению, опирающуюся на личностные интересы и склонности; «надо» как субъективную значимость компетенции для выполняемой деятельности [6].

Анализ действий ГК «Росатом» по внедрению Ценностей Госкорпорации показывает, что подобранный и сформулированный определенным образом, набор ценностей Госкорпорации способствует развитию мотивации профессионального самосовершенствования работников отрасли, так как происходит «переход от аморфной одноуровневой системы побуждений к сложной, иерархически построенной, через процесс интериоризации, когда в сознании работника отражаются два состояния действительности: наличное и желаемое, противоречивое единство которых и составляет одну из основных особенностей структурирования сложной потребности в саморазвитии, самореализации» [7].

Определенный отраслью подход к внедрению ценностей является определяющей тенденцией развития мотивации профессионального самосовершенствования работников как реализации их социокультурного потенциала на основе целенаправленного моделирования «ситуаций самосовершенствования» при которых работники постоянно сталкиваются с необходимостью активно расширять и применять имеющиеся знания, умения и навыки, ставятся в условия, требующие от них систематичного и регулярного проявления формируемых профессионально-значимых качеств: «Мы стремимся быть лидером на глобальных рынках. Мы всегда на шаг впереди в технологиях, знаниях и качествах наших сотрудников. Мы предвидим, что будет завтра, и готовы к этому сегодня. Мы постоянно развиваемся и учимся. Каждый день мы стараемся работать лучше, чем вчера» [8].

На примере, сформулированной таким образом ценности корпорации «На шаг впереди», как и в формулировках остальных ценностей: «Ответственность за результат», «Эффективность», «Единая команда», «Уважение», «Безопасность» мы убеждаемся, что они представляют собой систему отношений, определяющих мотивацию профессионального самосовершенствования сотрудников, которая, что очень значимо, диагностична. Постоянные выпуски буклетов и публикаций, не только как декларация о ценностях, а конкретные действия, дела отрасли и отдельных ее работников в соотношении с конкретной ценностью, иллюстрируют данную систему отношений.

Такой подход Госкорпорации можно рассматривать как технологию эффективной профессиональной деятельности на основе мотивации профессионального самосовершенствования сотрудников через: отношение личности к своей

профессиональной деятельности (оценивается по степени удовлетворенности профессией); отношение к себе как профессионалу (оценивается по величине значимости для сотрудника профессиональной деятельности) и отношение к самосовершенствованию в профессиональной сфере (оценивается по степени стремления личности к самосовершенствованию) [9].

Однако, начальный вектор развития самосовершенствования работников отрасли должен сместиться в вузовскую среду подготовки будущих атомщиков. На этапе начала обучения в вузе, студенты проходят диагностику готовности первокурсников к продолжению обучения в вузе, которая предполагает изучение психологических особенностей студента как субъекта учебно-профессиональной деятельности. Одной из составляющих данной диагностики является диагностика мотивационного компонента, включающая внутреннюю и внешнюю мотивацию к профессиональной деятельности.

К внутренним профессиональным мотивам относят релевантные профессиональные мотивы: стремление достичь социального признания, уважения; стремление к самореализации, желание продолжить обучение в аспирантуре (магистратуре); самосовершенствование; стремление добиться успеха в профессиональной деятельности, построить успешную профессиональную карьеру. К внешним профессиональным мотивам относят иррелевантные профессиональные мотивы: желание добиться одобрения окружающих, иметь гарантию стабильности; стремление получить высокооплачиваемую работу, работать в государственных структурах или в частных организациях; получить руководящую должность [10].

Опыт Волгодонского инженерно-технического института – филиала Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» в проведении данного тестирования показал, что поступают в институт студенты с различным уровнем профессиональной мотивации. Уже на начальной стадии обучения студенты по итогам диагностики получают такие характеристики: «Обучаясь в вузе, Вы в своей будущей профессиональной деятельности в полной мере ориентированы (всецело ориентированы, не ориентированы) на достижение социального признания и уважения, в наибольшей степени стремитесь к самореализации и самосовершенствованию (Стремление к самореализации и самосовершенствованию для Вас не является значимым мотивом учения). После окончания обучения Вы придаете большое значение достижению успеха в профессиональной деятельности и построению успешной профессиональной карьеры. Также Вы желаете получить интересную работу. Вам свойственно стремление работать в выбранной Вами сфере профессиональной деятельности и добиться одобрения окружающих (Факт высокооплачиваемости Вашего труда имеет для Вас первостепенное значение)».

Результаты диагностики готовности студентов первого курса используются: психологами; кураторами академических групп; специалистами отделов по воспитательной работе в вузе; заведующими кафедрами и деканатом. По итогам диагностики в целях успешного обучения для студентов на всех периодах обучения проводятся социально-психологические тренинги; индивидуальные консультации; дополнительные учебные занятия, ориентированные на изучение Ценностей Госкорпорации и составления личностного вектора самосовершенствования.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что внедрение Ценностей Госкорпорации «Росатом» в настоящее время являются мощным средством мотивации профессионального самосовершенствования работников атомной отрасли и студентов, ориентированных на работу в отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яницкий, М.С. Ценностные ориентации личности как динамическая система [Электронный ресурс] / М.С. Яницкий. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2000. – 204 с. – Режим доступа: URL: http://www.liveinternet.ru/users/redhead_queen/post156792276/ – 20.05.2016.
2. Щюц, А. Структура повседневного мышления [Текст] / А. Щюц // Социологические исследования. – 1997. – №2. – С. 136.
3. Новиков, Г.А. О человеческих качествах и ценностях в области обеспечения безопасности использования атомной энергии и обращения с радиоактивными материалами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.atomic-energy.ru/articles/2015/02/06/54719> – 10.05.2016.
4. Каслина, А.В. Ценности Госкорпорации «Росатом» [Рукопись] / А.В. Каслина // Материалы курсов повышения квалификации. – М., 2015.
5. Психология и педагогика. Учебное пособие [Текст] / Под ред. К.А. Абульхановой, Н.В. Васиной, Л.Г. Лаптева, В.А. Сластенина. – М., 1998.
6. Мельничук, А.С. Многомерный подход к анализу субъективных стратегий развития профессиональных компетенций [Текст] / А.С. Мельничук // Акмеология. – 2012. – №2(42). – С. 23.
7. Василенко, И.С. Динамика мотивации профессионального самосовершенствования в инновационном процессе : дис. канд. соц. наук [Текст] / И.С. Василенко – Ростов-на-Дону, 2003. – 192 с.
8. Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом». Ценности Росатома [Электронный ресурс]. Выпуск 2. 2015 год. – Режим доступа: URL: www.kolaer.ru/our_values.pdf – 20.05.2016.
9. Рабочая книга практического психолога: Технология эффективной профессиональной деятельности [Текст]. – М., 1996.

REFERENCES

- [1] Yanitskiy M.S. Tsennostnye orientatsii lichnosti kak dinamicheskaya sistema [Valuable orientations of the person as dynamic system]. Kemerovo. Pub. Kuzbassvuzizdat[Kuzbassvuzizdat], 2000, ISBN 5-202-01717-0, 204 p. Available at: http://www.liveinternet.ru/users/redhead_queen/post156792276/ (in Russian)
- [2] Shchyuts A. Struktura povsednevnogo myshleniya [Structure of daily thinking]. Sotsiologicheskie issledovaniya [Sociological researches]. 1997, №2, ISSN 0132-1625 , p. 136. (in Russian)
- [3] Novikov G.A. O chelovecheskikh kachestvakh i tsennostyakh v oblasti obespecheniya bezopasnosti ispolzovaniya atomnoy energii i obrashcheniya s radioaktivnymi materialami [Human qualities and values in the field of safety of use of atomic energy and the treatment of radioactive materials]. Available at: <http://www.atomic-energy.ru/articles/2015/02/06/54719> (in Russian)
- [4] Kaslina A.V. Tsennosti Goskorporatsii «Rosatom» [Values of Rosatom State Corporation]. Materialy kursov povysheniya kvalifikatsii [Materials of advanced training courses]. M. 2015. (in Russian)
- [5] Psikhologiya i pedagogika [Psychology and pedagogics.]. Uchebnoe posobie [Manual]. Pod redaktsiey K.A. Abulkhanovoy, N.V. Vasinoy, L.G. Lapteva, V.A. Slastenina [Edited by K.A. Abulkhanovoy, N.V. Vasinoy, L.G. Lapteva, V.A. Slastenina]. M. 1998. (in Russian)
- [6] Melnichuk A.S. Mnogomernyy podkhod k analizu subektivnykh strategiy razvitiya professionalnykh kompetentsiy [Many-dimensional approach to the analysis of subjective strategy of development of professional competences]. Akmeologiya [Akmeology]. 2012, №2(42), ISSN 2072-7577, p. 23. (in Russian)
- [7] Vasilenko I.S. Dinamika motivatsii professionalnogo samosovershenstvovaniya v innovatsionnom protsesse [Dynamics of motivation of professional self-improvement in innovative process]. Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata sotsiologicheskikh nauk [PhD thesis in sociological science]. Rostov-in-Don, 2003. 192 p. (in Russian)
- [8] Gosudarstvennaya korporatsiya po atomnoy energii «Rosatom» [State Atomic Energy Corporation "Rosatom"]. Tsennosti Rosatoma [Values of Rosatom]. Vypusk 2 [Issue 2]. 2015. Available at: http://www.kolaer.ru/our_values.pdf – 20.05.2016. (in Russian)
- [9] Rabochaya kniga prakticheskogo psikhologa: Tekhnologiya effektivnoy professionalnoy deyatel'nosti [Workbook of the practical psychologist: Technology of efficient professional activity]. M. 1996. (in Russian)

Rosatom State Corporation Values as the Motivating Factor of Professional Self-improvement of Nuclear Branch Employees

V.A. Rudenko*, I.S. Vasilenko**

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

** e-mail: VARudenko@mephi.ru ; ** e-mail: isv.trener@gmail.com*

Abstract – OBJECTIVES Values of Rosatom State Corporation as professional self-improvement motivation of nuclear branch employees are analyzed in work.

CONCLUSIONS The approach to introduction of values determined by branch is a defining tendency of motivation development of employee professional self-improvement as realization of their social and cultural potential on the basis of targeted model operation of "self-improvement situations".

Keywords: nuclear branch, values, motivation, professional self-improvement.

**КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ И
СОЦИАЛЬНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ
ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 331.105.4

**ФАКТОРЫ И ВЕКТОР ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ АТОМНОГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

© 2016 М.В. Головки

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

Статья посвящена исследованию факторов экономического развития промышленных предприятий атомного машиностроения, на основе которого определяется его основной вектор.

Теоретический срез общемировых тенденций развития атомной энергетики показал, что залогом ее конкурентоспособности являются инновационные трансформации всех ее субъектов, особенно машиностроительного дивизиона, поскольку производимое оборудование и уровень его технологической новизны, безопасности и рентабельности для строительства, эксплуатации и ремонта атомных электростанций определяет вектор развития отрасли.

Анализ различных подходов и классификаций, а также использование методик экономико-математического моделирования, в частности, метода главных компонент, позволили обосновать значимость инноваций в совокупности факторов развития современных промышленных предприятий.

В статье отмечена роль институциональной среды и тех эффектов, которые детерминируют современные особенности функционирования промышленных предприятий. В результате обосновано, что экономическое развитие российского атомного машиностроения весьма своеобразно, определено и особенностями трансформационных процессов, и просчетами корпоративного менеджмента. Это подтверждает действие хребтного эффекта.

Определены основные препятствия на пути экономического развития российского атомного машиностроения: высокий уровень морального и физического износа производственных мощностей, более высокая рентабельность импортных поставок по сравнению с внутренними в силу эффективного кредитования потребителей оборудования зарубежными поставщиками.

В результате намечен основной вектор экономического развития российского атомного машиностроения - необходимость интенсивного инновационного развития отрасли путем использования современных методов менеджмента для эффективного управления стратегическими ресурсами (развитием человеческого капитала, сохранением критически важных знаний и модернизацией основных фондов, государственными инвестициями в рамках программно-целевого финансирования). Указанные меры позволят, прежде всего, перейти к рациональному импортозамещению и представить на внешнем рынке конкурентоспособную продукцию одной из перспективнейших отраслей мирового хозяйства.

Ключевые слова: атомное машиностроение, промышленные предприятия, факторы экономического развития, импортозамещение, критически важные знания.

Поступила в редакцию 15.06.2016 г.

Развитие атомной отрасли имеет стратегический характер для России, что обуславливает необходимость обеспечения эффективного развития всех ее субъектов.

В стране действует 10 АЭС (35 реакторов разных типов), в стадии строительства находятся еще 8 энергоблоков. Выработка атомных станций составляет 18,6% внутреннего энергобаланса РФ и ожидается рост этой доли.

Создание условий для экономического развития любой социально-экономической системы, например, промышленных предприятий, входящих в атомную отрасль, требует учета трех компонентов, определяющих их устойчивость по отношению к угрозам, формируемым внешней и внутренней средой: стартовые возможности (ресурсный потенциал), текущее состояние (институциональные характеристики экономической сферы), а также ее стратегические перспективы (возможность развития и прогресса) (рис. 1).

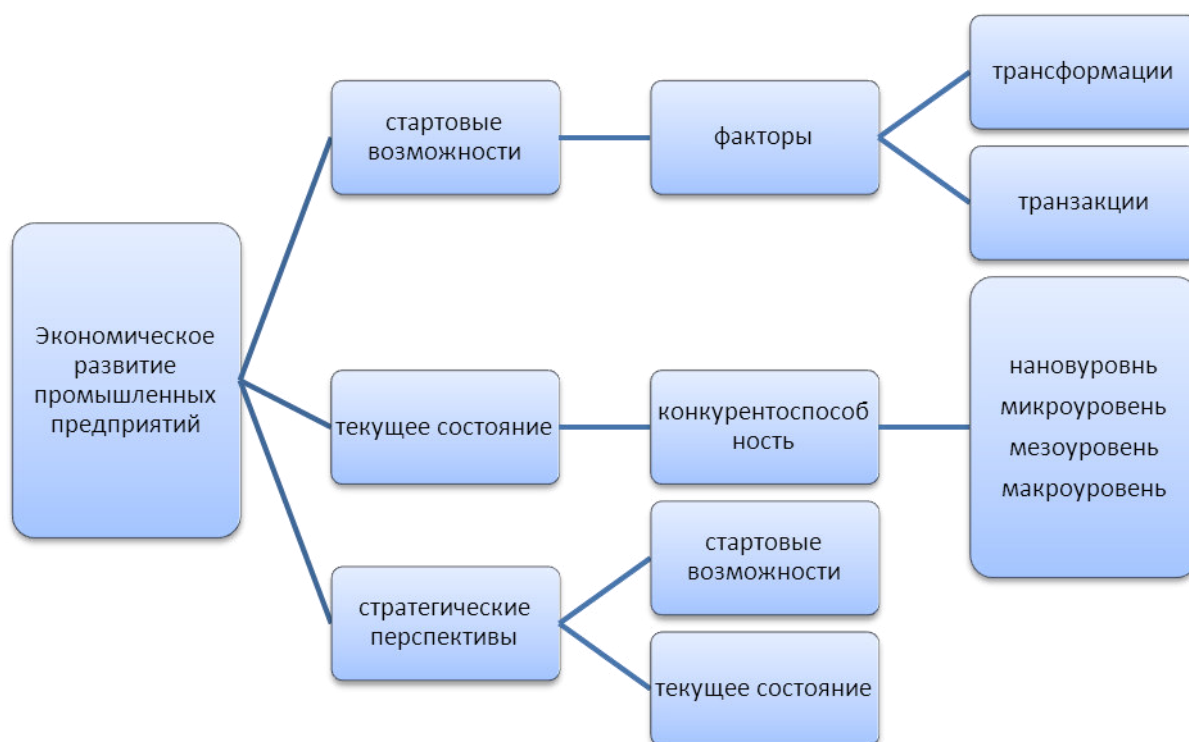


Рис. 1. – Основные компоненты экономического развития социально-экономической системы

Это позволяет выделить такие элементы, как:

- экономическая независимость, проявляющаяся в возможности контроля за ресурсами, достижении такого уровня производства, эффективности и качества продукции, которые обеспечивает её конкурентоспособность и позволяет на равных участвовать в торговле внутреннем и внешнем рынках, кооперационных связях и обмене научно-техническими достижениями;

- стабильность и устойчивость экономики предприятия, предполагающие защиту собственности во всех её формах, создание надежных условий и гарантий для предпринимательской активности, сдерживание факторов, способных дестабилизировать ситуацию, например, борьба с транзакционными рисками;

- способность к саморазвитию и прогрессу, определяемая благоприятным климатом для инвестиций и инноваций, постоянной модернизацией производства, повышением профессионального, образовательного и общекультурного уровня

работников.

Как показывает анализ общемировых тенденций развития атомной энергетики, залогом ее конкурентоспособности являются инновационные трансформации всех ее субъектов, особенно машиностроительного дивизиона, поскольку производимое оборудование и уровень его технологической новизны, надежности, безопасности и прочие характеристики, для строительства, эксплуатации и ремонта атомных электростанций определяет вектор развития отрасли [14,15,16]. Факторы экономического развития предприятий атомного машиностроения представлены на рисунке 2.

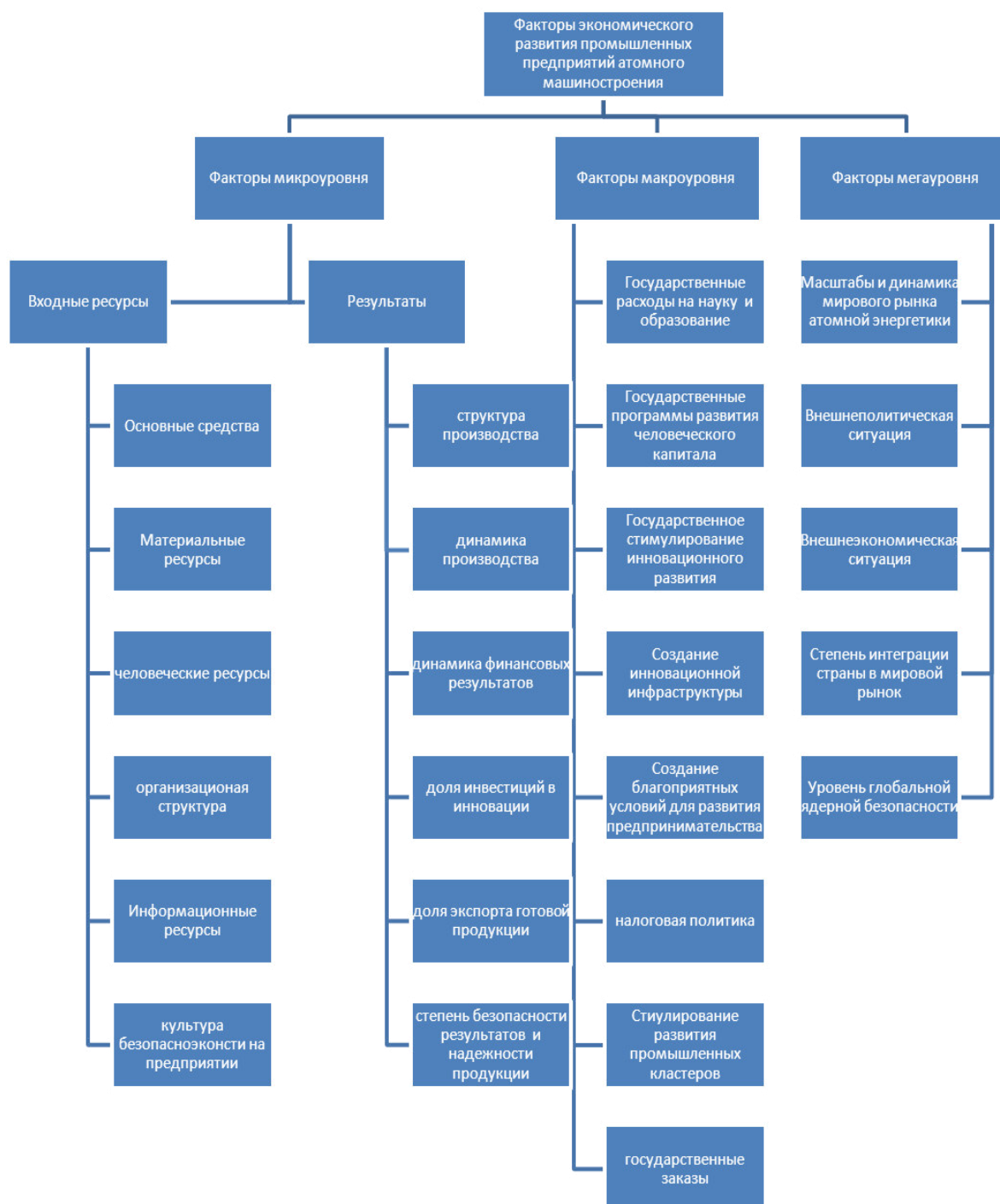


Рис. 2. – Факторы экономического развития промышленных предприятий атомного машиностроения

Все факторы экономического развития промышленных предприятий можно разделить на внешние и внутренние, при этом внешние во многом определяют (стимулируют) степень и уровень эффективности использования внутренних факторов. К внутренним факторам относят ресурсы (производственные, материальные), кадры (повышение квалификации, сохранение критически важных знаний), структура предприятия (оптимизация количества звеньев и уровней организационной структуры, учет современных механизмов совершенствования оргструктуры, переход к проектной структуре), информация (объем, достаточность, достоверность и своевременность получения информации о рынке, о мировых тенденциях, о государственных приоритетах, о перспективах развития отрасли и проч.).

Также можно воспользоваться классификацией факторов по сферам общественной деятельности. Например, к экономическим факторам развития атомного машиностроения можно отнести следующие (как внутренние, так и внешние):

- технико-экономические параметры изготавливаемого оборудования;
- надежность оборудования;
- возможность льготного кредитования поставок оборудования отечественным и зарубежным заказчикам;
- обеспечение должного уровня рентабельности производства;
- строительство АЭС в России и за рубежом, что обеспечит наличие потребности в оборудовании;
- инвестиции в инновационное развитие, модернизацию оборудования, повышение квалификации персонала;
- продолжение внедрения механизмов эффективного менеджмента в управление производством и их реализация на всех уровнях управления (Производственная система "Росатом" (ПРС), методика Хосин-Канри (Х-матрицы), внедрение сбалансированной системы показателей (BSC) и пр.).

К политическим факторам развития атомного машиностроения относятся, в том числе:

- государственная поддержка, разработка и контроль реализации ФЦП в сфере атомного машиностроения;
- государственное стимулирование реализации стратегии импортозамещения в сфере атомного машиностроения;
- государственный заказ;
- совершенствование электронной системы госзакупок;
- разработка институциональных механизмов стимулирования и поддержки (нормативно-правовой базы, инфраструктуры) атомного машиностроения;
- и т.п.

Социокультурные факторы для предприятия атомного машиностроения могут проявляться в численности и структуре населения, уровне его доходов, степени лояльности и доверия населения и других групп стейкхолдеров деятельности предприятия, в эффективности и результате связей с общественностью и проч. Доверие и лояльность населения во многом обусловлено соблюдением предприятием экологических норм и ограничений, уровнем безопасности производства, вниманием и учетом требований персонала к созданию условий для безопасного труда, а также совокупностью мероприятий, направленных на защиту и восстановление окружающей среды.

Особое влияние на современный уровень экономического развития промышленных предприятий оказывает та институциональная среда (здесь ее понимаем как совокупность правил и условий микро-, мезо- и макроуровня), в которой предприятие функционирует. Институты имеют определенные свойства, которые

детерминируют качество и эффективность условий экономического развития. Например, для целей планирования инновационной деятельности промышленного предприятия, необходимо учитывать хреодный эффект, в инерционной зависимости от предшествующего развития (parth dependence), закреплению малоэффективных форм, технологий, инструментов управления [6]. История экономического развития российского атомного машиностроения весьма своеобразна, определена и особенностями трансформационных процессов, и просчетами корпоративного менеджмента, что подтверждает действие указанного эффекта.

Развитие атомного машиностроения в середине 20 века было сопряжено с активизацией строительства атомных электростанций. Создание инновационных радиационно-стойких марок стали для производства реакторного оборудования, ядерных паропроизводительных установок для подводных лодок, сжатые сроки для решения поставленных задач – все это привело к созданию дополнительных производственных мощностей, специальных конструкторских бюро, научно-исследовательских центров, формированию кооперационных связей между предприятиями и специалистами страны. Безусловно, все эти изменения были инициированы государственной властью, контролировались и финансировались из средств государственного бюджета, что предопределялось типом и особенностями существующей в указанный период экономической системы. В результате российское атомное машиностроение быстро завоевало прочные позиции на мировом рынке энергетического оборудования. Трансформационный период существенным образом изменил вектор развития отрасли. Спад производства, характерный для всей отечественной промышленности, и связанный с падением спроса на внутреннем рынке энергооборудования, разрывом налаженных кооперационных связей, отсутствием финансовых возможностей, затронул и атомное машиностроение. Так, за десятилетний период с 1991г. по 2000г. объем производства сократился почти в 5 раз [9], во многом был утрачен потенциал подрядных организаций, обострились проблемы восполнения квалифицированных кадров, преемственности опыта, и адаптации к новым институциональным особенностям экономико-правовой среды. До 1990г. доля России на мировом рынке энергетического оборудования составляла 13% [9], в 2009г. эксперты оценили ее только в 2%. Так, в 2008г. импорт энергооборудования увеличился в 10 раз, причем импорт реакторов для АЭС – в 37,6 раза. По современным оценкам, доля импорта в станкостроении примерно 90%, в тяжелом машиностроении импорт составляет около 70%, в энергооборудовании - 50% [5]. Возникла необходимость восстановления взаимодействия между научными, проектными, конструкторскими, строительными и монтажными организациями, заводами-изготовителями оборудования.

Согласно определениям, сформулированным кибернетиками, управление представляет собой перевод системы в новое состояние [1] или изменение состояния объекта управления для достижения цели системы [3]. При этом понятие управления достаточно часто отождествляется с понятием адаптации системы, как процесса «целенаправленного изменения параметров и структуры системы, который состоит в определении критериев ее функционирования и выполнении этих критериев» [10]. Согласно с системно-синергетическим подходом к управлению, как активному действию, воздействие на систему имеет два смысла: приспособление к фиксированной среде или новым условиям (пассивная адаптация) и поиск (или изменение) среды, адекватной данной системе (активная адаптация или фазовый переход).

Поскольку процесс пассивно-адаптивного управления системой характеризуется тем же отрицательным хреодным эффектом, о котором было сказано выше, для обеспечения в долгосрочной перспективе экономической эффективности предприятий

атомного машиностроения следует выбирать инновационный путь, базирующийся на активной адаптации и поиске новых рынков, форм, технологий, знаний и прочих ресурсов развития. В ином случае предприятие как социально-экономическая система перестанет соответствовать требованиям и особенностям среды, произойдет бифуркационный скачок, который приведет систему к разрушению или изменению.

Факторами инновационного развития промышленного предприятия являются внешние (институты) и внутренние (производство и человеческий капитал). Согласно данным Федеральной службы государственной статистики, к основным ресурсам (факторам) инновационной деятельности относятся кадры, производственные фонды и финансовые ресурсы (рис. 3).

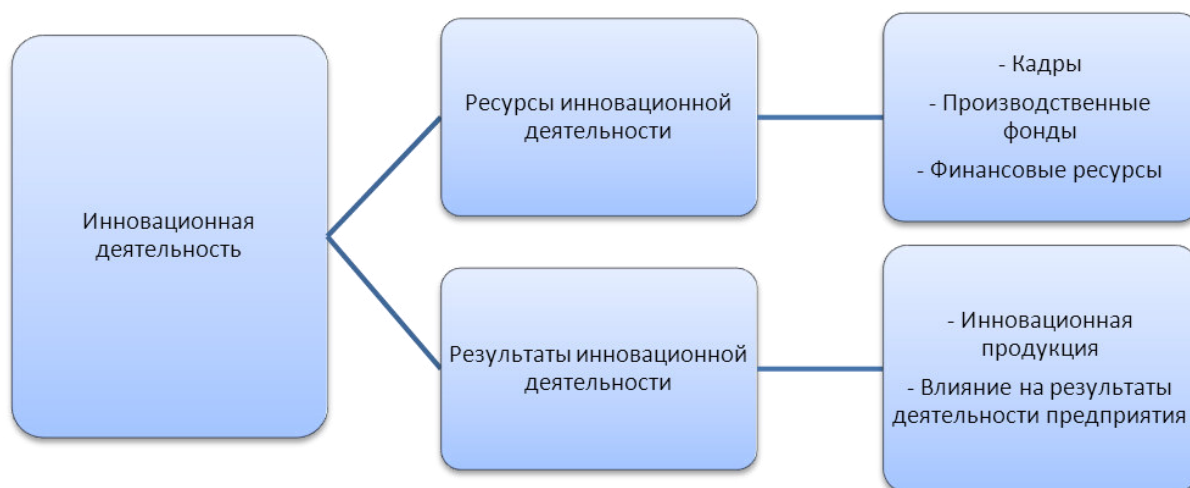


Рис. 3. – Факторы инновационной деятельности промышленных предприятий [11]

На основе рассмотренной классификации факторов предлагаем набор инструментов обеспечения устойчивого экономического развития промышленных предприятий на основе инноваций (таблица 1).

Таблица 1. – Внутренние факторы и инструменты экономического развития промышленных предприятий атомного машиностроения на основе инноваций

Внутренние факторы и инструменты экономического развития промышленных предприятий атомного машиностроения					
Производство			Человеческий капитал		
Технология	Информатизация	Финансовая устойчивость	Знания	Развитие персонала	Интересы стейкхолдеров
1	2	3	4	5	6
Внедрение новых технологий в управление предприятием и модернизация существующих	Автоматизация производства при сохранении высокой степени эффективности, контроля и безопасности производственных процессов	Контроль и оптимизация WACC (средневзвешенная стоимость капитала)	Формирование и совершенствование механизмов приобретения и трансляции знаний	Инвестиции в развитие человеческого капитала согласно требованиям технического прогресса	Создание системы мониторинга потребностей стейкхолдеров удовлетворенности, а также степени их

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Вовлечение инновационных технологий для организации наукоемкого производства, для реализации принципов бережливого производства	Внедрение корпоративных информационных систем для совершенствования управления предприятием	Организация системы внутреннего контроля и повышение уровня финансовой культуры предприятия и его подразделений	Выявление и сохранение критически важных знаний	Разработка, внедрение и постоянное совершенствование системы мотивации персонала, включая гигиенические и мотивационные факторы	Разработка разветвленной системы мотивации, адаптированной ко всем группам стейкхолдеров
Увеличение доли расходов на научные исследования и разработки в общей структуре затрат предприятия		Повышение эффективности финансово-экономического управления предприятием	Закрепление прав на объекты интеллектуальной собственности и обеспечение их защиты	Создание системы подготовки, переподготовки и повышения квалификации персонала	Создание условий для развития партнерских доверительных долгосрочных отношений со всеми группами стейкхолдеров
Активное вовлечение достижений предприятий-партнеров, входящих либо в цепочку роста, либо элементов триады "государство-предприятие-наука (образование)"				Развитие и поддержка корпоративной культуры	Реализация принципа демократизации управления путем привлечения стейкхолдеров к управлению предприятием

Проведенный автором в [2] анализ факторов методом главных компонент дал возможность выявить набор доминирующих факторов, определяющих уровень экономического развития. Среди них:

- технологический, определяющий уровень инновационной активности организации и общую динамику промышленного производства;
- производственный, поскольку наиболее высокие нагрузки соответствуют таким показателям как динамика стоимости и износа основных фондов, динамика доли государственных расходов в экономику;
- институциональный, поскольку высока нагрузка при параметрах "инвестиционный риск", "инвестиционный потенциал" территории и "численность экономически активного населения";
- инвестиционный, определяющий корпоративные инвестиции в инновационное

развитие;

– транзакционных рисков, поскольку наибольшая нагрузка приходится на численность служащих в органах государственного и муниципального управления, приводящей к росту уровня злоупотреблений должностными полномочиями и, следовательно, сокращением инвестиций в производственные мощности.

Сегодня снижение спроса на энергетическое оборудование обусловлено, прежде всего, высоким уровнем морального износа производственных мощностей промышленных предприятий атомного машиностроения. В результате возникает ситуация, когда уровень загрузки оборудования составляет порядка 25%. Превышение объемов импорта над экспортом оборудования для АЭС привело к росту отрицательного сальдо внешнеторгового баланса по данной категории продукции. Большую привлекательность импортному оборудованию придают механизмы льготного кредитования контрактов на закупку, что обеспечивает более высокий уровень рентабельности сделок. При отсутствии должных мер господдержки, обновление основного капитала происходит за счет собственных средств, следовательно, выбор поставщика происходит по критерию экономической эффективности. Основным вектором экономического развития атомного машиностроения должен стать комплекс мер, ориентированный на реализацию стратегии импортозамещения и усиления экспортных позиций. Это будет способствовать не только их экономическому оздоровлению, но и выведет национальную экономику на новый конкурентный уровень мирового рынка.

По оценкам экспертов, объем произведенной продукции в целях импортозамещения должен составить порядка 13,3 трлн.руб. (сумма эквивалентна объему импорта в 2015г.). При этом доля машиностроения составит 5,96 трлн.руб. без учета необходимости восстановления и/или создания производственных мощностей, человеческого потенциала, инвестиций в оборотный капитал. В то же время, создание дополнительных основных средств необходимо, поскольку даже дозагрузка существующих позволит удовлетворить внутренний спрос только частично (в различных отраслях доли могут существенно отличаться). Первые результаты реализации стратегии импортозамещения крайне незначительны, а по ряду направлений и негативны. Так, в 2015г. по сравнению с 2014г. сегменте машиностроения произошло падение объемов производства на 11,1%, в том числе по виду экономической деятельности "производство машин и оборудования (без производства оружия и боеприпасов)", к которому относится и продукция атомного машиностроения, объемы сократились на 3% (таблица 2).

Таблица 2. – Индексы физического объема валовой добавленной стоимости по виду экономической деятельности "производство машин и оборудования (без производства оружия и боеприпасов)" за период 2004-2015 гг.

Наименование показателя	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2015
Валовой внутренний продукт в рыночных ценах	107,2	106,4	108,5	105,2	92,2	104,5	103,5	101,3	100,7	96,3
Производство машин и оборудования (без производства оружия и боеприпасов)	114,5	104,1	123,1	96,5	57,1	109,2	104,1	94,8	91,6	87,4

Стратегия импортозамещения требует восстановления объема производственных мощностей и их технологическое совершенствование, сокращение издержек производства за счет внедрения перспективных практик управления ресурсным потенциалом, и формирование возможностей для реализации ценовой конкурентной стратегии.

Сегодня крайне сложно предсказать конъюнктуру мирового энергетического рынка, но эксперты отмечают продолжение роста удельного потребления энергии в развивающихся странах [7]. В результате ожидается двух-трехкратный рост энергопотребления к середине 21 века, следовательно, Россия, как один из основных игроков на рынке энергоресурсов и энергооборудования, может претендовать на 20-ти процентную долю рынка при активном продвижении новых технологий.

Именно поэтому в ближайшей пятилетней перспективе неотъемлемым условием экономического развития атомного машиностроения должно стать восстановление утраченных и создание необходимых объемов производственных мощностей, сокращение издержек производства за счет существующих ресурсосберегающих технологий и эффективных проектов менеджмента (ПСР-проекты) для роста рентабельности за счет оптимизации всех видов расходов (производственных, управленческих, коммерческих) и достижение на этой основе ценовой конкурентоспособности. В современных условиях экономико-политических ограничений, нехватки средств для финансирования новых проектов, стратегически верным станет управление, нацеленное на эффективное использование ресурсов без существенного увеличения объема производства.

Инновационная деятельность при этом должна не просто стимулироваться, а управляться в ручном режиме, "навязываться", чтобы преодолеть инерцию традиционных методов, подходов, технологий изготовления и проч. Классические инструменты стратегического управления (тоже относительно нового для российских предприятий) сегодня активно дополняется инновационными инструментами. Это продиктовано необходимостью конкурентной борьбы за рынок не столько на национальном, сколько на международном уровне. Согласно классификации стратегий, предложенной Чан Кимом и Рене Моборном (Институт Стратегии голубого океана из INSEAD) [4], российская атомная отрасль имеет бизнесы во всех группах. Так, в ГК "Росатом", есть бизнес-единицы, работающие в "алом океане" (высококонкурентный сегмент), - это конкуренция со стороны гидро- и теплоэнергетики. В рамках стратегии "голубого океана" развиваются проекты замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ) и реакторов на быстрых нейтронах (БН). Промежуточное положение ("переселенческое") занимают проекты развития суперкомпьютерных технологий и грид-технологий.

Остановимся на возможностях реализации стратегии голубого океана для предприятий атомного машиностроения. В Федеральной целевой программе "Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010-2015 годов и на перспективу до 2020 года" (утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 3 февраля 2010 г. № 50 "О федеральной целевой программе "Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010-2015 годов и на перспективу до 2020 года") определены основные направления, в рамках которых планируется развитие отрасли. Следовательно, для предприятий, составляющих цепочку роста "отрасли ТЭК-атомное машиностроение-станкостроение", а также организаций, формирующих конкурентную среду в отрасли (по методике "Бриллиант" М.Портера [8]), необходимо ориентироваться на те цели, задачи и тенденции, которые определены в данном программном документе. Основной целью ФЦП является создание ядерных энерготехнологий нового поколения на базе реакторов на быстрых нейтронах,

работающих по принципу замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ) для атомных электростанций, удовлетворяющих потребности страны в энергоресурсах, а также необходимого для этого эффективного использования отработанного топлива, создание и развитие научно-технического потенциала, обеспечение ядерной безопасности. В соответствии с обозначенной целью, задачами ФЦП являются:

- *разработка и сооружение реакторов на быстрых нейтронах с ЗЯТЦ;*
- *разработка инновационных исследовательских проектов по возможностям использования энергии атомного ядра.*

Индикаторами достижения цели будут удельный вес инновационной продукции и показатели услуг, созданных путем реализации мероприятий Программы, в общем объеме продаж продукции и услуг отрасли, рост эффективности использования природного урана в ЯТЦ, снижение объемов выгружаемого отработавшего ядерного топлива и образующихся радиоактивных отходов, количество разработанных инновационных технологий в ядерной отрасли (мирового уровня и выше) и др. Некоторые социально-экономические показатели, по которым предполагается оценивать эффективность ФЦП, представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Показатели оценки социально-экономической эффективности ФЦП "Ядерные технологии нового поколения на период 2010–2015 гг. и на перспективу до 2020 г."

Наименование показателя	2010	2013	2014	2015	2016	2019	2020
Вклад атомной отрасли в валовой внутренний продукт страны за счет повышения уровня, % коммерциализации технологий и увеличения выпуска высокотехнологичной инновационной продукции	0,65	0,66	0,66	0,66	0,67	0,7	0,71
Вклад отрасли в объем произведенной промышленной продукции страны за счет реализации мероприятий Программы, %	1,19	1,24	1,24	1,24	1,26	1,32	1,34
Затраты федерального бюджета на реализацию мероприятий Программы (в ценах 2015 года), млрд.руб.	4,44	13,72	13,59	12,07	12,49	5,43	1,78
Поступление налогов в бюджет в связи с реализацией мероприятий Программы (в ценах 2015 года), млрд.руб.	1,62	7,86	8,89	8,77	9,78	8,21	7,4
Темп роста экспорта высокотехнологичного оборудования, работ и услуг в области использования атомной энергии, %	4,78	4,91	5,4	6,83	7,03	7,79	7,95
Средний возраст исследователей и разработчиков в области использования атомной энергии, лет	46	45	44,5	44	43,5	42,5	42

Разработка и реализация альтернативных реакторных технологий требует активного включения в решение этой задачи предприятий энергетического машиностроения. Одним из ведущих и перспективных участников указанной стратегии является филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонске (далее – Атоммаш) – признанный в советское время лидер отечественного атомного энергомашиностроения с четко отлаженным производством ядерных установок. Поставленная заводу в начале 90-х годов прошлого века стратегическая задача по разработке и освоению производства энергоблоков с РБН, призванная решить научно-технические проблемы повышения мощностей, реализуется и интегрирована в систему современных государственных приоритетов.

В настоящее время на Атоммаше выполняется конструкторско-технологическая подготовка производства основных узлов многоцелевой исследовательской ядерной установки на быстрых нейтронах (МБИР). Реакторная установка (РУ МБИР) включает в свой состав МБИР и комплекс систем, элементов и экспериментальных устройств, располагающихся в пределах определенной проектом территории и предназначенных для использования нейтронов и ионизирующего излучения в исследовательских целях.

Создание и эксплуатация МБИР становится важным этапом процесса организации серийного строительства реакторов на быстрых нейтронах, позволяющим уже сегодня сделать шаг в направлении обеспечения конкурентоспособности национальной ядерной энергетики на стратегическую перспективу до 50 лет. В течение данного периода, по оценкам экспертов, значительно увеличится стоимость добычи урана в силу истощения его месторождений, и наступит период «быстрой энергетики».

Приоритет инновационного фактора экономического развития промышленного производства позволяет по-новому оценивать человеческий потенциал, который включает труд (персонал в количественном аспекте с необходимыми для выполнения определенной работы навыками), предпринимательские способности (качественный фактор, особые способности человека), информация (как результат человеческой деятельности, а также способность человека получать, аккумулировать, анализировать, транслировать и сохранять информацию). В связи с этим, особое значение для предприятия приобретает формирование и сохранение человеческого капитала, способного аккумулировать знания и транслировать их следующим поколениям. Применительно к столь специфичной отрасли, как атомная, значительной актуальностью характеризуется проблема сохранения критически важных знаний – знаний, которые в условиях ограниченности ресурсов получают приоритет. Для выявления критически важных знаний на предприятиях разрабатывают перечень критериев для определения степени их критичности (важности, значимости). Представленный ниже примерный перечень некоторых критериев демонстрирует, в свою очередь, важность и значимость для предприятия инновационного пути развития и стремления сохранить и приумножить сформированный для этого потенциал:

- дефицит ключевого персонала в конкретной области знания, для реализации проекта, исследования;
- необходимость особо высокой, редкой квалификации для выполнения работ по разрабатываемой области знания;
- важность разрабатываемой области знания для достижения целей организации;
- использование знаний во всех или значительном числе подразделений организации;
- возможность повышения эффективности деятельности организации за счет сохранения, распространения и использования знаний;
- высокий уровень риска при утере знаний, связанный с уходом из

организации носителей знаний;

- опасность последствий несанкционированного использования знаний.

Знание определяется как критически важное в случае удовлетворения хотя бы одному критерию. Носителей критически важных знаний определяют на основе, например, обладания специалистами уникальными знаниями и опытом в области сохраняемых знаний, высоким индексом цитирования, индивидуальной компетенцией в области сохраняемых знаний, большим количеством формализованных знаний (монографии, публикации и пр.), наличием научных степеней, званий, достижений. Таким образом, видно, что человеческий капитал является залогом эффективности инновационного развития предприятий атомного машиностроения. В связи с этим особую ценность приобретают высококвалифицированные специалисты, креативно настроенные, готовые к научным изысканиям, способные применять полученные знания на практике, транслировать опыт молодым специалистам, фиксировать результаты своих исследований в различных формах научных публикаций, получать патенты и т.п.

Разработка и реализация на предприятиях атомного машиностроения проектов сохранения критически важных знаний имеет целью обеспечение непрерывной и эффективной инновационной деятельности. Для реализации цели необходимо решение задач:

- 1) снижение риска утраты критически важных знаний в связи с уходом носителя знаний путем выявления и сохранения знаний;
- 2) обеспечение преемственности между поколениями;
- 3) вовлечение критически важных знаний в деятельность организации, обеспечение сотрудников предприятия данными, информацией, знаниями;
- 4) коммерческое использование критически важных знаний, формирование эффективных механизмов.

Модель системы управления знаниями на предприятиях атомного машиностроения и соответствие целей функциональных блоков основным задачам (отмечены цифрами на рисунке), можно представить следующим образом (рис. 4).

Составными элементами проекта сохранения критически важных знаний должны стать следующие:

- аудит знаний;
- картирование знаний и технологий;
- оценка рисков утраты критически важных знаний по факторам риска (сокращение численности персонала, рабочего места или должности, степень документированности информации, наличие преемника);
- пересмотр и разработка программ подготовки на должность персонала предприятия атомного машиностроения и методических документов;
- выявление результатов интеллектуальной деятельности в составе критически важных знаний, получение дохода от прав на использование результатов интеллектуальной деятельности.

Вышеизложенные мероприятия позволяет не только развить человеческий потенциал, но и сделать возможным его накопление путем передачи важнейшей для конкретного промышленного предприятия информации. Так, например, в 2016г. в машиностроительном дивизионе Росатома – АО «Атомэнергомаш» стартовала программа обучения для сотрудников предприятий, направленная на совершенствование навыков при работе на зарубежных рынках. Программа рассчитана на специалистов по продажам, качеству, работников производственного сектора и технологов. В совокупности с реализацией стратегии импортозамещения, а также федеральных целевых программ, это позволит вывести российское атомное

машиностроение на качественно новый уровень конкурентоспособности, сформировав тем самым задел национальной экономической безопасности и независимости.



Рис. 4. – Модель системы управления знаниями на предприятиях атомного машиностроения

Таким образом, состояние и перспективы развития российского атомного машиностроения определяется национальными интересами. Атомная промышленность переносит центр тяжести на разработку и использование современных наукоемких технологий, их экспортный потенциал. Атомная энергетика в целом является высококонкурентной отраслью и будет сохранять и укреплять свои позиции при оптимальном развитии всех ее дивизионов с использованием взаимосвязанного комплекса организационных, технологических, экономических инструментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берг, А.И. Кибернетика – наука об оптимальном управлении [Текст] / А.И. Берг. – М.: Изд-во АН СССР, 1964. – С. 19.
2. Головкин, М.В. и др. Инновационная активность как составляющая устойчивого развития экономики региона [Электронный ресурс] / М.В. Головкин, О.Ф. Цуверкалова // Экономические исследования. – 2016. – №2. – Режим доступа: URL: <http://www.erce.ru/internet-magazine/magazine/46/677/> – 14.06.2016.
3. Кибернетический словарь [Текст] / Под ред. акад. В.М. Глушкова. – Киев, 1979.
4. Ким, У.Ч. и др. Стратегия голубого океана: Как создать свободную рыночную нишу и перестать бояться конкурентов [Текст] / У.Ч. Ким, Р. Моборн. – М.: НРРО, 2005. – С. 58.
5. Кравченко, Л.И. Итоги государственной политики импортозамещения. - [Электронный ресурс] / Л.И. Кравченко. – Режим доступа: URL: <http://rusrand.ru/docconf/itogi-gosudarstvennoj-politiki-importozameshenija> – загл. с экрана. – 29.03.2016.
6. Нестеренко, А.Н. Современное состояние и основные проблемы институционально-эволюционной теории [Текст] / А.Н. Нестеренко // Вопросы экономики. – 1997. – №3. – С. 53.

7. Пономарев-Степной, Н. На путь устойчивого развития [Текст] / Н. Пономарев-Степной // РЭА. – 2016. – №1. – С. 18.
8. Попов, С.А. Концепция актуального стратегического менеджмента для современных российских компаний: монография [Текст] / С.А. Попов. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – 223 с.
9. Почукаева, О.В. Анализ развития энергетического машиностроения России в 2004 – 2008 гг. [Текст] / О.В. Почукаева // Проблемы прогнозирования. – 2010. – № 4. – С. 30–44.
10. Растрин, Л.А. Адаптация сложных систем [Текст] / Л.А. Растрин. – Рига: Зинатне, 1981. – С. 11.
11. Статистика инноваций в России. Материалы по данным Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/science_and_innovations/science/ – 01.08.2015.
12. Энергетическое машиностроение в государствах Единого экономического пространства [Электронный ресурс]. – Алматы, 2015. – Режим доступа: <http://www.eabr.org/rus/publications/AnalyticalReports/> – 15.05.2016.
13. Головкин М.В., Руденко В.А. Корпоративные ценности в системе устойчивого развития и безопасности экономики промышленных предприятий (на примере ГК «Росатом») [Текст] / М.В. Головкин, В.А. Руденко // Глобальная ядерная безопасность. – 2015. – №4(17). – С. 103–114.
14. ERI Releases 2015 Nuclear Fuel Cycle and Price Report. July 1, 2015. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.energyresources.com/index.php/41-eri-releases-2015-nuclear-fuel-cycle-supply-and-price-report> – 15.10.2015.
15. Fast Neutron Reactors (updated October 2015) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.world-nuclear.org/info/Current-and-Future-Generation/Fast-Neutron-Reactors/> – 26.10.2015.
16. World Uranium Mining Production (Updated 22 May 2015) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.world-nuclear.org/info/Nuclear-Fuel-Cycle/Mining-of-Uranium/World-Uranium-Mining-Production/> – 09.09.2015.

REFERENCES

- [1] Berg A.I. Kibernetika – nauka ob optimalnom upravlenii [Cybernetics is science about optimum control]. M. Pub. AN SSSR [USSR Academy of Sciences Publishing house], 1964. p. 19. (in Russian)
- [2] Golovko M.V., Tsuverkalova O.F. Innovacionnaya aktivnost kak sostavlyayushhaya ustojchivogo razvitiya ekonomiki regiona [Innovative activity as component of a sustainable development of economy of the region]. Ekonomicheskie issledovaniya [Economic research]. 2016, №2, ISSN 2079-9446. Available at: <http://www.erce.ru/internet-magazine/magazine/46/677/> (in Russian)
- [3] Kiberneticheskij slovar [Cybernetic dictionary]. Pod redakciej akademika V.M. Glushkova [Edited by V.M. Glushkov]. Kiev, 1979. (in Russian)
- [4] Kim U.Ch., Moborn R. Strategiya golubogo okeana: kak sozdat svobodnuyu rynochnuyu nishu i perestat boyatsya konkurentov [Blue ocean strategy: How to create a free market niche and to cease to be afraid of competitors]. M. Pub. NIRRO, 2005, ISBN 5-98293-077-6, p. 58. (in Russian)
- [5] Kravchenko L.I. Itogi gosudarstvennoj politiki importozameshheniya [Results of state policy of import substitution]. Available at: <http://rusrand.ru/docconf/itogi-gosudarstvennoj-politiki-importozamesheniya> (in Russian)
- [6] Nesterenko A.N. Sovremennoe sostoyanie i osnovnye problemy institucionalno-evolyucionnoj teorii [Current state and main problems of the institutional and evolutionary theory]. Voprosy ekonomiki [Economy questions.]. 1997, №3, ISSN 0042-8736, p. 53. (in Russian)
- [7] Ponomarev-Stepnoj N. Na put ustojchivogo razvitiya [On the way of sustainable development]. Rosenergoatom [Rosenergoatom], 2016, №1, p. 18. (in Russian)
- [8] Popov S.A. Konceptiya aktualnogo strategicheskogo menedzhmenta dlya sovremennykh rossijskix kompanij: monografiya [The concept of actual strategic management for the modern Russian companies: monograph]. M. Pub. Izdatelstvo Yurajt [Yurayt publishing house], 2013. ISBN 978-5-9916-2221-9, 223 p. (in Russian)
- [9] Pochukaeva O.V. Analiz razvitiya energeticheskogo mashinostroeniya Rossii v 2004–2008 godah [The analysis of energy mechanical engineering development of Russia in 2004 - 2008.]. Problemy prognozirovaniya [Forecasting problems]. 2010, № 4, ISSN 0868-6351, pp. 30–44. (in Russian)
- [10] Rastrigin L.A. Adaptaciya slozhnykh sistem [Adaptation of difficult systems]. Riga, Pub. Zinatne

- [Zinatne], 1981. p. 11. (in Russian)
- [11] Statistika innovacij v Rossii. Materialy po dannym Federalnoj sluzhby gosudarstvennoj statistiki [Statistics of innovations in Russia. Federal State Statistics Service materials]. Available at: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/science_and_innovations/science/ (in Russian)
- [12] Energeticheskoe mashinostroenie v gosudarstvax Edinogo ekonomicheskogo prostranstva [Power engineering in the states of the Common economic space]. Almaty, 2015. Available at: <http://www.eabr.org/rus/publications/AnalyticalReports/> (in Russian)
- [13] Golovko M.V., Rudenko V.A. Corporate Values in the Industrial Enterprises Sustainable Development and Safety Economy (on the Rosatom State Corporation Example). Global Nuclear Safety, 2015, №4(17), ISSN 2305-414X, eISSN 2499-9733, pp. 103–114. (in Russian)
- [14] ERI Releases 2015 Nuclear Fuel Cycle and Price Report. July 1, 2015. Available at: <http://www.energyresources.com/index.php/41-eri-releases-2015-nuclear-fuel-cycle-supply-and-price-report> (in English).
- [15] Fast Neutron Reactors (updated October 2015) Available at: <http://www.world-nuclear.org/info/Current-and-Future-Generation/Fast-Neutron-Reactors/> (in English)
- [16] World Uranium Mining Production (Updated 22 May 2015). Available at: <http://www.world-nuclear.org/info/Nuclear-Fuel-Cycle/Mining-of-Uranium/World-Uranium-Mining-Production/> (in English)

Factors and Vector of Economic Development of Nuclear Mechanical Engineering Enterprises

M.V. Golovko

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

Abstract – BACKGROUND Article is devoted to research of economic development factors of nuclear mechanical engineering enterprises.

The theoretical analysis of nuclear power development universal tendencies showed that guarantee of its competitiveness are innovative transformations of all its subjects, especially machine-building division as made equipment and the level of its technological novelty, safety and profitability for construction, operation and repair of nuclear power plants defines a vector of branch development.

METHODS The analysis of various approaches and classifications, and use of economic and mathematical model operation techniques, in particular, use of the main component method allowed to prove an innovation significance in total of factors of the modern industrial enterprise development.

In article the role of the institutional environment and the effects which determine the modern features of functioning of the production enterprises is noted. It is proved as a result that economic development of the Russian nuclear mechanical engineering is very peculiar defined by both features of transformational processes and corporate management miscalculations. It confirms of chreod effect action.

The main obstacles in economic development of the Russian nuclear mechanical engineering are defined: high level of moral and physical wear of production capacities, higher profitability of import deliveries in comparison with foreign suppliers, internal owing to effective crediting of equipment consumers.

RESULTS The main vector of economic development of the Russian nuclear mechanical engineering as need of intensive innovative development of industry by use of modern management methods for effective management of strategic resources is planned as a result (human capital development, preserving crucial knowledge and upgrade of fixed assets, the state investments within target financing program). The specified measures will allow to pass, first of all, to rational import substitution and to present competitive products of one of the most perspective industries of the world economy at the foreign market.

Keywords: nuclear mechanical engineering, industrial enterprises, economic development factors, import substitution, crucial knowledge.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ НОМЕРА

Абидова Е.А.	70
Алалем Е.А.	7
Бурдаков С.М.	33
Василенко И.С.	77
Власевский Р.М.	43
Волков Г.Ю.	59
Гладков А.А.	92
Головко М.В.	83
Горская О.И.	16
Губеладзе О.А.	33
Елохин А.П.	7
Запорожец М.В.	59
Заяров Ю.В.	33, 87
Зуев Ю.С.	43
Клюшин Е.Б.	33
Королева И.Ю.	50
Ксенофонтов А.И.	7
Медведев В.Н.	33
Муха Ю.П.	50
Островский М.А.	29
Пимшин Ю.И.	33, 87
Проскуряков К.Н.	59
Пугачёва О.Ю.	70
Ремизов Р.И.	70
Руденко В.А.	77
Сас А.В.	29
Соловьёв В.И.	70
Тихонюк И.А.	92
Фёдоров А.И.	59
Федоров П.И.	7
Цветков Э.И.	50

AUTHOR INDEX OF VOL. 2, 2016

Abidova E.A.	70
Alalem E.A.	7
Burdakov S.M.	33
Elokhin A.P.	7
Fedorov A.I.	59
Fedorov P.I.	7
Gladkov A.A.	92
Golovko M.V.	93
Gorskaya O.I.	16
Gubeladze O.A.	33
Klyushin E.B.	33
Koroleva I.Y.	50
Ksenofontov A.I.	7
Medvedev V.N.	33
Mukha Y.P.	50
Ostrovsky M.A.	29
Pimshin Yu.I.	33, 87
Proskuryakov K.N.	59
Pugachyova O.Yu.	70
Remizov R.I.	70
Rudenko V.A.	77
Sas A.V.	29
Solovjov V.I.	70
Tikhonyuk I.A.	92
Tsvetkov E. I.	50
Vasilenko I.S.	77
Vlasevsky R.M.	43
Volkov G.Y.	59
Zaporozhets M.V.	59
Zayarov Yu.V.	33, 87
Zuev Yu.S.	43

NOTES FOR AUTHORS

1) The full text of article intended for publication has to be followed by representation of establishment in which work is made, and is signed by authors.

2) The file has to contain the expert resolution on publication possibility.

3) Information attached:

- A file with information about the authors in Russian and English (a surname, a name, a middle name, a work place, a position, an academic degree, a rank, postal address, and E-mail address, contact phone . If there are some authors, specify who to be corresponded with);

- A file with information about place of employment in Russian and English, including the postal address with an index. If there are several authors, to specify the place of employment of each author);

- the title of article and initials of authors in Russian and English;

- the abstract in Russian and English;

- UDC index;

- keywords in Russian and English.

4) The volume of article has to be no more than 12 pages of the typewritten text, including tables, the list of references (15–25 sources) and drawings (no more than 10).

5) Article has to be typed according to rules of a computer typing. Only one article is located in one file (in case of submission of two articles and more). Information of point 3 are a part of the article and have to be also submitted in electronic form.

Article should be issued in the Microsoft Office 97-2003 Word 7.0 format, 12 point font Times New Roman; print – 1 interval. Page parameters: all sides are 2,5 cm. Use of any other fonts is possible only by way of exception if they are entered to a file code. Please do not use signs of forced transfer and additional gaps. Vectorial values are selected with a bold-face type.

The equation editor of Equation 3.0 is only used to record the formulas. Large formulas need to be broken on some lines, and each new line is a new object. It is forbidden to scale formulas. Typing formulas it is necessary to use the following sizes: the text – 11 pf, a large index – 8 pf, a small-sized index – 6 pf, the large character – 12 pf, the small-sized character – 10 pf. Formulas shouldn't include signs of a punctuation and numbering in composition.

The article should contain only the most necessary formulas; it is desirable to refuse the intermediate calculations. Only those formulas which have references are numbered. Numbering of formulas should be shown through the whole article. Tables should have titles and numbering, only the standard abbreviations are allowed. The tables are desirable not to exceed one page of the text. The number of tables shouldn't exceed the number of pages.

Figures and diagrams must be black-and-white, 800x600 in size, with signatures. Diagrams should be issued in the Microsoft Office 97-2003 Word 7.0 format and only in the separate file (each diagram on a new page, or in the new file).

Units of measure should be given according to the International system (SI).

6) References are given at the end of article in order they mention. References are highlighted with square brackets in the text only to the published materials. References to foreign sources are given in original language.

7) The Publication Ethics.

The editors of the “Global Nuclear Safety” Journal work in accordance with the international publication ethics principles, including but not limited to privacy policy, vigilance over the scholarly publications, consideration of possible conflict of interests, etc. The editorial board follows the recommendations of the Committee on Publication Ethics (<http://publicationethics.org/>) and valuable practice of world-leading journals and publishers.

Authorship. All persons designed as “authors” should meet the criteria of the concept. Each author should have participated sufficiently in the work to take responsibility for its content. Authorship credit should be based on the following facts:

a) substantial contribution to conception and design, acquisition of data, or analysis and interpretation of data;

b) drafting the article or reviewing and introducing fundamental changes in it;

c) final approval of the version to be published.

Acquisition of funding or collection of data, as well as general supervision of the research group alone does not constitute authorship.

Editors of the “Global Nuclear Safety” journal has the right to request and publish information about the contributions of each person in writing the article.

All contributors who do not meet the criteria for authorship should be listed in the section “Acknowledgements”. The group of authors/contributors should jointly make the decision about the order in which their names are given.

The authors are responsible for the contents of their paper or short communication and its publication fact. The editorial staff reserves the right to shorten and review the articles submitted.

Reviewing. “Global Nuclear Safety” is peer-reviewed journal. Submitted papers and short communications are evaluated by editorial board members or specialized in the article field referees. Article review covers submitted material currency, scientific novelty degree, define its accordance to general journal profile, fixes facts of plagiarism. After the refereeing process is complete, the paper may be rejected, or returned to the authors for revisions, or accepted for publication.

Conflict of Interests. Conflict of interest concerning a particular manuscript exists when one of the participants of reviewing or publication process — an author, reviewer, or editor — has obligations that can influence his or her action (even if it is not really so). Financial relationships (such as, employment, consultancies, stock ownership, honoraria, and paid expert testimony) are the most easily identifiable conflicts of interest. However, conflicts can occur for other reasons, such as personal relationship, academic competition, and intellectual passion.

All participants in the peer-review and publication process must disclose all conflicts of interests.

When authors submit a manuscript, they are responsible for disclosing all financial and other relationship that might bias their work. Authors should identify all individuals and institutions, who provided financial assistance, as well as other financial and personal support. Authors should describe the role of the study sponsor(s), in study design; collection, analysis, and interpretation of data.

Authors should provide editors with the names of persons they feel should not be asked to review a manuscript because of potential, usually professional, conflicts of interest.

Reviewers must disclose to editors any conflicts of interests that could bias their opinions of the manuscript; they should recuse themselves from reviewing specific manuscripts if the potential for bias exists. In return, the editorial staff should have the possibility to judge the objectiveness of the review and decide whether to refuse the reviewer’s service.

Editorial staff may use information disclosed in conflict-of-interest and financial-interest statements as a basis for editorial decisions.

Editors who make final decisions about manuscripts must have no personal, professional, or financial interest/involvement in any of the issues they might judge. Other members of the editorial staff, if they participate in editorial decisions, must provide editors

with a current description of their financial interests (as they might relate to editorial judgment) and recuse themselves from any decisions in which a conflict of interest exists.

Publication of Negative Findings. Many studies with negative results are actually indecisive. The possibility of indecisive results publication is specially considered by the editorial staff.

Redundant Publications. The editorial staff will not consider manuscripts that are simultaneously being considered by other journals, as well as the papers on work that has already been reported in large part in a published article or is contained in another paper that has been submitted or accepted for publication elsewhere, in print or in electronic media. This policy does not preclude the journal from considering a paper that has been rejected by another journal, or a complete report that follows publication of a preliminary report, such as an abstract or poster displayed at a professional meeting.

Correspondence. If necessary the readers can send their comments, questions and pointed remarks for the published articles and their comments will be published. The corresponding authors can respond to the remarks if they wish.

The article should be checked in the system of the «anti-plagiarism» (<http://www.antiplagiat.ru>) to determine the percentage of the originality and identify possible sources of borrowing.

ATTENTION! In case of a divergence of paper and electronic versions the Editorial staff is guided by the paper version.

The bibliography has to be issued according to **Scopus** standard specification:

THE LIST OF REFERENCES STANDARD IN ENGLISH:

For journals:

- [1] Berela A.I., Bylkin B.K., Tomilin S.A., Fedotov A.G. Analiz i predstavlenie sredy deystviya v sisteme proektirovaniya tehnologii demontazha oborudovaniya pri vyvode iz ekspluatatsii bloka AES [The analysis and representation of the action environment in system of technology design of equipment dismantle during NPP unit taking out of operation] [Global nuclear safety], 2014, №1(10), ISSN 2305-414X, p. 25-31. (in Russian)

Indicate article DOI if it in the presence.

For books:

- [2] Mogilev V.A., Novikov S.A. Faykov Yu.I. Tekhnika vzryvnogo eksperimenta dlya issledovaniya mekhanicheskoy stoykosti konstruktsy. [Explosive experiment techniques for research of mechanical firmness of designs]. Sarov. FGUP "RFYaTs-VNIIEF" [Russian Federal Nuclear Center - The All-Russian Research Institute of Experimental Physics], 2007, ISBN 5-9515-0072-9, 215 p. (in Russian)

For web-resources:

- [3] Strategia razvitiya transportnogo kompleksa Rostovskoj oblasti do 2030 goda [Development strategy of a transport complex of the Rostov region till 2030]. Officialnij sait Ministerstva transporta Rostovskoj oblasti [Official site of the Transport Ministry of Rostov region], 2015. Available at: <http://mindortrans.donland.ru/Default.aspx?pageid=107384>. (in Russian)

For foreign references:

- [4] Gulyaev M., Bogorovskaia S., Shapkina T. The Atmospheric air condition in Rostov Oblast and its effect on the population health // Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach. CA, USA, B&M Publishing, 2014. – p. 56-60.

For materials of conferences:

- [5] Gerasimov S.I., Kuzmin V.A. Issledovaniye osobennostey initsirovaniya svetochuvstvitelny vzryvchatykh sostavov nekogerentnym izlucheniym [Research of features of initiation are photosensitive explosive structures incoherent radiation] [Works of the International conference "16 Haritonov's scientific readings"]. Sarov. FGUP "RFYaTs-VNIIEF" [Russian Federal Nuclear Center – The All-Russian Research Institute of Experimental Physics], 2014, p. 90–93. (in Russian)

For materials of conferences (foreign references):

- [6] Ishikawa M. et al. Reactor decommissioning in Japan: Philosophy and first programme. – «N power performance and safety. Conference proceedings. Vienna, 28 September – 2 october 1987, v. 5. Nuclear Fuel Cycle». IAEA, Vienna. 1988. P. 121–124.

All documents should be sent to the journal postal address:

347360, Russia, Rostov region, Volgodonsk, Lenin Street, 73/94

Editorial office of "Global Nuclear Safety" journal

E-mail: oni-viti@mephi.ru

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 (15–25 источников) и рисунки (не более 10).

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 интервал, шрифтом Times New Roman размером 12 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». **References** предоставляются отдельно (правила оформления см. ниже в разделе **The list of references standard in English**).

ВНИМАНИЕ! В случае расхождения бумажной и электронной версий Издательство руководствуется бумажной версией.

7) Этика публикаций.

Редакционная коллегия научного журнала «Глобальная ядерная безопасность» руководствуется в своей работе международными этическими правилами научных публикаций, включающими правила порядочности, конфиденциальности, надзора за публикациями, учет возможных конфликтов интересов и др. В своей деятельности редакция следует рекомендациям Комитета по этике научных публикаций (Committee on Publication Ethics (<http://publicationethics.org/>)), а также опирается на ценный опыт авторитетных международных журналов и издательств.

Авторство. Все лица, обозначенные как «авторы», должны соответствовать критериям этого понятия. Участие каждого автора в работе должно быть достаточным для того, чтобы принять на себя ответственность за ее содержание. Право называться автором основывается на следующих фактах:

а) значительном вкладе в концепцию и дизайн исследования или в анализ и интерпретации данных;

б) подготовке текста статьи или внесении принципиальных изменений;

в) окончательном утверждении версии, которая сдается в печать.

Участие, заключающееся только в обеспечении финансирования или подборе материала для статьи, не оправдывает включения в состав авторской группы. Общее руководство исследовательским коллективом также не признается достаточным для авторства.

Редакторы журнала «Глобальная ядерная безопасность» вправе спросить у авторов, каков вклад каждого из них в написание статьи; эта информация может быть опубликована.

Все члены коллектива, не отвечающие критериям авторства, должны быть перечислены с их согласия в специальном разделе «Выражение признательности».

Порядок, в котором будут указаны авторы, определяется их совместным решением.

Авторы несут ответственность за содержание статьи и за сам факт ее публикации. Редакция журнала оставляет за собой право на сокращение и редактирование присланных статей.

Рецензирование. Журнал «Глобальная ядерная безопасность» является рецензируемым журналом. Поступающие в редакцию журнала статьи и краткие сообщения проходят обязательное рецензирование членами редколлегии или специалистами по профилю данной статьи. Рецензия статьи раскрывает актуальность предоставленного материала, степень научной новизны, определяет соответствие предоставляемого текста общему профилю издания, фиксирует наличие плагиата. По результатам рецензирования статья может быть либо отклонена, либо отослана автору на доработку, либо принята к публикации.

Конфликт интересов. Конфликт интересов, касающийся конкретной рукописи, возникает в том случае, если один из участников процесса рецензирования или

публикации – автор, рецензент или редактор – имеет обязательства, которые могли бы повлиять на его или ее мнение (даже если это и не происходит на самом деле). Наиболее частая причина возникновения конфликта интересов – финансовые отношения (например, связанные с приемом на работу, консультациями, владением акциями, выплатой гонораров и платными заключениями экспертов), прямые или через близких родственников. Возможны и другие причины – личные отношения, научное соперничество и интеллектуальные пристрастия.

Участники процесса рецензирования и публикации должны сообщать о наличии конфликта интересов.

Авторы при представлении рукописи несут ответственность за раскрытие своих финансовых и других конфликтных интересов, способных оказать влияние на их работу. В рукописи должны быть упомянуты все лица и организации, оказавшие финансовую поддержку, а также другое финансовое или личное участие. Должна быть описана роль спонсора/спонсоров в структуре исследования, в сборе, анализе и интерпретации данных.

Авторы должны указывать имена тех, кому, по их мнению, не следует направлять рукопись на рецензию в связи с возможным, как правило профессиональным, конфликтом интересов.

Рецензенты должны сообщать редакции обо всех конфликтах интересов, которые могут повлиять на их мнение о рукописи; они должны отказаться от рецензирования конкретной статьи, если считают это оправданным. В свою очередь редакция должна иметь возможность оценить объективность рецензии и решить, не стоит ли отказаться от услуг данного рецензента.

Редколлегия может использовать информацию, представленную в сообщениях о наличии конфликта интересов и о финансовом интересе, как основу для принятия редакционных решений.

Редакторы, которые принимают решения о рукописи, не должны иметь личного, профессионального или финансового интереса/участия в любом вопросе, который они могут решать. Другие члены редакционного коллектива, если они участвуют в принятии решений, должны предоставить редакторам описание их финансовой заинтересованности (так как она может иметь влияние на редакторские решения) и отказаться от участия в принятии решения, если имеет место конфликт интересов.

Публикация отрицательных результатов. Многие исследования, показывающие отрицательные результаты, в действительности являются нерешающими/неокончательными. Возможность публикации неокончательных результатов исследований рассматривается редколlegией в особом порядке.

Множественные публикации. Редакция не рассматривает рукописи, одновременно представленные для публикации в другие журналы, а также работы, которые в большей части уже были опубликованы в виде статьи или стали частью другой работы, представленной или принятой для публикации каким-либо другим печатным изданием или электронными средствами массовой информации. Эта политика не исключает рассмотрение статьи, не принятой к публикации другим журналом, или полного описания, представленного после публикации предварительных результатов, т.е. тезисов или постерных сообщений, представленных на профессиональных конференциях.

Переписка. Читатели в случае необходимости могут направлять свои комментарии, вопросы или критические замечания к опубликованным статьям, которые будут напечатаны в журнале. При желании авторы статей могут ответить на замечания.

Ответственность за достоверность данных в публикуемой в журнале рекламе несет рекламодатель. Публикуемая реклама не является частью авторских произведений.

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ ЛИТЕРАТУРЫ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ:

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. : Мagma, 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 ; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с. : ил.

Для авторских свидетельств: А. с. 1007970 СССР, МКИ³ В 25 J 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / В. С. Ваулин, В. Г. Кемайкин (СССР). – № 3360585/25–08; заявл. 23.11.81; опубл. 30.03.83, Бюл. № 12. – 2 с.

Для электронных ресурсов: Дирина, А.И. Право военнослужащих РФ на свободу ассоциаций [Электронный ресурс] / А.И. Дирина // Военное право: сетевой журн. – 2010. – Режим доступа: URL: <http://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

2016, 2(19)

Главный редактор – **М.Н. Стриханов, доктор физико-математических наук, профессор**

Сдано в набор 22.06.2016 г.

Компьютерная верстка Вишнева М.М.

Корректор Вишнёва М.М. ИПО ВИТИ НИЯУ МИФИ

Подписано к печати 24.06.2016 г.

Бумага «SvetoCory» 80 г/м². Объем 12,98 усл.печ.л.

Гарнитура «TimesNewRoman»,

Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии ВИТИ(ф) НИЯУ МИФИ